

Masterarbeit

Vorgelegt zur Erlangung des Grades eines Master of Education an der

Fakultät für Biologie und Biotechnologie der

Ruhr-Universität Bochum

Planung und Durchführung eines Unterrichtsprojekts

zur Verhaltensbiologie der Honigbiene

am außerschulischen Lernort Tierpark Bochum

Von

Vivian Dutkiewicz

Angefertigt in der Arbeitsgemeinschaft Verhaltensbiologie und Didaktik der Biologie

Prof.Dr. Wolfgang H. Kirchner

Bochum, im Februar 2015

2.2.2.1 Begründung der Thematik im Hinblick auf curriculare Vorgaben	24
2.2.2.2 Stellung des Projekts im Kontext einer Reihe bzw. des Halbjahres	25
2.2.2.3 Exemplarität	26
2.2.2.4 Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung	26
2.2.2.5 Thematische Struktur	27
2.2.2.6 Zugangs- und Darstellungsmöglichkeiten	27
2.3 Schriftliche Planung des Unterrichtsprojekts	29
2.3.1 Thema und Inhalte	29
2.3.2 Ziele und Kompetenzen	30
2.3.3 Geplanter Ablauf	32
2.3.3.b Optimierter Verlaufsplan	36
2.3.4 Methodisch-Didaktischer Kommentar	38
2.4 Reflexion des Verhältnisses von Planung und Durchführung	40
3. Analyse der Evaluation	46
3.1 Untersuchungsmethode Fragebogen	46
3.2 Ergebnisse	47
3.2.1 Beschreibung der durchschnittlichen Bewertungen der Durchgänge und Fragen	47
3.2.2 Vergleich der Teilprojekte zur ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ und zur ‚Nestgenossenerkennung‘	51
3.2.3 Vergleich der Werte des Interessens- und Lernzuwachs	51
3.2.4 Untersuchung der Bewertung der Fragen 2 und 7 in Abhängigkeit des Alters	52
3.2.5 Untersuchung der Bewertung der Fragen 2 und 7 in Abhängigkeit des Geschlechts	54
3.3 Auswertung	55
3.4 Schlussfolgerung und Zukunftsperspektiven	58

4. Zusammenfassung	61
5. Literaturverzeichnis	62
6. Anhang	64

1. Einleitung

1.1 Außerschulische Lernorte

Als außerschulischer Lernort wird ein Ort verstanden, der von den Schülerinnen und Schüler¹ und dem Lehrer oder Lehrerin² im Rahmen des Unterrichts aufgesucht wird, um Anschaulichkeit zu gewährleisten sowie praxisorientiert zu arbeiten und zu lernen. Außerschulische Lernorte existieren für alle Unterrichtsfächer. Jede Unternehmung außerhalb des Klassenraums kann als Besuch eines außerschulischen Lernortes verstanden werden. Sie werden in der Regel im Rahmen einer Exkursion aufgesucht. Da es sich im Folgenden um die Planung eines Unterrichtsprojektes für das Unterrichtsfach Biologie handelt, beziehe ich mich auf mögliche außerschulische Lernorte dieses Fachbereichs. Das Unterrichtsfach Biologie, als die Lehre des Lebendigen, legt in seiner Didaktik großen Wert auf originale Begegnungen und Handlungsorientierung (Eschenhagen et al. 1998). Der Einsatz von außerschulischen Lernorten soll durch die unmittelbare Auseinandersetzung mit der Natur Umwelterziehung fördern. Dabei werden Möglichkeiten für exemplarisches Lehren und Lernen geschaffen, welche einen ganzheitlichen Zugang zu Naturphänomenen ermöglichen. Durch eine sehr große Vielzahl an außerschulischen Lernorten im Fach Biologie können die verschiedenen Lerninhalte wie auch biologische Arbeitsmethoden vermittelt werden. Zusätzlich bietet ein außerschulischer Lernort Raum, um gemeinsame sinnstiftende Lernerfahrungen zu machen (Stripf 2010). Als Lernorte können beispielsweise ein natürlich gestaltetes Schulgelände, schulnahe Biotope, Natur- und Umweltzentren, Einrichtungen wie Zoos, botanische Gärten, Museen, Naturschutzgebiete, aber auch biologische Institute oder Schülerlabore dienen. Dabei kann der Besuch eines Museums, als ein pädagogisch vorbereiteter Lernort, von dem Besuch eines Waldes, als ein pädagogisch unstrukturierter außerschulischer Lernort, unterschieden werden (Eschenhagen et al. 1998).

Unter dem Gesichtspunkt ‚Öffnung der Schule‘ (Berck 2005) gewinnen außerschulische Lernorte bei der Gestaltung von Unterricht immer mehr Aufmerksamkeit. Ihre wachsende Bedeutung lässt sich auch in dem Entstehen von neuen Bereichen innerhalb der Pädagogik wie der Zoo-, Museums-, Wald- oder Freilandpädagogik erkennen. Dabei geht es neben der inhaltlichen Wissensvermittlung auch um die alternative Gestaltung von Unterricht sowie die um Vermittlung von Erfahrungen, die in dieser Art nicht im Klassenzimmer erlebt werden können (Berck 2005).

Als besonderen außerschulischen Lernort für das Unterrichtsfach Biologie möchte ich an dieser Stelle auf den Lernort Zoo/ Tierpark eingehen.

¹ Im Folgenden als SuS

² Im Folgenden als LuL (Lehrer und Lehrerin)

1.1.1 Außerschulischer Lernort Zoo/Tierpark

Unter Zoos oder der deutschen Bezeichnung Tierpark versteht man Einrichtungen, in denen einheimische sowie fremdländische Tiere in naturnah gestalteten Gehegen gehalten und den Besuchern präsentiert werden. Der global organisierte Welt-Zooverband (WAZA), in welchem durch den Verbund der zoologischen Gärten e.V. (VdZ) 51 deutsche Zoos und Tierparks vertreten sind (nachzulesen auf: www.zoodirektoren.de), hat vier übergeordnete Ziele für Zoos formuliert, die als grundlegende Aufgaben für alle Mitglieder gelten. Als Bildungseinrichtung hat der Zoo die wichtige Aufgabe, die Besucher über die Vielfalt der Tierwelt und die biologischen sowie ökologischen Zusammenhänge zu informieren. Durch die Teilnahme an nationalen und internationalen Zuchtprogrammen sowie Auswilderungsprojekten nehmen Zoos und Tierparks ihre Aufgabe des Natur- und Artenschutzes wahr. Die Kooperation mit Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen ermöglicht es, dass dem Ziel der Forschung in vielen unterschiedlichen Bereichen nachgegangen werden kann. Schließlich dient der Zoo als Raum für Erholung und Freizeitgestaltung, wobei möglichst die Bedürfnisse der Menschen sowie der Tiere erfüllt werden sollen (nachzulesen auf: www.waza.org).

1.1.2 Forschungsstand

So vielseitig wie die außerschulischen Lernorte im Unterrichtsfach Biologie sind, so umfangreich stellt sich auch die Literatur und Forschung zu diesen da. Im Folgenden wird ein grober Überblick gegeben. Erbert und Göttert 1981 wie auch Feustel und Winkel 1978 gaben eine lange Liste museumspädagogischer Einrichtungen heraus, welche sich auf Biologieunterricht eingestellt haben. Dort finden sich auch Angaben zu den jeweils zu behandelnden Themen und den vorhandenen Arbeitsmaterialien. Zu der Vermittlung von Naturschutzthemen schlägt Jannsen 1984 ‚Erlebnisräume‘ vor, in denen Kinder und Jugendliche das Thema Naturschutz über verschiedene Sinne fühlen, modellieren oder sich spielerisch erarbeiten können. Eine französische Studie hat gezeigt, dass die Arbeit mit realen Objekten eine intensivere Auseinandersetzung mit den Inhalten auf Seiten der SuS auslöst. So hat Guichard 1996 unter anderem einer Hälfte einer Schülergruppe ein Video über Ameisen präsentiert und der anderen Hälfte einen realen Ameisenhaufen vorgeführt. Letzterer erzeugte eine wesentlich intensivere Fragehaltung der SuS.

Aktuelle Forschungen aus Deutschland kommen von Wilde et al. von den Universitäten Bielefeld und Heidelberg. Sie haben während Aufenthalt von Schulklassen in Naturkundemuseen die Effekte von Instruktionen, Eigenaktivität und Mischformen aus beidem gemessen. Es zeigte sich kein deutlicher Vorteil für nur eine dieser Methoden.

Speziell auf den Lernort Zoo bezogen, finden sich ausführliche Darstellungen mit Themen- und Gestaltungsmöglichkeiten bei Kirchshofer im Themenheft „Unterricht im Zoo“ (Prax.Biol. 41, H. 3, 1992). Vorgeslagene Themen sind unter anderen das Studium bedrohter Tierarten oder die Beschränkung während eines Zoobesuchs auf eine bestimmte Tiergruppe wie beispielsweise die Primaten, so auch bei Dylla 1995 und Seger 1992. Erhebungen zur Effektivität von Zoobesuchen finden sich hier allerdings nicht wieder.

Ein weiterer Beitrag aus der Zoopädagogik ist der von Hertkamp und Lasske von 1986, welche über fünfzehnjährige Erfahrungen aus der Zooschule Halle berichten. Sie erwähnen zwar das große Interesse der SuS, der Effekt eines solchen Unterrichts wurde allerdings auch hier nicht gemessen.

Auch zum Exkursionsort Zoo hat der Biologiedidaktiker Wilde 2014 eine Studie veröffentlicht, in der er mit Kollegen darstellt, in wie fern das selbständige Arbeiten der SuS im Zoo im Vergleich zu angeleitetem Arbeiten einen Effekt auf die Motivation und den Lernerfolg hat.

1.2 Außerschulischer Lernort Tierpark Bochum

1.2.1 Tierpark Bochum

Der Bochumer Tierpark liegt inmitten des Stadtparks im Zentrum von Bochum. In einer von Industrie geprägten Großstadt wie Bochum mit ungefähr 360.000 Einwohnern bietet er gemeinsam mit dem Stadtpark eine abwechslungsreiche Erholungs- und Freizeitanlage. Neben der Möglichkeit zur Freizeitgestaltung ermöglicht der Tierpark Bochum ebenfalls Raum für Bildung.

Bereits 1933 durch den Verein Bochumer Tierparkfreunde gegründet, bot er bis 1937 Besuchern die Möglichkeit, kostenlos Tiere zu betrachten. Zu dieser Zeit wurde begonnen, große Tiergehege zu errichten, so wurde 1939 das erste Aquarienhaus errichtet. Damals präsentierte der Tierpark bereits 300 Tierarten. Während des zweiten Weltkrieges wurde der Tierpark komplett zerstört. Die überlebenden Tiere wurden auf umliegende Zoos aufgeteilt. Durch eine Geländeerweiterung, die mit dem Wiederaufbau einherging, erhielt der Tierpark schließlich seine aktuelle Größe von ungefähr zwei Hektar.

Durch die in den folgenden Jahrzehnten bis in die Gegenwart anhaltenden Zuchterfolge erhielt der Tierpark immer mehr Anerkennung und Unterstützung von angrenzenden Firmen. Ein großer Sponsor der Einrichtung ist die Sparkasse Bochum. Durch eine ihrer Spenden konnte im Jahr 1988 das Aquarienhaus neubaut werden. Dieses wurde 1996 durch das Fossilium erweitert, in welchem 150 Millionen Jahre alte Fossilien betrachtet werden können. Neben den Fossilien sind die Höhepunkte des Hauses das

170.000 Liter Korallenriffbecken, in dem unter anderem unzählige tropische Fische sowie zwei Schwarz-Spitzentriffhaie leben, und die im März 1997 eingeweihte südamerikanische Regenwald-Landschaft mit einem Wasserbecken von 80.000 Litern.

Durch die Eröffnung der Zooschule im November 1988 konnte der Bildungsauftrag des Tierparks noch besser realisiert werden. Der Name Else-Baltz-Zooschule erinnert an eine großzügige Spenderin für den Ausbau des Tierparks. Auch in den letzten Jahren gab es weitere Erneuerungen. Durch weitere großzügige Spenden der Sparkasse Bochum entstand ein neuer Publikumsmagnet. Der Bereich ‚Nordseewelten‘ wurde gebaut und 2006 eröffnet. Neben typischen Nordseebewohnern wie einigen Vogelarten oder den Seehunden sind hier auch Humboldt Pinguine aus Südamerika beheimatet. Im Jahr 2012 wurden nicht nur rund ein Drittel aller Außenanlagen erneuert und vergrößert, der Tierpark erhielt auch einen neuen, nun zentral liegenden Eingangsbereich. Die letzte Erneuerung war der Bau der ‚Bienenwelten‘ vor zwei Jahren.

Die Entwicklung des Tierparks zeigt, dass heute große Biotop-Anlagen im Mittelpunkt stehen, um eine artgerechte Tierhaltung zu gewährleisten. Ungefähr 25 Tierpfleger sowie Techniker sorgen für den täglichen reibungslosen Betriebsablauf. Im Tierpark und Fossilium Bochum leben zur Zeit ungefähr 3800 Tiere in rund 310 Arten. Die Besucherzahlen liegen jährlich bei ungefähr 300.000. Neben dem Engagement im Bildungsbereich ist der Tierpark Bochum auch Ausbildungsbetrieb für Zootierpfleger und er ist Mitglied im Verband der zoologischen Gärten e.V. (VdZ), in der European Association of Zoos and Aquaria (EAZA) sowie im Verband deutschsprachiger Zoopädagogen (VZP). Des Weiteren leistet der Tierpark Bochum durch die erfolgreiche Teilnahme an internationalen Zuchtprogrammen einen wichtigen Beitrag zum Arten- und Umweltschutz (nachzulesen auf: www.tierpark-bochum.de).

1.2.2. Else-Baltz-Zooschule

Die Zooschule als besondere pädagogische Einrichtung des Tierparks Bochum sorgt dafür, dass dieser als außerschulischer Lernort optimal genutzt werden kann. Als Ergänzung zum ‚normalen‘ Unterricht in der Schule organisiert die Zooschule spannende Führungen, Lernprojekte, Aktionstage und noch viele weitere Programme für Kinder und Schüler vom Kindergarten bis zur weiterführenden Schule. Stirnberg, langjähriger Leiter des Tierparks, äußert sich zu den Aufgaben der Zooschule wie folgt:

„Ein zukünftiger Schwerpunkt soll dabei – auf dem Fundament unserer erfolgreichen Zooschule- die Umweltpädagogik sein. In einer Welt, in der die Menschen die Natur immer weiter zurückdrängt, kommt den Zoos im Rahmen ihres Bildungsauftrages eine immer größere Bedeutung zu. Unter dem Motto „Naturerlebniszentrum“ wollen wir unseren Besuchern, ob Groß oder Klein, unsere Tiere, ihr Leben, ihre Welt und [ihre] Probleme ... möglichst spielerisch aber mit ernstem Hintergrund näher bringen.“ (Stirnberg 2008)

Nach diesem Grundsatz werden den Besuchern durch die Zooschule auf lebendige Art und Weise Informationen über die Tierarten, ihre Lebensweisen und Herkunft sowie ihre Stellung in der Natur vermittelt. Dabei werden durch passendes Anschauungsmaterial oder sogar direkten Tierkontakt möglichst alle Sinne angesprochen.

Um theoretische Inhalte zu vermitteln, Fortbildungskurse oder auch kleinere Tagungen abhalten zu können, verfügt die Zooschule über einen Unterrichtsraum mit ungefähr 30 Arbeitsplätzen.

Die seit vier Jahren existierende Bildungs Kooperation zwischen der Sparkasse Bochum und dem Tierpark unter dem Motto ‚Jedem Schulanfänger in Bochum ein Tierparkbesuch‘ zeigt, dass der Tierpark seinen Bildungsauftrag sehr ernst nimmt. Wie der Name des Projektes bereits andeutet, beinhaltet es, dass alle ersten Klassen Bochums eine kostenlose Führung erhalten. Das Ziel dieses Projektes ist es, der steigenden Naturentfremdung von Großstadtkindern entgegen zu wirken (nachzulesen auf: www.tierpark-bochum.de).

Um eine passende Betreuung für Schulklassen (und auch Kindergärten) anbieten zu können, so dass der Besuch im außerschulischen Lernort sinnvoll in den jeweiligen Unterricht eingebunden werden kann, hat die Zooschule Themenkataloge unter Berücksichtigung aktueller Richtlinien und Lehrpläne für das Unterrichtsfach Biologie erstellt. Alle Führungen sind für eine Stunde ausgelegt. Für die Grundschule bietet der Katalog vier verschiedene, fachlich ausgerichtete Führungen an. Für die Jahrgangsstufen fünf und sechs werden Führungsthemen wie beispielsweise ‚Körpermerkmale bei Tieren‘ oder ‚Anpassung an Lebensräume‘ vorgeschlagen. Der Unterricht in der Mittelstufe (Klassen sieben bis neun) kann durch sieben thematisch verschiedene Führungen ergänzt werden. Diese Themen können auch für die Oberstufe gebucht werden. Denkbar wären an dieser Stelle Themen wie ‚Evolution‘ oder ‚Fossilien im Tierpark & Fossilium Tierpark‘. Ein ausdrücklicher Katalog für die Oberstufe existiert jedoch nicht. Neben angeleiteten Führungen zu speziellen Themenbereichen bietet die Zooschule des Tierparks Bochum sieben weitere verschiedene praxisorientierte Lernprojekte für alle Schulstufen an. Diese Lernprojekte sind im Gegensatz zu den Führungen für zwei bis drei Stunden konzipiert und enthalten somit die Möglichkeit, für die SuS durch kleine Experimente oder Demonstrationen einen noch tieferen Einblick in die Tierwelt zu erlangen. Nur eins der vorgeschlagenen Projekte ist dabei explizit für die Oberstufe, beziehungsweise in dem Fall für die 13. Klasse ausgeschrieben ‚Familienbande- Verhaltensbeobachtungen im Tierpark‘ (nachzulesen auf: www.tierpark-bochum.de).

1.2.3 Die Honigbiene im Tierpark Bochum

Die Beschäftigung mit der Honigbiene als einen der wichtigsten Bestäuber der heimischen Flora, war schon immer bedeutsam für Bildungs- und Forschungsinstitutionen. Seit den Siebziger Jahren wurden immer mehr Bienenvölker durch die Varroa-Milbe befallen. Daher ist die Honigbiene auf die menschliche Unterstützung angewiesen, womit das Thema an Bedeutung gewonnen hat. Das Durchschnittsalter der deutschen Hobbyimker steigt beständig und gleichzeitig nimmt die Anzahl, der von ihnen gehaltenen Bienenvölker, ab, was der Auseinandersetzung mit diesem Thema zusätzlich Gewicht verleiht (nachzulesen auf: www.deutscherimkerbund.de).

Der Tierpark Bochum hat sich diesem Problem angenommen, indem er durch die Kooperation mit dem Imkerverein Bochum-Mitte die ‚Bienenwelten‘ erschuf, welche den Besuchern seit zwei Jahren die Möglichkeit bietet, einen Einblick in das Leben und die Bedeutung der Honigbiene zu erhalten. Ein separater Anbau an das Aquarienhaus mit einer Fläche von 50 m² dient als Bienenhaus (siehe Bild 1), in dem verschiedene anschauliche Exponate, Schautafeln sowie ein Schaubienenvolk zu sehen sind. Durch Letzteres erhalten die Besucher einen direkten und hautnahen Einblick in ein Bienenvolk. Vor dem Bienenhaus auf der Wiese der Riesenschildkröten hat der Imkerverein einen Lehrbienenstand mit weiteren vier Bienenvölkern errichtet, der für Schulungen und Lehrgänge genutzt wird.



Bild 1: Bienenhaus im Tierpark Bochum

Quelle: Tierpark Bochum

Rund um das Thema bestäubende Insekten bietet die Zooschule bereits ein Lernprojekt bis zur Mittelstufe an, in welchem die SuS durch Anschauungsmaterial sowie der Demonstration der Bienenvölker einen ersten Einblick in die Arbeitsweisen und das Sozialsystem der Honigbiene erhalten.

1.3 Ziel der vorliegenden Arbeit

Die Arbeitsgemeinschaft³ ‚Verhaltensbiologie und Didaktik der Biologie‘ der Ruhruniversität Bochum unter der Leitung von Prof. Dr. Kirchner widmet einen Großteil ihrer Forschung der Honigbiene. In den Bereichen der Verhaltensbiologie sozialer Insekten sowie der angewandten Entomologie beschäftigt sich die AG mit der Honigbiene. Die ‚Didaktik der Biologie‘ setzt sich mit der Forschung und Entwicklung von Unterricht und Unterrichtsprozessen auseinander. Sie verfügt über einen PKW-Anhänger, welcher mit drei Schaubienenvölkern bestückt ist, das *Beemobil*. Dieses wurde bisher für die universitäre Lehre eingesetzt, soll aber in Zukunft auch für schulische Bildung Verwendung finden.

Wie sich aus dem bestehenden Angebot der Zooschule für Schulklassen erkennen lässt, liegt der bisherige Fokus des Programmes auf der Arbeit mit Grundschulkindern sowie SuS der Unter- bis Mittelstufe

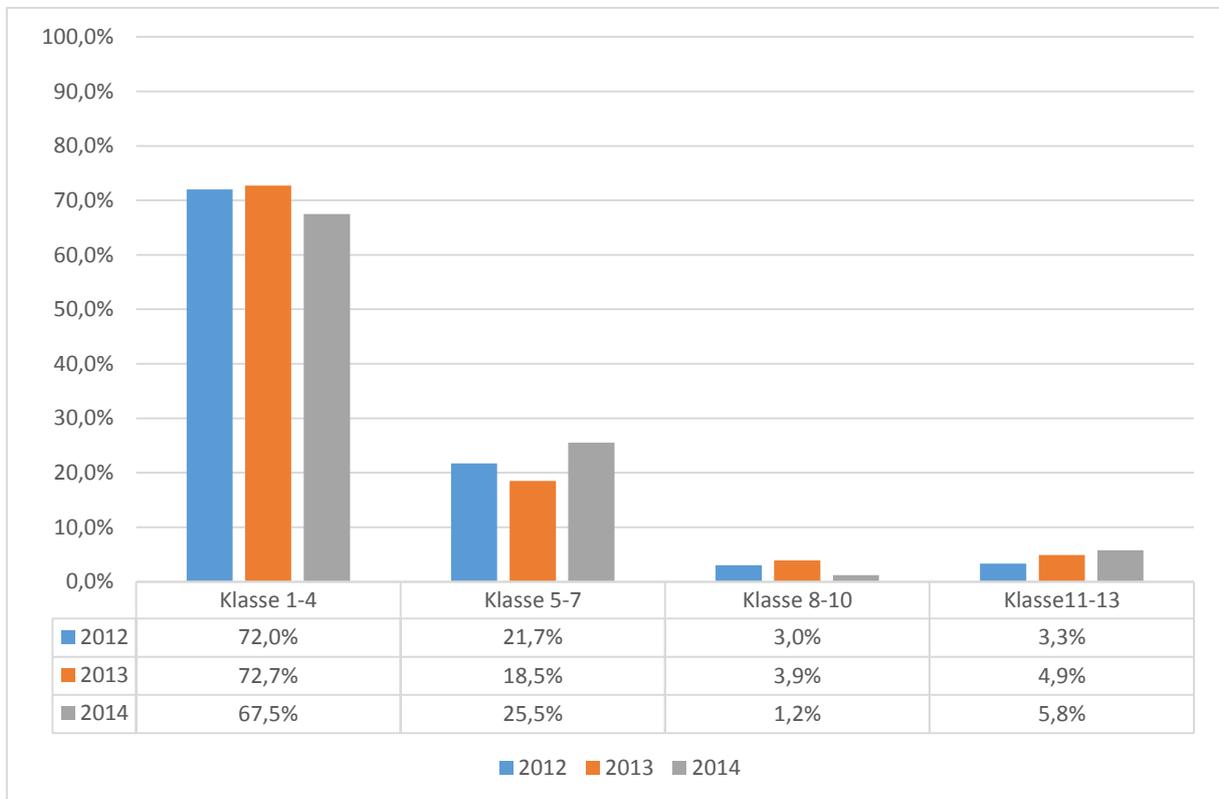


Diagramm 1: Schulklassenverteilung innerhalb der Zooschulbesucher 2012- 2014 mit Datentabelle

Quelle: Zooschule Tierpark Bochum

der weiterführenden Schulen. Die Daten der Zooschulbesucher aus den letzten drei Jahren (siehe Diagramm 1) lassen ergänzend erkennen, dass das Programm der Zooschule vorwiegend von Grundschulklassen (zwischen 60- 70 %) genutzt wird.

³ Im Folgenden als AG

Der Besuch von fünften bis siebten Klassen ist zwar in den letzten Jahren um 3,8 % gestiegen, liegt damit allerdings trotzdem nur bei 25,5 %. Auf den untersten Rangplätzen befinden sich die Besuche der Stufen Acht bis Dreizehn. Die Besucherzahlen der Acht- bis Zehntklässler haben in den letzten Jahren abgenommen. Sie sind von 3 % auf 1,2 % gesunken. Entgegengesetzt dazu sind die Besucherzahlen der Elften- bis Dreizehnten Klasse in den letzten drei Jahren von 3,3 % auf 5,8 % leicht angestiegen. Trotzdem ist ein eindeutiger Einbruch der Besucherzahlen bei Mittel- Oberstufenschülern zu erkennen (nachzulesen auf: www.tierpark-bochum.de).

Da die Zooschule bis zum Ende der Mittelstufe ein differenziertes Programm anbietet, aber ein solches für die Oberstufe noch fehlt, soll dieses im Interesse der Zooschule für Oberstufenkurse attraktiver gestaltet werden, um dadurch mehr Oberstufenschüler und –Schülerinnen als Besucher für die Zooschule gewinnen zu können und um auch diesen höheren Klassenstufen ein breitgefächertes Angebot als Ergänzung des Biologieunterrichts anzubieten.

Da der Themenkomplex Honigbiene neben seiner Aktualität auch viele Schnittstellen mit den curricularen Vorgaben für das Unterrichtsfach Biologie in der Oberstufe aufweist, bietet er sich als Thema für ein Projekt an einem außerschulischen Lernort an. Da die AG ‚Verhaltensbiologie und Didaktik der Biologie‘ neben den materiellen Möglichkeiten auch über die wissenschaftlichen Kenntnisse verfügt, ein komplexes und praktisch ausgerichtetes Unterrichtsprojekt zu diesem Thema zu gestalten, ist sie eine Kooperation zum Tierpark Bochum eingegangen.

Das Ziel meiner Arbeit liegt darin, ein praxisorientiertes Unterrichtsprojekt an dem außerschulischen Lernort Tierpark Bochum über die Verhaltensbiologie der Honigbiene für die gymnasiale Oberstufe zu entwickeln. Dieses kann von der Zooschule genutzt werden, um ihr Angebot für gymnasiale Oberstufen in Zukunft zu erweitern. Gleichmaßen existiert ein Konzept, womit das *Beemobil* flexibel eingesetzt werden kann.

Um die Praxistauglichkeit des geplanten Projekts zu überprüfen und es zu erproben, wurde es mit fünf Schulklassen durchgeführt. Danach wurde es mit Hilfe eines Feedback-Fragebogens evaluiert. Der Evaluationsbogen fragt beispielsweise nach dem Interesse am Themenkomplex ‚Honigbiene‘, dem selbst eingeschätzten Lernzuwachs oder beschäftigt sich mit der Bevorzugung eines bestimmten Teilaspekts.

Im Folgenden werde ich eine Analyse des geplanten und durchgeführten Projektes vornehmen. Die Bedingungsanalyse beschreibt die vorhandenen Voraussetzungen ebenso wie die der Teilnehmer. Darauf folgt eine didaktische Analyse, welche sich nach einer Sachanalyse zu den betreffenden inhaltlichen Themen mit der Begründung der Thematik sowie der schriftlichen Planung des Projekts beschäftigt. Sie schließt mit einer ersten Reflexion der Durchführung ab. Zuletzt findet eine Auswertung der Evaluation

statt, durch welche mögliche Rückschlüsse auf die zukünftige Durchführung des Projektes gezogen werden können.

2. Analyse des Unterrichtsprojekts

2.1 Bedingungsanalyse

2.1.1 Institutionelle und organisatorische Voraussetzungen

Das geplante Unterrichtsprojekt wurde im außerschulischen Lernort Tierpark Bochum durchgeführt. Dieser ist durch seine zentrale Lage und die gute infrastrukturelle Anbindung für Schulklassen vieler umliegender Städte in kürzester Zeit zu erreichen.

Für die Durchführung stand das *Beemobil* von der AG ‚Verhaltensbiologie und Didaktik der Biologie‘ zur Verfügung, welches an einem ruhigen, seitlichen Platz des Tierparks aufgestellt wurde (siehe Bild 2).

Im *Beemobil* können bis zu 12 SuS selbstständig an den Schaubienenvölkern arbeiten (siehe Bild 3 und 4).



Bild 2: Das *Beemobil*

Quelle: eigene Aufnahme

Neben dem *Beemobil* standen weitere Arbeitsmaterialien wie spezielle Winkelmesser für das Ausmessen des Tanzwinkels beim Bientanz und anderen Materialien zur Verfügung, so dass die SuS eigenständig Versuche mit Honigbienen durchführen konnten (Materialliste im Anhang).

Vom Tierpark beziehungsweise der Zooschule wurde der modern ausgestattete Unterrichtsraum, der für bis zu 30 SuS die Möglichkeit für theoretische Vor- und Nachbereitungen bietet, genutzt. Als weiteren Raum für die Erarbeitung wurde das Bienenhaus, welches flexibel mit Tischen und Stühlen bestückt werden kann, genutzt. Somit hätte das Unterrichtsprojekt auch bei schlechten Wetterbedingungen stattfinden können.



Bild 3: Beemobil Innenansicht

Quelle: eigene Aufnahme



Bild 4: Beemobil mit SuS

Quelle: eigene Aufnahme

2.1.1.1 Methode Farbmarkierung

Durch farbliche Markierungen auf dem Thorax der Bienen können die SuS einzelne Individuen genauer und über einen längeren Zeitraum beobachten, ohne sie in der Masse aus den Augen zu verlieren (siehe Bild 5). Die Farbmarkierung ist eine Möglichkeit, die schon früh in der Bienenforschung angewandt wurde. Durch Verwendung verschiedener Farbkombinationen am Thorax und Abdomen der Biene konnten früher bis zu 599 Bienen individuell markiert werden (von Frisch 1993). In dem geplanten Unterrichtsprojekt stehen einfache Farbpunkte auf dem Thorax für ein bestimmtes Alter der Bienen.

Am Tag des Schlüpfens wurden pro Farbe ungefähr 300 Bienen wie folgt markiert:

15.08. 2014 – rot

22.08. 2014 – gelb

29.08.2014 – blau

05.09.2014 – silber

11.09.2014 – weiß



Bild 5:

Arbeiterin mit gelber Markierung durch Lackedding

Quelle: eigene Aufnahme

Die markierten Bienen wurden anschließend auf die drei Schauvölker aufgeteilt, so dass an den jeweiligen Tagen der Durchführung in jedem Volk alle Altersstufen für die SuS zu beobachten waren (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Alter der Arbeiterinnen zum Zeitpunkt des jeweiligen Durchgangs

Datum	Schule	Klasse	Alter der Bienen in Tagen					silber	weiß
			rot	gelb	blau				
08.09	Louis-Baare-Berufskolleg	13.	24	17	10	3	0		
09.09	Louis-Baare-Berufskolleg	12.	25	18	11	4	0		
10.09	Matthias-Claudius-Schule	Q1	26	19	12	5	0		
15.09	Louis-Baare-Berufskolleg	13.	31	25	17	10	4		
17.09	Schiller-Schule	9.	33	27	19	12	6		

2.1.2 Voraussetzungen auf Seiten der Lerngruppen

2.1.2.1 Herkunftsschulen und Struktur der Klassen

An dem von mir geplanten und durchgeführten Unterrichtsprojekt zur Verhaltensbiologie der Honigbiene haben fünf verschiedene Klassen aus drei Schulen in Bochum teilgenommen (siehe Tabelle 1). Die gesamte Teilnehmerzahl betrug 101, mit 57 Schülern, 38 Schülerinnen und 6 SuS ohne Angaben zu ihrem Geschlecht.

Drei der Schulklassen, die an dem Projekt teilgenommen haben, kamen von dem Louis-Baare-Berufskolleg, welches eine kaufmännische Schule mit Wirtschaftsgymnasium ist. Als Wirtschaftsgymnasium bietet die Schule den Abschluss der Allgemeinen Hochschulreife mit erweiterten beruflichen Kenntnissen an.

Für diesen Schulabschluss bietet die Schule das Unterrichtsfach Biologie im berufsbezogenen Lernbereich als Grundkurs an. Vom Louis-Baare-Berufskolleg nahmen zwei dreizehnte und eine zwölfte Klasse an dem Unterrichtsprojekt teil (alte Nomenklatur). Die beiden dreizehnten Klassen hatten eine Stärke von 21 SuS (dabei 11 Jungs und 10 Mädchen) und 15 SuS (dabei 3 Jungs, 7 Mädchen und 5 ohne Angabe). Es war eine Altersspanne von insgesamt 17 bis 22 Jahren vertreten. Die zwölfte Klasse bestand aus 12 Jungs und 6 Mädchen, insgesamt 18 SuS in einem Alter von 17 bis 23 Jahren.

Eine weitere Klasse, die an dem Unterrichtsprojekt teilgenommen hat, war ein Biologie Leistungskurs der Stufe Q1 (neue Nomenklatur) von der Matthias-Claudius-Schule aus Bochum. Diese ist eine integrative Gesamtschule und liegt in evangelischer Trägerschaft. Von den 24 Teilnehmern dieser Schule (18 Jungs und 6 Mädchen), war ein Jugendlicher geringfügig körperlich eingeschränkt. Er war jedoch bei der Ausübung der Aufgaben während des Projekts in nicht benachteiligt. Die Altersspanne dieser Gruppe betrug 17 bis 19 Jahre. Die Matthias-Claudius-Schule besitzt selber mehrere Bienenvölker und betreibt eine erfolgreiche Imker AG, an denen SuS aus allen Klassenstufen teilnehmen können.

Auch wenn das Projekt prinzipiell für die Oberstufe konzipiert wurde, war die letzte Klasse, die an dem Projekt teilgenommen hat, eine neunte Klasse der Schiller-Schule. Da die Biologielehrerin Interesse an dem Projekt zeigte, wurde ihre Klasse auch eingeladen. Die Schiller-Schule ist ein städtisches Gymnasium in Bochum. Die teilnehmende Klasse bestand aus einem Wahlpflichtkurs Biologie/Chemie der neunten Klasse mit 23 SuS (13 Jungs, 9 Mädchen und 1 ohne Angabe). Ihr Alter lag zwischen 14 und 15 Jahren.

2.1.2.2 Vorkenntnisse und Voreinstellungen der SuS zum Thema

Für das Unterrichtsprojekt im Tierpark Bochum wurde vorausgesetzt, dass die SuS einen grundlegenden Wissensstand zum Aufbau eines Bienenvolkes und den einzelnen Bienenwesen haben und in der Lage sind, Bienen systematisch einzuordnen.

Die Voreinstellung der SuS zum Thema kann nur schwer eingeschätzt werden, da die SuS bis zum Zeitpunkt der Durchführung unbekannt waren. Die Motivation der SuS für die Teilnahme an dem Projekt war innerhalb der Klassen recht verschieden. Es kann jedoch festgehalten werden, dass die SuS der neunten Klasse insgesamt am motiviertesten waren.

2.2 Didaktische Analyse

2.2.1 Sachanalyse

2.2.1.1 Honigbiene- *Apis mellifera*

Die Honigbiene gehört innerhalb der Klasse der Insecta der Ordnung der Hymenoptera (Hautflüglern) an. Gemeinsam mit verschiedenen anderen Klassen wie beispielsweise die der Crustacea (Krebstiere) oder der Arachnida (Spinnentiere) zählt die Klasse der Insecta zu dem Stamm der Arthropoda (Gliederfüßler). Allen Arthropoden ist im äußerlichen Erscheinungsbild gemein, dass ihr Körper in Caput (Kopf), Thorax (Brustabschnitt) und Abdomen (Hinterleib) gegliedert ist. Caput und Thorax können verschmolzen sein. Des Weiteren weisen sie alle eine aus Chitin bestehende äußere Cuticulaschicht auf, welche verschiedene Gestalt haben kann. Mit den Wespen und Ameisen bildet die Biene die Unterordnung der Apocrita (Taillenwespen). Allen Aculeata, eine Teilordnung der Apocrita, ist gemein, dass der Legebohrer der Weibchen zum Wehrstachel umgewandelt ist (zum Teil kann dieser wieder sekundär reduziert sein, wie zum Beispiel bei den stachellosen Bienenarten in den Tropen). Zu der Familie der Apidae (den echten Bienen) gehören viele Gattungen der sogenannten Wildbienen wie beispielsweise *Bombus* (die Hummel) aber auch die Gattung *Apis* (die Honigbiene). Von den weltweit lebenden neun staatenbildenden Honigbienenarten, die zur Gattung *Apis* zählen, lebt nur eine in Europa – die europäische Honigbiene *Apis mellifera* (Dettner und Peters 2003).

Wie die meisten Hymenopteren gehört *Apis mellifera* zu den 2% der staatenbildenden und somit eusozialen Insekten. Merkmale dieses Systems sind überlappende Generationen, die gemeinsam in einem Nest leben und Brutpflegeverhalten zeigen. Innerhalb des Bienenstaates existieren drei Kasten. Das einzige für die Fortpflanzung fähige Weibchen wird Königin genannt. Äußerlich kann man sie an ihrem relativ langen Hinterleib erkennen, welcher ihr dabei hilft, die Eier in den Waben abzulegen. Die übrigen Weibchen werden als Arbeiterinnen bezeichnet. Sie vollziehen die reproduktive Arbeitsteilung. Von ihnen können im Frühjahr wie Sommer um die 80.000 in einem Staat leben. Zu dieser Zeit besteht das Bienenvolk zusätzlich aus einigen hundert Drohnen, den Männchen. Sie sind an dem etwas breiteren Abdomen sowie an den sich berührenden Komplexaugen auf der Oberseite des Caputs zu erkennen (von Frisch 1993).

Die Flugzeit der Honigbiene ist während der Monaten März bis Oktober. Nur die Königin, welche mehrere Jahre leben kann, und die im Spätsommer geschlüpften Arbeiterinnen, überwintern in einer dichten

Traube. Die Drohnen sterben entweder direkt nach der Begattung einer Königin oder werden im Herbst aus dem Nest vertrieben.

Heute findet man die Art *Apis mellifera* in Mitteleuropa nicht mehr wildlebend vor. Entflohene Schwärme können durchaus über einige Jahre in hohlen Bäumen oder anderen Nistplätzen überleben. Durch die Verbreitung der Varroa-Milbe sind diese jedoch nicht in der Lage, wildlebend zu überleben. Baumhöhlen oder kleine Felsspalten dienten vor dem Befall als Nistplätze.

Das Nest der Honigbiene besteht aus vielen sechseckigen, horizontal angelegten Zellen, welche aus Wachs geformt werden. Diesen produzieren die Arbeiterinnen ab einem bestimmten Alter (siehe Abschnitt 2.2.1.3). Es entstehen scheibenförmige, zweischichtige Waben. Sie dienen gleichzeitig der Aufzucht der Brut wie auch der Speicherung von Honig und Pollen, wobei Brut und Vorrat in unterschiedlichen Bereichen abgelegt werden. Sammelbienen tragen neben Nektar und Pollen auch Propolis (Baumharz) ein, das antibakterielle Eigenschaften besitzt. Mit diesem beschmieren sie den Eingangsbereich sowie Risse in der Wabenkonstruktion. Auch Fremdkörper im Nest werden damit bedeckt, wodurch insgesamt ein Schutz gegen bakterielle Infektionen erzeugt wird.

Dadurch, dass der Brutraum zentral im innersten Kern des Nestes liegt, kann er konstant auf einer Temperatur von ungefähr 34°C gehalten werden. Während der kälteren Monate erzeugen die Bienen durch Vibration der indirekten Flugmuskulatur Wärme. Die Energie für diese Tätigkeit gewinnen die Arbeiterinnen aus dem im Sommer eingelagerten Honig. Als Schutz vor dem Hitzetod durch zu hohe Außentemperaturen können sie durch das Verdunsten von eingetragenen Wasser das Nest abkühlen (Amiet und Krebs 2012)

2.2.1.2 Staaten und Eusozialität

Eine der wichtigsten evolutionären Voraussetzungen für die Entstehung von Staaten ist, dass Weibchen aus befruchteten Eiern mit einem doppelten Chromosomensatz (diploid) und Männchen aus unbefruchteten Eiern mit einem einfachen Chromosomensatz (haploid) entstehen. Dieses Phänomen wird als Haplodiploidie bezeichnet (Tautz 2003). Männchen geben bei der Haplodiploidie ihren gesamten Chromosomensatz an ihre Töchter weiter, wodurch diese zu 100% mit ihren Vätern verwandt sind. Da die Mütter diploid sind, geben sie nur einen einfachen Chromosomensatz weiter. Durch den identischen väterlichen Chromosomensatz teilen sich Vollschwestern unter den Arbeiterinnen somit zu 75% ihre Gene, wohingegen Weibchen nur 50% ihrer Gene mit ihren eigenen Nachkommen teilen, da sie nur die Hälfte ihres Chromosomensatzes an sie abgeben. Weibchen staatenbildender Arten können daher sehr hohen

indirekten Fitnessgewinn erzielen, wenn sie ihrer Mutter dabei helfen, weibliche Geschwister zu produzieren. So wird zwar auf die eigene Reproduktion verzichtet, durch die Unterstützung der Mutter bei der Produktion von Schwestern wurde jedoch eine gute Strategie entwickelt, trotzdem die eigenen Gene zu verbreiten (Kappeler 2012).

Während des sogenannten Hochzeitsflugs einer Jungkönigin im Frühjahr findet die Paarung mit den männlichen Honigbienen, den Drohnen, statt. Der Geschlechtsapparat der Drohne bleibt nach der Paarung in der Geschlechtsöffnung der Königin stecken wodurch das Männchen stirbt. Dadurch soll verhindert werden, dass sich die Königin mit weiteren Männchen paaren kann. Allerdings haben männliche Honigbienen Methoden entwickelt, den Verschluss des vorherigen Geschlechtspartners zu entfernen, um sich selber ebenfalls mit der Königin paaren zu können und ihre Gene weitergeben zu können. So kann sich die Königin mit bis zu 20 Drohnen verpaaren. Die einmalig gesammelte Samenmenge reicht für die Besamung aller Eier während eines Königinnenlebens aus. Diese Mehrfachpaarung ist im Interesse der Königin, um eine erhöhte genetische Variabilität zu erzeugen. Durch diese erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, auch bei veränderten Umweltbedingungen das Überleben einiger Nachkommen sichern zu können (Tautz 2003).

Da Eusozialität nicht nur bei Haplodiploidie, sondern auch bei diploiden Termiten oder zu den Säugetieren gehörenden diploiden Nackt- und Graumullen auftritt, müssen auch nicht-genetische Faktoren an der Entstehung von Eusozialität und Staatenbildung beteiligt gewesen sein, und somit immer noch vorteilhaft für die jeweiligen Arten sein. Da bei diploiden Tieren die Verwandtschaftsvorteile nicht in dem Maße existieren. Es hat sich gezeigt, dass gemeinsame Brutpflege und Arbeitsteilung eine bessere Effizienz und Produktivität bei der Fortpflanzung bringt. Des Weiteren haben Field und Brace 2004 herausgefunden, dass Brutfürsorge das Risiko sowie die Kosten von Parasiteninfektionen der Brut reduziert, wodurch die Fitness des gesamten Staates wiederum gesteigert wird (Kappeler 2012).

Bei der Honigbiene zeigt sich die Eusozialität darin, dass die Königin durch ein Pheromon, welches physiologische Prozesse aber auch Verhalten stimulieren oder hemmen kann, die Ovarienentwicklung der Arbeiterinnen unterdrückt, wodurch diese steril sind. Letztere übernehmen altersabhängig und in überlappenden Generationen alle anfallenden Arbeiten im Stock wie Brutpflege, Nestbau, Nesthygiene, Nestklimatisierung, Feindabwehr oder Nahrungsbeschaffung vollziehen (Tautz 2003).

2.2.1.3 Altersabhängige Arbeitsteilung

Die Tätigkeit der Königin besteht nach ihrem Hochzeitsflug darin, täglich Eier zu legen. Je nach Größe des Volkes legt sie circa 1.000 Eier täglich. Außer der Paarung mit der Königin haben die Drohnen keine weitere Aufgabe. Sie verweilen, bis sie im Herbst aus dem Nest verstoßen werden, im Bienenvolk, um sich zu ernähren. Die Arbeiterin leistet, bis auf das Eierlegen, alle weiteren Tätigkeiten, die zum Aufbau und Erhalt des Staates notwendig sind. Dabei durchläuft sie während ihres vier bis sechswöchigen Lebens (in den Sommermonaten) in einer relativ festgelegten Reihenfolge verschiedene Arbeiten. Der Entwicklungszustand ihrer Futtersaft- beziehungsweise ihrer Wachsdrüsen entscheidet über den Zeitpunkt, wann eine Arbeiterin welche Aufgabe übernimmt. In den ersten drei Tagen ihres Lebens übernimmt die Arbeiterin Reinigungstätigkeiten im Stock, da ihre Futtersaftdrüsen noch nicht entwickelt sind. Erst durch Pollenernährung entwickeln sich ab dem dritten Tag die Futtersaftdrüsen. Jetzt kann sie die sogenannte Bienenmilch durch ihre Hypopharyngealdrüsen in die Brutzellen geben und damit die jungen Larven füttern (Amiet und Krebs 2012). Während der zweiten Lebenswoche entwickeln sich die Futtersaftdrüsen zurück und die Wachsdrüsen reifen. Diese paarig angelegten Drüsen befinden sich auf der Dorsalseite zwischen dem dritten und sechsten Abdominalsegment. Nun übernimmt die Arbeiterin bis ungefähr zu ihrem 16. Lebenstag Aufgaben beim Wabenbau oder deren Reparatur. Der produzierte Wachs ist vorerst weiß und wird durch Propolis sowie Pollenöle gelblich gefärbt. Erst wenn die Wachsdrüsen um den 20. Tag degeneriert sind, wird die Arbeiterin zur Sammelbiene und verlässt den Bienenstock, um Pollen und Nektar zu sammeln.

Diese Abfolge ist jedoch nicht starr festgelegt. Um an verändernde Umweltbedingungen angepasst zu sein, können die Arbeiterinnen ihre Aufgabenverteilung flexibel an bestimmte Gegebenheiten anpassen.

So hat ein Versuch von von Frisch (1886-1982)- einem Pionier der Verhaltensforschung- 1977 gezeigt, dass sich, wenn man aus einem Volk alle Arbeiterinnen bis auf die Sammelbienen entfernt, einige Sammelbienen nach einigen Tagen wieder Futtersaft- und Wachsdrüsen ausbildeten, um die Aufgaben der fehlenden Ammen- und Baubienen zu kompensieren (Tautz 2003).

2.2.1.4 Entwicklung

Durch das Bauen von unterschiedlich großen Wabenzellen können die Arbeiterinnen beeinflussen, ob die Königin ein befruchtetes Ei, aus dem sich ein Weibchen entwickeln wird, oder ein unbefruchtetes Ei, aus dem sich ein Männchen entwickeln wird, ablegt. Da die Drohne mit 13-16 Millimeter ungefähr fünf Millimeter größer sein kann als die Arbeiterin mit 11-13 Millimetern, benötigt das Männchen eine größere Wabe, um sich zu entwickeln.

Nachdem die Königin schließlich Eier gelegt hat, schlüpfen aus diesen nach drei Tagen Junglarven. Diese werden anfänglich alle mit der Bienenmilch, dem sogenannten Gelee Royale, gefüttert. Um den Larven Futter zuführen zu können, sind die Wabenzellen bis zur Nymphenbildung offen. Entscheiden sich die Arbeiterinnen dafür, eine neue Königin zu züchten, so füttern sie einer Larve während ihrer gesamten Entwicklung Gelee Royale zu. Alle anderen Larven, aus denen sich Arbeiterinnen oder Drohnen entwickeln sollen, werden zusätzlich mit Pollen und Honig gefüttert. Zwischen dem achten und neunten Tag wird die Zelle mit Wachs verdeckelt. Die Nymphe entwickelt sich, welche sich verpuppt und schließlich am 21. Tag als Arbeiterin schlüpft. Die Entwicklung eines Drohns dauert 24 Tage, wohingegen eine Königin bereits nach 16 Tagen schlüpft und eine Größe von 15- 16 Millimetern erreichen kann (Amiet und Krebs 2012).

2.2.1.5 Kommunikation

Das Leben in einem Bienenvolk mit vielen Tausenden kann nur funktionieren, wenn durch Kommunikation Informationen an einzelne Tiere weitergegeben werden, wodurch adaptive Verhaltensänderungen beim Empfänger ausgelöst werden. Kommunikation zwischen Honigbienen findet über verschiedene Wege und im Wesentlichen im Nest statt.

Da der visuelle Kommunikationsweg durch den Ausschluss von Licht im Stock nicht als Möglichkeit wahrgenommen werden kann, sind chemische Signalstoffe als Kommunikationsmittel eine Alternative. Zu den chemischen Signalstoffen zählt auch das bereits angesprochene Königinnen-Pheromon der so genannte Weiselstoff. Die Arbeiterinnen nehmen bei der Pflege der Königin durch das Ablecken das Pheromon auf. Durch engen körperlichen Kontakt, ständiges Übereinanderherlaufen im Stock und die Trophallaxis, der Austausch und die Weitergabe von in den Stock gelangten Nahrung sowie anderen chemischen Stoffen, gelangt der Weiselstoff in das gesamte Volk (Ruther 2003). Die Aufnahme dieses Pheromons sorgt einerseits für die Unterdrückung der Fortpflanzungsfähigkeit der Arbeiterinnen aber andererseits auch dafür, dass diese ihren Arbeiten nachkommen. Fehlt dieser Stoff, was innerhalb von einer knappen Stunde bemerkt werden kann, kommt es unter den Bienen zu einer so genannten Weiselunruhe, was unter anderem zur Schwarmbildung führen kann. Neben dem Einfluss auf die weiblichen Honigbienen hat das Königinnen Pheromon auch Einfluss auf die männlichen Honigbienen. Während des Hochzeitsfluges der Königin dient er als Sexuallockstoff, um Drohnen für die Paarung anzulocken (Ruther 2003).

Auch innerhalb der Gruppe von Arbeiterinnen werden Pheromone als Kommunikationswege genutzt. So produzieren sie bei Gefahr in ihrer Stachelkammer ein Pheromon, welches die Schwestern alarmiert und sie zur Nestverteidigung veranlasst (Amiet und Krebs 2012). Königer und Veith fanden überdies heraus, dass die Puppen aller drei Kasten eine Substanz erzeugen, welche die Stockbienen veranlasst, sich in

Gruppen auf die verdeckelten Brutzellen zu stellen, um die passende Bruttemperatur zu erzeugen (Ruther 2003).

Des Weiteren besitzen viele Wirbellose, so auch die Honigbiene, einen koloniespezifischen Geruchsstoff auf der Körperoberfläche, der durch direkten Körperkontakt, wie zum Beispiel dem Berühren der Antennen, auf denen sich die Geruchsrezeptoren befinden, wahrgenommen wird. Durch den Abgleich olfaktorischer Signale können Verwandte von nicht Verwandten unterschieden werden (Kappeler 2012).

Das Berühren der Antennen bildet auch eine Form der mechanischen Kommunikation. Durch das Berühren der Antennen wird beispielsweise die Throphallaxis veranlasst. Neben direkten Berührungen können mechanische Signale auch über Schwingungen, die über die Waben oder die Luft übertragen werden, im dunklen Stock zur Kommunikation dienen. Solche Signale werden bei der sogenannten Tanzsprache der Honigbiene übermittelt. Von Frisch entdeckte bereits Mitte des letzten Jahrhunderts, dass Honigbienen, die eine ergiebige Nahrungsquelle entdeckt haben, zu ihrem Stock zurückkehren und mit Hilfe von verschiedenen Tanzarten den anderen Bienen die Informationen über Entfernung und/oder Richtung der Nahrungsquelle mitteilen (Seeley 2014). Liegt die Futterquelle nur bis zu 70 Meter vom Nest entfernt, vollzieht die Sammlerin auf der senkrechten Wabe einen Rundtanz, welcher die anderen Sammelbienen anregt, rauszufliegen. Der Tanz gibt aber keinerlei Informationen über die genaue Lage und Entfernung der Futterquelle. Ist die attraktive Blütentracht weiter entfernt, wird ein sogenannter Schwänzeltanz aufgeführt. Mit diesem gibt die Arbeiterin die Informationen über Richtung und Entfernung des Futterplatzes wieder. Der Schwänzeltanz besteht aus einer Reihe von kreisförmigen Tanzfiguren, die sich jeweils aus einer Schwänzelpause und einem Rücklauf zusammensetzen (siehe Abbildung 2). Dabei verhält sich die Dauer des Schwänzeltanzes proportional zur zurückgelegten Flugstrecke. Dadurch übermittelt die tanzende Biene die Entfernung zum Blütenstand.

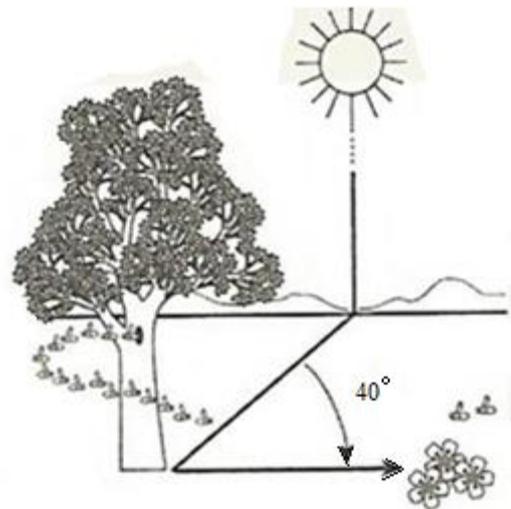


Abb. 1: Wahrnehmung der Flugrichtung relativ zum Sonnenstand

verändert nach Seeley 2014

Die Richtung der Futterquelle wird von der Sammelbiene während des Flugs mit Hilfe eines sogenannten Sonnenkompasses als Winkel zwischen Stock, Futterplatz und Sonne registriert (siehe Abbildung 1). Wird die Sonne verdeckt, kann die Biene den Sonnenstand mit Hilfe des Polarisationsmusters des Himmels ermitteln. Auf den senkrechten Waben gibt die Tänzerin die Richtung relativ zur Schwerkraftrichtung wieder. Ein senkrecht nach oben gerichteter Schwänzeltanz bedeutet, dass sich die Nahrungsquelle genau in Richtung der Sonne befindet.

Ist die Richtung des Schwänzeln um 40° im Uhrzeigersinn verschoben, befindet sich auch die Futterquelle 40° rechts von der Sonnenrichtung (siehe Abbildung 2).

Durch die Geschwindigkeit der Rücklaufstrecke wird zusätzlich die Attraktivität beziehungsweise der Zuckergehalt des Blütennektars an der Futterstelle mitgeteilt (Tautz 2003).

Da der Bientanz von den Arbeiterinnen nicht visuell wahrgenommen werden kann, trotzdem Informationen an die Nestgenossen vermittelt, müssen diese die Schwingungen, in welche die Tänzerin die Wabe beim Schwänzeln versetzt, wahrnehmen. Um die genaue Richtungsinformation zu erhalten, laufen die umstehenden Bienen der Tänzerin hinterher. Neben der eigentlichen Schwänzelsbewegung, welche hoch frequente Schwingungen in die Wabe leitet, brummt die tanzende Biene gleichzeitig in unterschiedlichen Rhythmen mit ihrer Flugmuskulatur. Dabei erzeugt sie ungefähr 260 Schwingungen pro Sekunde, was in etwa der Flügelschlagfrequenz während des Flugs entspricht (Tautz 2003).



Abb. 2: Wiedergabe des Winkels der Flugrichtung relativ zum Sonnenstand

verändert nach Seeley 2014

2.2.1.6 Der Befall durch die Varroa-Milbe

Die Milbe *Varroa destructor* gehört zu der Klasse der Arachnida. Genauso wie die Insekten zählt die Klasse der Spinnentiere zu dem Stamm der Arthropoda. Durch den Import der asiatischen beziehungsweise östlichen Honigbiene *Apis cerana* in den Siebzigerjahren nach Europa, wurde die Milbe und Parasit *Varroa destructor* eingeschleppt, deren ursprünglicher Wirt *Apis cerana* war. Um sich zu ernähren, nimmt die Milbe die Hämolymphe (die Körperflüssigkeit der Bienen) zu sich. Dafür schiebt sie sich zwischen die ersten Abdominalsegmente und öffnet dort mit ihren Mandibeln die Körperhülle.

Nachdem 1977 die ersten Milbenbefälle in Deutschland gemeldet wurden, wurde versucht, mit Sperrgebieten und Vernichtung vieler Tausender Völker die Verbreitung der Milbe aufzuhalten. Die Ausbreitung der Milbe konnte jedoch nicht gestoppt werden, so dass in den Achtzigerjahren in Teilen Deutschlands 80% der Bienenvölker zusammengebrochen waren. Bis heute stellt *Varroa destructor* weltweit die schwerwiegendste Bedrohung von *Apis mellifera* dar.

Der Befall der Milbe äußert sich bei der Biene durch eine verminderte Größe, deutlich verstümmelte Flügel (siehe Bild 5) und bedingt dadurch verminderte Sammelleistung. Ebenfalls wurde festgestellt, dass die Pflege der Brut bei starkem Milbenbefall vernachlässigt wird. Ohne eine Behandlung sterben die betroffenen Völker, da sie sich nicht mehr ausreichend versorgen können. Die Folge eines massiven Bienensterbens wären drastische wirtschaftliche Schäden durch die mangelnde Bestäubung von Nutzpflanzen, sowie eine Verarmung der heimischen Flora, da die Honigbiene die größte Bestäubungsleistung erbringt (Brauner 2003).



Bild 5: Durch Varroa-Befall verkrüppelte Biene

Quelle: eigene Aufnahme

Nur die Varroa Weibchen parasitieren sowohl Brut als auch ausgewachsene Bienen. Sie hat eine Größe von ungefähr 1-1,6 Millimetern und einen rotbraunen querovalen Körper (siehe Bild 6). Die Färbung der Tiere gibt Auskunft über das Alter, bei dunkleren Milben handelt es sich um ältere Individuen. Die Milbenmännchen sind mit einem rundlichen Körper mit Durchmesser von 0,8 Millimetern kleiner und hell weißlich



Bild 6: Größenverhältnis Parasit-Wirt

Quelle: eigene Aufnahme

gefärbt. Die Entwicklung der Milbe findet ausschließlich in den Brutzellen von *Apis mellifera* statt und ist eng mit ihrem Entwicklungszyklus verknüpft. Kurz bevor die Brut von den Arbeiterinnen verdeckelt wird, dringt das Milbenweibchen in die Brutwabe ein. Fast parallel zur Verpuppung der Bienenlarve nach zwei Tagen legt die Milbe das erste Ei. Alle 24 Stunden legt sie weitere. Nur aus dem ersten Ei entwickelt sich ein Milbenmännchen, welches ausschließlich die Bienenlarven parasitiert und stirbt, nachdem die ausgewachsene Biene die Zelle verlässt. Aus allen weiteren Eiern entwickeln sich weibliche Milben. Noch in der geschlossenen Brutzelle befruchtet das geschlüpfte Milbenmännchen die Weibchen. Beide ernähren

sich schon während der Entwicklung der Honigbiene von ihrer Hämolymphe. Schließlich verlassen die begatteten jungen Milbenweibchen mit der Altmilbe die Wabe beim Schlupf der parasitierten Biene.

Diese trägt die an sich festgeklammerten Milben nun mit sich durch den Stock (siehe Bild 7), während die Milben weiterhin die Hämolymphe der Biene zu sich nehmen. Nach ungefähr zwei Wochen sind die jungen Milben schließlich bereit, selber Eier abzulegen. Sie dringen in eine neue Brutzelle ein und der Vermehrungszyklus wiederholt sich. Die Lebenserwartung einer weiblichen Milbe beträgt im Sommer zwei bis drei Monate. Im Winter kann sie bis zu acht Monate alt werden.

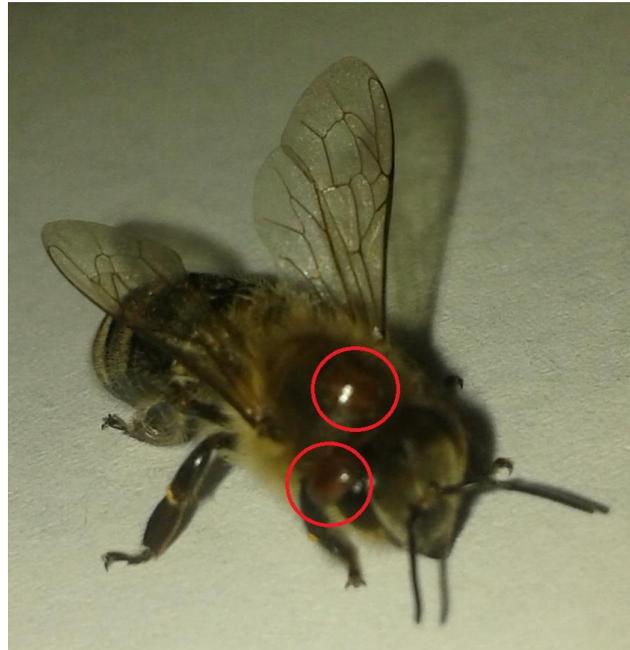


Bild 7: Parasitierte Arbeiterin mit 2 Milben

Quelle: eigene Aufnahme

Da Wildbienen wie Hummeln oder auch Wespen eine zu kurze Verdeckelungsdauer ihrer Brut haben, kann sich *Varroa destructor* bei diesen Arten nicht vermehren. Da die Nymphe der Bienenkönigin auch nur acht Tage verdeckelt ist, wird diese ebenfalls nicht parasitiert. Im Gegensatz dazu ist die Drohnenbrut der Honigbiene 14 Tage verdeckelt, was optimale Bedingungen für die Milbenentwicklung bietet. So kommt es, dass die Drohnenbrut doppelt so häufig befallen wird als die Arbeiterinnenbrut. Es zeigt sich also, dass die Vermehrung der Milbe zeitlich an die Brutphase der Bienen gekoppelt ist. Vermehrt sich das Bienenvolk im Frühjahr stark, um Nektar einzutragen und Männchen für die Paarung zu erzeugen, nimmt auch die Anzahl der Milben stark zu (Brauner 2003).

Die Varroa-Milbe kann sich über mehrere Wege verbreiten. Wird beispielsweise ein durch Varroa-Befall geschwächtes Volk von einem gesunden Volk geplündert, kann sich die Milbe auf das gesunde Volk übertragen. Andere Möglichkeiten sind der Wabenaustausch oder Bienenhandel. Letztere können die Imker selber kontrollieren. Ohne eine fachgerechte Behandlung des Volkes und eine regelmäßige Kontrolle würde ein stark befallenes Volk ab den Herbstmonaten zusammenbrechen. Durch eine unter die Beute (das Nest) geschobene Wanne kann der Imker die toten, nach unten gefallenen Milben zählen und dadurch den Grad des Befalls bestimmen. Ist die Anzahl der gezählten Milben hoch, muss das Volk behandelt werden. Dafür können chemische Substanzen wie Ameisensäure, Oxalsäure oder das Milbengift Perizin genutzt werden. Auch wenn viele Stoffe den Bienen nicht schaden, sollte eine chemische Behandlung möglichst nur in der brut- und honigproduktionsfreien Zeit angewendet werden, um unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden. Perizin wird beispielsweise auf die Wintertraube aufgetragen.

Die Varroa-Milbe kann sich über mehrere Wege verbreiten. Wird beispielsweise ein durch Varroa-Befall geschwächtes Volk von einem gesunden Volk geplündert, kann sich die Milbe auf das gesunde Volk übertragen. Andere Möglichkeiten sind der Wabenaustausch oder Bienenhandel. Letztere können die Imker selber kontrollieren. Ohne eine fachgerechte Behandlung des Volkes und eine regelmäßige Kontrolle würde ein stark befallenes Volk ab den Herbstmonaten zusammenbrechen. Durch eine unter die Beute (das Nest) geschobene Wanne kann der Imker die toten, nach unten gefallenen Milben zählen und dadurch den Grad des Befalls bestimmen. Ist die Anzahl der gezählten Milben hoch, muss das Volk behandelt werden. Dafür können chemische Substanzen wie Ameisensäure, Oxalsäure oder das Milbengift Perizin genutzt werden. Auch wenn viele Stoffe den Bienen nicht schaden, sollte eine chemische Behandlung möglichst nur in der brut- und honigproduktionsfreien Zeit angewendet werden, um unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden. Perizin wird beispielsweise auf die Wintertraube aufgetragen.

Hier kommt es nur mit wenigen Bienen in Berührung. Durch die Trophallaxis wird dieser Stoff dann aber von Biene zu Biene weitergegeben und gelangt so in die gesamte Traube (Ruther 2003). Saugt eine Varroa-Milbe jetzt an der Hämolymphe einer Biene, stirbt sie. Eine chemiefreie Methode ist die Kontrolle der Drohnenbrut. Da *Varroa destructor* bevorzugt die Drohnenbrut befällt, hängt der Imker im Frühjahr leere Rähmchen mit einer Vorlage für große Brutzellen in den Stock. An diesem bauen die Arbeiterinnen große Zellen aus, in denen die Königin anschließend unbefruchtete Eier legt, aus denen sich Männchen entwickeln. Auf diesem Wege kann der Imker etwa alle zwei bis drei Wochen die Drohnenwaben mit der parasitierten Brut kontrolliert entfernen (Brauner 2003).

Allgemein zeigen Honigbienen ein sehr gut ausgebildetes Hygieneverhalten. Sie befördern alle nicht zum eigenen beziehungsweise gesunden Volk gehörenden Objekte, wie Überreste, Eindringlinge, kranke oder verkrüppelte Bienen aus ihrem Nest. Sie säubern ihre Waben und beziehen sogar ein neues Nest, wenn das alte zu marode geworden ist. Einige Parasiten wie zum Beispiel die Bienenlaus, welche zu der Familie der Dipteren gezählt wird, werden deshalb im Stock geduldet, da sie dem Volk keinen gravierenden Schaden zufügen. *Varroa destructor* wird hingegen von der Honigbiene *Apis cerana* als gefährlicher Schädling erkannt und auch bekämpft. Durch eigenes Putzen versuchen sie, die Milbe vorerst alleine los zu werden, gelingt dies nicht, werden Nestgenossinnen durch Putztänze aufgefordert, diese zu entfernen. Durch Zerbeißen wird die Milbe schließlich getötet und letztlich aus dem Stock entfernt. Im Gegensatz zu diesem Verhalten duldet *Apis mellifera* seinen Wirt ohne Gegenwehr. In dem noch relativ jungen Wirt-Parasit-Verhältnis zwischen *Apis mellifera* und *Varroa destructor* konnte die europäische Honigbiene noch nicht lernen, sich durch Verhaltensanpassung dem Schädling zur Wehr zu setzen (Ruther 2003).

2.2.1.7 Altruismus und Verwandtenselektion bei der Honigbiene

Trophallaxis, den anderen zu putzen, oder die Übernahme von verschiedenen Aufgaben im Volk, ohne dabei einen direkten Vorteil für sich selber zu erlangen, und sein eigenes Wohlergehen dabei sogar zu gefährden, sind Verhaltensweisen, die sich auf den ersten Blick nur schwer begründen lassen. Um ein solches Verhalten analysieren zu wollen, müssen neben den direkten Fitnessgewinnen beziehungsweise –Verlusten des Handelnden und des Empfangenen auch der Verwandtschaftsgrad zwischen beiden berücksichtigt werden.

Findet eine Selektion bei der Wahl der Individuen, die einen Nutzen aus Verhaltensweisen ziehen, die beispielsweise ihren Überlebens- und Fortpflanzungserfolg erhöhen, in Richtung des Verwandtschaftskoeffizienten statt, so spricht man nach Smith 1964 von Verwandtenselektion. Verwandtenselektion wird als eine von mehreren Erklärungsansätzen verwendet, um altruistisches Verhalten, also das Verhalten,

bei dem Individuen durch Verhaltensweisen die Fitness von Artgenossen steigern und dadurch aber die eigene verringern, zu erklären (Kappeler 2012).

Altruismus setzt sich durch, wenn Hamiltons Ungleichung von 1964 erfüllt ist. r Bezeichnet in dieser Formel den Verwandtschaftskoeffizient, b die Vor-

$$rb - c > 0$$

teile einer Verhaltensweise für den Empfänger und c die Kosten für den Handelnden. Umso höher der Verwandtschaftskoeffizient ist, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Ungleichung erfüllt ist. Da der Verwandtschaftsgrad unter Arbeiterinnen im Schnitt bei 0,75 liegt, sind die Vorteile von altruistischen Verhaltensweisen für den Empfänger mehr als doppelt so groß, wie die Kosten für den Akteur, wodurch sich altruistisches Verhalten im Bienenstaat erklären lässt (Kappeler 2012).

2.2.2 Begründung der Thematik

2.2.2.1 Begründung der Thematik im Hinblick auf curriculare Vorgaben

Der Kernlehrplan Biologie und die Zentralabiturvorgaben bilden die pädagogische und didaktische Grundlage für den Biologieunterricht in der Oberstufe an Gesamtschulen und Gymnasien. Während der Lehrplan Inhalte und Ziele auch für die Einführungsphase vorgibt, bieten die Zentralabiturvorgaben Hinweise dahingehend, auf welche Inhalte die SuS zum erfolgreichen Abschließen der Qualifikationsphase 1 und 2 vorbereitet werden müssen.

Das geplante Unterrichtsprojekt mit seinen Inhalten (siehe 2.3.1) sind in dem Inhaltsfeld 3 (Genetik), 5 (Ökologie) sowie zu Teilen auch im Inhaltsfeld 6 (Evolution) zu verorten. Die Behandlung der Inhalte erfüllt zentrale Ziele und spricht alle Kompetenzbereiche des Lehrplans Biologie für den Grundkurs genauso wie für den Leistungskurs an (siehe 2.3.2). Indem die SuS biotische Faktoren und Verhaltensweisen untersuchen beziehungsweise beobachten, erkennen sie Zusammenhänge von Lebenszyklen wie aber auch intra- und interspezifische Beziehungen zwischen Populationen und können Folgen für die jeweilige Gruppe ableiten. Die Parasitierung der Varroa-Milbe zeigt exemplarisch, wie eng ein Parasit an die Lebensweise seines Wirtes angepasst sein kann. Durch die genannten Inhalte werden die ersten drei Kompetenzbereiche ‚Umgang mit Fachwissen‘, ‚Erkenntnisgewinnung‘ und ‚Kommunikation‘ angesprochen. Das Bewusstmachen der Bedeutung der Honigbiene für das gesamte Ökosystem schult schließlich auch den Kompetenzbereich ‚Bewertung‘ in vielen Aspekten. Auch das für den Leistungskurs geforderte Aufstellen von Hypothesen, Durchführen von Experimenten und kriterienorientierte Beobachtung sowie Deuten von Ergebnissen wird eingeübt. Im Inhaltsfeld 6 (Evolution) kann das Projekt für die inhaltlichen

Schwerpunkte ‚Art und Artbildung‘ sowie ‚Evolution von Verhalten‘ als unterrichtliche Ergänzung genutzt werden. Das Inhaltsfeld 3 (Genetik) wird über den Aspekt des Verwandtschaftsgrades und der Verwandtenselektion angesprochen (siehe Kernlehrplan für Gymnasium und Gesamtschule – Sek II NRW Biologie 2014).

Ferner erfüllt das Projekt auch die Vorgaben für das Zentralabitur, wie in den inhaltlichen Schwerpunkten ‚Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung‘ sowie ‚Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten‘ nachzulesen ist (siehe Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die schriftlichen Prüfungen im Abitur in der gymnasialen Oberstufe im Jahr 2015).

Eine detaillierte Erläuterung der Inhalte sowie Ziele und zu erreichenden Kompetenzen wird in Punkt 2.3.1 und 2.3.2 vorgenommen.

2.2.2.2 Stellung des Projekts im Kontext einer Reihe bzw. des Halbjahres

Das Unterrichtsprojekt zur Verhaltensbiologie der Honigbiene ist in verschiedenen thematischen Unterrichtsreihen in den Inhaltsfeldern Ökologie und Evolution möglich. Wie oben beschrieben, bietet es sich zu vielen Bereichen an. Daher wird keine ausdrückliche Vorgabe für eine bestimmte Unterrichtsreihe gemacht. Die LuL können selber entscheiden mit welchem inhaltlichen Schwerpunkt sie das Projekt in ihrer Unterrichtsreihe einbetten. Das Projekt als Einstieg in eine Reihe zu nutzen, bietet sich jedoch nicht an. Da eine gewisse inhaltliche Vorbereitung, wie beispielsweise die theoretischen Grundlagen zur Morphologie der Honigbiene, dem Aufbau eines Bienenvolks und zu staatenbildenden Insekten sinnvoll ist.

Da die Durchführung des Projekts von der Aktivität der Honigbienen abhängt, beschränkt sich die Umsetzung und Stellung im ganzen Schuljahr auf die Monate Mai bis September. Es kann also zu Beginn des ersten Halbjahres oder zum Ende des zweiten Halbjahres durchgeführt werden. Da den Schulen freigestellt ist, in welcher Reihenfolge sie die, für die Qualifikationsphase vorgesehenen, Inhaltsfelder durchführen, sind beide Möglichkeiten im Schuljahr denkbar.

2.2.2.3 Exemplarität

Die Inhaltsbereiche, die während des Projekts zur Verhaltensbiologie der Honigbiene abgedeckt werden, stehen exemplarisch für die vom Kernlehrplan vorgegebenen Basiskonzepte System, Struktur und Funktion sowie Entwicklung. Die Aufgabe zur altersabhängigen Arbeitsteilung der Honigbiene stehen beispielhaft für die Unterpunkte Population, Organismus und Lebenszyklus. Die Teilaufgabe zur Nestgenosserkennung steht exemplarisch für das Prinzip der Konkurrenz sowie für das Verhaltenskonzept des Altruismus. Der Unterpunkt Parasitismus wird durch die Thematik des Varroa-Befalls abgedeckt. Da dieser Befall zum Ausfall eines der wichtigsten Bestäuber von Wild- und Nutzpflanzen führen kann, ist die Varroa-Milbe ein Musterbeispiel, wie verheerend eine neu eingeführte Art bestehende ökologische Verhältnisse beeinflussen kann. Des Weiteren steht die Honigbiene insgesamt exemplarisch für die Gruppe der staatenbildenden Insekten und damit einhergehend auch für eusoziale Verhaltensweisen. Da die Zentralabiturvorgaben für den Leistungskurs zusätzlich den Themenbereich Verhalten fordern, bietet sich das Unterrichtsprojekt mit seinen inhaltlichen Schwerpunkten und Methoden an, diese zu erfüllen.

2.2.2.4 Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung

Der steigende Altersdurchschnitt der Hobby-Imker in Deutschland, der einen Rückgang dieser bedingt, und der Befall vieler Honigbienenvölker in Europa durch die Varroa-Milbe macht das Thema sehr aktuell. Auch die Medien berichten immer häufiger von diesen Problemen. Bereits über neuste Medien können sich Interessierte über Bienen informieren und lernen, was getan werden kann, um sie zu unterstützen. So hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft eine Application für Smartphones und Tablets entwickelt, die Bieneninteressenten praktische Hintergrundinformationen zur Honigbiene liefert oder auch Tipps gibt, welche Pflanzen gepflanzt werden sollten, um Bienen bei der Nahrungssuche zu helfen (nachzulesen auf: www.bmel.de).

Das Überleben der Honigbiene ist neben ihrer Arterhaltung von großer Bedeutung, da sie mit 85% der wichtigste Pflanzenbestäuber in Deutschland ist und dadurch die Erträge im Pflanzen- und Obstanbau sichert. Ungefähr 80% der in Deutschland beheimateten Nutz- und Wildpflanzen sind auf die Bestäubung durch die Honigbiene angewiesen. So kommt es, dass die Honigbiene neben Rindern und Schweinen das dritt wichtigste Nutztier in Deutschland und auch weltweit darstellt (nachzulesen auf: www.deutscherimkerbund.de).

Die Beschäftigung mit den einzelnen Inhalten des Projekts soll den SuS nicht nur exemplarisch dazu dienen, weitere biologische Strukturen zu verstehen und auf das Zentralabitur vorbereiten, sondern die

SuS auch ökologische Zusammenhänge erkennen lassen. Da wir Menschen in diesen ökologischen Zusammenhängen deutlich eingebunden sind und die Honigbiene gerade für uns eine bedeutende Rolle spielt, trägt dieses Thema eine ganz besondere Gegenwarts- wie auch Zukunftsbedeutung. Das steigende Bewusstsein über diese Zusammenhänge und das wachsende Interesse an dem Thema ‚Honigbiene‘ soll dazu beitragen, dass die Naturverantwortlichkeit der SuS gesteigert wird.

2.2.2.5 Thematische Struktur

Das geplante Unterrichtsprojekt besteht aus zwei Hauptteilen beziehungsweise Stationen, die räumlich von einander getrennt durchgeführt werden. Das eine findet im *Beemobil* und das andere im Bienenhaus statt (siehe Bild 8 und 9). Während sich eine Gruppe der SuS im *Beemobil* mit dem Thema der Arbeitsteilung im Volk und dem Bientanz beschäftigt, betrachtet die andere Hälfte der SuS im Bienenhaus einzelne Individuen bei der Nestgenosserkennung. Nachdem diese Aufgabe erledigt ist, können hier noch Arbeitsaufträge zum Befall der Varroa-Milbe bearbeitet werden. Nachdem die Arbeitszeit beider Gruppen vorbei ist, werden die Standorte und Themen gewechselt. Da die Ergebnisse der Arbeitsaufträge, nachdem beide Schülergruppen beide Stationen absolviert haben, gemeinsam zusammengetragen werden und es keine Hierarchie in der Abfolge der Projektteile gibt, ist die Reihenfolge, in der sie erfüllt werden, irrelevant.

2.2.2.6 Zugangs- und Darstellungsmöglichkeiten

Da es sich um ein praktisch ausgerichtetes Unterrichtsprojekt handelt, sind die einzelnen Teile und Aufgaben praxisorientiert ausgearbeitet. Beide Hauptteile beginnen mit einem offenen konfrontierenden Einstieg, wodurch der Zugang zum jeweiligen Inhalt erleichtert werden soll. Die SuS, die das Teilprojekt zur ‚Nestgenosserkennung‘ durchführen, werden mit der Situation konfrontiert, in der drei Bienen aufeinander treffen. Sie sollen eigenständig Hypothesen zum Verhalten der Bienen aufstellen und erhalten dabei Schritt für Schritt weitere Informationen über die Bienen. Durch die selbstständig generierten Überlegungen sind die SuS motiviert, diese in einem anschließenden Schritt zu überprüfen. Dafür erhalten die Jugendlichen in Kleingruppen Petrischalen mit Bienen, in denen die Nestgenosserkennung direkt und sehr nah beobachtet werden kann (siehe Bild 9).

Die Folgen durch den Befall der Varroa-Milbe lassen sich sehr anschaulich durch tote, von der Milbe penetrierte Bienen sowie bildhaftes Anschauungsmaterial der Milbe selber aufzeigen.

Die andere Hälfte der SuS wird direkt in Zweiergruppen mit jeweils einem Schaubienenvolk konfrontiert, so dass die Bienen hautnah erlebt werden können. Der erste Blick auf ein gesamtes Bienenvolk wirkt faszinierend und soll das Interesse wecken (siehe Bild 8). Nach der ersten Betrachtung folgen kriterienorientierte Beobachtungen und Messungen zum Arbeitsverhalten sowie zum Bientanz. Durch das Vorhandensein von verschiedenen farbig markierten Bienen ist es den SuS möglich, das Verhalten der Bienen über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Gleichzeitig kann überprüft werden, ob die in der Literatur angegebenen Verhaltensweisen für ein gewisses Alter der Realität entsprechen



Bild 8: SuS werden im *Beemobil* mit Bienenvolk konfrontiert

Quelle: eigene Aufnahme



Bild 9: SuS beobachten im Bienenhaus drei Bienen in der Petrischale

Quelle: eigene Aufnahme

2.3 Schriftliche Planung des Unterrichtsprojekts

2.3.1 Thema und Inhalte

Das Thema des geplanten Unterrichtsprojekts am außerschulischen Lernort Tierpark Bochum ist die Verhaltensbiologie der Honigbiene. Das Projekt beinhaltet konkret folgende Inhalte:

- Besonderheiten staatenbildender Insekten am Beispiel des Honigbienenstaates:
 - Die altersabhängige Arbeitsteilung
 - Kommunikation
 - Mechanische Kommunikation: Bientanz, Antennieren, Trophallaxis
 - Olfaktorische Kommunikation: Pheromone, (Antennieren), (Trophallaxis)
 - Sozialverhalten
 - Altruismus
 - Verwandtenselektion

- Ökologische Beziehungen:
 - Die Bedeutung der Honigbiene als Bestäuber für gesamtes Ökosystem
 - Parasitierung durch Varroa-Milbe
 - Beeinflussung der Honigbiene → Einfluss auf das gesamte Ökosystem

Die genannten Inhalte können den folgenden Inhaltsfeldern des Kernlehrplans für die gymnasiale Oberstufe (LK und GK) zugeordnet werden, beziehungsweise Inhaltsfeld übergreifend vermittelt werden:

Inhaltsfeld 3 (Genetik):

- Weitergabe von Genen (Verwandtenselektion)

Inhaltsfeld 5 (Ökologie):

- Population/ Dynamik von Populationen
- Organismus
- Parasitismus
- Konkurrenz

Inhaltsfeld 6 (Evolution):

- Evolution und Verhalten (Fitness)

2.3.2 Ziele und Kompetenzen

Durch die Vermittlung der beschriebenen Inhalte sollen folgende Ziele und Kompetenzen erreicht werden.

Die durch die Ziele zu erreichenden Kompetenzen sind fett markiert und werden bei Erstnennung erklärt.

(**UF** = Umgang mit Fachwissen, **E**= Erkenntnisgewinnung, **K**= Kommunikation, **B**= Bewertung)

Ziele des Aufgabenteils zur altersabhängigen Arbeitsteilung:

Die SuS

- Erschließen sich aus dem Informationstext die altersabhängigen Aufgaben der Arbeiterin und verstehen wodurch diese determiniert sind
(**UF1** – Wiedergabe/Beschreibung von biologischen Konzepten/Phänomenen)
- Können beschriebene Verhaltensweisen im Bienenstock identifizieren (z.B. Waben inspizieren, Larven füttern)
(**UF1, UF2** – Systematisierung und Einordnung von biologischen Sachverhalten in gegebenen fachlichen Strukturen)
- Können über eine bestimmte Dauer in mehreren Durchgängen kriterienorientierte Verhaltensbeobachtungen durchführen
(**E2** – kriteriengeleitet beobachten und messen sowie Ergebnisse objektiv beschreiben, **E4** – Experimente und Untersuchungen zielgerichtet durchführen)
- Sind in der Lage die evtl. beobachteten Abweichungen in dem altersabhängigen Arbeitsplan zu erklären
(**UF4** – bestehendes Wissen aufgrund neuer biologischer Erfahrungen modifizieren, **E5** – Auswertung von Daten – interpretieren und Zusammenhänge ableiten, diese fachlich angemessen erklären, **K4** – Argumentation – biologische Aussagen mit sachlich fundierten Argumenten begründen/ kritisieren)
- Können Daten/ Ergebnisse in der Gruppe gemeinsam sichern sowie im Abschlussgespräch sprachlich und fachlich korrekt präsentieren
(**K1** – Daten werden strukturiert dokumentiert, **K3** – Präsentation biologischer Sachverhalte, Arbeitsergebnisse adressatengerecht sowie formal korrekt in Kurzvorträgen vorstellen, **K4, E5**)

Ziele des Aufgabenteils zum Bienentanz:

Die SuS

- Erschließen sich aus dem Informationstext, wie Honigbienen die Richtung einer Nektarquelle wahrnehmen und diese Information sowie die Entfernung zu dieser den Nestgenossen mitteilen (UF1)
- Können beschriebenen Bienentanz auf der Wabe erkennen (UF1, UF2)
- Können mit Hilfe des entsprechenden Materials den Bienentanz ausmessen und somit Richtung sowie Entfernung der Nektarquelle bestimmen (E2, E4)
- Können Daten/ Ergebnisse in der Gruppe gemeinsam sichern sowie im Abschlussgespräch sprachlich und fachlich korrekt präsentieren (K1, K3, K4, E5)

Ziele des Aufgabenteils zur Nestgenosserkennung:

Die SuS

- Stellen auf Grundlage gegebener Informationen Hypothesen über die Verhaltensweisen zwischen Nestgenossen und Nicht-Nestgenossen auf (E3 – zur Klärung biologischer Fragestellungen Hypothesen formulieren und Möglichkeiten zu ihrer Überprüfung geben)
- Können beschriebene Verhaltensweisen identifizieren (z.B. Trophallaxis, stechen) (UF1, UF2)
- Können über eine bestimmte Dauer in mehreren Durchgängen kriterienorientierte Verhaltensbeobachtungen durchführen (E2, E4)
- Können mit Hilfe des Informationstextes das Verhalten erklären (K4, E5)
- Können mit Hilfe der dokumentierten Beobachtungen ihre Hypothesen verifizieren bzw. falsifizieren (K4, E5)

	<p>Aufgabe 1 (freie Beobachtung) 10 min</p> <p>--> hier Hinweis an SuS : Wenn genug beobachtet & Projektleitung noch nicht zurück- dann können sie schon den Text lesen (Aufg.2)</p> <p>3. Problemorientiertes Einführen in Experiment:</p> <p><i>"Was passiert wenn 1 satte & 2 hungrige Bienen zusammen gesetzt werden? warum? Zusatz: aus 2 Völkern"</i> (Verweis auf Abb. auf Flipchart)</p> <p>Hypothesen sammeln und auf Flipchart festhalten</p> <p>4. AB (Nestgenosserkennung) verteilen, SuS notieren s. Hypothesen</p> <p style="text-align: right;">10 min</p> <p>5. währenddessen Bienen in Petrischale für Aufg.2 verteilen</p> <p>--> SuS bearbeiten Aufg. 2</p> <p style="text-align: right;">10 min</p> <p>6. Mit SuS beobachtete Verhaltensweisen & passende Bezeichnungen durchsprechen</p> <p>--> SuS bearbeiten Aufg.2 - Verständnisfragen klären</p> <p style="text-align: right;">10 min</p> <p>7. Überleitung zu Aufg. 3 - SuS bearbeiten Aufg. 3</p> <p>SuS tragen am Schluss Häufigkeiten des jeweils beobachteten Verhalten auf Plakat (mit Tabelle- Farbe d. Biene-Verhalten) ein</p>		<p>Flipchart mit Abb.</p> <p>AB (Nestgenosserkennung)</p> <p>Petrischalen,</p> <p>Bienen, Bienenkästen</p> <p>Pinzetten</p> <p>Eppendorfgefäße</p> <p>Stoppuhren</p> <p>Tüten</p> <p>P1:</p> <p>Plakat,</p> <p>Eddings</p> <p>P2:</p> <p>Plakat/Eddings</p> <p>AB (Varroa), Bilder von befallenen Bienen & tote Bienen</p> <p>P1:</p> <p>AB (Bientanz) & Winkelmesser, Landkarte</p>
--	--	--	---

	<p>mind. 15 min</p> <p>10. währenddessen bei P1 schauen wie weit SuS sind, wenn Zeit können SuS Bienentanz beobachten & ausmessen – AB (Bienentanz) austeilen und erklären</p> <p>SuS messen Winkel, rechnen aus & tragen Ziel auf Landkarte ein</p> <p>10 min</p> <p>gesamt ca. 50 min</p>	<p>8. Beobachtetes Verhalten & Bezeichnungen besprechen</p> <p>9. Überleitung zu Aufg. 3</p> <p>--> SuS führen Aufg. 3 durch (dafür Petrischalen tauschen- evtl. neu befüllen -selbständiges Durchführen mehrerer Durchgänge)</p> <p>ca 20-25 min</p> <p>wenn SuS 3-4 Durchgänge geschafft, Ergebnisse auf Plakat sichern und Zusatzinformationen S.3 lesen</p> <p>5 min</p> <p>anschließend: Varroa AB</p> <p>10 min</p> <p>gesamt ca. 50 min</p>		
Pause	<p>Pause 10-15 min</p>			
Durchführung 2	<p>Wechsel der Gruppen - selber Ablauf</p> <p>50 min</p>		GA	Siehe oben
Auswertung/ Sicherung	<p>Gemeinsame Schlussbesprechung in Zooschule:</p>		Im Plenum	Power Point, Plakate der Gruppen,

	<p>P1 (Altersabhängige Arbeitsteilung): Beide Plakate vorstellen lassen, Farben der Bienen erklären (Alter!) - "Entsprechen Ergebnisse der Literatur? Warum evtl. nicht?"- Einflüsse Wetter ?!</p> <p>P1 (Bientanz): Landkarte - "wo sind Bienen hingeflogen?"</p> <p>P2 (Nestgenossenerkennung): Beide Plakate vorstellen lassen. "Wie hat sich Af verhalten? - Warum? Hypothesen bestätigt? Wie funktioniert das?"- <u>Hier</u>: Zusatzinformationen Bienen- eusoziale Insekten!!!</p> <p>P2 (Varroa-Befall): Informationen über Gefährdung</p> <p>Fragebogen austeilen</p> <p>Verabschiedung</p> <p style="text-align: right;"><u>20-30 min</u></p> <p style="text-align: right;">160 min (2 Std 40 min)</p>	<p>Landkarte, Fragebögen</p>
--	---	----------------------------------

Direkte Vorbereitung vor der Durchführung (ca 2 Std):

1. Zooschulraum präparieren (Tische stellen, PPP anschalten, Eddings & Krebband für Namensschilder, Fragebögen)
2. Crashed Eis besorgen (Futterküche)
3. Bienen absaugen (ca 70 aus A und 30 aus B), betäuben, markieren (pink, glänzendes grün), verteilen (2x Af, 2x A, 2xB) – **ca 1 Std**
4. Flipchartpapier vorbereiten (2x2 Gruppenergebnisse + Abbildung- Einleitung Nestgenossenerkennung)
5. Materialien verteilen
(Beemobil: Karten, Tabellen, Winkelmesser, ABs (altersabhängige Arbeitsteilung & Bientanz), Flipchartpapier für Gruppenergebnisse, Stoppuhren - Bienenhaus: Bienenkästen mit Bienen, Petrischalen, Pinzetten, ABs (Nestgenossenerkennung), Flipchart, Flipchartpapier für Gruppenergebnisse, Bilder von Varroa befallenen Bienen & verküppelte Bienen, ABs (Varroa-Befall), Stoppuhren)
6. Kurz vor Beginn bei 1.A & B Futter weg, nach Exp. Frei lassen, Pause → 1. Bienen frei lassen und bei 2. Futter weg
7. SuS empfangen- Eingangsbereich

	<p>- SuS halten Ergebnis der Großgr. auf Plakat fest (Welche Farbe zeigt welches Verhalten)</p> <p>4. Während Gr. Im Bienenhaus arbeitet im Beemobil evtl. Fragen beantworten</p> <p>gesamt ca. 50 min</p>	<p>3. Hypothesen sammeln und auf Flipchart festhalten</p> <p>SuS erhalten AB, notieren ihre Hypothesen und lesen AB durch (währenddessen bereits Petrischalen mit Bienen präparieren)</p> <p>- Aufg. & Ablauf gemeinsam besprechen, evtl. Rückfragen klären</p> <p>Durchführung:</p> <p>- Kleingr. Erhalten Petrischalen, SuS arbeiten selbstständig die Aufg. ab</p> <p>- SuS halten Ergebnis der Großgr. Auf Plakat fest (Verhaltensweisen der Biene Af)</p> <p>gesamt ca. 50 min</p>		<p>Eppendorfgefäße</p> <p>Stoppuhren</p> <p>Tüten</p> <p>Plakat,</p> <p>Eddings</p>
Pause	10-15 min			
Durchführung 2	Wechsel der Gruppen - selber Ablauf		GA	Siehe oben
	50 min			
Auswertung/ Sicherung	<p>Gemeinsame Schlussbesprechung in Bienenhaus</p> <p>P1 (Altersabhängige Arbeitsteilung): Beide Plakate vorstellen lassen, Farben der Bienen erklären (Alter!) - <i>"Entsprechen Ergebnisse der Literatur? Warum evtl. nicht?" - Einflüsse Wetter ?!</i></p> <p>P2 (Nestgenosserkennung): Beide Plakate vorstellen lassen. <i>"Wie hat sich Af verhalten? - Warum? Hypothesen bestätigt? Wie funktioniert das?" - <u>Hier</u>: Zusatzinformationen Bienen- eusoziale Insekten!!!</i></p> <p>Fragebögen austeilen</p> <p>Verabschiedung</p>		Im Plenum	<p>Flipchart mit Hypothesen der Gr. & zusätzlichen Informationen</p> <p>Plakate der Gruppen,</p> <p>Landkarte,</p> <p>Fragebögen</p>

	<u>20-30 min</u>		
	160 min (2 Std 40 min)		

Die direkte Vorbereitung vor der Durchführung bleibt die Selbe, nur dass nun das Bienenhaus für die Vor- und Nachbesprechung vorbereitet werden muss. Das Aufstellen einer Leinwand im Bienenhaus ist möglich, um die vorbereitete Powerpointpräsentation zu nutzen. Da die Umstellung jedoch spontan war, wurde die bereits vorhandene Flipchart als Alternative mit passenden Informationen zur Vor- und Nachbesprechung zu versehen.

2.3.4 Methodisch-Didaktischer Kommentar

Die nun folgende methodisch-didaktische Analyse bezieht sich auf den optimierten Verlaufsplan. An entsprechender Stelle werden Möglichkeiten aufgezeigt, an denen die Inhalte, um die der neue Verlaufsplan reduziert wurde, einzubauen. Dafür muss jedoch vorausgesetzt werden, dass mehr Zeit als eingeplant zur Verfügung steht.

Der Ablauf des geplanten Unterrichtsprojekts orientiert sich am dreischrittigen Grundrhythmus des Unterrichts: Einführung – Durchführung – Auswertung/Sicherung (Meyer 1994). Dabei finden während der Durchführung zwei Praxisphasen statt. Während jeder Praxisphase bearbeiten die zwei Klassenhälften je ein Teilprojekt. Nach einer Pause werden diese getauscht. Jede Praxisphase enthält zum Einstieg nochmals eine kleine thematische Einführung.

Zu Beginn des Projektes werden die SuS im Eingangsbereich des Tierparks in Empfang genommen und in das Bienenhaus geführt. Nach der Begrüßung erhalten die SuS die Möglichkeit, sich aus Klebeband Namensschilder anzufertigen. Anschließend wird das Unterrichtsprojekt zur Honigbiene eingeführt, indem der Ablauf, die Inhalte und die wichtigsten Verhaltensregeln im Bezug auf Bienen vorgestellt werden (siehe Anhang). Wie vorher mit den LuL abgesprochen, werden Grundkenntnisse zur Honigbiene für die folgenden Arbeitsschritte vorausgesetzt und nicht mehr besprochen. Nun teilt sich die Klasse in zwei Hälften auf.

Während die erste Gruppe selbstständig zum *Beemobil* geht und dort wartet, erhält die zweite Gruppe im Bienenhaus eine Einführung in die zu behandelnde Thematik der ‚Nestgenossenerkennung‘. Dafür ist auf der Flipchart ein Bild von drei Bienen mit den dazu gehörenden Informationen abgebildet (siehe Anhang).

Die Projektleitung regt die Gruppe an, zu der dargestellten Situation mögliche Verhaltensweisen in Form von Hypothesen zu formulieren.

In der Zeit, in der die Gruppe im Bienenhaus ihre Hypothesen generiert, wird die erste Gruppe in das *Beemobil* geführt. Je zwei SuS verteilen sich auf eine Seite eines Beobachtungsstocks. Sie dürfen zum Einstieg einen ersten Blick auf das Schaubienenvolk werfen, wodurch ihr Interesse am Bearbeiten des Themas geweckt werden soll. Anschließend erhalten sie die Arbeitsmaterialien zu dem Thema ‚altersabhängige Arbeitsteilung‘. Um Verständnisprobleme zu vermeiden, werden die Aufgabenstellungen gemeinsam besprochen. Im Anschluss bearbeiten die SuS selbstständig die ihnen vorliegenden Arbeitsblätter und führen die Verhaltensbeobachtungen durch.

Viele Biologiedidaktiker unterscheiden bei der Methode des Beobachtens zwischen dem Betrachten eines ruhenden Objektes und dem Beobachten von Bewegungen und Veränderung von Objekten - die dynamische Beobachtung nach Astolfi et al. 1977. Unterschieden werden kann auch in der unterschiedlichen Dauer der Beobachtung. So kann es sich beispielsweise um ‚Langzeitbeobachtungen‘ über mehrere Tage oder Wochen, oder ‚Kurzzeitbeobachtungen‘ von einigen Minuten handeln. Bei der im geplanten Projekt verwendeten Methode handelt es sich demnach um dynamische Kurzzeitbeobachtungen.

Die Aufgaben sind so aufgebaut, dass sich die SuS in der ersten Aufgabe erst einmal einen Überblick über die zu sehenden Verhaltensweisen der Bienen-Arbeiterinnen verschaffen sollen. Anschließend erhalten sie durch einen Text Informationen über die verschiedenen Verhaltensweisen. So können die SuS die vorher beobachteten Verhaltensweisen besser einordnen und benennen. Darauf folgen schließlich mehrere detaillierte Beobachtungsdurchgänge, in denen nur einzelne Individuen betrachtet werden sollen (Arbeitsblätter siehe Anhang).

„Das Beobachten von lebenden Organismen vermittelt den Schülern die Zusammenhänge von Gestalt und Lebensweise besonders eindringlich. Die Schüler studieren mit allen Sinnen Formen und Vorgänge der Natur. Die geschulte Beobachtung bringt Ordnung in die verwirrende Mannigfaltigkeit der Umwelterscheinungen. Die geschulte Beobachtung ermöglicht [neben dem Erlebnis] die Interpretation von Vorgängen in größeren Zusammenhängen.“ (Eschenhagen et al. 1998)

Nach der Einführung im *Beemobil* wendet sich die Projektleitung wieder der Gruppe im Bienenhaus zu. Die formulierten Hypothesen werden vorgetragen und an der Flipchart festgehalten. Damit die SuS sie ebenfalls notieren können, erhalten sie das Arbeitsblatt zum Thema ‚Nestgenossenerkennung‘ (siehe Anhang). Der weitere Ablauf und die zu erledigenden Aufgaben werden gemeinsam besprochen. Durch diesen problemorientierten Einstieg sollen die SuS einerseits motiviert werden und andererseits die Arbeitsweisen des wissenschaftlichen Arbeitens, welches nach den KMK-Beschlüssen für den Biologieunterricht

gefordert wird (Berck 2005), kennenlernen. Anschließend erhalten sie in Kleingruppen von zwei bis drei SuS jeweils eine Petrischale mit drei Bienen. Die SuS bearbeiten nun selbstständig entlang der Arbeitsaufträge ihr Arbeitsblatt und führen die Verhaltensbeobachtungen durch. Auch bei diesem Teilprojekt wird durch die Arbeitsaufträge gefordert sich vorerst einen Überblick über die Verhaltensweisen zu verschaffen, damit diese während der Beobachtungsdurchgänge bekannt sind.

Im *Beemobil* sowie im Bienenhaus befinden sich Plakate, auf denen jede Gruppe nach Beendigung des Projektes ihre Ergebnisse als Großgruppe festhält. Die jeweils zweite Gruppe ergänzt ihre Ergebnisse auf dem entsprechenden Plakat, so dass am Ende für jedes Teilprojekt ein Plakat mit den gesammelten Beobachtungsergebnissen für die Besprechung zur Verfügung steht (siehe Bild 11 und 12).

Wenn eine Gruppe früher als die andere fertig sein sollte, dann wäre es an dieser Stelle möglich, jeweils eine Zusatzaufgabe zu dem Thema Bientanz (im *Beemobil*) oder Varroa-Milbe (im Bienenhaus) bearbeiten zu lassen.

Sind die Gruppen fertig mit beiden Teilprojekten, findet im Bienenhaus die Abschlussbesprechung statt. Dabei werden die Ergebnisse der beiden Projekte vorgestellt und in einem gemeinsamen Gespräch versucht, das beobachtete Verhalten zu erklären.

Ergibt sich an dieser Stelle noch ein Zeitüberschuss, so wäre es auch hier möglich, gemeinsam das Thema des Varroa Befalls und der ökologischen Folgen als Abschluss zu besprechen.

Die Methodenmischung aus selbstständigem Arbeiten der SuS und der gemeinsamen Besprechung sowie einer Zeitvorgabe von zwei bis drei Stunden für ein Projekt im außerschulischen Lernort Zoo wird von Biologiedidaktikern Berck und der Zoopädagogin Kirchshofer empfohlen (Berck 2005).

2.4 Reflexion des Verhältnisses von Planung und Durchführung

Alle formulierten Unterrichtsziele (siehe 2.3.2) konnten nur im ersten Durchgang erreicht werden. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass dieser Durchgang 60 Minuten länger dauerte, als geplant war. Darüber hinaus verlief er recht hektisch, da jeder Arbeitsschritt angeleitet wurde. Aus diesen zeitlichen wie organisatorischen Gründen wurde der Verlaufsplan nach dem ersten Durchgang für die noch ausstehenden Gruppen verkürzt und vereinfacht (siehe 2.3.3. b). Die Abwandlung des Verlaufsplans sah direkt für den Einstieg eine Änderung vor. Die jeweilige Klasse wurde vor Beginn nicht in die Zooschule geführt, sondern direkt in das Bienenhaus, um dort mit dem Projekt zu starten. Die Schlussbesprechungen wurde ebenfalls im Bienenhaus vorgenommen. Infolgedessen konnte bereits durch die Beschränkung auf zwei Räume bei der Durchführung Zeit eingespart werden.

Die Einführung sowie die Schlussbesprechung wurden im Bienenhaus nicht wie im ersten Durchgang mit Power Point unterstützt, sondern mit Hilfe der vorhandenen Flipchart, des Weiteren wurde der Inhalt des Projektes um die Teile des Bientanzes sowie der Varroa Milbe verkürzt. Ferner wurden die einzelnen Arbeitsaufträge der Aufgaben zur altersabhängigen Arbeitsteilung und zur Nestgenossenerkennung nicht im Detail angeleitet. Die SuS bekamen das Arbeitsmaterial, welches kurz besprochen wurde, und mussten anschließend selbstständig und eigenverantwortlich in einem bestimmten Zeitrahmen alle Aufgaben erfüllen.

Auf Wunsch der betreuenden LuL wurde das noch ausstehende Arbeitsmaterial zum Bientanz sowie zur Varroa-Milbe an sie ausgehändigt, um im Unterricht damit weiter arbeiten zu können.

Nach der Änderung verliefen die noch ausstehenden Durchführungen ruhiger und die eingeplante Zeit reichte aus, um die formulierten Ziele für die entsprechenden Inhalte einzuhalten. Diese Entwicklung lässt sich deutlich in der Analyse der Bewertungen der ersten Klasse und der restlichen erkennen (siehe 3.2.1 sowie Diagramm 3). Mir persönlich haben die Durchgänge von Mal zu Mal mehr Spaß gemacht. Den letzten empfand ich dabei am angenehmsten, was mitunter an der Motivation der SuS lag.

Mit den Arbeitsmaterialien beziehungsweise den Arbeitsblättern sind die SuS gut zurecht gekommen, wie auch die Kommentare der SuS auf dem Fragebogen zu erkennen geben; „anschaulich erklärt“, gute Gestaltung“ oder „gut strukturiert“ (Liste aller Kommentare siehe Anhang).

Auch die Ausmessung des Bientanzes ist gelungen (siehe Bild 10), auch wenn dies aus den genannten Gründen leider nur im ersten Durchgang und hier nur von einem Schüler durchgeführt wurde. Das Ausmessen an sich ist bei dem Schüler auf Begeisterung gestoßen, wie der Kommentar; „Weil ich Mathe mag (praktisches Bsp.- Entfernung & Richtung berechnen)“ erkennen lässt.



Bild 10: Auf Landkarte markierte Punkte (ausgerechneter Ort der Nahrungsquelle der Sammelbiene)

Die Ergebnisse der Beobachtungsaufgaben zeigen, dass die erwarteten Phänomene der ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ sowie der ‚Nestgenosserkennung‘ erkannt wurden. Im Folgenden sind beispielhaft jeweils zwei Gruppenergebnisse dargestellt. Sie können exemplarisch für alle fünf Durchgänge gesehen werden (siehe Bild 11 und 12). Bei dem Sichern der Ergebnisse wurden die SuS angehalten nur Verhaltensweisen zu notieren, die sie oft beobachtet haben. Verhaltensweisen, die nur sehr selten gezeigt wurden, konnten vernachlässigt werden.

Die Ergebnisse zur ‚Nestgenosserkennung‘ zeigen bei der Trophallaxis eine eindeutige Bevorzugung der Nestgenossen und die Ergebnisse zur ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ lassen eindeutig eine Arbeitsteilung erkennen. Wie in 2.1.1 beschrieben, waren die rot markierten Arbeiterinnen die ältesten, darauf folgten die Gelben und Blauen, die Jüngsten waren die Silbernen und im letzten Durchgang die Weißen

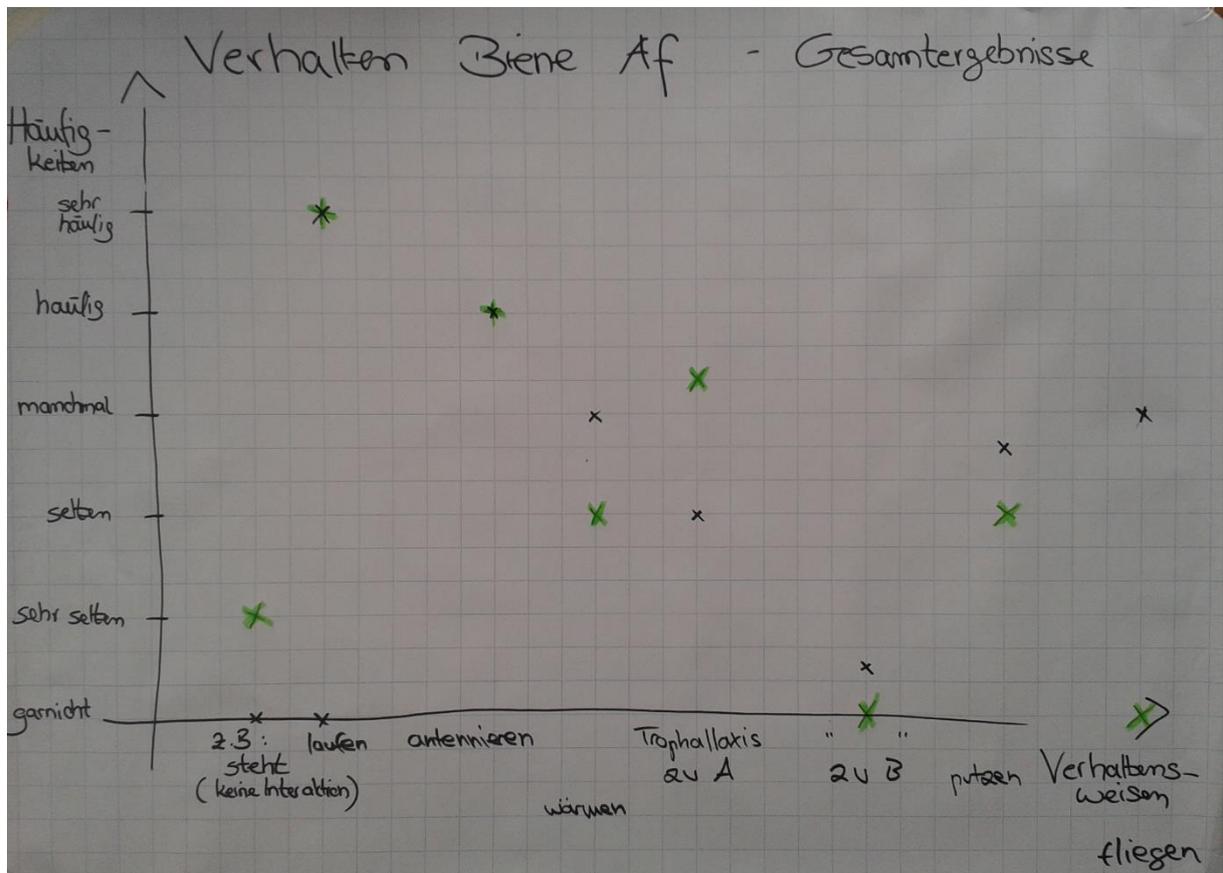
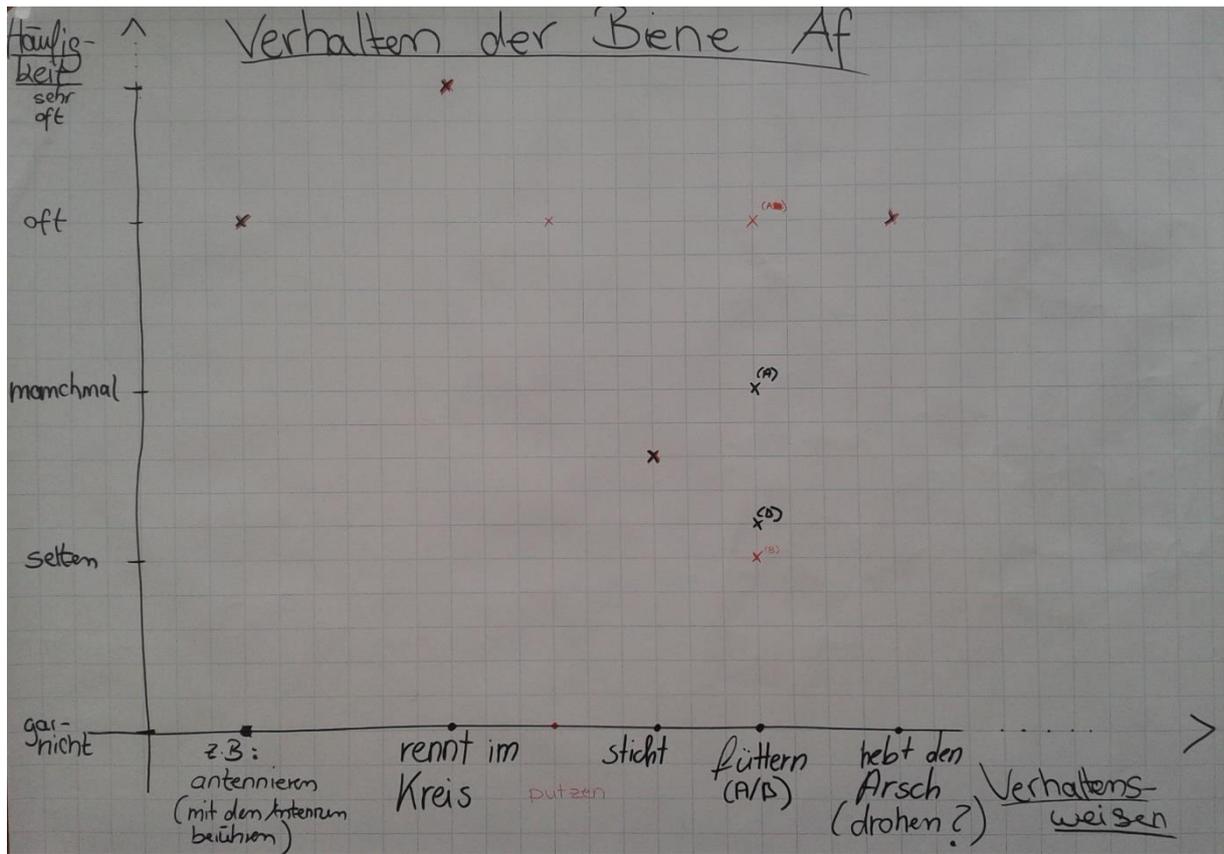


Bild 11: Ergebnisse zweier Gruppen zum Teilprojekt der ‚Nestgenosserkennung‘

Gruppenergebnisse - Welche Farbe zeigt welches Verhalten?

Rot	<ul style="list-style-type: none"> • putzt Waben, etwas getanzt, läuft über die Waben • steckt Kopf in die Waben (verfolgt Tanz), holen Pollen, läuft über Waben (putzt)
Gelb	<ul style="list-style-type: none"> • etwas getanzt, putzt Waben, nach draußen geflogen, läuft über die Waben • putzt Waben, läuft herum, holt Pollen
Blau	<ul style="list-style-type: none"> • Rundtanz, Mundwerkzeuge in Wabe, • holt Pollen, steckt Mundwerkzeuge in Waben
silber	<ul style="list-style-type: none"> • stark getanzt, haben Pollenhüschchen • verfolgt Tanz, sehr aktiv, fliegt raus (holt Pollen)
weiß	<ul style="list-style-type: none"> • guckt mit dem ganzen Kopf in die Waben • ruhiges Verhalten, steckt Kopf in die Waben, verfolgt Tanz, fliegt raus

Welche Farbe zeigt welches Verhalten?

(ganz selten auftretende Weisen können weinend)

Rot	<ul style="list-style-type: none"> • bewegen sich kaum/langsam, tasten mit den Fühlern/Antennen • putzt die Waben - wärmt die Brut; Krabbeln aufeinander rum • bewegen sich langsam/gering;
Blau	<ul style="list-style-type: none"> • bewegen sich schnell, schlagen Flügel, Kopf in Waben • läuft viel; schlägt synchron mit den Flügeln mit den anderen Bienen
Gelb	<ul style="list-style-type: none"> • läuft im Kreis, schlägt mit Flügeln, Kommunikation mit Tanz • bewegt stark die Flügel; putzt sich; wird gefolgt
Silber	<ul style="list-style-type: none"> • waren um die Königin herum, komplett in Wabe drin, sehr aktiv → Krabbeln durchs Nest • machen was in/an der Wabe; läuft Kreise; bewegt den Hintern

Bild 12: Ergebnisse zweier Gruppen zum Teilprojekt der ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘

(siehe Tabelle 1). Die Ergebnisse dieses Projekts ließen jedoch auch Raum für Interpretation und Diskussion zu, da sie nicht in Gänze den in der Regel zu erwarteten altersabhängigen Arbeitsaufteilungen entsprachen.

Die Arbeiterinnen vollzogen im Durchschnitt ihre Aufgaben bereits in einem früheren Alter, als in der Literatur beschrieben. Beobachtungen wie Pollenhöschen bei silber markierten Bienen oder weiß markierte die bereits Tänze verfolgen und das Nest verlassen, zeigen beispielsweise diese Verschiebung. Den ‚üblichen‘ Aufgaben entsprechen demgegenüber Beobachtungen, wie silber markierte Arbeiterinnen, welche die Königin versorgen oder die Waben inspizieren.

Durch kleine Impulse kamen die SuS in der Abschlussbesprechung auf eine Erklärung dieser festgestellten Differenz. Da die Frühlings- sowie die meisten Sommermonate recht regnerisch und wenig sonnig waren, hatten die Arbeiterinnen bisher nur wenige Möglichkeiten gehabt, genügend Nektarvorräte für den Winter einzulagern. Hinzu kam, dass die Tage der Durchführungen sehr sonnig waren, so dass die Bienen nun die Möglichkeit hatten, rauszufliegen, um Vorräte einzuholen. So konnten die Arbeiterinnen je nach Bedingungen ihre Aufgaben anpassen.

Die Gruppenergebnisse beider Projekte zeigen eine gewisse Ungeübtheit in der fachlichen Terminologie. So zeigen die Gruppenergebnisse (siehe Bild 11 und 12) umgangssprachliche Beschreibungen was der undifferenzierten sowie kurzfristigen Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex geschuldet sein mag.

Insgesamt war es als einzelne Projektleitung recht anstrengend, beide Gruppen gleichzeitig zu betreuen. Nach der Änderung des Verlaufsplans war es jedoch um einiges angenehmer. Eine zweite Betreuungsperson würde allerdings noch mehr Zeitersparnis bringen, da so beide Teilprojekte gleichzeitig gestartet sowie betreut werden könnten.

Die Arbeit beziehungsweise das Umfüllen der lebhaften Bienen aus ihrem Aufbewahrungskästchen in die Petrischalen für die Aufgabe der ‚Nestgenossenerkennung‘ stellte sich als sehr mühevoll und zeitintensiv heraus. Da diese Arbeit während des laufenden Durchgangs gemacht werden muss, wäre es vorteilhaft, wenn sie schnell ginge. Unvorsichtiges Verhalten hat hier zur Folge, dass viele Bienen entfliehen können. Da allerdings nur eine begrenzte Anzahl von Bienen für das Projekt der ‚Nestgenossenerkennung‘ zur Verfügung standen, sollte das Entfliehen verhindert werden. Nach einigen Wiederholungen beim Umfüllen stellte sich eine gewisse Geschicklichkeit ein, wodurch annähernd alle Bienen genutzt werden konnten.

Da im *Beemobil* maximal 12 Jugendliche gleichzeitig arbeiten können und die Klassen in zwei Gruppen aufgeteilt werden, darf die Klassenstärke bei dieser Konstellation des Projektes eine Anzahl von 24 SuS nicht übersteigen.

3. Analyse der Evaluation

3.1 Untersuchungsmethode Fragebogen

Um das durchgeführte Unterrichtsprojekt zu evaluieren, habe ich mich für die Fragebogenmethodik entschieden. Ein Fragebogen ist in der Regel eine strukturierte und standardisierte schriftliche Befragung, bei der die Antwortmöglichkeiten dem Befragten ganz oder zu Teilen vorgegeben werden. Die Methode des Fragebogens bringt zwar auf der einen Seite die Nachteile mit sich, dass bestimmte Tendenzen beziehungsweise Vorlieben der Befragten für eine bestimmte Antwortkategorie nicht ausgeschlossen werden können, wie beispielsweise die mittlere Kategorie zu wählen oder Antworten bevorzugt zu bejahen. Soziale Erwartungen können bei der Entscheidung für eine bestimmte Antwort auch eine Rolle spielen. Auf der anderen Seite haben bei der Methodenwahl die Vorteile des Fragebogens überwogen. Die Beteiligten benötigen in der Regel keinen großen Schulungsaufwand, um ihn auszufüllen. Der Zeit- und Materialaufwand ist gering, da diese Methode in Gruppen durchgeführt werden kann. Weitere Vorteile sind, bedingt durch die Standardisierung, die hohe Durchführungs- und Auswertungsobjektivität. Schließlich können die erhobenen Daten in vielerlei Hinsicht verglichen werden.

Der für die Evaluation des Unterrichtsprojekts konzipierte Fragebogen beinhaltet Fragen mit offenen sowie geschlossenen Antwortformaten. Letztere sind in einer Likert-Skala, einer mehrstufig geordneten Antwortkategorie, vorgegeben. Diese geben das Ausmaß der Zustimmung beziehungsweise der Ablehnung bezüglich eines Themas an (Eid et al. 2013).

Der vorliegende Fragebogen besteht aus 10 Fragen, von denen sechs Fragen in einem geschlossenen, drei in einem gemischten und die letzte in einem offenen Antwortformat formuliert sind. Mit einem gemischten Antwortformat ist gemeint, dass zusätzlich zu einer vorgegebenen Antwort eine Begründung angegeben werden soll. Zu Beginn des Fragebogens können die Teilnehmer noch Angaben zu ihrem Alter und Geschlecht machen.

Bei der statistischen Auswertung wurde die letzte Frage beziehungsweise die Aufforderung nach Anregungen und weiteren Kommentaren auf Grund des offenen Antwortformates ausgelassen. Auf die offenen Antworten beziehe ich mich in der Auswertung. Zusätzlich wurde die vierte Frage, welche sich auf den Aufgabenteil zum Bientanz bezieht, weggelassen, da dieser Teil nur im ersten Durchgang des Projektes behandelt werden konnte.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Beschreibung der durchschnittlichen Bewertungen der Durchgänge und Fragen

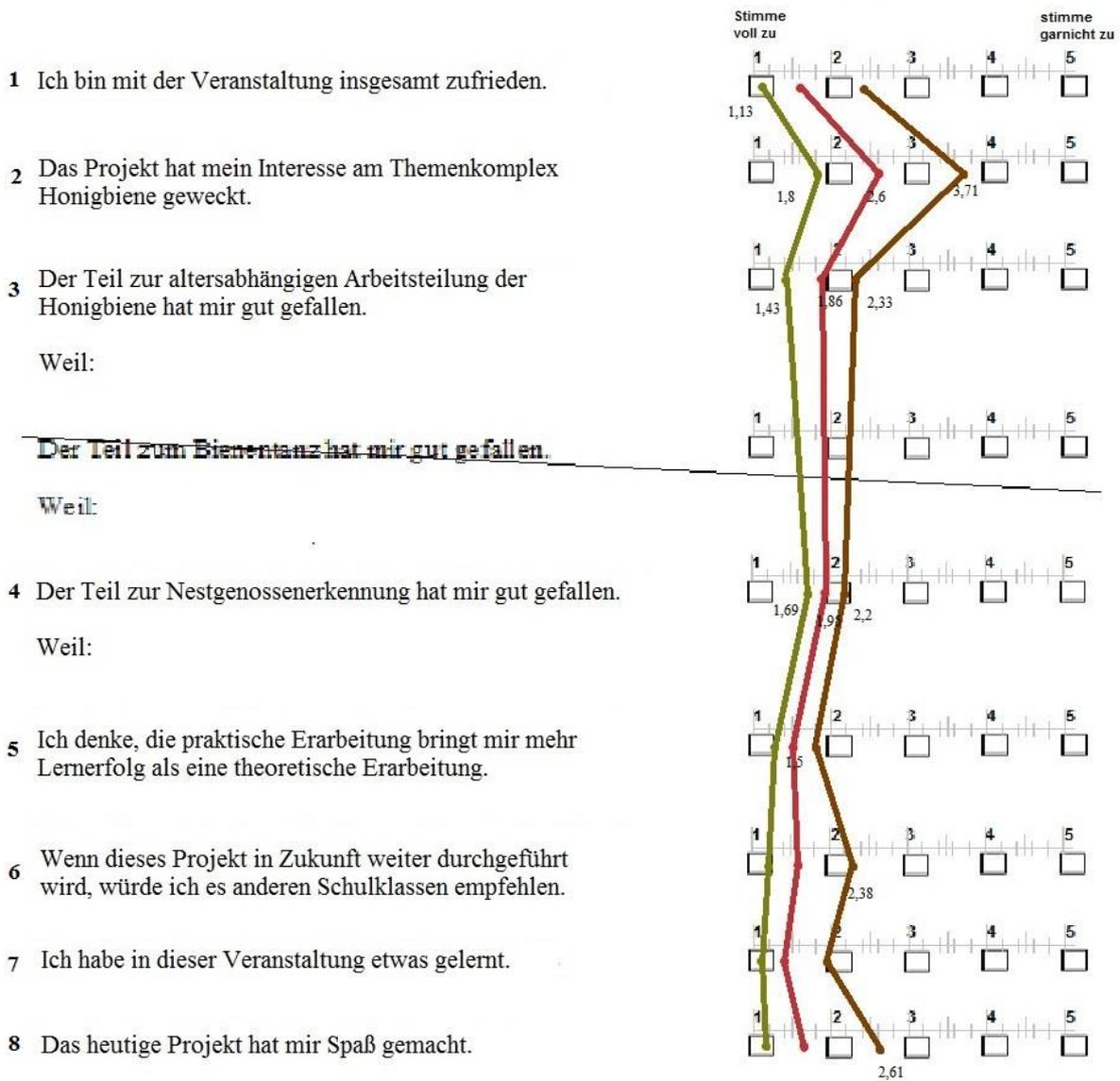
In Diagramm 2 ist eine übersichtliche Darstellung der durchschnittlichen Gesamtergebnisse (Mittelwert) im Vergleich zu den durchschnittlichen Ergebnissen des ersten und letzten Durchgangs abgebildet. Der Vergleich der Gesamtergebnisse mit denen des ersten Durchganges ist insofern interessant, als dass wie oben bereits erwähnt, nach dem ersten Durchgang eine Änderung im inhaltlichen Umfang und Ablauf des Projekts vorgenommen wurde. Der Vergleich zur letzten Gruppe findet statt, da diese mit einem Durchschnittsalter von 14,5 Jahren im Schnitt 5,5 Jahre jünger war als die vorherigen vier Klassen, welche mit einer Altersspanne von 17- 23 Jahren im Durchschnitt 20 Jahre alt waren.

Um eine Auswertung vornehmen zu können, wurden die Kategorien *stimme voll zu bis stimme gar nicht zu* mit den Zahlen eins bis fünf codiert, wobei eins für *stimme voll zu* steht, zwei für *stimme fast zu*, drei für *mittelmäßig*, vier für *stimme weniger zu* und fünf für *stimme gar nicht zu*. Betrachtet man die durchschnittlichen Werte aller Durchgänge (rot), so kann festgehalten werden, dass 101 SuS mit einem durchschnittlichen Alter von 18,5 Jahren den Fragebogen ausgefüllt haben. Dabei waren mit 56% über die Hälfte männlich, 38% weiblich und 6% haben keine Angaben zu ihrem Geschlecht gemacht. Die durchschnittlichen Gesamtergebnisse der Fragen liegen oberhalb des mittleren Wertes von 3 zwischen 1,4 und ungefähr 2,6. Der Verlauf der Gesamtbewertungen zeigt, dass der Wert von 2,6 als Ergebnis auf die Frage „Das Projekt hat mein Interesse am Themenkomplex Honigbiene geweckt“ den schlechtesten Wert und gleichzeitig auch den größten Ausreißer im Vergleich zum Verlauf der restlichen Werte darstellt. Im Schnitt haben die SuS ihre Zufriedenheit mit 1,61 bewertet. Die Frage, inwiefern praktische Erarbeitung mehr Lernerfolg bringt als theoretische Erarbeitung, wurde im Durchschnitt genau zwischen *stimme voll* (1) zu und *stimme fast zu* (2) mit 1,51 beurteilt. Mit einem Ergebnis von 1,6 hat der Durchschnitt die sechste Frage „Wenn dieses Projekt in Zukunft weiter durchgeführt wird, würde ich es anderen Schulklassen empfehlen“ beantwortet. Die beste Bewertung mit 1,4 hat die Frage nach dem Lernzuwachs erhalten. Ob das Projekt Spaß gemacht hat, wurde im Durchschnitt mit 1,7 beurteilt. Wird die Bewertung der Teile zur ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ mit der ‚Nestgenossenerkennung‘ verglichen, fällt nur ein geringfügiger Unterschied zwischen den Werten 1,86 und 1,95 auf (siehe Diagramm 2).

Feedback-Fragebogen zum Bienenprojekt



Alter : ● Durchschnittliche Bewertung des 5. Durchganges n= 23 (13 m/ 9 w/ 1 o.A.), 14-15 J.
 Geschlecht : ● Durchschnittliche Bewertung aller Durchgänge n= 101 (57 m/ 38 w/ 6 o.A.), 14-23 J.
 ● Durchschnittliche Bewertung des 1. Durchganges n= 21 (11 m/ 10 w), 17-19 J.



Zusätzliche Anregung/ Kommentar:

Vielen Dank !!!

Diagramm 2: Darstellung der durchschnittlichen Gesamtergebnisse (Mittelwert) im Vergleich zu den durchschnittlichen Ergebnissen des 1. und 5. Durchgangs

Die Ausprägungen der Bewertungen des ersten (braun) und letzten (grün) Durchgangs verlaufen fast parallel jeweils über und unter dem Gesamtdurchschnitt. So haben beispielsweise alle drei Durchschnitte ihren höchsten Wert bei der zweiten Frage.

Am ersten Durchgang haben 21 SuS in einem Alter von 17- 19 Jahren teilgenommen. Davon waren 56% männlich und 38% weiblich. Die durchschnittlichen Werte des ersten Durchganges liegen alle unter dem Gesamtdurchschnitt (siehe Diagramm 2). Bis auf die Bewertung der vierten Frage hat die erste Klasse die schlechtesten Bewertungen im Vergleich zu allen Durchgängen abgegeben (siehe Diagramm 3). Mit einer Standardabweichung von 0,46 weichen die Werte dieses Durchganges am weitesten vom Mittelwert ab. So beantwortete die erste Klasse die zweite Frage nach der Interessenssteigerung mit einem durchschnittlichen Wert von 3,71, die Frage nach der Empfehlung für das Projekt mit 2,38 und die Frage, ob das Projekt Spaß gemacht hat mit einem Wert von 2,61. Somit liegen die Ergebnisse des ersten Durchganges nicht nur unter dem Gesamtdurchschnitt, sondern auch mit dem Wert von 3,71 (Frage 2) als einziger unterhalb des mittleren Wertes von 3. Im Vergleich zum Gesamtdurchschnitt hat den SuS des ersten Durchganges das Teilprojekt zur Nestgenossenerkennung (2,2) jedoch minimal besser gefallen als das zur altersabhängigen Arbeitsteilung (2,33).

Am letzten Durchgang haben 23 SuS in einem Alter von 14-15 Jahren teilgenommen. Davon waren 57% männlich und 39% weiblich, 4% haben zum Geschlecht keine Angaben gemacht. Die durchschnittlichen Werte der fünften Gruppe (grün) liegen allesamt oberhalb des Gesamtdurchschnittes in einem Wertebereich von 1,1- 1,8. Mit einer Standardabweichung von 0,26 liegen die Werte des letzten Durchganges im Vergleich zum ersten näher am Gesamtdurchschnitt (siehe Diagramm 2). Die SuS des fünften Durchganges haben ausnahmslos die besten Bewertungen abgegeben (siehe Diagramm 3).

Das Diagramm 3 zeigt zusätzlich zu dem ersten und letzten Durchgang und dem Mittelwert auch die durchschnittlichen Bewertungen des zweiten, dritten und vierten Durchganges. Ihre Werte liegen zwischen denen des ersten und fünften und umrahmen den Mittelwert. Eine Ausnahme bildet die Beurteilung der Aufgabe zur ‚Nestgenossenerkennung‘. Diese hat im vierten Durchgang mit einem Wert von 2,28 am schlechtesten abgeschnitten. Auch wenn der vierte Durchgang bei Frage 4 den schlechtesten Wert aufweist, so sind die Werte von Frage 6 - 8 fast deckungsgleich mit dem Gesamtdurchschnitt. Mit einer Standardabweichung von 0,09 streuen die Werte des dritten Durchganges am wenigsten.

Im Diagramm 4 sind die relativen Ergebnisse der einzelnen Kategorien der Zustimmung zu den jeweiligen Fragen abgebildet. Die Werte der einzelnen Durchgänge wurden hier zusammengefasst, so dass die Ergebnisse pro Frage betrachtet werden können. Es fällt auf, dass die ersten drei Kategorien *stimme voll zu*, *stimme fast zu* und *mittelmäßig* bei allen Fragen überwiegen. Nur bei den Fragen 2 (hat mein Interesse

geweckt), 3 (altersabhängige Arbeitsteilung hat gut gefallen) und 4 (Nestgenossenerkennung hat gut gefallen) übersteigt die Kategorie *stimme voll zu* nicht die 50%. Dafür erhält die zweite Kategorie bei diesen Fragen mehr Zustimmung. Insgesamt hat die Frage nach dem geweckten Interesse am Themenkomplex Honigbiene (Frage 2) am schlechtesten abgeschnitten.

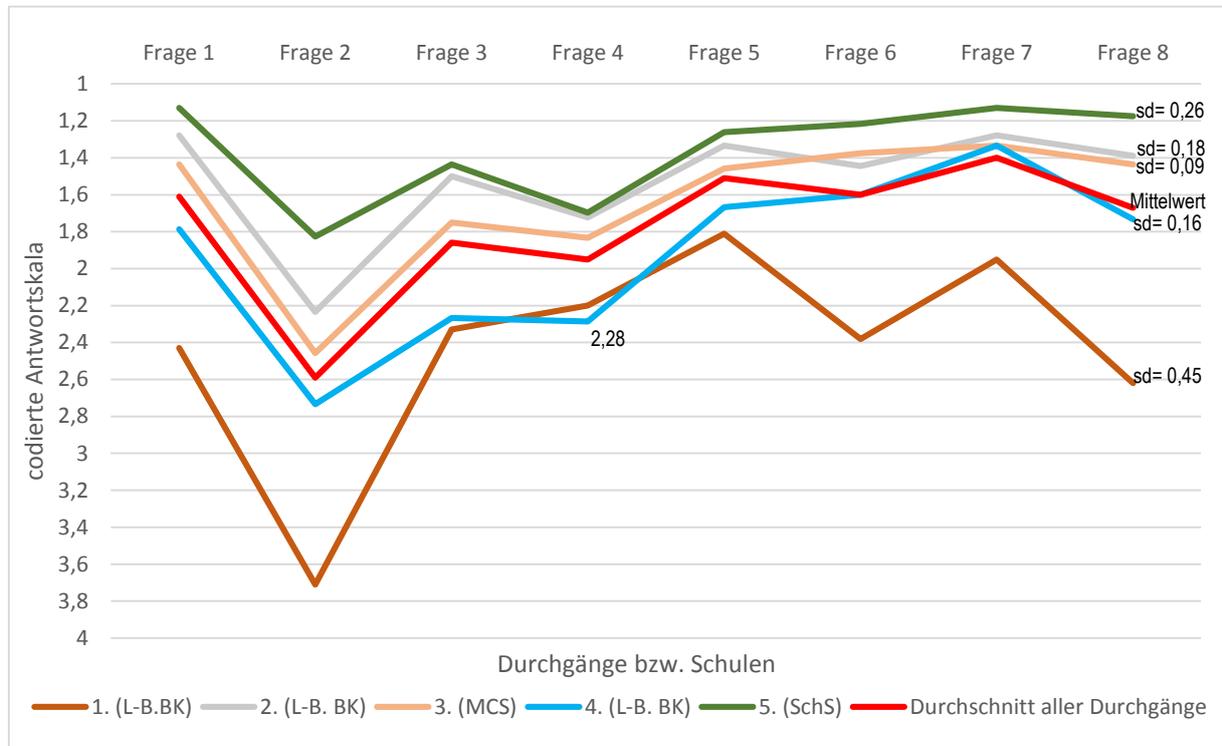


Diagramm 3: Durchschnittliche Ergebnisse der einzelnen Durchgänge und Mittelwert aller Durchgänge

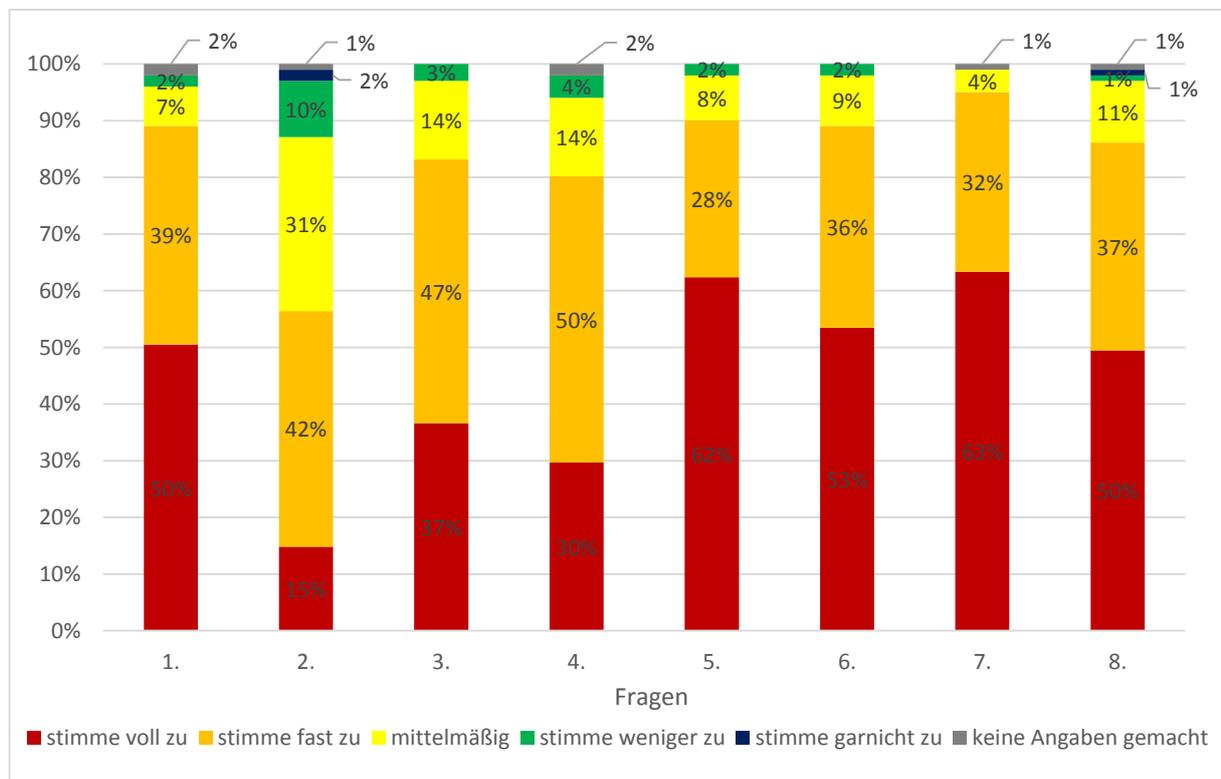


Diagramm 4: Relative Verteilungen der Bewertungen aller Fragen

3.2.2 Vergleich der Teilprojekte zur ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ und der ‚Nestgenossenerkennung‘

Im folgenden Diagramm 5 ist die Beliebtheit der Teilaufgaben zur ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ (Frage 3- blau) im Vergleich zur ‚Nestgenossenerkennung‘ (Frage 4- orange) abgebildet. Im Gegensatz zu Diagramm 4, in dem die zusammengefassten relativen Werte der einzelnen Kategorien zu erkennen sind, sind in Diagramm 5 die durchschnittlichen Bewertungen pro Durchgang abgebildet. So ist der Unterschied in der Bewertung leichter zu erkennen. Die durchschnittlichen Werte beider Fragen liegen oberhalb des Wertes von 2,5. Bis auf die SuS des ersten Durchganges haben die Teilnehmer die Teilaufgabe zur altersabhängigen Arbeitsteilung minimal positiver bewertet.

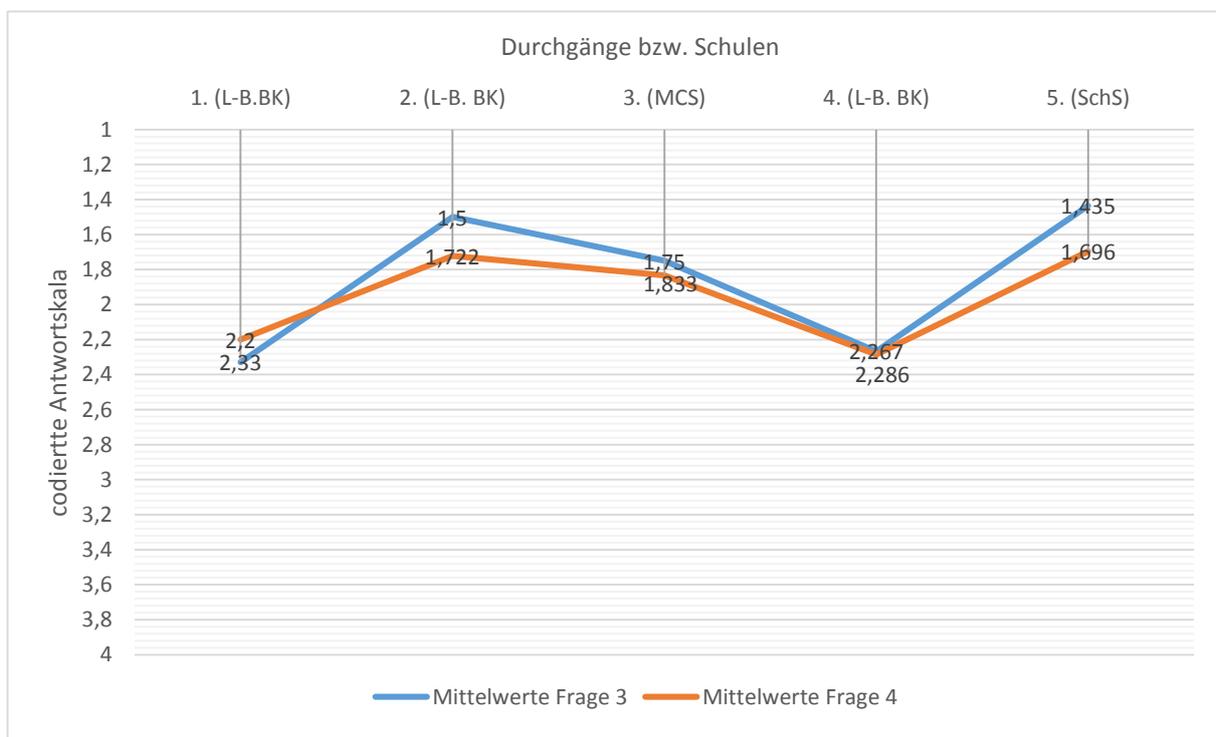


Diagramm 5: Durchschnittliche Bewertung der Fragen 3 und 4 im Vergleich

3.2.3 Vergleich der Werte des Interessens- und Lernzuwachs

In Diagramm 6 werden die durchschnittlichen Werte der Frage 2 „Das Projekt hat mein Interesse am Themenkomplex Honigbiene geweckt“ (lila) und der Frage 7 „Ich habe in der Veranstaltung etwas gelernt“ (grün) pro Durchgang dargestellt. An dieser Stelle muss betont werden, dass es sich bei diesen Werten, um subjektive Bewertungen der SuS handelt. Es wurde kein statistisches Testverfahren verwendet, um Lernzuwachs zu messen.

Die Bewertung der Frage nach der Interessenssteigerung variiert stark zwischen den Werten 3,71 (1.Durchgang) und 1,83 (5. Durchgang). Im Verlauf der Durchgänge lässt sich eine Steigerung erkennen.

Die Bewertung des Lernzuwachses liegt eindeutig oberhalb dieser Werte. Die Daten bewegen sich zwischen 1,95 (1. Durchgang) und 1,13 (5. Durchgang). Auch hier liegt eine Steigerung vor.

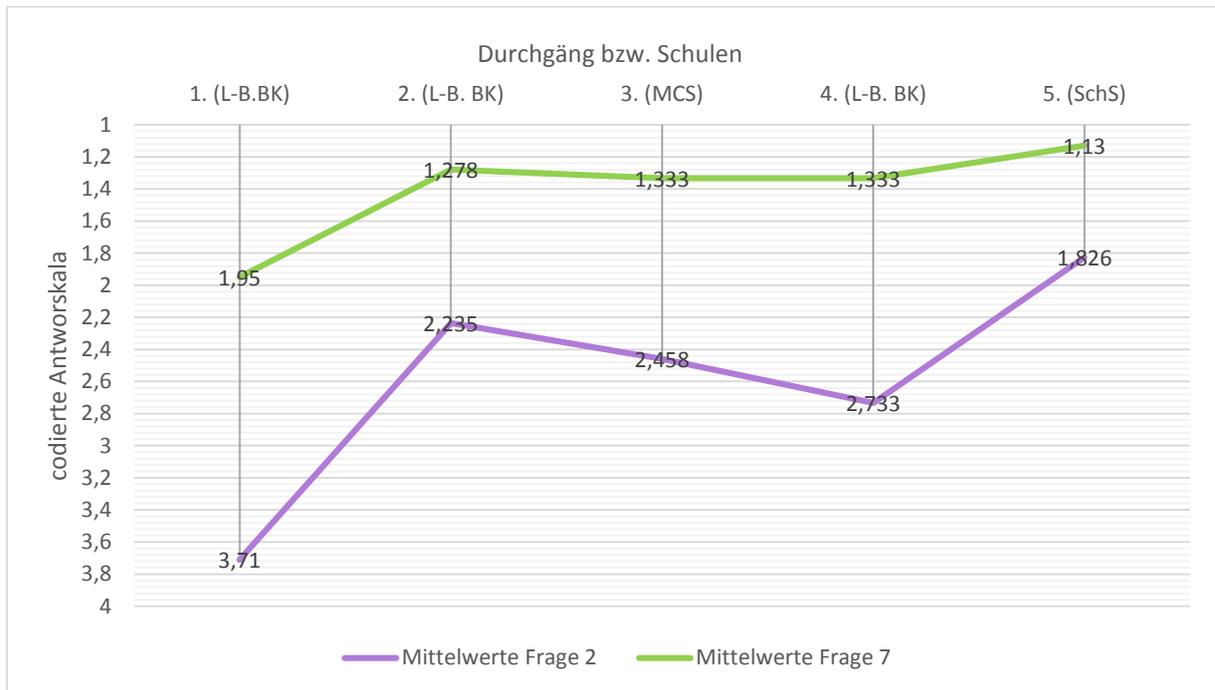


Diagramm 6: Vergleich der Steigerung des Interesses am Themenkomplex Honigbiene (lila) und dem Lernzuwachs (grün)

3.2.4 Untersuchung der Bewertung der Fragen 2 und 7 in Abhängigkeit des Alters

Da die Ergebnisse des fünften Durchgangs insgesamt die positivsten sind, folgt nun eine Betrachtung der Frage 2 „Das Projekt hat mein Interesse am Themenkomplex Honigbiene geweckt“ und der

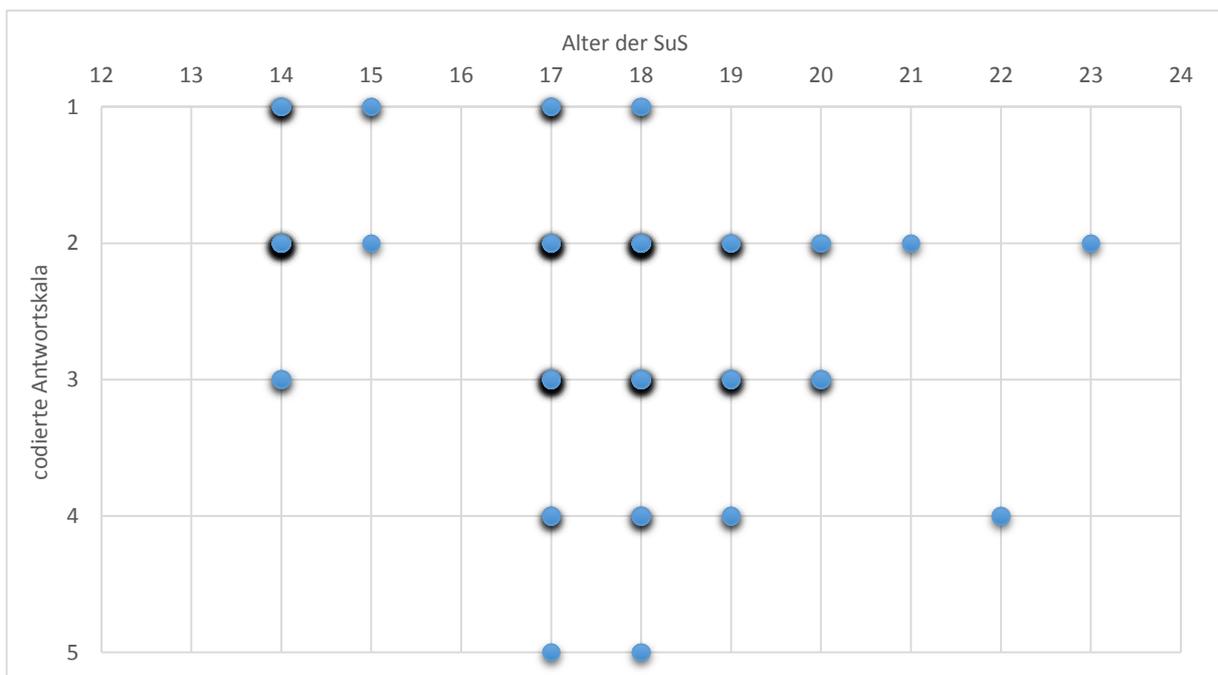


Diagramm 7: Bewertung der Frage 2 „Das Projekt hat mein Interesse am Themenkomplex Honigbiene geweckt“ in Abhängigkeit zum Alter

Frage 7 „Ich habe in dieser Veranstaltung etwas gelernt“ in Abhängigkeit zum Alter der SuS. Dabei soll untersucht werden, ob das Interesse sowie der Lernzuwachs mit steigendem Alter abnimmt. Die Stärke der Schattierung der Punkte gibt die Anzahl der abgegebenen Bewertungen für eine bestimmte Antwortkategorie an.

Tab. 4: Altersverteilung der teilnehmenden SuS, die Angaben zum Alter gemacht haben

Alter	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Anzahl SuS	19	3	0	27	25	13	5	1	1	1

Diagramm 7 stellt die Abhängigkeit der Bewertung der Frage 2 zur Steigerung des Interesses am Themenkomplex ‚Honigbiene‘ in Abhängigkeit des Alters der teilnehmenden SuS dar. Es zeigt sich, dass die jungen SuS von 14 und 15 Jahren nur die Kategorien *stimme voll zu*, *stimme fast zu* sowie *mittelmäßig* angekreuzt haben. Wobei die Zweitbeste *stimme fast zu* überwiegt. Die etwas älteren SuS (17 bis 18 Jahre) haben im Vergleich dazu von *stimme voll zu* bis *stimme gar nicht* zu bewertet. Die meisten teilnehmenden SuS waren 17 bis 18 Jährige knapp gefolgt von den 14 Jährigen (siehe Tabelle 4). Die ältesten SuS (19-23) bewerteten die Frage nach der Interessensteigerung mit den Kategorien *stimme fast zu* bis *stimme weniger zu*. Wobei nur die Ergebnisse der 19 bis 20 Jährigen interessant sind, da nur drei SuS zwischen 21 und 23 alt waren.

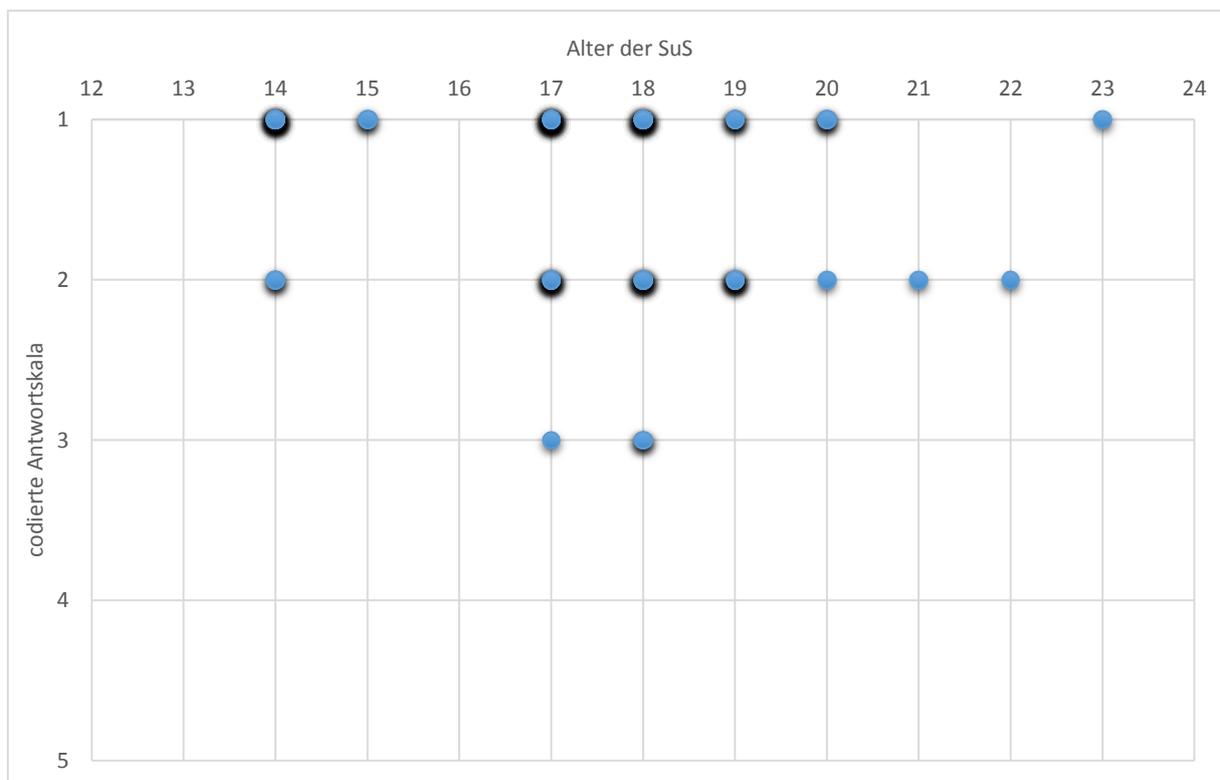


Diagramm 8: Bewertung der Frage 7 „Ich habe in dieser Veranstaltung etwas gelernt“ in Abhängigkeit zum Alter

Diagramm 8 stellt die Abhängigkeit der Bewertung der Frage 7 „Ich habe in dieser Veranstaltung etwas gelernt“ in Abhängigkeit zu dem Alter der SuS dar.

Alle Altersklassen bewerteten diese Frage mit den Kategorien *stimme voll zu* bis *mittelmäßig*. Bei den 14 Jährigen überwiegt die beste Kategorie, wobei bei den 17,18 und 19 Jährigen die erste und zweite Kategorie ebenfalls häufig angekreuzt wurde.

3.2.5 Untersuchung der Bewertung der Fragen 2 und 7 in Abhängigkeit des Geschlechts

In wie fern die Interessenssteigerung sowie der Lernzuwachs vom Geschlecht der teilnehmenden SuS abhängt, soll in den folgenden Diagrammen dargestellt werden. Diagramm 9 stellt die Bewertung der Frage 2 „Das Projekt hat mein Interesse am Themenkomplex Honigbiene geweckt“ in Abhängigkeit zu dem Geschlecht der SuS dar. Abgebildet sind die relativen Häufigkeiten der gewählten Antwortkategorien. Schüler sind mit einem blauen Punkt und Schülerinnen mit einem rosa Punkt dargestellt.

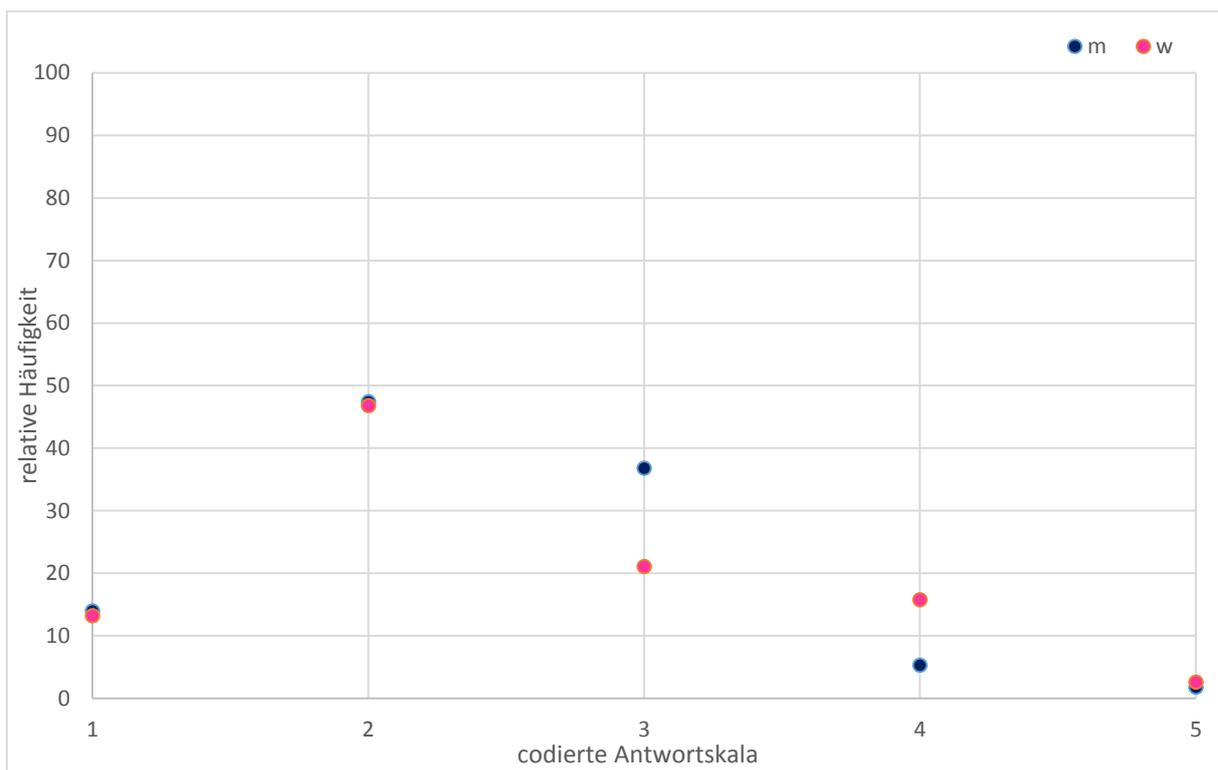


Diagramm 9: Bewertung der Frage 2 „Das Projekt hat mein Interesse am Themenkomplex Honigbiene geweckt“ in Abhängigkeit zum Geschlecht

Wie zu erkennen ist, liegen die Bewertungen der Frage 2 der männlichen und weiblichen Teilnehmer sehr nah aneinander.

Diagramm 10 stellt die Bewertung der Frage 7 „Ich habe in dieser Veranstaltung etwas gelernt“ in Abhängigkeit zu dem Geschlecht der SuS dar. Auch hier fällt keine Differenz in der Bewertung der Geschlechter

auf. Die letzten beiden Kategorien wurden von den SuS jeweils kein Mal gewählt, weshalb beide Punkte übereinander liegen.

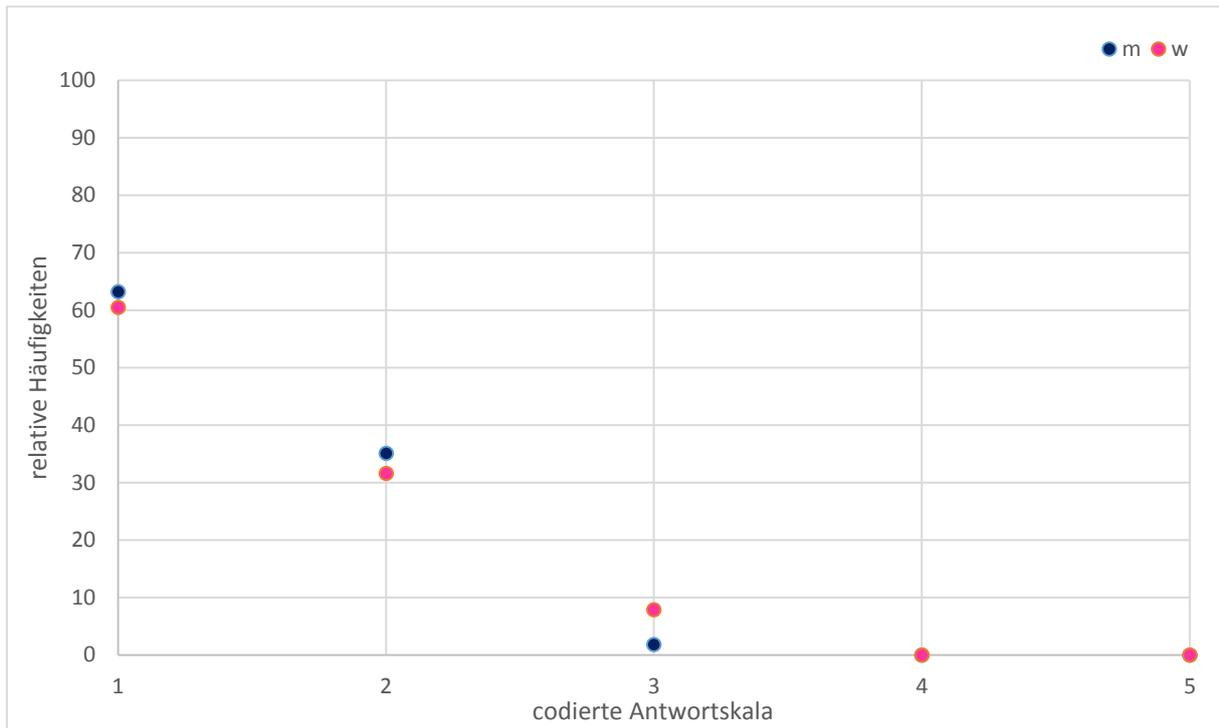


Diagramm 10: Bewertung der Frage 7 „Ich habe in dieser Veranstaltung etwas gelernt“ in Abhängigkeit zum Geschlecht

3.3 Auswertung

Wie in der Reflexion bereits angesprochen wurde, wurde der erste Durchgang des Unterrichtsprojektes nach dem ursprünglichen Verlaufsplan durchgeführt. Er verlief hektisch und dauerte eine Stunde länger als geplant. Das spiegeln auch die schlechten Bewertungen der SuS des ersten Durchgangs im Vergleich zu den restlichen Durchgängen wider. Ihre Kommentare zu den halboffenen Fragen bzw. Anregungen zum Ende des Fragebogens ergänzen das Ergebnis zusätzlich (Auflistung der Begründungen und Kommentare siehe Anhang). Als Begründung für die mittelmäßige Bewertung der Frage zur altersabhängigen Arbeitsteilung gaben einige SuS der ersten Klasse an „zu wenig Zeit“. Am Ende des Fragebogens gaben einige SuS die Anregung eines besseren Zeitmanagements und weniger Themen zu behandeln, diese aber dafür intensiver. Durch die anschließende Anpassung des Verlaufsplans wurden die Inhalte reduziert und durch die geforderte Selbstständigkeit der SuS konnte die Zeitvorgabe eingehalten werden. Diese Änderung zieht eine eindeutige Steigerung der Bewertung des Projektes mit sich, wie die Zahlen der restlichen Durchgänge erkennen lassen (siehe Diagramm 3). Verbesserungsvorschläge wie ein besseres Zeitmanagement werden fortan nicht mehr genannt.

Eine Studie von Wilde, einem Professor der Biologie Didaktik der Universität Bielefeld, zeigt, dass eigenverantwortliches Arbeiten an einem außerschulischen Lernort wie einem Tierpark oder Zoo die Motivation der SuS steigert. Wilde fand bei seiner Untersuchung am Exkursionsort Zoo heraus, dass steigende Selbstständigkeit bei der Aufgabenbewältigung sich vorteilhaft auf die Motivation der SuS auswirkt und dabei den kognitiven Zuwachs nicht verhindert. Er unterscheidet in seiner Studie zwischen Realschülern und Gymnasiasten. Als leistungsstärkere SuS benötigten Letztere weniger Anleitungen. Durch die größere Autonomie fühlten sich die SuS insgesamt kompetenter, nahmen weniger Druck wahr und zeigten ein größeres Interesse an der Exkursion als die jeweilige Kontrollgruppe (Wilde et al. 2014). Da die Teilnehmer am durchgeführten Unterrichtsprojekt zur Honigbiene ebenfalls Gymnasiasten beziehungsweise Berufsschüler im gymnasialen Zweig waren, lassen sich Wildes Erkenntnisse gut übertragen. Die extrinsische Motivation wurde zwar explizit durch den Fragebogen nicht gemessen, allerdings erkennt man ab dem zweiten Durchgang, nachdem die SuS selbstständiger arbeiten mussten, eine eindeutige Steigerung der Beurteilung aller Fragen. Speziell die Fragen nach der Zufriedenheit und Spaß (intrinsische Motivation) wurden in den Durchgängen zwei bis fünf unverkennbar positiver bewertet (siehe Diagramm 3). Die SuS haben zusätzlich auf den Fragebögen angegeben, dass sie es angenehm fanden, sich innerhalb der Gruppe austauschen zu können.

Im Verhältnis zu dem relativ hoch eingeschätzten Lernzuwachs haben die SuS die Frage nach dem gestiegenen Interesse am Themenkomplex ‚Honigbiene‘ eher mittelmäßig bewertet. Eine Vergleichsmessung des Interesses vor sowie nach dem Projekt hat es jedoch nicht gegeben, durch den ein tatsächlicher Zuwachs an Interesse hätte gemessen werden können.

Die Ergebnisse der fünften und jüngsten Gruppe sind, wie beschrieben worden ist, die positivsten. Anhand ihrer Kommentare und Ergänzungen auf dem Fragebogen fällt dagegen auf, dass sie relativ unreflektiert und oberflächlich bewertet haben. So geben sie beispielsweise als letzten Kommentar an „Spaß gemacht und nicht langweilig“, „besser als normaler Unterricht“ oder „war gut, weil wir auch den Tierpark anschauen konnten“. Ich beziehe diese Bewertungen auf die Nachteile der Methode ‚Fragebogen‘ (siehe 3.1) und nehme an, dass die SuS im Alter von 14 bis 15 Jahren weniger sachlich beurteilen als ältere SuS. So fließen bei Jüngeren andere Faktoren im größeren Maße bei der Bewertung mit ein. Sie könnten beispielsweise davon ausgehen, dass sie bestimmte soziale Erwartungen erfüllen müssen und daher den Fragebogen positiver bewertet haben als die älteren Teilnehmer. Zusätzlich haben sie im Vergleich zu älteren SuS weniger Lernerfahrungen, weshalb sie neuen Situationen gegenüber unkritischer begegnen.

Geht man auf Grundlage dieser Ergebnisse davon aus, dass jüngere SuS das Projekt grundsätzlich positiver bewerten und dass das Interesse an biologischen Sachverhalten mit dem Alter abnimmt, würde bei der Untersuchungen zur Bewertung der Frage 2 (das Interesse wurde geweckt) in Abhängigkeit zum

Alter ein negativer Zusammenhang zu vermuten sein. Die Ergebnisse zeigen zwar, dass die jüngeren SuS nur die positiven Kategorien gewählt haben, die älteren aber keinesfalls nur die schlechteren Kategorien angekreuzt haben. Bei ihnen überwiegen auch die sehr guten bis mittleren Kategorien. Die selben Ergebnisse zeigen sich bei der Untersuchung der Frage 7 (ich habe etwas gelernt) in Abhängigkeit zum Alter. Jüngere wie ältere SuS schätzen gleichermaßen positiv ein, dass sie durch das Unterrichtsprojekt etwas gelernt haben. In beiden Fällen lassen sich keine Zusammenhänge der Bewertung zum Alter feststellen.

Die Untersuchung zu einem eventuellen Zusammenhang zwischen der Bewertung der Fragen 2 und 7 und dem Geschlecht der SuS ließ noch weniger Diskussionsspielraum. Die Ergebnisse sind nahezu identisch. Daher besteht auch in diesem Fall kein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Bewertung.

Betrachtet man die Ergebnisse zu den Bewertungen der einzelnen Teilprojekte (Frage 3 und 4), ist zu erkennen, dass die Aufgabe zur ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ insgesamt minimal positiver bewertet wurde. Der Unterschied ist allerdings nicht groß genug, um eine eindeutige Präferenz zu erkennen. Ergänzt haben die SuS zu beiden Projekten, dass sie es gut fanden, die Bienen sehr nah beobachten zu können. Bei dem Teil im *Beemobil* beeindruckte sie, das gesamte Bienenvolk beobachten zu können. Als negativen Kritikpunkt zu diesem Teil gaben einige SuS an, es sei schwierig gewesen, zu erkennen, was die Bienen genau gemacht haben. Da die Individuenzahl der drei Schauvölker unterschiedlich groß war, wird das Erkennen der einzelnen Verhaltensweisen den SuS unterschiedlich gut gelungen sein. Zusätzlich kritisierten manche SuS, dass sie zu wenig Zeit zum Beobachten der Bienen hatten. Andere wiederum gaben an, die Beobachtungszeit wäre zu lang gewesen sowie „Arbeitsschritte haben sich häufig wiederholt“, weshalb sie die Bearbeitung langweilig fanden.

Als Begründung der Bewertung der Frage zur ‚Nestgenossenerkennung‘ gaben die SuS an, dass sie es gut fanden, sich auf wenige Tiere konzentrieren zu können und sich „ausführlich“ mit dem Verhalten auseinandersetzen konnten. Auch bei diesem Teil fanden einige SuS die Bearbeitungszeit zu lang. Ein weiterer negativer Aspekt, der angesprochen wurde, war, dass einige Bienen das Teilprojekt nicht überlebt haben. Zusätzliche Kommentare waren „Hypothesen konnten durch den Versuch geprüft werden“, „die vorher überlegten Verhaltensweisen wurden wiedererkannt“, sowie „verschiedene Verhaltensweisen waren gut zu erkennen“. Zur positiven Bewertung hat also beigetragen, dass das erwartete Verhalten auch gesehen und wiedererkannt werden konnte, wodurch die SuS noch während des Durchführens ihre Hypothesen selbstständig verifizieren oder falsifizieren konnten.

Auch wenn das Thema ‚Honigbiene‘ einige SuS anscheinend gar nicht angesprochen hat („allgemeines Interesse fehlt“), so ist gleichzeitig bei vielen eine gewisse Faszination aus ihren Kommentaren zu lesen.

So wurde als Begründung für die positive Bewertung der Aufgabe zur ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘ häufig genannt „interessant das Phänomen der altersabhängigen Arbeitsteilung zu sehen, die einzelnen Arbeitsschritte waren gut zu erkennen“ und zur ‚Nestgenossenerkennung‘ „interessante Sozialbiologie/Gemeinschaftsverhalten“ oder, dass „man sehen konnte, wie sich Bienen in einer Situation verhalten haben“. Bemerkenswert sind die unterschiedlichen Betrachtungen der altersabhängigen Arbeitsteilung, die sich in den Begründungen der SuS äußern. Eine Begründung zur positiven Bewertung lautete „Ähnlichkeiten zum menschlichen Verhalten: junge Bienen dürfen das Nest noch nicht verlassen und müssen gefüttert werden ...“. Eine andere war „interessant, weil komplett anderes System als beim Menschen“. Zusätzlich gaben die SuS als positive Begründung für beide Teile an, dass das Gelernte für sie neu war („interessant weil es vorher unbekannt war“).

Unabhängig von dem inhaltlichen Schwerpunkt der Teilprojekte betonten die SuS in den Begründungen zu beiden Fragen sowie am Ende des Fragebogens, dass sie insgesamt die praktische Arbeit sehr angenehm fanden. So äußerten sie Kommentare wie „Gute Mischung aus praktischen und theoretischen Aufgaben“, „sehr gut praktisch zu arbeiten“ oder „Projekt hat Spaß gemacht, weil es praktisch war“. Parallel zu diesen Aussagen bewerteten die SuS die Frage „Ich denke, die praktische Erarbeitung bringt mir mehr Lernerfolg als eine theoretische Erarbeitung“ mit einem durchschnittlichen Wert von 1,51 (siehe Diagramm 2).

Zusammenfassend kann aus den letzten Ergebnissen geschlossen werden, dass das erstellte Arbeitsmaterial im richtigen Verhältnis aus theoretischer Textarbeit und praktischen Aufgaben bestand. Des Weiteren erkennt man, dass sich SuS praktische Aufgaben wünschen. Nicht nur weil sie ihnen Spaß machen, sondern weil sie ihr Lernverhalten so einschätzen, dass sie durch das eigene, praxisorientierte Handeln einen größeren Lernerfolg erreichen können.

3.4 Schlussfolgerung und Zukunftsperspektiven

Insgesamt kann festgehalten werden, dass das durchgeführte Unterrichtsprojekt zur Verhaltensbiologie der Honigbiene erfolgreich durchgeführt werden konnte. Es ist von den SuS positiv angenommen worden und hat einen von den SuS subjektiv bewerteten Lernzuwachs bewirkt.

Auch wenn das Interesse am Themenkomplex Honigbiene nur mittelmäßig durch das Projekt geweckt wurde, so ist die praktische Arbeit mit Bienen bei den SuS auf Begeisterung gestoßen. Beide Teilprojekte haben dabei nahezu gleich gut abgeschlossen. Gleichermäßen hat sich gezeigt, dass SuS gerne selbstständig arbeiten. Auch wenn es selbstverständlich sein sollte, praktisch auf Exkursionen zu arbeiten,

muss festgehalten werden, dass genügend Phasen des selbstständigen Arbeitens für die SuS eingeplant werden sollten.

Auch wenn das Projekt prinzipiell für die Oberstufe konzipiert wurde, so kann man es auch in der Mittelstufe umsetzen. Wie die Daten gezeigt haben, hat es den SuS der neunten Klasse am meisten Spaß gemacht. Zusätzlich ist es thematisch auch in den Lehrplan für diese Jahrgangsstufe einzubinden. So finden sich in vier der sechs vorgegeben Inhaltsfelder des Kernlehrplans Biologie für die Stufen sieben bis neun, Ansätze denen man das Thema zuordnen könnte. An dieser Stelle sollen nur drei Beispiele genannt werden. Da wäre das Inhaltsfeld ‚Kommunikation und Regulation‘ zu nennen. In diesem könnte man das Unterrichtsprojekt dem Unterpunkt ‚Parasiten‘ zuordnen oder dem Punkt ‚Veränderung von Ökosystemen durch Eingriffe des Menschen‘ unter dem Inhaltsfeld ‚Energiefluss und Stoffkreisläufe‘. Im Inhaltsfeld ‚Evolutionäre Entwicklung‘ könnte man es unter anderem dem Unterpunkt ‚Evolutionenmechanismen‘ zuteilen. Aus den beschriebenen Gründen und da die Neuntklässler eine große Begeisterung vorwiesen, zeigt sich, dass das geplante Unterrichtsprojekt ebenfalls sehr gut für die Mittelstufe geeignet ist.

Auch wenn es inhaltlich und damit einhergehend auch zeitlich drastisch reduziert werden müsste, so könnte man das Unterrichtsprojekt zur Verhaltensbiologie der Honigbiene auch mit dem Kernlehrplan für die Unterstufe begründen und es somit für Fünft- und Sechstklässler anbieten. Von den für die Unterstufe geforderten fünf Inhaltsfeldern wäre es dreien zu zuordnen. Es kann beispielsweise als Unterpunkt ‚Nutzpflanze und Nutztiere‘ dem Inhaltsfeld ‚Vielfalt von Lebewesen‘ oder im Feld ‚Angepasstheit von Pflanzen und Tieren an die Jahreszeiten‘ dem Aspekt ‚Entwicklung exemplarischer Vertreter der Wirbelklasse und der Gliedertiere‘ zugeordnet werden. Ebenso wäre eine Bearbeitung des Themas in dem Bezug auf das Inhaltsfeld ‚Überblick und Vergleich von Sinnesorganen‘ möglich (Kernlehrplan für Gym – Sek I NRW Biologie 2008).

Um alle angedachten Inhalte und Ziele umsetzen zu wollen, müsste das Unterrichtsprojekt in der Zukunft von einem drei stündigen Projekt auf ein Tagesprojekt erweitert werden. Als eine Art des Stationenlernens, bei welchem die Inhalte des Bientanzes sowie der Befall durch die Varroa-Milbe an eigenständigen Stationen vermittelt würden, könnte das Projekt in der Zukunft umgesetzt werden. Eine Voraussetzung dafür wäre allerdings eine zweite Betreuungsperson, da es bereits mit zwei Stationen schwierig war, die Schülergruppen gleichzeitig zu betreuen.

Durch die bestehende Kooperation der AG ‚Verhaltensbiologie und Didaktik der Biologie‘ mit dem Tierpark wäre es möglich, das Projekt auch in Zukunft in einer gewissen Regelmäßigkeit durchzuführen.

Soll lediglich das *Beemobil* beispielsweise an Schulen zum Einsatz kommen, so muss je nach Art des Einsatzes bedacht werden, dass maximal 12 SuS gleichzeitig im *Beemobil* arbeiten können. Daher bieten

sich, wie bereits angesprochen, parallel laufende Stationen rund um das Thema ‚Honigbiene‘ an, um die Gruppenstärke zu verringern.

Wie die Ergebnisse der Evaluation auf die Frage ‚Ich habe in dieser Veranstaltung etwas gelernt‘ gezeigt haben, war der Lernzuwachs sehr groß. Diese Bewertung ging allerdings subjektiv von den SuS aus und wurde nicht mittels eines objektiven Testverfahrens gemessen. Eine Beurteilung der tatsächlichen Effektivität kann dadurch nicht vorgenommen werden. So bleibt der Effekt eines solchen Projekts am außerschulischen Lernorts Tierpark für die Zukunft zu erforschen.

4. Zusammenfassung

Zoos bzw. Tierparks spielen als außerschulische Lernorte im Biologieunterricht eine wichtige Rolle, da sie durch die direkte Auseinandersetzung mit der Natur ein lebendiges Lernen ermöglichen. Damit bieten sie auch die Möglichkeit, Einblicke in Fachbereiche zu erlangen, welche im Klassenraum nicht möglich sind. Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um die Analyse eines geplanten, durchgeführten und evaluierten Unterrichtsprojekts für die gymnasiale Oberstufe am außerschulischen Lernort Tierpark Bochum zu dem Thema Verhaltensbiologie der Honigbiene.

Die Auseinandersetzung mit dem Thema ‚Honigbiene‘ ist wichtiger denn je. Die Honigbiene, als einer der wichtigsten Bestäuber unserer heimischen Flora, ist in ihrem Bestand durch den Befall der Varroa-Milbe bedroht. Der altersbedingte Rückgang der deutschen Imker sowie die Tendenz zu einer stetig ansteigenden Monokultur, erschweren das Überleben der Honigbiene zusätzlich. Durch die praktische Vermittlung von Inhalten wie der ‚altersabhängigen Arbeitsteilung‘, dem ‚Bientanz‘, der ‚Nestgenossenerkennung‘ sowie ‚dem Befall durch die Varroa-Milbe‘ werden durch das Unterrichtsprojekt nicht nur curriculare Vorgaben erfüllt, sondern auch das Bewusstsein für ökologische Zusammenhänge gebildet sowie die besondere Verantwortung des Menschen für die Natur gefördert.

Für die Durchführung des Projekts stand ein PKW-Anhänger mit drei Schaubienenvölkern, das *Beemobil*, zur Verfügung.

Das Projekt wurde mit fünf Schulklassen des Gymnasiums bzw. des Gymnasialzweigs eines Berufskollegs erprobt. Dabei handelte es sich um vier Klassen der Oberstufe und einer, eigentlich nicht in das Konzept passenden, neunten Klasse. Insgesamt haben 101 Schülerinnen und Schüler an dem Projekt teilgenommen.

Die Schülerinnen und Schüler haben das Projekt im Durchschnitt alle sehr positiv bewertet. Durch die Ergebnisse der Evaluation lässt sich erkennen, dass es ihnen viel Spaß gemacht hat und ihnen die jeweiligen Teilaufgaben nahezu gleich gut gefallen haben. Ihren Lernzuwachs haben die Teilnehmer ebenfalls aus subjektiver Sicht als sehr hoch bewertet, dieser wurde jedoch nicht mit einem objektiven Testverfahren gemessen.

Da die Schülerinnen und Schüler der neunten Klasse das Unterrichtsprojekt insgesamt am besten bewertet haben und die meiste Begeisterung sowie Motivation vorwiesen, ist das Projekt, da es zusätzlich auch inhaltlich die Vorgaben des Lehrplans für die Mittelstufe abdeckt, für die Mittelstufe zu empfehlen.

5. Literaturverzeichnis

Amiet, Felix, Krebs, Albert: *Bienen Mitteleuropas – Gattungen, Lebensweise, Beobachtung*. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 2012

Basten, Melanie, Meyer-Ahrens, Inga, Fries, Stefan, Wilde Matthias: *The Effects of Autonomy-Supportive vs. Controlling Guidance on Learners' Motivational and Cognitive Achievement in a Structured Field Trip*. Science Education, Vol. 98, No. 6, pp. 1033-1053, 2014

Berck, Karl-Heinz: *Biologiedidaktik – Grundlagen und Methoden*. 3. Auflage, Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, 2005

Dettner, Konrad, Peters, Werner: *Lehrbuch für Entomologie*. 2. Auflage, Elsevier GmbH, München, 2003

Dulitz, Barbara, Meyhöfer, Anne (Hrsg.): *Unterricht Biologie. Honigbienen*. Erhard Friedrich Verlag, Seelze, Heft 283, 27. Jhg., April 2003

Eid, Michael, Gollwitzer, Mario, Schmitt, Manfred: *Statistik und Forschungsmethoden*. 3. Auflage, Beltz Verlag, Weinheim, Basel, 2013

Eschenhagen, Dieter, Kattmann, Ulrich, Rodi, Dieter: *Fachdidaktik Biologie*. 4. Auflage, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln, 1998

Kappeler, Peter: *Verhaltensbiologie*. 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012

Meyer, Hilbert: *Unterrichtsmethoden II: Praxisband*. Cornelsen, Berlin, 1994

Ruther, Friedrich: *Naturgeschichte der Honigbiene – Biologie, Sozialleben, Arten und Verbreitung*. 2. Auflage, Franck-Kosmos Verlag-GmbH & Co, Stuttgart, 2003

Seeley, Thomas D.: *Bienendemokratie*. 3. Auflage, S. Fischer, Frankfurt am Main, 2014

Stripf, Rainer (Hrsg.): *Methoden Handbuch Biologie- Band 1*. Aulis Verlag in der Stark Verlagsgesellschaft, Köln, Bergisch Gladbach, 2010

Tierpark Bochum gGmbH (Hrsg.): *mittendrin*. Bochum, Juni 2008

Von Frisch, Karl: *Aus dem Leben der Bienen*. 10. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1993

Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in NRW- Biologie, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW, 2014

Kernlehrplan das Gymnasium - Sekundarstufe I in NRW- Biologie, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW, 2008

Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die schriftliche Prüfung im Abitur in der gymnasialen Oberstufe im Jahr 2015, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW

Internetquellen:

<http://www.zoodirektoren.de> Zugriff am: 14.01.2015

<http://www.waza.org> Zugriff am: 14.01.2015

<http://www.tierpark-bochum.de> Zugriff am: 06.01.2015

<http://www.deutscherimkerbund.de> Zugriff am: 06.01.2015

<http://www.bmel.de> Zugriff am: 08.01.2015

<http://www.maps.google.de> Zugriff am: 10.08.2014

6. Anhang

Feedback-Fragebogen	I
Antworten auf halboffene- und offene Fragen	II
Arbeitsblätter/Materialien	IV
Materialliste	XVIII
Verwendete Power Point Präsentation zur Einleitung	XX
Wertetabellen	XXV
Erklärung	XXXVIII

Feedback- Fragebogen zum Bienenprojekt



Alter :

Geschlecht :

stimme

stimme

voll zu

gar nicht zu

Ich bin mit der Veranstaltung insgesamt zufrieden.

Das Projekt hat mein Interesse am Themenkomplex Honigbiene geweckt.

Der Teil zur altersabhängigen Arbeitsteilung der Honigbiene hat mir gut gefallen.

Weil:

Der Teil zum Bientanz hat mir gut gefallen.

Weil:

Der Teil zur Nestgenossenerkennung hat mir gut gefallen.

Weil:

Ich denke, die praktische Erarbeitung bringt mir mehr Lernerfolg als eine theoretische Erarbeitung.

Wenn dieses Projekt in Zukunft weiter durchgeführt wird, würde ich es anderen Schulklassen empfehlen.

Ich habe in dieser Veranstaltung etwas gelernt.

Das heutige Projekt hat mir Spaß gemacht

Zusätzliche Anregung/Kommentar:

Vielen Dank !!!

Antworten der halboffenen/ offenen Fragen des Fragebogens

Zur 3. Frage (Der Teil zur altersabhängigen Arbeitsteilung hat mir gut gefallen, weil):

-	+
Allgemeines Interesse fehlt	Anschaulich erklärt
	Gute Gestaltung (häufig)
Zu wenig Zeit (1. Durchgang)	Schön ganzen Stock zu beobachten
„das Thema hat mich nicht wirklich interessiert, dafür war es gut gestaltet und hat Spaß gemacht“	Ähnlichkeiten zum menschlichen Verhalten: junge Bienen dürfen das Nest noch nicht verlassen& werden gefüttert. Dürfen erst raus, wenn sie den Aufgaben gewachsen sind
Zu lange Beobachtungszeiten (langweilig)	Interessant weil komplett anderes System als beim Menschen
Schwierig zu erkennen, was Bienen genau machten	Interessant weil Bienen so nah zu sehen (häufig)
Arbeitsschritte haben sich häufig wiederholt	Interessant- weil es vorher unbekannt war
	Gute Austauschmöglichkeiten unterhalb der SuS
	Interessant das Phänomen der altersabhängigen Arbeitsteilung zu sehen, einzelne Arbeitsschritte gut zu erkennen (häufig)
	vielfältig
	Praktisch zu arbeiten
	Gute Mischung aus praktischen und theoretischen Aufgaben

Zur 4. Frage (Der Teil zum Bienentanz hat mir gut gefallen, weil): -> **gestrichen**

-	+
Allgemeines Interesse fehlt	Bienentanz gut erklärt
Kam zu kurz	Neue Erkenntnisse (vorher unbekannt)
Nur ein Text, keine Praxis	Überrascht von der Raffinesse der Bienen
	Weil ich Mathe mag (praktisches Bsp- Entfernung& Richtung berechnen)
	Gute Austauschmöglichkeiten unterhalb der SuS
	spannend

Zur 5. Frage/ bzw. 4. (Der Teil zur Nestgenossenerkennung hat mir gut gefallen, weil):

-	+
Sich die Vorgänge immer wiederholt haben (Beobachtungsaufgaben ?)	Bienen aus nächster Nähe zu beobachten (häufig) Petrischalen praktisch
Nicht so gut, dass einige Bienen gestorben sind	Man sich auf einige wenige konzentrieren konnte (häufig)
Man musste etwas zu lange beobachten	Praktische Aufgabe
	Interessant Interaktion zw. Verschiedenen Völkern
	Sehr ausführlich (lange beobachtet)
	Austauschmöglichkeit unterhalb der SuS möglich (nicht jeder für sich)
	die vorher überlegten Verhaltensweisen wurden wiedererkannt / gut zu erkennen
	Verhalten zw. Verschiedenen Völkern/eigenes Volk nachvollziehbar
	Hypothesen durch Versuch geprüft/ aufgestellte Hypothesen wieder erkannt (häufig)
	Interessant, wenn man das Hintergrundwissen hat worüber die Bienen kommunizieren – Antennieren/ Geruch
	Interessante Sozialbiologie / Gemeinschaftsverhalten
	Man sehen konnte wie sich Bienen in einer ungewöhnlichen Situation verhalten haben

Zusätzliche Anregung/ Kommentar:

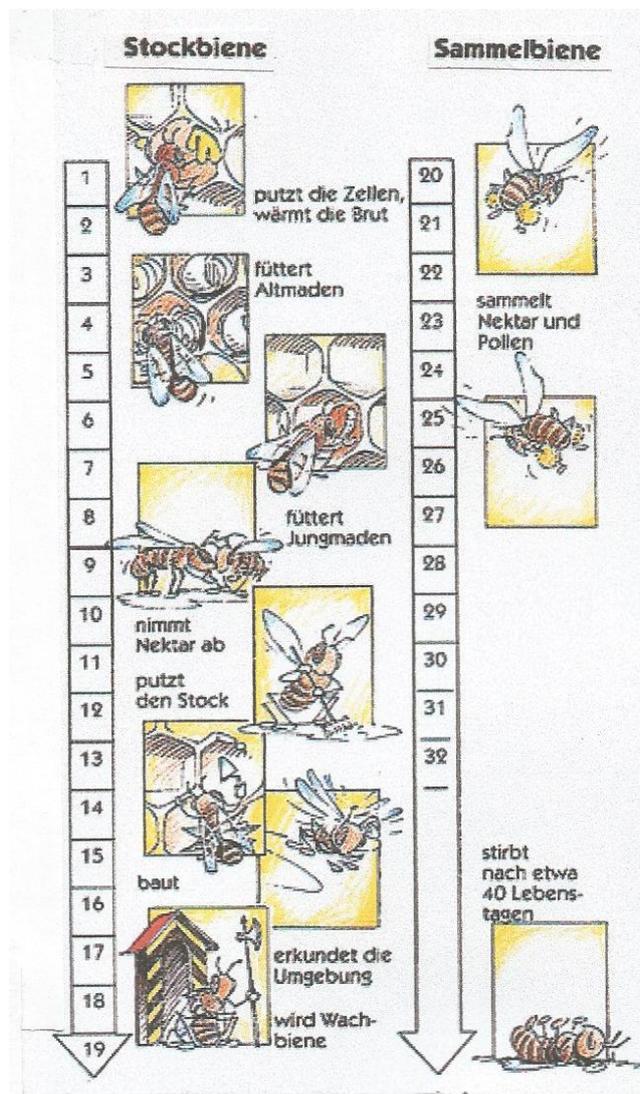
-	+
Besseres Zeitmanagement (1. Durchgang)	Gut strukturiert
Weniger Themen, dafür intensiver (1. Durchgang)	Wissenswert
Mehr Zeit für Beobachtungen	Spaß gemacht, nicht langweilig (5. Durchgang)
	Gut Vorbereitet
	Sehr gut praktisch mit Bienen zu arbeiten
	Sehr interessant
	Abwechslungsreich
	Nicht zu lang gezogen
Neutral ?!: Baum, wenn ich etwas ankreuze, dann ist das so	Projekt hat Spaß gemacht, weil es praktisch war
	Besser als normaler Unterricht (5. Durchgang)
	Sehr informativ
	Projekt hat Spaß gemacht weil es praktisch war
	Auch Tierpark anzuschauen (5. Durchgang)

Aufgabe 2:

Lies den folgenden Text und schaue dir die Abbildung genau an.

Altersabhängige Arbeitsteilung der Honigbiene

Um ein Volk von circa 40.000-60.000 Individuen zu organisieren, so dass es überleben kann, ist eine gute Struktur nötig. Jedes Individuum muss seine Aufgabe kennen, damit ein Chaos vermieden wird. Die Honigbiene vermeidet dieses durch ihre altersabhängige Arbeitsteilung der Arbeiterinnen. Das bedeutet, dass die Arbeiterin im Laufe ihres Lebens (Lebensdauer der Sommerbiene ca. 4 Wochen) wechselnde Aufgaben übernimmt, wie in Abb. 1 dargestellt.



Bestimmte Aufgaben sind von der Morphologie der Arbeiterin determiniert. Nach dem Schlüpfen beginnt sie sich und die Wabenzellen zu putzen. Die Futtersaftdrüsen am Kopf der Biene entwickeln sich erst am dritten Tag. Ab diesem Zeitpunkt wird sie zur Ammenbiene, wobei sie neben Brut auch andere Arbeiterinnen und die Königin füttert. Zwischen dem 10-13 Tag entwickeln sich die Wachsdrüsen auf der ventralen Seite der Arbeiterin (Bauchseite). Nun ist sie in der Lage, neue Wabenzellen zu bauen oder diese zu reparieren. Da sich ab dem 20. Lebenstag die Futtersaft- und Wachsdrüsen zurückbilden, übernimmt sie endgültig die Aufgabe der Sammelbiene. Neben Nektar und Pollen wird auch Wasser oder Harz gesammelt.

Doch nicht nur das Alter der Bienen ist entscheidend für ihre Tätigkeit. Je nach Bedürfnis des Volkes können sie ihre Aufgaben anpassen.

Aufgabe 3:

Führt zu zweit mehrere Beobachtungen durch (à 5 Minuten- pro 1 Biene). Wählt pro Beobachtungsdurchgang eine anders markierte Biene aus. Während einem Durchgang beobachtet 1 Schüler, der andere notiert die Beobachtungen und stoppt die Zeit.

Ihr beobachtet im Wechsel.

	1. Durchgang Farbe:	2. Durchgang Farbe:	3. Durchgang Farbe:	4. Durchgang Farbe:	5. Durchgang Farbe:
Verhalten der Biene					

Datum:

Projekt -Bientanz

Karl von Frisch (1886-1982) - ein Pionier in der Verhaltensforschung entdeckte bereits Mitte des letzten Jahrhunderts, dass Honigbienen, die eine ergiebige Nahrungsquelle entdeckt haben, zu ihrem Stock zurückkehren und mit Hilfe von verschiedenen Tanzarten den anderen Bienen die Informationen über Entfernung und/oder Richtung der Nahrungsquelle mitteilen.

Der **Rundtanz** enthält keine Richtungsinformationen und wird daher auch nur bei Futterquellen mit einer geringen Entfernung (weniger als 70m) eingesetzt. Vergrößert sich der Abstand zwischen Bienenstock und Futterquelle, geht der Rundtanz mittels Mischformen der Tanzbewegung über in den **Schwänzeltanz** (siehe Abb.2). Mit diesem gibt die Arbeiterin die Informationen über Richtung und Entfernung des Futterplatzes wieder. Der Schwänzeltanz besteht aus einer Reihe von kreisförmigen Tanzfiguren, die sich jeweils aus einem Schwänzellauf und einem Rundlauf zusammensetzen. Dabei verhält sich die Dauer des Schwänzeltanzes proportional zur zurückgelegten Flugstrecke. Dadurch übermittelt die tanzende Biene die Entfernung zum Blütenstand.

Durch einen sogenannten Sonnenkompass ist die Biene außerhalb des Stockes in der Lage ihre

Flugrichtung (zur Futterquelle) relativ zum Sonnenstand wahrzunehmen

(siehe Abb.1).

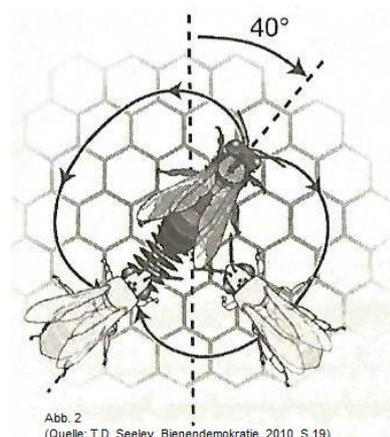


Abb. 2
(Quelle: T.D. Seeley, Bienendemokratie, 2010, S.19)

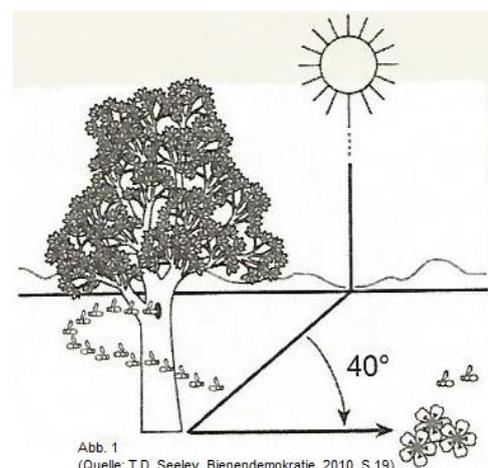
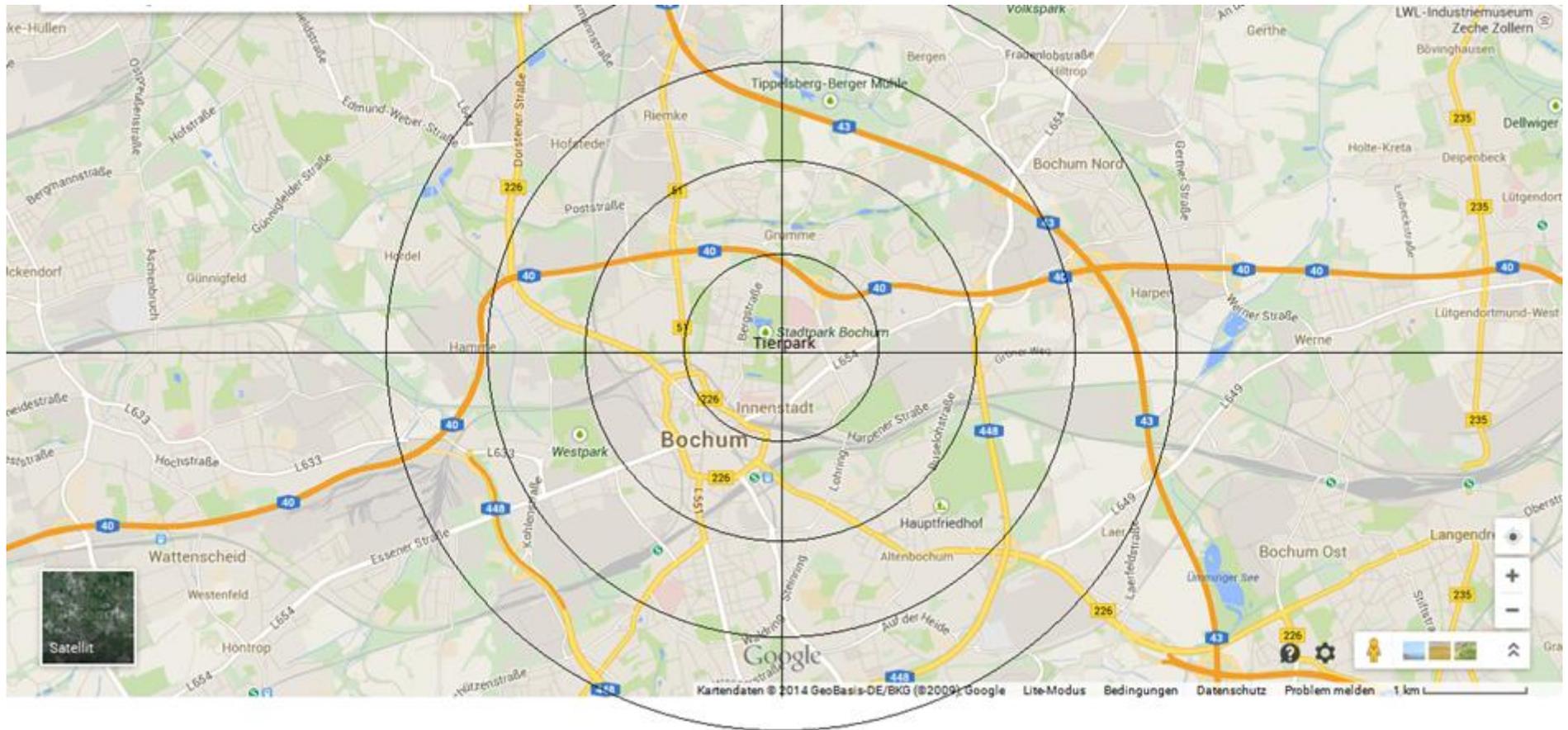


Abb. 1
(Quelle: T.D. Seeley, Bienendemokratie, 2010, S.19)

Beim Schwänzeltanz auf der senkrechten Wabe richtet sie sich nun im gleichen Winkel zur Sonne aus. So teilt sie ihren Nestgenossinnen die Richtung der Nahrungsquelle mit (siehe Abb.2).



verändert nach www.maps.google.de

Kooperationsprojekt der

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Und dem

Tierpark + Fossilium Bochum



Datum:

Projekt - Nestgenossenerkennung

Aufgabe 1:

Notiert eure Hypothesen:

Aufgabe 2:

Beobachtet zu zweit das Verhalten von einer satt gefütterten Biene aus Volk A (Af) einer hungrigen Biene aus Volk A (A) und einer hungrigen Biene aus Volk B (B) für circa 10 Minuten. Notiert das beobachtete Verhalten in knappen Worten (z.B. Af & A antennenieren (berühren sich mit den Antennen)). Versucht die Verhaltensweisen zu verinnerlichen.

Material: 1 Petrischale, 3 Bienen (Af, A und B), Stoppuhr

Aufgabe 3:

Nehmt euch drei neue Bienen (oder tauscht eure Petrischalen untereinander aus). Beobachtet und erfasst nun das Verhalten der gefütterten Biene (Af) für jeweils circa 5 Minuten. Nehmt dabei die Häufigkeit einzelner Verhaltensweisen und die Dauer der Trophallaxis (Füttern) auf. Während eines Durchgangs beobachtet ein Schüler, der andere notiert und stoppt die Zeit. Derjenige, der das Verhalten beobachtet, zählt die Dauer der Trophallaxis mit. Ihr beobachtet im Wechsel. Führt mehrere Durchgänge mit möglichst neuen Bienen durch.

Material: 1 Petrischale, 3 Bienen (Af, A und B), Stoppuhr

	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang	4. Durchgang
Verhalten der Biene Af				

Aufgabe 1)

Entwickelt Hypothesen zu folgender Situation & notiert diese auf eurem AB :

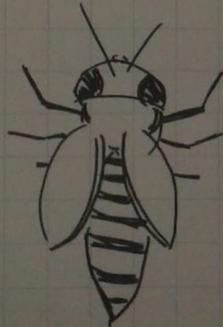
Volk B
(hungrig)



Volk A
(hungrig)



(Bienen sind
alle gleich
groß)



Volk A
(satt)

Warum verhalten Bienen s. nach
euren Hypothesen ?

Kooperationsprojekt der

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Und dem

Tierpark + Fossilium Bochum 



Datum:

Kurzinformation- Varroamilbe (*Varroa destructor*)

Varroa destructor ist eine in den siebziger Jahren nach Europa eingeschleppte Milbe aus Asien. Sie lebt als Parasit an Honigbienen und ist aktuell der bedeutsamste Schädling der europäischen Honigbiene. Der Befall von Bienenvölkern durch diese Milbenart wird als **Varroose** bezeichnet. Die Weibchen legen ihre Eier in die Brutzellen der Honigbienen, bevor diese von den Arbeiterinnen verdeckelt werden. Während die Bienenbrut verdeckelt ist und heranwächst, wird sie bereits von den Milben befallen, welche sich von der Hämolymphe (Körperflüssigkeit) der Bienen ernährt. Nur die weiblichen Milben sitzen auf den adulten Bienen und werden durch diese auf andere Bienen und Bienenvölker übertragen. Nach Prof. Grünewald (Leiter des Instituts für Bienenkunde bei Frankfurt) sind 2012 bis zu 30% aller Bienenvölker in Deutschland der Milbe zum Opfer gefallen⁴. Die Völker müssen durch den Imker zweimal im Jahr behandelt werden, um die Vermehrung der Milbe zu unterbinden.

Da die Honigbiene nicht nur Honigproduzent, sondern vor allem der wichtigste Pflanzenbestäuber ist, sichert sie somit den Großteil der Nahrung, die wir Menschen zu uns nehmen.

⁴ <http://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article13946897/Aggressive-Milbe-loescht-300-000-Bienenvoelker-aus.html> (entnommen am 02.09.2014)

Materialliste

Zooschulraum
Power Point
Laptop, Beamer
Fragebogen
OHP

P1:

Beemobil
12 Hocker
ABs a (altersabhängige Arbeitsteilung)
ABs b (Bientanz)
Winkelmesser
Landkarte
2x Papier/Pappe (zur Ergebnissicherung im Beemobil aufhängen)
Eddings/Stifte

P2:

Bienenhaus,
7 Tische
Stühle (max.16)
Stellw./Flipch mit Abb. oder Pappe
ABs
Petrischalen (mit Loch zum einfachen Befüllen) mit Bienen
Pinzetten
Eppendorfgefäße
Stoppuhren/Handys
2x Papier/Pappe
Eddings/Stifte

Vorbereitung:

Eis

Schale

Sauger& Ladegerät

Gefrierbeutel

Lackeddings

Flaschen mit Trichter

Vaseline

Bienenkästen mit Glas 10x

Spritzen + Ringe

Zuckerlösung (34g+50ml - 2mol)

Klebeband (für Namensschilder)

Eddings

Pinzette

Kontaktdaten Tierpark Bochum

Tierpark Bochum gGmbH

Klinikstr. 49

44791 Bochum

Tel.: 0234 / 95029-0

info@tierpark-bochum.de

Zooschule: (02 34) 9 50 29 23 oder (02 34) 9 50 29 42

zooschule@tierpark-bochum.de



Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Ablauf:

- Aufteilung der Klasse → Verhaltensbeobachtungen
- 2 parallel laufende Projekte:
 - Beemobil: Altersabhängige Arbeitsteilung ca. **40 min**
 - Bienenhaus: Nestgenosserkennung ca. **40 min**
- Kleine Pause **15 min**
- Wechsel der Gruppen
- Auswertung & Abschluss in der Zooschule **30 min**

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

2

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Verhaltensregeln – Bienen:

- Allergiker?
- Nicht vor die Fluglöcher stellen
- Ruhige Bewegungen – keine Hektik
- Bei vielen Bienen - Mund schließen
- Verhalten bei Bienenstich:
 - Stachel schnell abstreifen
 - langsames Entfernen vom Bienenstand
 - Einstichstelle kühlen und für die nächsten Tage beobachten (Schwellungen sind normal auftretende Reaktionen)

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

3

Gruppenaufteilung

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

4

Auswertung

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

5

Auswertung:

Projekt: Altersabhängige Arbeitsteilung

- Welche Farbe hat welches Verhalten gezeigt? – Gruppenergebnisse
- Stimmt das beobachtete Verhalten der Bienen mit den in der Literatur genannten Angaben überein?

- Rot: 15.08 - 27 Tage alt nach Lit. : Sammelbiene
- Gelb: 22.08 - 20 Tage alt : Wachbiene/ Nektar sammeln
- Blau: 29.08 - 13 Tage alt : Putzt Stock/ baut Waben
- Silber: 05.09 - 6 Tage alt : füttert Altmaden & Jungmaden

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

6

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



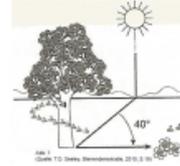
Auswertung:

Projekt: Bienentanz

Wie groß ist das Sammelgebiet unserer Bienen?
(Wo sind unsere Bienen hingeflogen & wie weit?) - Karte

Wie navigieren und orientieren sich Honigbienen?

- Sonnenkompass – Azimutstand der Sonne:
 - Senkrechte Projektion der Sonne auf Horizont- Richtungsinformation (+ Zeitinformation)
- Landmarken (Bäume, Gebäude ...)
- Farben (Nahorientierung)
- Geruch (Nahorientierung)



Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

7

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Auswertung:

Projekt: Nestgenosserkennung

- Welches Verhalten von Af wurde beobachtet? – Gruppenergebnisse
 - Stimmen Ergebnisse mit Hypothesen überein?
 - Unter Berücksichtigung der Zusatzinformationen- warum verhalten sich die Bienen auf diese Art&Weise?
-
- Bienen → Eusoziale Insekten

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

8

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Auswertung:

Projekt: Nestgenosserkennung

Bienen → Eusoziale Insekten : Staatenbildende Insekten
(wie viele Hautflügler: Ameisen, meisten Bienen und Wespen/ und Termiten)

- Kooperative Brutpflege durch mehrere Tiere
- gemeinsame Nahrungsbeschaffung & Verteilung
- Aufteilung in fruchtbare und unfruchtbare Individuen
- Zusammenleben mehrerer Generationen

Umsetzung bei Honigbiene → altersabhängige Arbeitsteilung, bei Arbeiterinnen Gonaden zurück gebildet
Vorteile → Verwandtenselektion bringt indirekten Fitnessgewinn

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

9

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Auswertung:

Projekt: Varroamilbe

1. Warum sterben Bienenvölker, die nicht vom Imker behandelt werden, an der Varroose?
2. Bewertet mit Hilfe der Hintergrundinformationen die Reichweite der Varroose, beschreibt dabei auch das Verhältnis zwischen Honigbiene und Mensch

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

10

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Offene Fragen?

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

11

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Fragebogen

Vivian Dutkiewicz - Masterarbeitsprojekt

12

Unterrichtsprojekt zur Honigbiene



Vielen Dank

Für eure Teilnahme
&
Eure Aufmerksamkeit

Vielen Dank auch: Moderationsbeirat

Wertetabellen

Absoluten Werte 1. Durchgang

Fragen	1	2	3	4	5	k.A.	Ø	tatsäch- liches n
1.	0	14	5	2	0	0	2,43	21
2.	0	5	13	2	1	0	3,71	21
3.	0	15	5	1	0	0	2,33	21
4.	5	8	5	2	0	1	2,2	20
5.	6	13	2	0	0	0	1,80952381	21
6.	2	10	8	1	0	0	2,38095238	21
7.	4	13	3	0	0	1	1,95	20
8.	0	11	8	1	1	0	2,61904762	21
n gesamt	21							

Relativen Werte 1. Durchgang

Fragen								Ø
1.	0%	67%	24%	10%	0%	0%	0%	2,43
2.	0%	24%	62%	10%	5%	0%	0%	3,71428571
3.	0%	71%	24%	5%	0%	0%	0%	2,33333333
4.	24%	38%	24%	10%	0%	5%	5%	2,2
5.	29%	62%	10%	0%	0%	0%	0%	1,80952381
6.	10%	48%	38%	5%	0%	0%	0%	2,38095238
7.	19%	62%	14%	0%	0%	5%	5%	1,95
8.	0%	52%	38%	5%	5%	0%	0%	2,61904762

Absoluten Werte 2. Durchgang

1	2	3	4	5	k.A.	Ø	tatsächliches n
13	5	0	0	0	0	1,27777778	18
2	11	2	2	0	1	2,23529412	17
11	5	2	0	0	0	1,5	18
7	9	2	0	0	0	1,72222222	18
14	2	2	0	0	0	1,33333333	18
11	6	1	0	0	0	1,44444444	18
14	3	1	0	0	0	1,27777778	18
12	5	1	0	0	0	1,38888889	18
18							

Relativen Werte 2. Durchgang

72%	28%	0%	0%	0%	0%	1,2778
11%	61%	11%	11%	0%	6%	2,2353
61%	28%	11%	0%	0%	0%	1,50
39%	50%	11%	0%	0%	0%	1,72
78%	11%	11%	0%	0%	0%	1,33
61%	33%	6%	0%	0%	0%	1,44
78%	17%	6%	0%	0%	0%	1,28
67%	28%	6%	0%	0%	0%	1,39

Absoluten Werte 3. Durchgang

1	2	3	4	5	k.A.	Ø	tatsächliches n
13	10	0	0	0	1	1,43478261	23
4	9	8	2	1	0	2,45833333	24
10	11	2	1	0	0	1,75	24
8	13	2	1	0	0	1,83333333	24
17	4	2	1	0	0	1,45833333	24
15	9	0	0	0	0	1,375	24
16	8	0	0	0	0	1,33333333	24
13	10	0	0	0	1	1,43478261	23
24							

Relativen Werte 4. Durchgang

54%	42%	0%	0%	0%	4%	1,43478261
17%	38%	33%	8%	4%	0%	2,45833333
42%	46%	8%	4%	0%	0%	1,75
33%	54%	8%	4%	0%	0%	1,83333333
71%	17%	8%	4%	0%	0%	1,45833333
63%	38%	0%	0%	0%	0%	1,375
67%	33%	0%	0%	0%	0%	1,33333333
54%	42%	0%	0%	0%	4%	1,43478261

Absoluten Werte 4. Durchgang

	1	2	3	4	5	k.A.	Ø	tatsächliches n
	5	7	2	0	0	1	1,78571429	14
	2	4	5	4	0	0	2,73333333	15
	2	8	4	1	0	0	2,26666667	15
	3	5	5	1	0	1	2,28571429	14
	8	5	1	1	0	0	1,66666667	15
	8	6	0	1	0	0	1,6	15
	10	5	0	0	0	0	1,33333333	15
	6	7	2	0	0	0	1,73333333	15
	15							

Relativen Werte 5. Durchgang

33%	47%	13%	0%	0%	7%	1,78571429
13%	27%	33%	27%	0%	0%	2,73333333
13%	53%	27%	7%	0%	0%	2,26666667
20%	33%	33%	7%	0%	7%	2,28571429
53%	33%	7%	7%	0%	0%	1,66666667
53%	40%	0%	7%	0%	0%	1,6
67%	33%	0%	0%	0%	0%	1,33333333
40%	47%	13%	0%	0%	0%	1,73333333

Absoluten Werte 5. Durchgang

1	2	3	4	5	k.A.	Ø	tatsächliches n
20	3	0	0	0	0	1,13043478	23
7	13	3	0	0	0	1,82608696	23
14	8	1	0	0	0	1,43478261	23
7	16	0	0	0	0	1,69565217	23
18	4	1	0	0	0	1,26086957	23
18	5	0	0	0	0	1,2173913	23
20	3	0	0	0	0	1,13043478	23
19	4	0	0	0	0	1,17391304	23
23							

Relativen Werte 5. Durchgang

87%	13%	0%	0%	0%	0%	1,13043478
30%	57%	13%	0%	0%	0%	1,82608696
61%	35%	4%	0%	0%	0%	1,43478261
30%	70%	0%	0%	0%	0%	1,69565217
78%	17%	4%	0%	0%	0%	1,26086957
78%	22%	0%	0%	0%	0%	1,2173913
87%	13%	0%	0%	0%	0%	1,13043478
83%	17%	0%	0%	0%	0%	1,17391304

Relative Ergebnisse- Total

Fragen	1	2	3	4	5	k.A.	$\bar{\varnothing}$
1.	50%	39%	7%	2%	0%	2%	1,61
2.	15%	42%	31%	10%	2%	1%	2,59
3.	37%	47%	14%	3%	0%	0%	1,86
4.	30%	50%	14%	4%	0%	2%	1,95
5.	62%	28%	8%	2%	0%	0%	1,51
6.	53%	36%	9%	2%	0%	0%	1,60
7.	63%	32%	4%	0%	0%	1%	1,40
8.	50%	37%	11%	1%	1%	1%	1,67

Vergleich aller Mittelwerte

Durchgänge	Frage1	Frage2	Frage 3	Frage 4	Frage 5	Frage 6	Frage 7	Frage 8
1. (L-B.BK)	2,43	3,71	2,33	2,2	1,81	2,381	1,95	2,619
2. (L-B. BK)	1,278	2,235	1,5	1,722	1,333	1,444	1,278	1,389
3. (MCS)	1,435	2,458	1,75	1,833	1,458	1,375	1,333	1,435
4. (L-B. BK)	1,786	2,733	2,267	2,286	1,667	1,6	1,333	1,733
5. (SchS)	1,13	1,826	1,435	1,696	1,261	1,217	1,13	1,174
Durchschnitt aller Durchgänge	1,61	2,59	1,86	1,95	1,51	1,6	1,4	1,67

Frage 1	Häufigkeiten in %					
<u>Durchgänge</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)	0	67	24	10	0	0
2. (L-B. BK)	72	28	0	0	0	0
3. (MCS)	54	42	0	0	0	4
4. (L-B. BK)	33	47	13	0	0	7
5. (SchS)	87	13	0	0	0	0

Frage 2	Häufigkeiten					
<u>Durchgänge</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)	0	24	62	10	5	0
2. (L-B. BK)	11	61	11	11	0	6
3. (MCS)	17	38	33	8	4	0
4. (L-B. BK)	13	27	33	27	0	0
5. (SchS)	30	57	13	0	0	0

Frage 3	Häufigkeiten					
<u>Durchgänge</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)	0	71	24	5	0	0
2. (L-B. BK)	61	28	11	0	0	0
3. (MCS)	42	46	8	4	0	0
4. (L-B. BK)	13	53	27	7	0	0
5. (SchS)	61	35	4	0	0	0

Frage 4	Häufigkeiten					
<u>Durchgänge</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)	24	38	24	10	0	5
2. (L-B. BK)	39	50	11	0	0	0
3. (MCS)	33	54	8	4	0	0
4. (L-B. BK)	20	33	33	7	0	7
5. (SchS)	30	70	0	0	0	0

Frage 5		Häufigkeiten					
<u>Durch-</u> <u>gänge</u>		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)		29	62	10	0	0	0
2. (L-B. BK)		78	11	11	0	0	0
3. (MCS)		71	17	8	4	0	0
4. (L-B. BK)		53	33	7	7	0	0
5. (SchS)		78	17	4	0	0	0

Frage 6		Häufigkeiten					
<u>Durch-</u> <u>gänge</u>		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)		10	48	38	5	0	0
2. (L-B. BK)		61	33	6	0	0	0
3. (MCS)		63	38	0	0	0	0
4. (L-B. BK)		53	40	0	7	0	0
5. (SchS)		78	22	0	0	0	0

Frage 7		Häufigkeiten					
<u>Durch-</u> <u>gänge</u>		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)		19	62	14	0	0	5
2. (L-B. BK)		78	17	6	0	0	0
3. (MCS)		67	33	0	0	0	0
4. (L-B. BK)		67	33	0	0	0	0
5. (SchS)		87	13	0	0	0	0

Frage 8		Häufigkeiten					
<u>Durch-</u> <u>gänge</u>		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>k.A.</u>
1. (L-B.BK)		0	52	38	5	5	0
2. (L-B. BK)		67	28	6	0	0	0
3. (MCS)		54	42	0	0	0	4
4. (L-B. BK)		40	47	13	0	0	0
5. (SchS)		83	17	0	0	0	0

Frage 1

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	2,43
2. (L-B. BK)	1,278
3. (MCS)	1,435
4. (L-B. BK)	1,786
5. (SchS)	1,13

Frage 2

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	3,71
2. (L-B. BK)	2,235
3. (MCS)	2,458
4. (L-B. BK)	2,733
5. (SchS)	1,826

Frage 3

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	2,33
2. (L-B. BK)	1,5
3. (MCS)	1,75
4. (L-B. BK)	2,267
5. (SchS)	1,435

Frage 4

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	2,2
2. (L-B. BK)	1,722
3. (MCS)	1,833
4. (L-B. BK)	2,286
5. (SchS)	1,696

Frage 5

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	1,81
2. (L-B. BK)	1,333
3. (MCS)	1,458
4. (L-B. BK)	1,667
5. (SchS)	1,261

Frage 6

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	2,381
2. (L-B. BK)	1,444
3. (MCS)	1,375
4. (L-B. BK)	1,6
5. (SchS)	1,217

Frage 7

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	1,95
2. (L-B. BK)	1,278
3. (MCS)	1,333
4. (L-B. BK)	1,333
5. (SchS)	1,13

Frage 8

Durchgänge	Mittelwerte
1. (L-B.BK)	2,619
2. (L-B. BK)	1,389
3. (MCS)	1,435
4. (L-B. BK)	1,733
5. (SchS)	1,174

Vergleich Frage 3 und 4

Durchgänge	Mittel- werte Frage 3	Mittel- werte Frage 4
1. (L-B.BK)	2,33	2,2
2. (L-B. BK)	1,5	1,722
3. (MCS)	1,75	1,833
4. (L-B. BK)	2,267	2,286
5. (SchS)	1,435	1,696

Relative Häufigkeiten der Bewertung der Frage 2 im Verhältnis zum Geschlecht

	<u>stimme voll</u> <u>zu</u>	<u>stimme fast</u> <u>zu</u>	<u>mittelmä-</u> <u>ßig</u>	<u>stimme we-</u> <u>niger zu</u>	<u>stimme</u> <u>garnicht zu</u>
m	14	47,4	36,8	5,3	1,8
w	13,2	46,8	21,1	15,8	2,6

Relative Häufigkeiten der Bewertung der Frage 7 im Verhältnis zum Geschlecht

	<u>stimme voll</u> <u>zu</u>	<u>stimme fast</u> <u>zu</u>	<u>mittelmä-</u> <u>ßig</u>	<u>stimme we-</u> <u>niger zu</u>	<u>stimme</u> <u>garnicht zu</u>
m	63,2	35,1	1,8	0	0
w	60,5	31,6	7,9	0	0

Relative Häufigkeiten der Bewertung der Frage 8 im Verhältnis zum Geschlecht

	<u>stimme voll</u> <u>zu</u>	<u>stimme fast</u> <u>zu</u>	<u>mittelmä-</u> <u>ßig</u>	<u>stimme we-</u> <u>niger zu</u>	<u>stimme</u> <u>garnicht zu</u>
m	50	41,1	5,4	1,8	1,8
w	49,3	28,9	21,1	0	0

Bewertungen der Fragen 2, 7 und 8 im Verhältnis zum Alter

Frage 2		Frage 7		Frage 8	
Alter	Bewertung	Alter	Bewertung	Alter	Bewertung
14	1	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	3	14	1	14	1
15	2	15	1	15	1
14	1	14	1	14	1
14	3	14	1	14	2
14	1	14	2	14	1
14	2	14	2	14	2
15	1	15	1	15	2
14	1	14	1	14	1
14	1	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
14	2	14	1	14	1
15	1	15	1	15	1
14	2	14	2	14	1
14	2	14	1	14	2
19	3	19	2	19	4
19	3	19	2	19	2
18	5	18	2	18	3
19	3	19	2	19	5
18	3	18	2	18	2
18	3	18	3	18	2
19	4	19	1	19	3
18	2	18	2	18	2
17	3	17	1	17	3
18	3	18	1	18	2
19	2	19	2	19	2
18	3	18	2	18	2
18	3	18	2	18	3
21	2	21	2	21	3
18	2	18	2	18	2
19	3	19	2	19	3
18	3	18	3	18	3
18	2	18	1	18	2

19	3	19	2	19	2
19	3	19	2	19	2
18	4	18	3	18	3
19	2	19	1	19	2
20	3	20	1	20	2
20	3	20	1	20	2
18	4	18	1	18	1
22	4	22	2	22	3
19	2	19	1	19	1
19	4	19	2	19	3
20	2	20	1	20	1
18	3	18	1	18	2
20	3	20	2	20	2
17	3	17	1	17	1
18	2	18	1	18	1
17	3	17	2	17	2
18	3	18	2	18	2
17	2	17	2	17	1
17	4	17	1	17	2
17	1	17	1	17	1
17	2	17	2	17	2
17	1	17	1	17	1
17	3	17	1	17	1
17	1	17	1	17	1
19	2	19	1	19	1
17	2	17	1	17	1
18	2	18	1	18	1
17	2	17	1	17	2
17	3	17	2	17	2
17	3	17	2	17	1
17	3	17	2	17	2
17	3	17	2	17	2
17	5	17	1	17	1
18	2	18	1	18	1
17	4	17	1	17	1
17	1	17	1	17	2
17	2	17	2	17	1
18	2	18	1	18	1
17	2	17	1	17	2
17	3	17	1	17	1
18	2	18	1	18	1
20	2	20	1	20	2
17	2	17	3	17	2
17	4	17	1	17	1
17	3	17	1	17	3
17	2	17	2	17	1
18	2	18	1	18	1

18	1	18	1	18	2
17	2	17	1	17	1
23	2	23	1	23	1
19	2	19	1	19	1
18	2	18	2	18	2
18	2	18	2	18	1
18	4	18	1	18	1
18	1	18	1		

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die heute eingereichte Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe. Bei der vorliegenden Masterarbeit handelt es sich um in Wort und Bild völlig übereinstimmende Exemplare.

Weiterhin erkläre ich, dass digitale Abbildungen nur die originalen Daten enthalten und in keinem Fall inhaltsverändernde Bildbearbeitung vorgenommen wurde.

Bochum, den

(Unterschrift)