

Motivationale Variablen und Wissenserwerb beim Lernen an
Stationen zum Thema "Vogelflug und Auftrieb im
Biologieunterricht"

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften

- Dr. rer. nat. -

der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften
der Universität Bayreuth

vorgelegt von
Diplom-Biologin

Heike Sturm

2007

Diese Arbeit wurde von Oktober 2004 bis September 2007 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Bayreuth unter der Leitung von Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften genehmigten Dissertation.

Promotionsgesuch eingereicht am: 3. September 2007

Wissenschaftliches Kolloquium am: 10. Dezember 2007

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz X. Bogner (1. Gutachter)

Prof. Dr. K. Dettner (2. Gutachter)

Prof. Dr. S. Klautke

Prof. Dr. K.H. Hoffmann

Prof. Dr. B. Westermann

Danksagung

Zunächst bedanke ich mich bei Prof. Franz X. Bogner für die gute Betreuung meiner Promotion, für seine Anleitung zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten und seine ständige Verfügbarkeit bei Fragen, auch während seiner EU-Auslandsaufenthalte.

Auch bedanke ich mich bei Prof. Siegfried Klautke für seine anregenden Ideen, vor allem in der Anfangsphase der Promotion.

Ebenso bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des Lehrstuhls, insbesondere bei Frau Sabine Hübner und Herrn Reinhard Tutschek für ihre Hilfsbereitschaft bei allerlei Fragen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Franz-Josef Scharfenberg für seine vielfältigen Vorschläge bei Fragestellungen, seine Hilfe bei der Einarbeitung in die statistische Auswertung und insgesamt für seine stets positive Einstellung zum Gelingen der Arbeit.

Das EU-Projekt "CONNECT: Designing the Classroom of Tomorrow by using Advanced Technologies to connect formal and informal learning environments" ermöglichte die vorliegende Arbeit durch finanzielle Unterstützung. Weiterhin konnte das in den Stationen verwendete Flügelmodell gemäß der Vorlage im Science Center "@Bristol" nachgebaut werden.

Sehr dankbar bin ich meinem Ehemann Gerd Sturm und meinen Eltern und Geschwistern für ihre stetige Unterstützung und Motivation.

Inhaltsverzeichnis

1	Summary	1
2	Zusammenfassung	2
3	Ausführliche Zusammenfassung	3
	3.1 Einleitung und Untersuchungsdesign	3
	3.2 Ergebnisse und Diskussion	12
4	Literaturverzeichnis der Zusammenfassung	19
5	Publikationsliste	23
6	Darstellung des Eigenanteils	24
7	Teilarbeiten	25
	7.1 Teilarbeit A	25
	7.2 Teilarbeit B	45
	7.3 Teilarbeit C	63
8	Anhang	81
	8.1 Arbeitsheft zu den Lernstationen	81
	8.2 Die Lernstationen im Einzelnen	99
	8.3 Bilder des Stationenlernens	108
	8.4 Informationsheft "Schlauer Uhu"	109
	8.5 Wissenstest	119
	8.6 Motivationstest und Semantisches Differential	125

Erklärung

1 Summary

Bird flight is a complex subject and a difficult issue to teach in a school classroom. Open learning environments might overcome these difficulties. This study investigated different approaches of open learning environments with regard to the most effective learning environment to teach this subject to 6th graders of highest stratification level ("Gymnasium"). In this sense, "effective" includes the cognitive learning outcome and the motivation of the students.

Open learning environments comprise three dimensions: a thematic dimension, a methodological dimension and the institutional domain. In this study, the thematic level is given by the appropriate subject. Regarding the methodological level, two different instructional approaches were applied: a student-oriented versus a teacher-centred approach. Concerning the institutional domain, a student-oriented approach was implemented in two different locations: in a natural museum and in classrooms. The student-oriented approach followed a learning at workstations. Due to a lack of adequate hands-on experiments to investigate aerodynamic features of different formed bodies, a specific hands-on model was developed and included as one of the workstations.

A considerable learning effect and a highly affective impact on the participating students was observed when experimenting with the hands-on model. Thus, the model is perceived to be of potential value for an implementation in school. The empirical evaluation of the different approaches showed following results: comparing the student-oriented and the teacher-centred approach, the latter outperformed the student-oriented approach in the learning outcome. However, when working on the learning stations the students indicated higher motivation scores. Considering the institutional openness of the learning environment, a comparison of the museum and the classroom environments resulted in a higher learning success of the museum group, but with equal motivational statements of the students.

Although the teacher-centred group showed a higher learning effect than the student-oriented approach, both instructional approaches increased significantly the cognitive knowledge. Because of the overall higher motivation, the student-oriented approach consisting of learning at workstations was considered to be the most effective learning environment to teach the difficult subject of bird flight and lift. In addition, an excursion in an out-of-school setting might enrich the curriculum based subject.

2 Zusammenfassung

"Vogelflug und Auftrieb" ist ein komplexes und nicht leicht zu unterrichtendes Thema in der Schule. Offene Unterrichtsformen könnten dabei das Unterrichten dieses lehrplanbezogenen Themas erleichtern. In dieser Arbeit werden verschiedene Ansätze offener Unterrichtsformen auf ihre Effektivität hin untersucht, das schwierige Thema Schülern der 6. Jahrgangsstufe im Gymnasium möglichst optimal zu vermitteln. "Effektivität" beinhaltet in diesem Sinne den kognitiven Lernerfolg und die Motivation der Schüler.

Offener Unterricht umfasst drei Dimensionen: Eine inhaltliche Dimension, eine methodische Dimension und einen institutionellen Rahmen. Der inhaltliche Bereich ist innerhalb dieser Arbeit bereits durch das Thema festgelegt. Hinsichtlich des methodischen Bereichs wurden zwei unterschiedliche Unterrichtsformen miteinander verglichen: Eine schülerorientierte mit einer lehrerzentrierten Form des Unterrichts. Den institutionellen Rahmen betreffend wurde die schülerorientierte Unterrichtsform an zwei unterschiedlichen Lernorten durchgeführt: In einem Museum und im Klassenzimmer. Die schülerorientierte Unterrichtsform bestand aus dem Lernen an Stationen. Aufgrund eines Mangels an geeigneten Schülerexperimenten zur Untersuchung der aerodynamischen Eigenschaften verschieden geformter Körper wurde ein entsprechendes Versuch-Modell entwickelt und als eigenständige Lernstation mit integriert.

Die Evaluation dieses Modelleinsatzes im Klassenzimmer zeigte einen deutlichen kognitiven Lernerfolg und eine hohe affektive Wirkung. Demnach wird dem Modell ein hoher potentieller Nutzen für den Einsatz im Unterricht zugeschrieben. Die Evaluation der verschiedenen Instruktionen ergab folgende Ergebnisse: Im lehrerzentrierten Unterricht lernten die Schüler mehr als in der schülerorientierten Unterrichtsform. Jedoch gaben die Schüler des Stationenlernens eine höhere Motivation an. Betrachtet man den institutionellen Rahmen, so zeigte die Museumsgruppe einen höheren Lernerfolg als die Schüler, die das Stationenlernen im Klassenzimmer durchführten. Allerdings lag bei beiden Gruppen die Motivation gleich hoch.

Obwohl der Lernerfolg im lehrerzentrierten Unterricht höher als beim Stationenlernen war, zeigten doch beide Gruppen einen signifikanten Wissenszuwachs. Aufgrund der höheren Motivation wird als optimale Lernumgebung für das schwer zu unterrichtende Thema "Vogelflug und Auftrieb" eine schülerorientierte Unterrichtsform, nämlich das Stationenlernen, angenommen. Zusätzlich kann ein Unterrichtsgang an einen außerschulischen Lernort das Thema bereichern.

3 Ausführliche Zusammenfassung

3.1 Einleitung und Untersuchungsdesign

"Wie können Vögel fliegen und warum fallen sie nicht vom Himmel?" Diese und ähnliche Fragen sind nicht leicht zu beantworten – es bedarf schon eines genauen Verständnisses der Physik des Auftriebs, um das Fliegen der Vögel zu erklären. Selbst Physikstudenten haben oft Schwierigkeiten, den aerodynamischen Auftrieb vollständig zu verstehen (Anderson & Eberhardt, 2001). Gemäß einer didaktischen Reduktion (Killerman, Hiering & Starosta, 2005) beziehen sich viele Lehrer in der Schule auf das Bernoulli-Prinzip, um den Schülern zum Beispiel den Auftrieb am Vogelflügel zu erläutern (Niermann, 1989), obwohl dieses für eine Erklärung des Auftriebs nicht ganz korrekt ist (Anderson & Eberhardt, 2001). Allerdings erspart der aktuelle Lehrplan den Schülern (und den Lehrern) ein genaues physikalisches Verständnis des Auftriebs am Vogelflügel. Dennoch können Aspekte zum Thema "Vogelflug und Auftrieb" im Biologieunterricht oder in "Natur und Technik" vorkommen. Bisher gibt es allerdings nur wenige Experimente, die recht anschaulich einige Aspekte des Fliegens zeigen (Gropengießer, 2001; Liebers, 2004). Die Unterrichtsvorschläge und Versuche beziehen sich dabei eher auf lehrerzentrierten Unterricht mit Demonstrationsexperimenten und weniger auf schülerorientiertes¹ Arbeiten. Dies widerspricht jedoch der allgemeinen Forderung nach einer aktiven Integration der Schüler in den Unterrichtsprozess (Berck, 2005). In der Literatur erscheinen hierfür mehrere ähnliche Bezeichnungen², die im Prinzip alle grundsätzliche Eigenschaften und Methoden des schülerorientierten Unterrichts beschreiben: Demnach sollen Schüler aktiv das Wissen erarbeiten, indem problemorientierte, forschend- und fragend-entwickelnde Verfahren angewendet werden; Das Wissen mit Alltagsbezügen verknüpft wird; Der Lehrer eher als Unterstützer im Lernprozess fungiert und weniger als Vermittler; Fragen und Erfahrungen der Schüler in den Unterrichtsverlauf integriert werden, auch wenn diese von der Unterrichtsplanung abweichen; Allgemein soll der Schüler im Mittelpunkt des gesamten Unterrichtsprozesses stehen (Berck, 2005; Greeno, Collins & Resnick, 1996; Häußler, Bündler, Duit, Gräber & Mayer, 1998 [p.155]; Schuh, 2004). "Science by inquiry" ist dabei im englischen Sprachraum ein oft verwendeter Begriff, der im Zusammenhang mit forschend-entwickelnden und fragend-entwickelnden Methoden genannt

¹ Die Begriffe "schülerorientiert", "schülerzentriert" (Cuban, 1983) und "lernerzentriert" (Schuh, 2004) werden im Folgenden synonym verwendet.

² Konstruktivistisches Lernen; Situiertes Lernen; Genetisches Prinzip; Entdeckendes Lernen; "science by inquiry"; Offener Unterricht; "open learning environment";

wird ("American Association for the Advancement of Science", 1993). Die Vorgehensweise beinhaltet wissenschaftliches Arbeiten wie das Stellen von Fragen und das Formulieren von Hypothesen zu einem Sachverhalt oder Phänomen, das Entwickeln und Durchführen von Experimenten, um Hypothesen zu überprüfen, sowie die Diskussion der Ergebnisse (Bybee, 2000). Diese Fähigkeiten und Fertigkeiten können in lernerzentrierter Umgebung in Schülerexperimenten geübt werden (Finn, Maxwell & Calver, 2002; Hofstein & Lunetta, 2003; Wright, 1992).

Warum besteht aber allgemein die Forderung nach einem lernerzentriertem Unterricht? Internationale Studien weisen auf viele positive Effekte offener Unterrichtsformen hin: Schüler in lernerzentriertem Unterricht erreichen höhere (Lern-)Leistungen verglichen mit eher lehrerzentriertem Unterricht (Iwon, 1992). Nach einer Studie von Lord (1997) schneiden Schüler bei kooperativen Lernformen im Durchschnitt besser ab, und auch wird das psychologische und physische Befinden von den Schülern höher bewertet als im herkömmlichen Unterricht (Johnson & Johnson, 1989; Slavin 1990; in Lord, 2001). Insgesamt fand Lord (2001) in einer Metaanalyse über 300 Studien nur 8% mit negativen Ergebnissen im Zusammenhang mit kooperativen Lernformen. Neben kognitiven Effekten weisen viele Studien auch affektive Beeinflussungen nach: Demnach bewerteten Schüler ihr Wohlbefinden im lernerzentrierten Unterricht signifikant höher als im lehrerzentrierten Unterricht (Randler & Bogner, 2006; Schaal & Bogner, 2005), gleiches gilt für die Alltagsbezogenheit des Biologiestoffes (Schaal & Bogner, 2005). Auch können soziale Kompetenzen und Schlüsselqualifikationen in schülerorientierter Lernumgebung leichter trainiert werden als in eher traditionellem Unterricht (Lord, 2001).

Ein nicht zu vernachlässigender Aspekt ist die Motivation der Schüler. Nach der Selbstbestimmungstheorie kann Motivation gesteigert werden, indem die Autonomie oder Selbstbestimmung, die Kompetenz oder Wirksamkeit und die soziale Eingebundenheit gefördert werden (Deci & Ryan, 1993; Grolnick & Ryan, 1989; Ryan & Deci, 2000; Williams & Deci, 1996). Gerade lernerzentrierte Unterrichtsformen können diese drei psychologischen Komponenten begünstigen, und schließlich zu einem höheren Lernerfolg und zu einer "psychischen Entwicklung" der Schüler beitragen (Black & Deci, 2000).

Das "Lernen an Stationen" ist eine schülerorientierte oder offene Unterrichtsform (Bauer, 2003), bei der die genannten Aspekte weitgehend verwirklicht werden können: Schüler arbeiten selbstständig in kleinen Gruppen an verschiedenen Lernstationen, geleitet durch ein Arbeitsheft oder Arbeitsblätter. Nach Beendigung der Aufgabe(n) einer Station wechselt die Gruppe selbstständig an eine nächste, freie Station ihrer Wahl. Die Lehrperson

fungiert eher unterstützend im Lernprozess und nicht leitend oder führend (Settlage, 2000). Das Besondere am Stationenlernen ist das selbstständige Erarbeiten von Stoffgebieten mit individuellem Lerntempo und eine freie Wahl der Reihenfolge der Stationen, mit geringer oder keiner Intervention der Lehrperson (Hepp, 1996, 1999a; Schaal & Bogner, 2005). Gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht eignen sich auch Schülerexperimente als Stationen. Die einzelnen Experimente können so aufgebaut werden, dass gemäß "science by inquiry" die Schüler zuerst Hypothesen zu einem Sachverhalt aufstellen, diese in einem oder mehreren Experimenten überprüfen und anschließend deren Ergebnisse interpretieren und diskutieren. Dadurch können Schüler beim Stationenlernen wissenschaftliches Arbeiten erlernen und üben (Wright 1992, Killermann 1998). Auch die Inhalte der Stationen, d.h. der Lernstoff an sich, kann über das selbstständige Erarbeiten besser verstanden und behalten werden: Kognitive Studien zeigen, dass Lernen ein aktiver Prozess ist (Häußler *et al.*, 1998 [p.155]; Odom & Kelly, 2001). Darüber hinaus sollten sich das eigene Experimentieren und kooperatives Arbeiten in der Gruppe positiv auf die Motivation der Lernenden auswirken (Schaal & Bogner 2005). Auch ist das Interesse der Schüler an Schülerversuchen meist größer als an Demonstrationsversuchen (Berck, 2005). Neben potentiellen kognitiven und motivierenden Auswirkungen ist das Lernen an Stationen auch nützlich, wenn in einer Schule bestimmte Medien nur in begrenztem Umfang vorhanden sind, wie z.B. Modelle oder Mikroskope.

Aus Mangel an schülerorientierten Experimenten zum Thema "Vogelflug und Auftrieb" wurden im Rahmen dieser Arbeit Stationen entwickelt, die spezielle Aspekte des Themas beinhalten. Basierend auf den genannten Forschungsergebnissen ist die grundlegende Intention das leichtere Verständnis und Lernen ausgewählter Stoffinhalte zum Thema "Vogelflug" durch eine aktive Integration in den Unterrichtsprozess. Den Schülern soll durch das selbstständige Arbeiten und eigenes Experimentieren ein leichter Zugang zu dem schwierigen Thema ermöglicht werden. Zugleich könnten sich gerade die schülerorientierten Aktivitäten motivationssteigernd und dadurch auch positiv auf den Lernerfolg der Schüler auswirken. Dementsprechend wurde in der ersten Studie zunächst die Fragestellung untersucht, ob Schüler beim Stationenlernen zum Thema "Vogelflug" einen größeren Lernerfolg aufweisen und motivierter sind als in einem eher lehrerzentrierten, konventionellen Unterricht.

Obwohl viele Studien (s. oben) positive Auswirkungen von offenen Unterrichtsformen aufzeigen, gibt es aber auch kontroverse Ergebnisse. In einer Untersuchung zur Bestimmung von Vogelarten verglichen Randler und Bogner (2002) den Lernerfolg von Schülern in einem

konventionellen Unterricht auf Basis von Diaabbildungen mit dem Lernerfolg eines schülerorientierten Arbeitens mit Stopfpräparaten. In beiden Unterrichtsformen war der Wissenszuwachs gleich groß, d.h. es konnte kein Unterschied zwischen dem eher lehrerzentrierten und dem offeneren Unterricht festgestellt werden. Darüber hinaus schnitten in einer Studie von Schaal und Bogner (2005) die Schüler des konventionellen Unterrichts im Nachtest II³ signifikant besser ab als die Schüler, die sich den Unterrichtsstoff zum Sehvermögen des Menschen an Lernstationen aneigneten. Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass schülerorientierte Lernformen nicht generell einen höheren Lernerfolg garantieren. Gründe hierfür könnten die mangelnde Erfahrung der Schüler im selbstständigen Arbeiten und Experimentieren, oder auch die ungewohnte Lernumgebung sein: Wurden offene Unterrichtsformen noch nicht angewendet, so könnte der "novelty factor" der Lernumgebung⁴ zu einem ängstlichen Verhalten führen und sich hemmend auf das Lernverhalten auswirken (Kagan & Fasan, 1988; Bohl, 2001; Randler & Bogner, 2002). Eine Einführung in die neue Lernumgebung und in das spezifische Lernmaterial könnte den "novelty factor" reduzieren (Kubota & Olstad, 1991; Orion & Hofstein, 1994). In bayerischen Schulen wird angeblich das Lernen an Stationen eher unregelmäßig und selten durchgeführt (persönliche Mitteilung von Lehrern). Daher kann davon ausgegangen werden, dass die betreffende offene Unterrichtsform den Schülern eher fremd ist. Aufgrund dieser Annahme wurde in der ersten Studie auch die Frage untersucht, ob eine Einführung in das Arbeitsheft den Lernerfolg beeinflusst. Die Möglichkeit, in der Unterrichtsstunde vor dem Stationenlernen das Arbeitsheft durchzublättern und einzublicken, sollte das Zurechtfinden beim Stationenlernen erleichtern und damit möglicherweise den "novelty effect" reduzieren.

Ziele und Fragestellungen der ersten Studie

Ein Ziel der ersten Studie war zunächst das Stationenlernen zum Thema "Vogelflug" durchzuführen, sowie den gleichen Stoff auch lehrerzentriert zu unterrichten. Es sollte getestet werden, ob Schüler durch die offene Unterrichtsform mehr lernen und eine höhere Motivation angeben als im lehrerzentrierten Unterricht. Weiterhin wurde überprüft, ob ein vorheriger Einblick in das Arbeitsheft Auswirkungen auf den Lernerfolg der Schüler hat. Demnach wurden folgende Hypothesen formuliert: (i) durch einen schülerorientierter Unterricht (Lernen an Stationen mit Schülerexperimenten) lassen sich höhere Lernerfolge und eine höhere Motivation der Schüler erzielen als in einem konventionellen Unterricht;

³ Der Nachtest II erfolgte stets sechs Wochen nach der Intervention zur Überprüfung des persistenten Wissens.

⁴ Die Ablenkung durch eine neue, ungewohnte Lernumgebung.

Und (ii) eine kurze Einführung in das zum Stationenlernen gehörende Arbeitsheft erhöht den Lernerfolg im Vergleich zum Stationenlernen ohne Einführung.

Ausgangspunkt der Dissertation bestand in dem Bedarf, eine Unterrichtseinheit zu entwickeln, mit der das schwierige Thema "Vogelflug und Auftrieb" schülergerecht vermittelt werden kann. Basierend auf Forschungsergebnissen über positive Effekte von offenem Unterricht (s. oben) wurde in der ersten Studie zunächst eine offene Unterrichtsform, nämlich das Lernen an Stationen, mit einem konventionellen Unterricht verglichen. Nach Bauer (2003) umfasst Offenheit im Unterricht jedoch drei Dimensionen: Den inhaltlichen / thematischen Bereich, den methodischen Bereich und den institutionellen Rahmen. Der inhaltliche Bereich ist in dieser Arbeit durch das Thema Vogelflug gewissermaßen festgelegt, und der methodische Ansatz wurde mit der ersten Studie abgedeckt. Offenheit im institutionellen Rahmen beinhaltet in erster Linie die Einbeziehung von außerschulischen Lernorten (Bauer, 2003). Demgemäß steht nun in der zweiten Studie der Lernort im Mittelpunkt.

Der Unterrichtsgang in ein Naturkundemuseum, einen Zoo, oder in einen botanischen Garten, kann den herkömmlichen Unterricht im Klassenzimmer in vielerlei Hinsicht bereichern. Manche Anschauungsobjekte können in der Schule nicht gezeigt, beobachtet oder studiert werden, wie z.B. exotische oder größere heimische Tiere. Auch eine Begegnung mit Naturobjekten und Phänomenen kann oft nur außerhalb des Klassenzimmers stattfinden. Neben der rein praktischen Betrachtung spielen aber vor allem affektive Komponenten des außerschulischen Curriculums eine große Rolle. Im Gegensatz zur Situation im Klassenzimmer können sich die Schüler während Unterrichtsgängen freier und offener bewegen, sozial interagieren und mehr kommunizieren (Hofstein, Nahum & Shore, 2001; Wellington, 1990). Nicht zuletzt aus diesem Grund empfinden die meisten Schüler außerschulischen Unterricht als erfreulicher und ein wenig abenteuerlich. Im Klassenzimmer eher zurückhaltende und unmotivierte Schüler können außerhalb der Schule unter Umständen "aufblühen", motivierter und engagierter sein (Nundy, 2001). Mit der Motivation steigt normalerweise auch die Lernleistung eines Schülers (Falk, 2004). So kann der offene und inoffizielle Rahmen von außerschulischen Lernorten das Lernen initiieren und fördern (Falk & Dierking, 2000). Insgesamt lohnt es sich daher für Lehrer, den herkömmlichen Unterricht mit Unterrichtsgängen zu bereichern.

Als außerschulischer Lernort für diese Studie wurde das Naturkundemuseum "Lindenhof" bei Bayreuth gewählt. Dessen Schwerpunktthema liegt bei "Vögeln" und ihren

Lebensräumen. In verschiedensten Dioramen können die Besucher Stopfpräparate in Biotopen erkunden und Vogelstimmen anhören. Allerdings bestand das Ziel der zweiten Studie nicht darin, die Dioramen oder sonstige Materialien des Museums zu evaluieren. Vielmehr sollten die Lernstationen zum Thema "Vogelflug und Auftrieb" im Museum aufgebaut und gegenüber dem Stationenlernen im Klassenzimmer getestet werden. Somit unterscheiden sich die beiden Vergleichsgruppen nur im Lernort.

Ziel und Fragestellung der zweiten Studie

Ausgehend von der Frage, wie das Thema "Vogelflug und Auftrieb" im Unterricht besser vermittelt werden kann, untersucht die zweite Studie den Einfluss des Lernortes auf den Lernerfolg und die Motivation der Schüler. Scharfenberg, Bogner und Klautke (2007) fanden einen höheren kognitiven Lernerfolg im Lernort "Labor" als im Klassenzimmer, obwohl in beiden Lokalisationen der gleiche Unterricht stattfand. Basierend auf deren Ergebnissen und den allgemein anerkannten positiven Auswirkungen von außerschulischem Unterricht (s. oben), wurden ein höherer Lernerfolg und eine höhere Motivation der Schüler, die das Stationenlernen im Museum durchführen, postuliert.

Während die ersten beiden Studien eine Unterrichtseinheit mit Stationenlernen zum Thema "Vogelflug" empirisch untersuchten, wird in der dritten Studie ein neuartiges Versuchsmodell vorgestellt, mit dem verschieden geformte Körper auf ihre Aerodynamik hin getestet werden können. Wie anfangs erwähnt, sind nur sehr wenige Experimente zum Thema "Vogelflug" und "Auftrieb" in der Literatur beschrieben, die ohne großen Aufwand im Klassenzimmer durchgeführt werden können. Windkanäle und größere Modelle, die den Auftrieb an Flügeln oder Tragflächen veranschaulichen, sind für Schulen nur bedingt zugänglich. So greifen Lehrer beim Thema "Vogelflug" eher auf klassische Demonstrationsexperimente zurück. Dies widerspricht jedoch der allgemeinen Forderung nach lernerzentriertem Unterricht mit von Schülern selbst durchgeführten Experimenten, gemäß "science by inquiry" (Bybee, 2000; Hofstein & Lunetta, 2003; Hofstein & Rosenfeld, 1996). Doch gerade selbstständiges Erarbeiten ermöglicht einen besseren Zugang zu schweren Stoffgebieten (Finn, *et al.*, 2002; Hofstein & Lunetta, 2003). Durch die Entwicklung des interaktiven Modells soll nun Schülern die Möglichkeit gegeben werden, einen aerodynamischen Aspekt des Fliegens selbstständig zu untersuchen.

Lehrziel des Modells ist die Erkenntnis, dass aerodynamische Körper aufgrund ihrer spezifischen Form bei gleicher "Energieinvestition" eine weitere Strecke zurücklegen als

nicht stromlinienförmige Körper. Eine energiesparende Fortbewegungsweise ist nicht nur in der Natur durch die Stromlinienform fliegender und schwimmender Tiere gegeben, sondern auch bei technischen Fortbewegungsmitteln. Dieser Gesichtspunkt ist für ein grundlegendes physikalisches Verständnis von Bewegung wichtig und somit fächerübergreifend für Natur und Technik wirksam. Diese Modell, im Folgenden als "Schienenmodell" bezeichnet, wurde als eigenständige Station in das Stationenlernen mit eingebaut. Die Aufgaben umfassten das Aufstellen von Vermutungen zu den entsprechenden Experimenten, die Durchführung der Versuche, das Notieren der Ergebnisse und eine Diskussion der Resultate.

Ziele und Fragestellung der dritten Studie

Ziele der dritten Studie waren die detailgetreue Beschreibung der Konstruktion des Schienenmodells als Anleitung für einen möglichen Nachbau, die Erklärung der physikalischen Grundlagen der Versuche, die Beschreibung der Inhalte der Experimente, sowie der Einsatz und die Evaluation des Schienenmodells. Fragestellungen der Evaluation betrafen die Eignung des Modells für das Verständnis von aerodynamischen Aspekten und die Attraktivität des Schienenmodells aus Sicht der Schüler.

Alle drei Studien befassen sich demnach mit der grundlegenden Frage, wie ein eher schwieriges Unterrichtsthema in Klassen der 6. Jahrgangsstufe des Gymnasiums optimal vermittelt werden kann, wobei sich "optimal" auf den Lernerfolg und die Motivation der Schüler bezieht. Wie ist die "beste" Lernumgebung gestaltet und welche Unterrichtsmethode erzielt die größeren Lernerfolge und motiviert die Schüler am meisten? Die Ansätze der ersten und zweiten Studie waren, eine offene Unterrichtsgestaltung im Hinblick auf die Unterrichtsform und den Lernort zu untersuchen. Die dritte Studie trägt dazu bei, mit der Evaluation des Schienenmodells ein Schülerexperiment insbesondere für Lehrer bereit zu stellen, das einen speziellen Aspekt des Auftriebs behandelt.

Aufgrund dieser übergeordneten Fragestellung wurde folgendes Untersuchungsdesign gewählt (Tabelle 1):

Tabelle 1: Untersuchungsdesign der Intervention und zeitliche Abfolge der Tests.

Unterrichtsort	*Gruppe 1	*Gruppe 2	*Gruppe 3	Kontrollgruppe	*Gruppe 4
Vortest (Wissen; Eine Woche vor dem Vorunterricht)					
Klassenzimmer (45 min)	Vorunterricht	Vorunterricht mit Einblick ins Arbeitsheft	Vorunterricht	-	Vorunterricht
Museum oder Klassenzimmer (90 min)	Lehrerzentrierter Unterricht im Klassenzimmer	Stationenlernen im Klassenzimmer	Stationenlernen im Klassenzimmer	-	Stationenlernen im Museum
Nachttest I (Wissen, Motivation, Semantisches Differential; Unmittelbar nach der Intervention)					
Nachttest II (Wissen; Sechs Wochen nach dem Nachttest I)					

* Die Gruppenbezeichnungen in dieser Tabelle entsprechen nicht der Bezeichnungen in den einzelnen Studien

Die erste Studie (Teilarbeit A) vergleicht Gruppe 1 mit Gruppe 3 im Hinblick auf die Unterrichtsform, und Gruppe 2 mit Gruppe 3, um den Einfluss einer vorangehenden "Einführung" in das Arbeitsheft zu testen. In der zweiten Studie (Teilarbeit B) wird der Einfluss des Lernortes durch einen Vergleich der Gruppe 3 mit Gruppe 4 untersucht. Folgende Gruppen werden nicht verglichen, da jeweils zwei Parameter variieren und somit kein wissenschaftliches Experiment vorliegt: Gruppe 1 mit Gruppe 2, Gruppe 1 mit Gruppe 4 und Gruppe 2 mit Gruppe 4. Eine Kontrollgruppe absolvierte die Tests in der gleichen zeitlichen Abfolge wie die Versuchsgruppen, nahm aber an keiner der Unterrichtseinheiten teil. Von allen Gruppen wurde in einem Vortest zunächst das Vorwissen erhoben. Die darauf folgende Unterrichtseinheit setzte sich aus einem Vorunterricht und dem Stationenlernen, bzw. dem lehrerzentrierten Unterricht zusammen. Der Vorunterricht diente dazu, die Schüler in das Thema "Vögel" einzuführen. Unterrichtsinhalte waren die Anatomie der Vögel und die grundsätzlichen anatomischen Voraussetzungen für das Fliegen. Diese erste Phase der Unterrichtseinheit wurde in allen Gruppen gleichermaßen durchgeführt, mit einer zusätzlichen Phase in Gruppe 2, in der die Schüler die Arbeitshefte kurz einsehen durften. In der jeweils nächsten Unterrichtsstunde fand der zweite Teil der Intervention im Klassenzimmer, bzw. im Museum statt (s. Tabelle 1). Unmittelbar darauf folgte ein Nachttest, der Wissens- und Motivationsfragen, sowie ein "Semantisches Differential" beinhaltete.

Sechs Wochen nach der Intervention wurde in einem zweiten Nachtest das Langzeit- oder persistente Wissen überprüft.

Alle drei Wissenstests beinhalteten dieselben Multiple-Choice Fragen, allerdings in einer unterschiedlichen Reihenfolge und auch mit verschiedener Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten. Die einzelnen Fragen deckten jeweils die Feinziele der Unterrichtseinheit ab. Die Motivationsfragen stammten aus einer standardisierten Skala, der "Intrinsic Motivation Inventory" (Ryan, Koestner & Deci, 1991; Deci, Eghrari, Patrick, & Leone, 1994). Insgesamt vier Subskalen wurden daraus verwendet. Bei einem "Semantischen Differential" handelt es sich um ein Skalierungsinstrument, mit dem die konnotative Bedeutung bzw. die affektiven Qualitäten von Gegenständen oder Begriffen gemessen werden können (Bortz & Döring, 2003). Auf bipolaren Rating-Skalen stufen Probanden ihren affektiven Bezug zu einem zu wertenden Objekt oder Begriff ein. In dieser Arbeit wurde ein Semantisches Differential zur affektiven Bewertung des Schienenmodells verwendet. Zusätzlich wurden die Aufgaben zu dem Schienenmodell der Arbeitshefte qualitativ ausgewertet.

Im folgenden Kapitel werden nun die einzelnen Ergebnisse der Studien im Hinblick auf deren Fragestellungen, sowie der übergeordneten Frage der Dissertation vorgestellt und in einer kurzen Form diskutiert.

3.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Einzelstudien tragen letztendlich alle dazu bei, die grundlegende Frage dieser Dissertation nach einer optimalen Lernumgebung des eher schwer zu unterrichtenden Themas "Vogelflug und Auftrieb" zu beleuchten. Wie viele Forschungsergebnisse zeigen (s. Einleitung), kann ein offener Unterricht den Lernerfolg und die Motivation steigern. So wurde in der ersten Studie zunächst die Art der Instruktion, nämlich eine offene Unterrichtsgestaltung in Form von Stationenlernen mit einer traditionellen Form, dem lehrerzentrierten Unterricht, verglichen. Es stellte sich heraus, dass entgegen der ersten Hypothese lehrerzentrierter Unterricht einen signifikant höheren kognitiven Lernerfolg – auch langfristig – erzielt, verglichen mit dem Lernen an Stationen. Dieses Ergebnis widerspricht vielen (eingangs erwähnten) Studien, die kooperativen und eher offenen Lernformen einen höheren kognitiven Erfolg und positivere Auswirkungen zusprechen. Dementsprechend wird von vielen Seiten grundsätzlich ein höherer Anteil an offener Unterrichtsgestaltung favorisiert und gefordert (z.B. Kultusministerium, Lehrerverbände). Dass jedoch offene Unterrichtsformen nicht generell einen höheren Lernerfolg versprechen, konnte bereits in einer Studie von Schaal und Bogner (2005) gezeigt werden. Ein Grund für den geringeren Lernerfolg beim Stationenlernen könnte in der mangelnden Erfahrung mit schülerorientierten Unterrichtsformen liegen. Das Formulieren von Hypothesen, die selbstständige Durchführung von Experimenten und die Diskussion der Ergebnisse beansprucht hohe Fertigkeiten und Fähigkeiten der Schüler, die sie möglicherweise überfordern und dadurch in ihrem Lernen einschränken (Schaal & Bogner, 2005). Eine weitere Ursache für das schlechtere Abschneiden des Stationenlernens könnte in einer zu hohen Anzahl zu bearbeiteter Stationen liegen. In einer ersten Studie zur Fähigkeit, Vögel zu erkennen, fanden Randler und Bogner (2002) keine Unterschiede zwischen einem schülerorientierten und einem konventionellen Unterricht. Wurde jedoch eine geringere Anzahl an zu bestimmenden Vögeln verwendet, so lernten die Schüler der Experimentalgruppe mehr als in der lehrerzentrierten Gruppe (Randler & Bogner, 2006). So könnte eine Reduzierung der Stationen zu einem besseren Abschneiden dieser Lernform führen. Schließlich könnte der geringere Lernerfolg beim Stationenlernens auch an einer völlig profanen Ursache liegen: Mit dem Ziel vor Augen, über "freie" Zeit am Ende der Unterrichtsstunde zu verfügen, könnten Schüler die Stationen in einer weniger sorgfältigen Art und Weise bearbeitet und dadurch weniger gelernt haben als im geführten, lehrerzentrierten Unterricht.

Obwohl die Schüler der Stationengruppe weniger lernten, kreuzten sie signifikant höhere Werte⁵ in drei der vier Subskalen der "Intrinsic Motivation Inventory" (Ryan *et al.*, 1991; Deci *et al.*, 1994) an. Das Ergebnis ist nicht sonderlich überraschend wenn man bedenkt, dass diese Art des offenen Unterrichts den Schülern viel Autonomie und Selbstbestimmung verschafft und dadurch motivationale Aspekte gefördert werden können (Black & Deci, 2000). So arbeiteten die Schüler in Gruppen, jedoch selbstständig und in dem von ihnen gewählten Tempo an den Lernstationen, und sie konnten die Reihenfolge der Stationen selbst wählen. Nach Hofstein und Lunetta (2003) ist Experimentalunterricht auch ein wichtiges Medium, um Interesse und Freude am Unterrichtsstoff zu wecken und zu steigern und letztendlich die Schüler für den naturwissenschaftlichen Unterricht nachhaltig zu begeistern.

Neben der Unterrichtsform wurde in der ersten Studie auch die Frage nach dem Einfluss einer Einführung in das Arbeitsheft untersucht. Die Schüler konnten in der Stunde vor dem eigentlichen Stationenlernen das Arbeitsheft durchblättern. Nach spätestens 15 Minuten wurde es von der Lehrkraft wieder eingesammelt. Diese Gruppe schnitt im Nachtest I und Nachtest II signifikant besser ab als die Vergleichsgruppe, die vorab keinen Einblick in das Arbeitsheft hatte. Das Ergebnis muss allerdings in zweierlei Hinsicht kritisch beleuchtet werden: Zum Einen war die Stichprobe der Gruppe, die eine Einführung hatte, mit nur 30 Schülern sehr gering. Es könnte sich um eine Klasse gehandelt haben, die durchschnittlich besser abschneidet als andere Klassen. Zum Anderen ist Vorsicht geboten, den höheren Lernerfolg mit einem reduzierten "novelty effect" zu erklären. Da die Lernsituation für die meisten Schüler neu oder zumindest ungewohnt war, könnte diese neue Lernumgebung die Schüler von dem Unterrichtsstoff aufgrund der "cognitive novelty" und der "psychological novelty"⁶ ablenken (Orion & Hofstein, 1994). Nach Hofstein und Rosenfeld (1996) kann jedoch eine gute Vorbereitung und Einführung die "Vertrautheit" mit der neuen Lernumgebung fördern und letztendlich das Lernen erleichtern.

Ein interessanter Aspekt der ersten Studie sollte noch angesprochen werden: In der Gruppe, die das Stationenlernen ohne Einführung in das Arbeitsheft durchführte, war der Lernerfolg im Nachtest II signifikant höher als im Nachtest I, der unmittelbar nach der Intervention erfolgte. Da für jede teilnehmende Klasse zwischen dem Nachtest I und dem Nachtest II sechs Wochen lagen und gemäß dem Untersuchungsdesign keine Intervention mehr stattfand, sollte eigentlich weniger Wissen vorhanden sein als im Nachtest I. Eine

⁵ Auf der von 1 bis 5 reichenden Skala bedeutet der Wert 5 die positivste Bewertung des Items.

⁶ Orion und Hofstein (1994) beziehen auch noch eine "geographical novelty" als dritten Faktor mit ein; Dieser dürfte jedoch hier keine Rolle spielen, da beide Gruppen das Stationenlernen im Klassenzimmer durchführten.

genauere statistische Untersuchung auf Klassenebene ergab ein interessantes Ergebnis: Zwei Klassen hoben das Gesamtergebnis der Untersuchungsgruppe über das Signifikanzniveau. Beide Klassen stammten aus derselben Schule und wurden von demselben Biologielehrer unterrichtet. Nun liegt es nahe, anzunehmen, dass dieser Lehrer innerhalb der Zeitspanne zwischen dem Nachtest I und Nachtest II Aspekte zum Thema "Vögel" durchgenommen oder wiederholt hatte, wie auch in einer Studie von Scharfenberg *et al.* (2007) zu sehen war. Fazit ist die Erkenntnis, dass trotz einer Vorbereitung der Studienteilnehmer und der Betonung der Wichtigkeit, Anweisungen genau zu befolgen, man nie mit Sicherheit einen zusätzlichen Eingriff der Teilnehmer ausschließen kann.

In der zweiten Studie wurde die Frage nach dem Einfluss des Lernortes auf den Lernerfolg und die Motivation untersucht. Die Schüler, die das Stationenlernen im Museum durchführten, schnitten im Nachtest I und im Nachtest II signifikant besser ab als jene, die das Lernen an Stationen im Klassenzimmer absolvierten. Offensichtlich wirkte sich ein Wechsel in einen außerschulischen Bereich positiv auf das Lernverhalten der Schüler aus. Hierfür könnten mehrere Gründe ursächlich sein: Zunächst bedeutet ein Unterrichtsgang eine Unterbrechung und eine Abwechslung im Schulalltag; Die ungewöhnliche Lernumgebung ist oft neu für die Schüler und bringt viele neue Erfahrungen mit sich (Falk & Dierking, 2002; Kisiel, 2003; Tran, 2006). Weiterhin können die Schüler in einem höheren Maße interagieren (Anderson, 1999). Unterrichtsgänge werden auch der Forderung nach variierenden Unterrichtsmethoden gerecht (Hofstein *et al.*, 2001; Hofstein & Rosenfeld, 1996), die das Lehren und Lernen im Allgemeinen bereichern. Nicht zuletzt haben außerschulische Lernorte das Potential, mit Ausstellungen und Experimenten den Schulunterricht zu ergänzen und Aspekte anzusprechen, die in dieser Form im Klassenzimmer nicht durchzuführen wären (Anderson & Zhang, 2003; Kisiel, 2003; Tran, 2006). Alle diese Faktoren können dazu beitragen, das Interesse und die Motivation für ein nachhaltiges Engagement in einem Sachgebiet zu fördern und letztendlich das Lernen zu erleichtern (Paris, Yambor & Packard, 1998; Griffin, 2004).

Allerdings muss man bedenken, dass die genannten Faktoren teilweise auch auf die Vergleichsgruppe zutreffen, die das Stationenlernen im Klassenzimmer durchführten, denn die Unterrichtsform des Stationenlernens stellt eine andere Unterrichtsmethode dar als der konventionelle Unterricht. Das Stationenlernen an sich ist schon eine schülerorientierte Methode, bei der ein hohes Maß an sozialer Interaktion vorkommen kann. So könnte der informelle Charakter des außerschulischen Lernortes "Museum" maßgeblich zu einem höheren Lernerfolg dieser Gruppe beigetragen haben.

Neben einem höheren Lernerfolg wurde auch eine höhere Motivation der Museumsgruppe postuliert. Hier stellte sich allerdings heraus, dass sich die beiden Gruppen nur in einer Subskala der "Intrinsic Motivation Inventory" signifikant unterschieden, nämlich der "Wahrgenommenen Kompetenz". Die Mediane lagen jedoch alle über dem Durchschnitt und zeigen somit eine hohe Motivation beider Gruppen an. Dies ist insofern nicht verwunderlich, da Stationenlernen an sich schon eine aktivitätsorientierte (Hepp, 1999a), lernerzentrierte und selbstständige Arbeitsmethode ist (Odom & Kelly, 2001), die Interesse und Freude am Unterrichtsstoff fördern und letztendlich die Schüler auch für das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht motivieren kann (Hofstein & Lunetta, 2003).

Die Ergebnisse der zweiten Studie könnten nun als eine Aufforderung gedeutet werden, Unterricht, der eigentlich in der gleichen Form auch im Klassenzimmer stattfinden könnte, in einen außerschulischen Lernort zu verlagern. Die Studie zeigt jedoch in erster Linie, dass Unterricht außerhalb des Klassenzimmers Auswirkungen auf das Lernverhalten der Schüler haben kann, möglicherweise durch den informellen Charakter des außerschulischen Lernortes. Für Lehrer ist es demnach lohnend, Unterrichtsgänge in ihre Unterrichtsgestaltung mit einzubeziehen. Bei außerschulischen Veranstaltungen fehlt jedoch oft der Bezug zu den Stoffinhalten des Lehrplans, oder Lehrer sind kaum und nicht ausreichend vorbereitet, um Ausstellungen in das gerade behandelte Thema sinnvoll zu integrieren (Griffin & Symington, 1997). So sind Unterrichtsgänge, was das Lernergebnis betrifft, nicht selten ineffektiv (Hofstein & Rosenfeld, 1996). Hier konnte man nun sehen, dass mit guter Vorbereitung und einer Integration des Themas in den Schulunterricht auch im außerschulischen Bereich Lernen stattfinden kann, und vielmehr es sogar möglich ist, höhere Lernerfolge zu erzielen als im Klassenzimmer.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Lernstationen zusammengestellt und ein Versuchsmodell entwickelt, um dem Mangel an Experimenten zum Thema "Vogelflug und Auftrieb" entgegenzuwirken und ein leichteres Lernen dieses eher schwierigen Themas zu ermöglichen. So stellt nun die dritte Studie unter anderem die Ergebnisse der Evaluation des Schienenmodells vor. Mittels eines Semantischen Differentials wurde die affektive Wirkung des Modells auf die Schüler untersucht. Eine Faktorenanalyse (Principal Component Analysis, PCA) ermittelte zwei Faktoren, die insgesamt 63% der Varianz erklären und von den Schülern insgesamt sehr hoch bewertet wurden. Einer der beiden Faktoren ("easiness") umfasst die Items "klar", "einfach" und "einfach zu verstehen". Der zweite Faktor ("efficacy") beinhaltet die Items "wichtig", "interessant", "motivierend", "unverzichtbar" und "nützlich". Offensichtlich empfanden die Schüler das Modell als gut verständlich und vor

allem interessant und motivierend. Demnach übte das Schienenmodell eine hohe affektive Wirkung auf die Schüler aus. Die qualitative Analyse der fünf Aufgaben zu dem Schienenmodell in den Arbeitsheften ergab folgendes Ergebnis: 28 von 60 Schülern⁷ bearbeiteten alle fünf Teilaufgaben richtig. Die Aufgaben 3 bis 5 wurden von 40 Schülern richtig bearbeitet. Dabei handelte es sich um die Ausführung des Experiments (Aufgabe 3), dessen anschließende Diskussion (Aufgabe 4) und die Angabe einer Begriffserklärung (Aufgabe 5). Zwölf Schüler hatten demnach die Aufgaben 1 und 2 falsch bearbeitet, jedoch anschließend das Experiment "richtig" durchgeführt und auch die Aufgaben 4 und 5 richtig beantwortet. Dies könnte entsprechend als ein Lerneffekt durch das Experimentieren interpretiert werden. Trotz der erfreulichen Ergebnisse könnte meiner Meinung nach ein tieferes und besseres Verständnis der Versuche und Aussagen des Schienenmodells erreicht werden, wenn eine abschließende Diskussion der Aufgaben mit dem Lehrer stattfinden würde. Unklarheiten wären zu beseitigen, wie z. B. falsche Schlussfolgerungen mancher Schüler aufgrund von Missverständnissen über das Funktionsprinzip des Versuchs. Zudem sollte das Modell an sich noch verbessert werden: Obwohl die Körper mit Gewichten austariert wurden, gaben Schüler für die verschiedenen Messwerte fälschlicherweise das unterschiedliche Gewicht, bzw. die unterschiedliche Größe der Körper an.

Trotz weiterer Modifizierungsmöglichkeiten des Modells und der Experimentgestaltung zeigen die Ergebnisse den potentiellen Nutzen einer Anwendung des Schienenmodells im Unterricht. Die Schüler bearbeiten die Aufgaben und Schülerexperimente weitgehend selbstständig und lernen dabei auch wissenschaftliches Arbeiten (Finn, *et al.*, 2002). Ebenso wie Unterrichtsgänge bedeuten von den Schülern eigenständig durchgeführte Experimente eine Abwechslung im normalen Schulalltag (Kisiel, 2003). Die weniger formelle Atmosphäre kann auch die Ausbildung von sozialen Schlüsselqualifikationen fördern (Hofstein & Lunetta, 1982; Lazarowitz & Tamir, 1994). Neben der affektiven Komponente kann das Arbeiten am Schienenmodell auch kognitive Effekte begünstigen. Während der Fokus im Biologieunterricht eher auf der Aerodynamik verschiedener Formen liegen kann, wäre im höheren Physikunterricht die Berechnung der c_w - oder F_w -Werte⁸ möglich. Das Modell kann mit wenig Zeit- und Geldaufwand hergestellt werden, was ideale Voraussetzungen für die Verwirklichung in einem Klassenprojekt, einer Studien- oder Facharbeit sind. Insgesamt lohnt es sich daher, das Schienenmodell nachzubauen und im Schulunterricht anzuwenden.

⁷ Es wurde nur jeweils das Arbeitsheft eines Schülers pro Gruppe in die Bewertung mit einbezogen, da Gruppenmitglieder meist dieselben Antworten eintrugen (Näheres siehe dritte Veröffentlichung).

⁸ Der c_w -Wert ist der Widerstandsbeiwert eines Körpers. Unter F_w -Werte werden hier die Widerstandskräfte der einzelnen Körper verstanden (Siehe dritte Veröffentlichung).

Wie kann nun eine optimale Lernumgebung für das Thema "Vogelflug und Auftrieb" gestaltet sein? Hinsichtlich des Lernerfolges schnitt zwar der eher lehrerzentrierte Unterricht besser ab als das Stationenlernen, jedoch zeigt ein Vergleich von Vortest und Nachtest bei beiden Gruppen einen signifikanten Unterschied. Demnach hatten auch die Schüler des Stationenlernens einen Wissenszuwachs, der über das Basiswissen aus dem Vortest hinaus geht. Betrachtet man auch die Motivation der Schüler, so eignet sich für das behandelte Thema sicher eine eher offene Unterrichtsgestaltung. Nicht zuletzt auch deshalb, weil Lehrpläne nicht mehr nur das Lernen von möglichst vielen Fakten vorschreiben, sondern mehr Wert auf das grundlegende Verständnis von biologischen Sachverhalten und Zusammenhängen, sowie auf die Ausbildung von wissenschaftliche Schlüsselqualifikationen legen.

Das Stationenlernen an einen außerschulischen Lernort zu verlegen, wäre natürlich aufgrund des hohen Aufwandes für den einzelnen Lehrer nicht praktikabel. Jedoch kann die Unterrichtseinheit durch einen (gut vorbereiteten) Unterrichtsgang, z.B. in ein nahes Vogelschutzgebiet, bereichert werden. Allerdings muss man auch bedenken, dass der zeitliche Rahmen eines Biologielehrers sehr begrenzt ist und deshalb schülerorientierte Unterrichtsformen und Unterrichtsgänge wohl eher die Ausnahme bleiben werden (Angeli, 2002; Bohl, 2001). Bohl (2001) berichtet zudem von einem Mangel an Wissen und Übung in der Vorbereitung und Durchführung von offenen Unterrichtsformen seitens der Lehrer. Eine regelmäßige Integration von schülerorientierten Arbeitsformen könnte so nicht nur den Schülern, sondern auch dem Lehrer zugute kommen.

Nach den Ergebnissen der dritten Studie zu urteilen, ist die Integration des Schienenmodells in den Unterricht sicher sinnvoll, sei es als Station in einem Lernzirkel oder als Einzelerperiment. Da "Lernen" ein aktiver Konstruktionsprozess ist (Greeno *et al.*, 1996), sollten eben "inquiry-based" Komponenten in den Unterricht integriert werden (Häußler *et al.*, 1998). Hierzu gehören, wie bereits erwähnt, das Aufstellen von Fragen und Hypothesen, das Entwerfen und Durchführen von Experimenten und deren Diskussion (Bybee, 2000). Diese Fähigkeiten und Fertigkeiten könnten in selbst durchgeführten Experimenten geübt werden (Finn *et al.*, 2002; Wright, 1992). Das Stationenlernen fördert demnach auch affektive und psychomotorische Kompetenzen der Schüler.

Basierend auf den Ergebnissen der drei Studien und in Übereinstimmung mit verschiedenen Literaturhinweisen zum Stationenlernen sollten bei dieser Form des Unterrichts unter anderem folgende Punkte beachtet werden: Grundvoraussetzung für eine effektive Integration der Stationen in ein Unterrichtsthema ist eine wohlüberlegte Auswahl

von Aspekten, die an den einzelnen Stationen behandelt werden sollen, und insgesamt eine gute Vorbereitung. Auch ist es sinnvoll, eher weniger Einzelaspekte gründlich durchzunehmen als viele Punkte nur oberflächlich thematisch anzuschneiden (Hofstein & Lunetta, 2003). Eine einführende oder vorbereitende Stunde kann Interesse für ein Thema wecken und letztendlich zu einer aktiven Teilnahme am Unterricht motivieren (z.B. Csikszentmihalyi, 1988). Nach Ames (1992) kann Interesse und Lernen auch leichter initiiert werden, wenn verschiedenartige Aufgaben integriert werden. Für das Stationenlernen würde das z.B. bedeuten, an manchen Stationen die visuelle Sinnesmodalität anzusprechen, an anderen Stationen die auditive Sinnesmodalität. Um das Verständnis der Experimente und Aufgaben zu gewährleisten, sollten Reflektionsphasen mit eingebaut werden (Van den Akker, 1998). Dies könnte sich allerdings aufgrund der unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten der Gruppen als nicht effektiv erweisen. Effizienter könnte eine abschließende Besprechung und gemeinsame Korrektur der Arbeitshefte auf Klassenebene sein (weitere Ratschläge zum Lernen an Stationen siehe Hepp, 1996, 1999b).

Das Zeitbudget eines Lehrers ist meist eng begrenzt. Es sollte die Lehrer jedoch nicht davon abhalten, den konventionellen Frontalunterricht mit offenen Unterrichtsformen zu bereichern. Nach Killermann (1998) kann man nicht erwarten, mit nur einer Methode das beste Resultat hinsichtlich des Lernerfolges und der Motivation zu erreichen. Mit einer Mischung aus verschiedenen Methoden und abwechselnden Unterrichtsformen sollten die optimalsten Effekte bezüglich des Lernerfolges, aber auch der Einstellung zum, dem Interesse an und der Freude am Lernen zu erwarten sein. Diese Erkenntnis ist nicht neu, sollte aber stets von Neuem betont werden.

4 Literaturverzeichnis der Zusammenfassung

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- Ames, C. (1992). Classroom: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 261-271.
- Anderson, D. (1999). *Understanding the impact of post-visit activities on students' knowledge construction of electricity and magnetism as a result of a visit to an interactive science center*. Queensland University of Technology, Brisbane.
- Anderson, D., & Zhang, Z. (2003). Teaching perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitors Studies Today*, 6(3), 6-11.
- Anderson, D. F., & Eberhardt, S. (2001). *Understanding Flight*. New York: McGraw-Hill.
- Angeli, C. (2002). Teachers' practical theories for the design and implementation of problem-based learning. *Science Educational International*, 13(3), 9-15.
- Bauer, R. (2003). *Offenes Arbeiten in der Sekundarstufe I*. Berlin: Cornelsen.
- Berck, K. H. (2005). *Biologiedidaktik. Grundlagen und Methoden*. Wiebelsheim: Quelle und Meyer.
- Black, A., & Deci, E. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry. A self-determination theory perspective. *Science Education*, 84, 740-756.
- Bohl, T. (2001). Wie verbreitet sind offene Unterrichtsmethoden? *Pädagogische Rundschau*, 55, 217-287.
- Bortz, J., & Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation* (Vol. 3). Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- Bybee, R. W. (2000). Teaching science by inquiry. *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, 20-46.
- Csikszentmihalyi, M. (1988). Human behavior and the science center. In P. G. Heltne, & L.A. Marquardt (Eds.), *Science learning in the informal setting* (pp. 79-88). Chicago: Chicago Academy of Sciences.
- Cuban, L. (1983). How did teachers teach, 1890-1980. *Theory Into Practice*, 22(3), 160-165.
- Deci, E. L., & Ryan, M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39.Jg.(2), 223-238.
- Deci, E. L., Eghrarl, H., Patrick, B.C., & Leone, D. (1994). Facilitating Internalization: The Self-Determination Theory Perspective. *Journal of Personality*, 62(1), 119-142.

- Falk, J. (2004). The Director's Cut: Toward an Improved Understanding of Learning from Museums. *Science Education*, 88((Suppl. 1)), S83-S96.
- Falk, J. H., & Dierking, L.D. (2000). *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press.
- Falk, J. H., & Dierking, L.D. (2002). *Lessons Without Limit: How Free-Choice Learning is Transforming Education*. Walnut Creek, CA.
- Finn, H., Maxwell, M. & Calver, M. (2002). Why does experimentation matter in teaching ecology? *Journal of Biological Education*, 36(4), 158-162.
- Greeno, J. G., Collins, A.M., & Resnick, L.B. (1996). Cognition and learning. In R. C. Calfee (Ed.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 15-46). New York: Macmillan Library Reference.
- Griffin, J. (2004). Research on Students and Museums: Looking More Closely at the Students in School Groups. *Science Education*, 88(Suppl. 1), 59-70.
- Griffin, J., & Symington, D. (1997). Moving from Task-Orientated to Learning-Orientated Strategies on School Excursions to Museums. *Science Education*, 81, 763-779.
- Grolnick, W. S., & Ryan, R.M. (1989). Parent styles associated with children's self-regulation and competence in school. *Journal of Educational Psychology*, 81, 143-154.
- Gropengießer, I. (2001). Vom Fliegen. *Unterricht Biologie*, 267.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Heard, P. F., Divall, S. A. , Johnson, S. D. (2000). Can 'ears-on' help hands-on science learning - for girls and boys? *International Journal of Science Education*, 22(11), 1133-1146.
- Hepp, R. (1996). Lernen und Experimentieren an Lernstationen. *Unterricht Physik*, 7(36), 37(257)-241(261).
- Hepp, R. (1999a). Lernen an Stationen im Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 10(51/52), 4(96)-98(100).
- Hepp, R. (1999b). Lernen an Stationen: Ratschläge zum methodischen Vorgehen. *Unterricht Physik*, 10(51/52), 9(101)-114(106).
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2003). *The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century*.

- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. *Studies in Science Education*, 28, 87-112.
- Hofstein, A., Nahum, T.L. & Shore, R. (2001). Assessment of the Learning Environment of the Inquiry-Type Laboratories in High School Chemistry. *Learning Environments Research*, 4, 193-207.
- Iwon, W. (1992). Formenlernen im Freiland und im Klassenraum. *Unterricht Biologie*, 16, 43.
- Kagan, D., & Fasan, V. (1988). Stress and the environment. *College Teaching*, 36, 75-80.
- Killermann, W. (1998). Research into biology teaching methods. *Journal of Biological Education*, 33(1), 4-10.
- Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2005). *Biologieunterricht heute* (Vol. 11). Donauwörth: Auer Verlag.
- Kisiel, J. (2005). Understanding elementary teacher motivations for science fieldtrips. *Science Education*, 89(6), 936-955.
- Kubota, C. A., & Olstad, R.G. (1991). Effects of novelty-reducing preparations on exploratory behavior and cognitive learning in science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(3), 225-234.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on Using Laboratory Instruction in Science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 94-128). New York: Macmillan Publishing Company.
- Liebers, K. (2004). *Vom Fliegen*. Berlin: Cornelsen.
- Lord, T. R. (2001). 101 Reasons for Using Cooperative Learning in Biology Teaching. *The American Biology Teacher*, 63, 30-38.
- Niermann, K. (1989). *Darstellung der Aerodynamik in Schulphysikbüchern von 1900 bis zur Gegenwart unter didaktischem und physikalischen Aspekt*. Alsbach: Leuchtturm-Verlag.
- Nundy, S. (2001). Raising achievement through the environment: a case for fieldwork and field centres. In *National Association of Field Studies Officers*. Peterborough.
- Odom, A. L., & Kelly, P.V. (2001). Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students. *Science Education*, 85, 615-635.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1097-1119.

- Paris, S. G., Yambor, K.M., & Packard, B. (1998). Hands-on biology: A museum-school-university partnership for enhancing students' interest and learning in science. *The Elementary School Journal*, 98(3), 267-289.
- Randler, C., & Bogner, F.X. (2002). Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *Journal of Biological Education*, 36(4), 181-188.
- Randler, C., & Bogner, F.X. (2006). Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education*, 40(3), 1-5.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68-78.
- Ryan, R. M., Koestner, R. & Deci, E.L. (1991). Ego-Involved Persistence: When Free-Choice Behavior Is Not Intrinsically Motivated. *Motivation and Emotion*, 15(3), 185-205.
- Schaal, S., & Bogner, F.X. (2005). Human visual perception - learning at workstations. *Journal of Biological Education*, 40(1), 32-37.
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F.X., & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(1), 28-39.
- Schuh, K. L. (2004). Learner-centered principles in teacher-centered practices? *Teaching and Teacher Education*, 20, 833-846.
- Settlage, J. (2000). Understanding the Learning Cycle: Influences on Abilities to Embrace the Approach by Preservice Elementary School Teachers. *Science Teacher Education*, 84, 43-50.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative Learning - Theory, Research & Practice*. Englewood Cliffs: NJ: Prentice Hall.
- Tran, L. U. (2006). Teaching Science in Museums: The Pedagogy and Goals of Museum Educators [Electronic Version]. *Science Learning in Everyday Life*, 1-26.
- Van den Akker, J. (1998). The Science Curriculum: Between Ideals and Outcomes. In B. J. T. Fraser, K.G. (Ed.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 1, pp. 421-447). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science: The role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25, 247-252.
- Williams, G. C., & Deci, E.L. (1996). Internalization of biopsychosocial values by medical students: A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 767-779.
- Wright, J. (1992). Reflections on Reflection. *Learning and Instruction*, 2, 59-68.

5 Publikationsliste

- A** Sturm, H., & Bogner, F.X. (2007).
Student-oriented versus teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation.
International Journal of Science Education, **im Druck**
- B** Sturm, H., & Bogner, F.X.
Learning at workstations in two different environments: a museum and a classroom.
Curator, **eingereicht**
- C** Sturm, H., Sturm, G., & Bogner, F.X.
Track Model: A proposal of an interactive exhibit to learn aerodynamics.
The American Biology Teacher, **eingereicht**

Im Zeitrahmen der Doktorarbeit entstand außerdem folgende Publikation über meine Diplomarbeit, die nicht Teil der Dissertation ist:

- D** Foitzik, S., Sturm, H., Pusch, K., D'Ettorre, P., & Heinze, J. (2007).
Nestmate recognition and intraspecific chemical and genetic variation in *Temnothorax* ants.
Animal Behaviour, 73(6), 999-1007.

6 Darstellung des Eigenanteils

- A** [Ca. 75% Eigenanteil, 25% Prof. Bogner] Die Unterrichtseinheit sowie alle Lernstationen wurden von mir entwickelt und aufgebaut (zu den einzelnen Stationen s. Anhang). Der Vorunterricht und der lehrerzentrierte Unterricht wurden von den Biologielehrern der Klassen gehalten. Das Stationenlernen wurde unter meiner Aufsicht durchgeführt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte ausschließlich von mir. Die Publikation wurde hauptsächlich von mir formuliert.
- B** [Ca. 75% Eigenanteil, 25% Prof. Bogner] Der Vorunterricht wurde von den Biologielehrern der Klasse gehalten. Die Lernstationen im Museum, sowie im Klassenzimmer wurden von mir selbst aufgebaut, und das Stationenlernen erfolgte unter meiner Aufsicht. Alle statistischen Auswertungen wurden von mir durchgeführt. Formuliert wurde die Publikation hauptsächlich von mir.
- C** [Ca. 50% Eigenanteil, 25% Gerd Sturm, 25% Prof. Bogner] Das Schienenmodell wurde von Gerd Sturm und mir konstruiert und gebaut. Die quantitative Auswertung der Daten wurde von mir durchgeführt. Bei der qualitativen Auswertung war Catherine Conradty bei der objektiven Überprüfung der Datenauswertung (Objektivitätstest) beteiligt. Die schematische Graphik des Schienenversuchs (Vektorgraphik, Abb. 2 in Publikation) wurde von Gerd Sturm nach meiner Skizze konstruiert. Die Publikation wurde hauptsächlich von mir formuliert.

7 Teilarbeiten

7.1 Teilarbeit A



Sturm, H., & Bogner, F.X. (2007).

Student-oriented versus teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation.

International Journal of Science Education, **im Druck**



RESEARCH REPORT

Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation

Heike Sturm* and Franz Bogner
University of Bayreuth, Germany

The study investigated cognitive and motivational effects of two educational interventions, a conventional versus a student-oriented approach. We monitored the impact on the cognitive achievement outcome and the motivation of students. Both approaches dealt with the subject of birds and bird flight; the student-oriented approach consisted of a unit based on workstations, and the conventional one was taught in a more teacher-centred manner. A total of 326 secondary school pupils of the highest stratification level participated in this study. By using a pre-test, post-test and retention-test design, both approaches were evaluated with the same empirical batteries (by applying a cognitive item set and the “Intrinsic Motivation Inventory”). The conventional approach provided higher achievement scores whereas the student-oriented approach showed a higher motivational rating. Comparing the student-oriented approach with and without introduction, the group with introduction attained higher achievement scores. The results are discussed in terms of general expectations about the cognitive outcome in open learning environments and self-determination theory. Educational implications are drawn concerning the implementation of learning at workstations in school curricula.

Introduction

Student-oriented¹ teaching at school is very often given priority by teacher in contrast to more teacher-centred lessons (e.g., Von Secker & Lissitz, 1999). Conventional, teacher-centred instruction generally is seen as an information transfer from the teacher to the learner (Bonk & Cunningham, 1998; Kember & Gow,

*Corresponding author. Biology Didactics, University of Bayreuth, Universitätsstrasse 30, Gebäude NW I, Bayreuth 95440, Germany. Email: heike.sturm@uni-bayreuth.de

2 H. Sturm and F. Bogner

1994). The desks are arranged in rows and most of the time students face in front of a board a teacher talking and questioning students while instructions are addressed to all learners (Cuban, 1983). Students simultaneously work on tasks by following a teacher's direction (Daniels, Kalkman, & McCombs, 2001). In a student-oriented approach, the focus of the teacher and instruction moves to the student (Schuh, 2004). A lesson consists of more frequent student talks, of varied instructional materials, of student choices towards a subject matter, and of cooperative or group working scenarios (Cuban, 1983).

In an effort to sustain the vision of student-oriented teaching, we developed distinctive workstations on a standard middle school subject. Learning at workstations is an educational approach, where students work cooperatively and autonomously in small groups at various workstations. After a task of any workstation is completed, the individual group shifts to another workstation. Instructional materials and description of hands-on activities are provided at each workstation or given in workbooks leading the group members. The specific value of learning at workstations is that the students could work self-guided and at their own pace; they could choose the order of the workstations and the duration of engaging with a single workstation according to their interest (Hepp, 1996, 1999; Schaal & Bogner, 2005). Originally, the idea of workstations derived of the subject of physical education: The "circuit training" consists of stations with different physical activity-tasks (Hepp, 1999). In science lessons, the workstations may consist of any tasks that include hands-on, experiments; the objective is self-guided study of a subject matter. Learning at workstations can be seen as one form of an open learning environment in terms of the method of instruction (Bauer, 2003; Hepp, 1999). Other aspects include the content (subject matter) and the "institutional openness", both provided by the design of this study. Open learning environments can generally be regarded as highly student-oriented (Bauer, 2003).

Mainstream research in science education has largely focused on cooperative learning environments, while few studies have investigated learning effects and motivational aspects of learning at workstations. Most studies on cooperative and open learning environments reported an overall positive outcome: A meta-analysis of Lord (2001) reported for a mere 8% of 300 articles negative results of cooperative learning environments. In the main, students scored significantly higher in cooperative learning classes (Lord, 1997) and they are psychologically and physically healthier than students taught in competitive classrooms (Johnson & Johnson, 1989; Slavin 1990; in Lord, 2001). Similarly, Iwon (1992) found higher achievement scores for students in learner-centred lessons compared with teacher-centred lessons. Beside cognitive effects, many studies also demonstrate affective outcomes of student-oriented learning environments. For instance, learner-centred approaches provide a significantly higher "well-being" than teacher-centred approaches (Randler & Bogner, 2006; Schaal & Bogner, 2005); a similar result is obtained for the perceived value of the biological content's personal meaningfulness (Schaal & Bogner, 2005). Additionally, social skills and social competences were more easily trained in student-oriented lessons than in cooperative learning environments (Lord, 2001).

Chang and Fisher (2001) found that the perception of an affirmative, favourable, and fulfilling learning environment tends to lead towards increased achievement scores.

Student-oriented approaches give learners a central focus and thus are the acting force. This requires motivated and self-directed learners (Lee, 2000). According to self-determination theory, motivation can be enhanced by autonomous support, by a feeling of competence and social relatedness (e.g., Deci & Ryan, 1993; Grolnick & Ryan, 1989; Williams & Deci, 1996). Thus, the learning environment should maximise these three psychological needs. Learning at workstations might enhance autonomy, perceived competence, and social relatedness: students work in self-directed and autonomous fashion in small groups on learning stations (Bauer, 2003), and teachers shift their role from “instructors” to “supporters” of a learning process (Schaal & Bogner, 2005). From a logistic point of view, workstations are useful if media used in biological lessons exist only in one copy, which is often the case for models (models and hands-on activities are seen as a motivating factor in the learning process; Berck, 2001, p. 57). Thus, learning at workstations might enhance students’ motivation and interest, and might increase their cognitive achievement, as outlined above. However, recent studies have linked student-oriented learning environments not necessarily to an overall higher cognitive learning outcome, but rather to conventional approaches (Randler & Bogner, 2002; Schaal & Bogner, 2005). Potential reasons for those unexpected results could lie in the lack of experience in hands-on activities as well as open or learner-centred approaches, which as unfamiliar environments may cause anxiety and thus inhibit learning success (Kagan & Fasan, 1988; Bohl, 2001; Randler & Bogner, 2002). Any specific introduction to the new learning environment may reduce this “novelty factor” (Kubota & Olstad, 1991; Orion & Hofstein, 1994). This could consist of a prior lesson about the subject matter to create basic knowledge about the specific subject. To prepare the students to the specific type of learning environment, a short explanation of the learning situation may help to reduce the unfamiliar feeling. Subsequent regular practice in student-oriented curricula might then help to extinguish the “novelty factor” and to train self-directed learning and social competences.

Many comparison studies of teacher-centred versus student-oriented learning environments have produced controversial results with no consistency in the explanation of effects of different learning environments with regard to achievement and motivation scores. This study does not intend to add to this controversy, but to maintain the ongoing discussion on the importance of the integration of student-oriented learning environments into conventional syllabi. Our educational approach dealt with the subject of bird flight. Usually, bird issues are taught in teacher-centred approaches with a few demonstrated experiments but without any hands-on activities. However, theory of how “lift” is produced is difficult to understand: A common and simple explanation still builds on the Bernoulli principle, which does not correctly explain it in all aspects (Anderson & Eberhardt, 2001; for other explanations see, e.g., Anderson & Eberhardt, 2001; Weltner, 2001). Niermann (1989)

4 H. Sturm and F. Bogner

found a widespread usage of the Bernoulli principle in schoolbooks and by teachers, and even physics students comprise false understandings of this phenomenon. Although we do not claim to cover all possible conceptions of students about this phenomenon, hands-on experiments might awake the interest and favour further engagement in this subject compared with conventional approaches with experimental demonstrations. In the present study, workstations with hands-on choices showing the preconditions of bird flight are implemented (see later Appendix B for details). Before conducting the learning at workstations, the students attended a preliminary lesson about bird's anatomies and specific preconditions for flying. To date, no investigation has examined whether learning at workstations about bird flight may lead to a better understanding of this difficult topic, as compared with traditional approaches. Additionally, it is not known whether an introduction of the workbook guiding through the workstations has any influence on the learning and motivation of students. Thus, the objectives of our study were to investigate (1) the cognitive outcome and the motivation of the students following a student-oriented in comparison to a teacher-centred educational approach, and (2) the impact of a specific introduction phase into the "new" learning environment by comparing the student-oriented approach with and without such an introduction. We hypothesised that (i) a student-oriented approach (learning at workstations and hands-on activities) would enhance cognitive achievement and motivation scores, and (ii) that higher cognitive effects would be reached when an introduction phase is included.

Methodology

A total of 326 secondary sixth graders of Bavarian schools participated in this study. They were students of a variety of secondary schools (highest stratification level: "Gymnasium"), in a total of 12 classes. The average age of the participants was 12.48 years (± 0.50 SD). The study followed a quasi-experimental design (Table 1): Complete classes followed a specific instruction. Two out of the three instructions dealt with learning at workstations, the third was a conventional teacher-centred approach; one group served as a control group for the test assessment and other potential external influences (Lienert & Raatz, 1998).

In all three instructional interventions, the classes attended a regular classroom lesson on basic issues about birds: the anatomy of birds and their specific adaptations

Table 1. Experimental design

Time	Instruction 1 (G-1)	Instruction 2 (G-2)	Instruction 3 (G-3)
45 min	"Pre"-lesson	"Pre"-lesson + introduction into the workbook	"Pre"-lesson
90 min	Learning at working stations with workbook	Learning at working stations with workbook	Teacher-centred lesson (contents of the working stations)

Note: external control group not shown.

for flying (see Appendix A). This “pre”-lesson gave an introduction to this previously unknown subject to sixth graders. To prevent differences in the subject to be taught in the “pre”-lesson, the biology teacher followed exactly the learning goals given by the researchers. The following lesson differed for the three treatment groups: In instruction 1 (G-1, $n = 176$), the students worked in groups of three to five for 90 min at the workstations in the classroom, guided by a workbook. The groups assembled by free choice. In total, eight workstations were developed (Appendix B), including three optional stations for fast-working groups. At the workstations, the students had to raise hypotheses, conduct and observe experiments, discuss the results, and record them in the workbook. The workbook consisted of one “chapter” for each workstation: first, the workstation is shortly described, followed by tasks and questions on the appropriate workstation. Generally, the students first had to raise hypotheses, then conduct an experiment and record the data or observations, and, finally, discuss the results (see Appendix C for an example). Thus, the workbook is guiding the students through the stations without any further instruction. Participating pupils received the workbooks immediately before starting with the workstations. Additional information was available on a designated “information desk”, if needed (the students signed this up in their workbook, if used). Instruction 2 (G-2, $n = 30$) was similar to G-1 except for an additional introduction of the workbook: Subsequent to the initial lesson, the students could familiarise themselves for 15 min with the workbook. After that, the workbooks were collected by the teacher. The procedure for learning at the workstations followed the G-1 model (as described before). In Instruction 3 (G-3, $n = 93$), the biology teacher taught the content of the workstations for 90 min using a conventional approach. All teachers of G-3 followed the same curriculum as was the case in the learning at workstations. Guidelines and materials of the workstations were made available to teachers, thus permitting a similar procedure to that of G-1 and G-2: The students had to raise hypotheses, observe the experiments done by the teacher, and explain the results. The only difference from G-1 and G-2 consisted of the teacher’s role as a guide for the learning process.

Due to organisational reasons of the participating schools, the sample sizes of G-1, G-2, and G-3 differ. However, in our quasi-experimental design we may compare the groups due to being of the same age group, grade, and level.

A knowledge questionnaire and a motivation assessment battery were administered. The knowledge questionnaire consisted of 17 multiple-choice questions (see Appendix D) and one semi-open question. All items specifically covered the lesson’s contents about bird flight. Although an identical knowledge test was applied three times, potential resultant bias was avoided by different orders of the questions; additionally, the students were unaware that the test would be repeated (e.g., Bogner, 1999). The pre-test (T-1) was implemented 1 week before the introductory lesson to assess the previously existing knowledge of the students; the post-test (T-2) was applied immediately after the 90-min implementation; a retention-test (T-3) was administered 6 weeks after the post-test to measure the long-term learning effect of the intervention (Bogner, 1998). The students were aware that responses to our questionnaires would have no effect on their marks.

6 *H. Sturm and F. Bogner*

Four subscales of the “Intrinsic Motivation Inventory”—namely “Interest & Enjoyment”, “Perceived Competence”, “Perceived Choice”, and “Value/Usefulness”—have been employed (e.g., Deci, Eghrarl, Patrick, & Leone, 1994; Ryan, Koestner, & Deci, 1991). In all items, the original phrase “this activity” was substituted by either “the working on learning stations” (G-1 and G-2), or “the lesson about bird flight” (G-3). We used the German version of the “Intrinsic Motivation Inventory”, which was previously applied successfully, for instance, by Girwidz, Bogner, Rubitzko, and Schaal (2006). A five-point Likert response scale was used. The motivation test was implemented immediately after the knowledge post-test to assess the actual motivational situation of the students after the interventional phase.

A control group ($n = 27$) with no instruction was included to take any test effects into account. All questionnaires (except the motivation scale) were applied in the same time frame as the experimental groups (G-1, G-2, and G-3). They received no teaching in the subject of birds and bird flight before or during the test assessment.

The statistic analyses were conducted with SPSS 14.0. The multiple-choice questions as well as the semi-open question were analysed with correct answers scored unity, and incorrect ones zero. The range of item difficulty (% of correct answers; Bortz & Döring, 2001) was normal distributed for the pre-test, post-test and retention-test (Shapiro–Wilk, $p_{\text{pre}} = .27$; $p_{\text{post}} = .73$; $p_{\text{retention}} = .88$). Reliability analyses revealed low scores for the knowledge tests (Cronbach’s $\alpha_{\text{pre}} = 0.38$; $\alpha_{\text{post}} = 0.58$; $\alpha_{\text{retention}} = 0.52$). However, knowledge tests are in principle difficult to test for reliability (Lienert & Raatz, 1998, p. 214)—although reliability coefficients less than 0.6 can be used for differentiating groups (Lienert & Raatz, 1998, p. 213). Content validity of the knowledge test is given due to the curriculum-based subject. Furthermore, all knowledge items were constructed according to the learning goals of the intervention. Also, criterion validity is fulfilled: According to the participating teachers, the content of the intervention and the knowledge test is representative for the curriculum. The reliability of the motivation battery showed a Cronbach’s α of 0.94.

Since the sum scores over the knowledge items were not normally distributed (Kolmogorov–Smirnov with Lilliefors significance correction, $p < .001$, in T-1, T-2, and T-3), we used non-parametric tests and box plots as the graphic output. We presume that the different sample sizes and the quasi-experimental design of the study affected the not-normal distributed data. For investigating the first objective, the knowledge and motivation data of G-1 was compared with G-3; the second objective was to investigate the influence of an introduction phase into the workbook by comparing G-1 and G-2.

Results

No statistically significant group differences were found in the pre-test achievement scores (Kruskal–Wallis test,² chi-square test_(T-1) = 2.867;³ $df = 3$; $p = .413$), but different gains in the post-test and retention-test (Kruskal–Wallis test, chi-square_(T-2) = 83.089 and chi-square test_(T-3) = 66.026; $df = 3$; $p < .001$, in all cases). A post-hoc test (e.g., Bonferroni correction) was not applied because of Bender and Lange

(2001, p. 1238): "If the global null hypothesis is rejected proceed with level α tests for the [...] pair-wise comparison". Subsequent pair-wise analyses of the groups (Figure 1 and Table 2) showed, for teacher-centred lessons (G-3), significantly higher scores in the post-test and the retention-test compared with G-1. G-3 and G-2 differed non-significantly in the retention-test results. Obviously, both treatments led to the same long-term learning effect. Comparing the two groups that worked at the learning stations without an introduction (G-1), or with an introduction (G-2), group G-2 scored higher both in the post-test and the retention-test than G-1. Apparently, the group G-2 (with an introduction in the workbook) learnt more than G-1.

As expected, no significant differences were found within the control group in achievement scores in all three test assessments (Table 3 and Figure 1). Thus, repeated item battery application did not provide any change in the test results. However, all treatment groups (G-1, G-2, and G-3) showed a significant short-term learning outcome, which means in all three treatment groups the students learnt something. Comparing the post-test with the retention-test in G-2 and G-3, the scores do not differ. An unexpected outcome is a significant increase of achieved

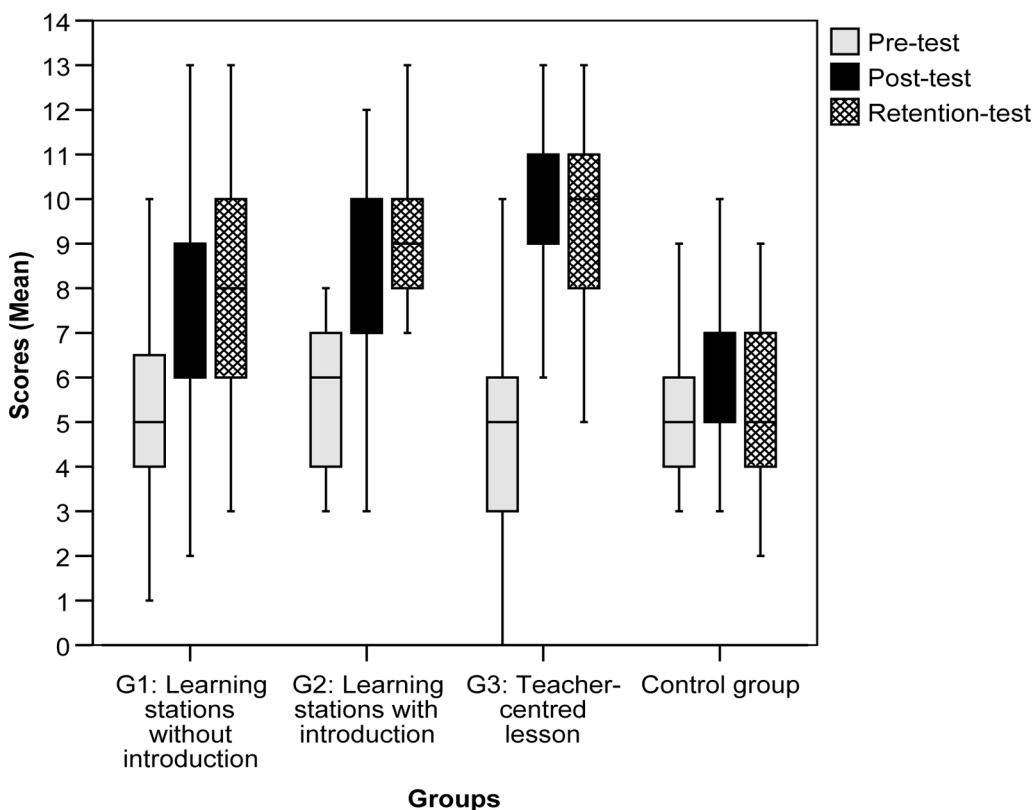


Figure 1. Knowledge test results of all experimental groups and the external control group

8 H. Sturm and F. Bogner

Table 2. Between-groups comparison of knowledge scores in the post-test and the retention-test

Group ^a	G-2		G-3		Control	
	Z	p	Z	p	Z	p
5 Post-test						
G-1	-2.129	.033	-7.578	.000	-3.759	.000
G-2	-	-	-3.416	.001	-4.424	.000
G-3	-	-	-	-	-6.752	.000
10 Retention-test						
G-1	-2.176	.030	-5.339	.000	-5.352	.000
G-2	-	-	-1.547	ns	-4.940	.000
G-3	-	-	-	-	-6.764	.000

Notes: Mann–Whitney U-test, asymptomatic significance, two-tailed. ^a $n_{G1} = 176, n_{G2} = 30, n_{G3} = 93, n_{control} = 27.$

scores in the retention-test in G-1, compared with the post-test within this group (see discussion).

The “Intrinsic Motivation Inventory” (Figure 2 and Table 4) revealed between-groups differences in the subscales “Interest/Enjoyment” (Kruskal–Wallis test,⁴ chi-square test = 29.516; $df = 2; p < .001$), “Perceived Choice” (Kruskal–Wallis test, chi-square test = 35.395; $df = 2; p < .001$), and in the subscale “Value/Usefulness” (chi-square test = 21.821; $df = 2; p < .001$). No significant difference was found in the subscale “Perceived Competence” (Kruskal–Wallis test, chi-square test = 1.861; $df = 2; p = .394$).

Discussion

The main outcomes of this present study were that (1) students learnt more in teacher-centred lessons (traditional approach) than at the workstations, although in the latter they stated higher motivation scores during their work, and that (2)

Table 3. In-group comparison of the knowledge scores

Group	Pre-test versus post-test		Post-test versus retention-test		Pre-test versus retention-test	
	Z	p	Z	p	Z	p
G-1 ($n = 176$)	-9.266	.000	-2.746	.006	-10.027	.000
G-2 ($n = 30$)	-4.495	.000	-0.556	ns	-4.560	.000
G-3 ($n = 93$)	-8.280	.000	-1.873	ns	-8.143	.000
Control ($n = 27$)	-1.090	ns	-0.691	ns	-0.053	ns

Note: Wilcoxon test, asymptomatic significance, two-tailed.

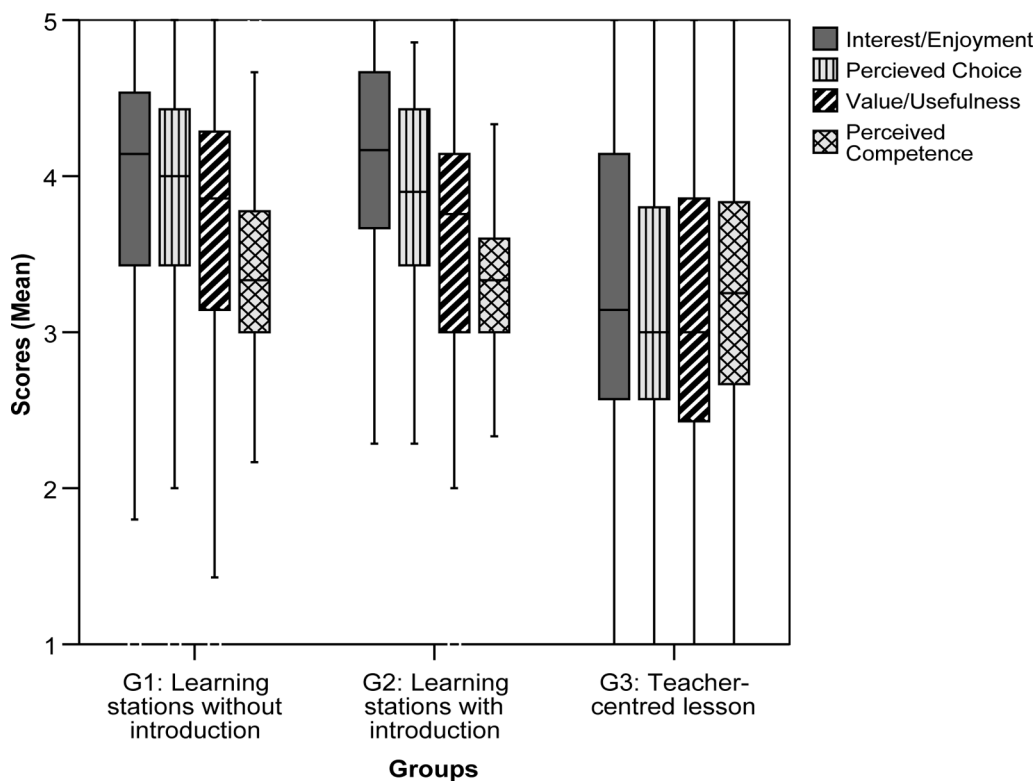


Figure 2. “Intrinsic Motivation Inventory” test results

students attending a preliminary introduction into the workbook scored higher in the cognitive achievement test than those without an introduction phase.

In all three treatment groups we observed a substantial learning effect, while the students of the teacher-centred lesson achieved significantly better than the others. This contradicts many studies comparing teacher-centred and student-oriented learning environments—as, for instance, in a study of Randler and Bogner (2002) involving bird identification skills, no significant difference in the hands-on compared with the conventional approach was found. In a follow-up study of Randler and

Table 4. Between-groups comparison of subscales of the “Intrinsic Motivation Inventory”

Group-wise comparison	Interest/Enjoyment		Perceived Choice		Value/Usefulness		Perceived Competence	
	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
G-1 versus G-2	-1.166	ns	-0.131	ns	-0.899	ns	-0.763	ns
G-1 versus G-3	-5.055	.000	-5.655	.000	-4.629	.000	-1.267	ns
G-2 versus G-3	-3.692	.000	-4.012	.000	-2.193	.028	-0.221	ns

Note: Mann-Whitney U-test, asymptomatic significance, two-tailed.

Bogner (2006) using the same subject set, the students of the hands-on approach scored higher in the post-test and the retention-test compared with the students of the conventional approach when a reduced number of bird species had to be identified. Thus, it may provide an advantage to reduce the total amount of subject matter of workstations. As regards this study, a reason for the significantly lower achievement scores of the workstation groups may lie in the mere number of learning stations—according to the principle “less is more” (slogan in *Benchmarks for Science Literacy*; AAAS, 1993, p. 320). The students might have been too stressed to accomplish all the stations, and thus insufficiently concentrated on single stations to ensure successful learning. Another reason could lie in a desire of students of rushing through the different learning stations in order to accomplish all learning stations within a minimum of time and to “be free” for the remaining time. Furthermore, demands upon students’ cognition could have been excessive within such learning at workstations by posing hypotheses, dealing with the experiments, and explaining the results (Schaal & Bogner, 2005) without any guidance on the part of the teacher. Hence, they learnt less than in the teacher-centred approach.

No difference existed in the long-term learning effect between the teacher-centred group and the group with a specific introduction into the learning stations. This contrasts with other studies (e.g., Schaal & Bogner, 2005; Scharfenberg, Bogner, & Klautke, 2007). It seems that an introduction into a “new” learning environment leads to a similar long-term cognitive outcome as a teacher-centred approach, although the actual short-term outcome was lower in a student-oriented approach. Surprisingly, the students of G-2 and G-3 did not forget anything, as a comparison of post-test and the retention-test scores demonstrates. This is an unexpected result when we consider that, normally, not all information gained is transferred from working memory (or “short-term memory”) into long-term memory (Driscoll, 2005, p. 75). Loss of information from working memory and the process of transfer into long-term memory can be reduced by “rehearsal” and “encoding” of the information (Driscoll, 2005, p. 88). It could be that the experimentation and the hands-on activities at the learning stations provided the “rehearsal” and the “encoding” of the subject; and the teachers of the conventional approach might be “good” teachers with a high student-learning success.

Although the students working on learning stations learnt less, they reported a higher overall motivation than the students attending the traditional approach. In detail, the students scored the interest and enjoyment higher; they perceived the learning at workstations as valuable and useful; and they reported a higher perceived choice compared with the teacher-centred curriculum. This result is not surprising given the fact that open learning environments, such as learning at workstations, may provide an overall positive and self-determined learning situation if a learner’s autonomy is supported (Black & Deci, 2000). In this study, the students conducting the workstations could work autonomously and self-directed in a social atmosphere: they could choose the order of the stations and the pace, and discuss the experiments with group members. According to Hofstein and Lunetta (2003), laboratory work (they define “science laboratory work” as learning experiences in which

students interact with materials and/or with models to observe and understand the natural world) is an important medium to stimulate and increase interest and enjoyment and to motivate students to learn science.

We found no significant differences in the subscale “perceived competence” in either of the treatment groups. The groups who worked on the learning stations did not feel more competent than the students of the teacher-centred approach. One reason could be that learning at workstations is still an uncommon learning environment, as the students are preoccupied with technical and manipulative details, with handling the experiments, and hands-on activities (Hofstein & Lunetta, 2003). As a consequence, this “pre-occupation” could lead only to an average of the “perceived competence” and, in addition, could prevent meaningful learning.

Finally, the huge variance within the mean scores in G-3 (Figure 3) just may reflect a normal classroom situation where a few students show very high as well as very low motivation scores, and the majority ranges somewhere in the middle (all scores appear from 1 to 5). An argument for this interpretation delivers the distribution of G-1 and G-2 where the variance does not spread over the whole scale: Even lowest indications rank higher than 1 (the lowest possible score), which is that learning at workstations apparently motivates better.

The second objective of this study was to examine whether an introduction into the learning stations could enhance the cognitive achievement. Therefore, one group (G-2) was allowed to familiarise itself with the workbook for up to 15 min in an initial lesson. As a result, the group with such an introduction (G-2) outscored the one without (G-1). Although the sample size of G-2 was low, the better achievement might be explained by the familiarising phase. Since the subject of bird flight within the learning stations was new to all participating students, a “novel environment” (e.g., Orion & Hofstein, 1994) may distract students from the subject itself because of the cognitive novelty, the geographical novelty (e.g., during a field trip) and the psychological novelty (Orion & Hofstein, 1996). Hofstein and Rosenfeld (1996) found that proper preparation could maximise familiarity and thus facilitate meaningful learning during a field trip. Nonetheless, we must exercise some caution in explaining this result as a reduced “novelty effect” because of the preliminary introduction into the workbook. However, it seems reasonable to prepare students for any activities that go beyond the traditional classroom approaches.

AQ1

Another unexpected outcome lay in the group G-1 scoring, which was higher in the retention-test compared with the post-test. This result might simply reason in a hidden intervention by one specific teacher (Scharfenberg et al., 2007). An argument for this may be the analysis of the group G-1 with regard to a class-level, where two classes raised the retention-test achievement scores over the significant level. By excluding those specific classes, the significant difference between the retention-test and the post-test in G-1 disappeared (G-1, $n = 117$, Wilcoxon-test $Z = -0.154$, $p = .877$). Furthermore, those two specific classes derived from the same school, taught by the very same teacher. As the retention-test was handed out 6 weeks after the post-test, this specific teacher could have added an additional repetition of some

aspects of birds and bird flight. Thus, although we prepared the teachers and claimed the importance to follow the specific guidelines, one can never prevent some participants of a study from ignoring and/or disregarding the instructions of the researchers.

5 Considering our initial research questions, we can only partially accept the first hypothesis. Whereas the overall motivation was higher in the student-oriented approach, the short-term learning outcome was lower than in the teacher-centred approach. However, an introduction into the student-oriented approach leads to a similar long-term learning effect than in the traditional approach. The second
10 hypothesis could be fully accepted within the frame of this study. Future prospects comprise qualitative analyses of the workbooks in terms of changes in concept learning of students about bird issues.

15 Educational Implications

Student-oriented learning environments are perceived to be more interesting, enjoyable, and valuable than teacher-centred approaches. Although the students actually learnt less in terms of a short-term learning effect, an introduction into the “new” learning approach leads to similar long-term learning outcomes as it does the traditional approach. Hence, it is worthwhile to include student-oriented approaches and open learning environments in the curriculum. According to Killermann (1998), one never can expect to achieve best results in all areas with only one single “method”. He suggests a “mixture of methods” may realise optimal effects in terms of the performance and in terms of the attitude and interest in the subject.

25 Learning as an active process of construction (Greeno, Collins, & Resnick, 1996) should include inquiry-based components (Häußler, Bündler, Duit, Graßer, & Mayer, 1998, p.155). In this sense, “inquiry” is used (1) as *content understanding* and (2) as *abilities* (Bybee, 2000, in Hofstein, 2001). Whereas the content *understanding*
30 focuses on the subject matter, the *abilities* include scientific skills such as raising questions and hypotheses, designing and conducting experiments, and explaining and reflecting the results (Bybee, 2000). These skills might be realised by self-conducted experiments (e.g., Finn, Maxwell, & Calver, 2002; Wright, 1992). Beside scientific skills, laboratory activities may enhance social skills or key competences as well (for definition of “laboratory activities”, see above) (Hofstein & Lunetta, 1982; Lazarowitz & Tamir, 1994). However, Bohl (2001) found only slight propagation of
35 “modern” forms of teaching in south-western Germany. In addition, he reports a lack of training in learner-centred and “open” instructional concepts. Often, teachers claim excessive time consumption, inadequacy of space and equipment, or difficulties in performing assessments (Angeli, 2002). Therefore, we suggest frequent training in student-oriented learning environments, in particular in the use of workstations. Not only students but teachers too may adapt to the implementation of learner-centred teaching and thus reduce the perceived inadequacies. Active learning and support of a student’s autonomy may enhance students’ achievement and psychological development (Black & Deci, 2000).

AQ2



Based on our results (and in accordance with the literature) various aspects should be regarded before, during, and after the implementation of a student-oriented learning environment:

- AQ3
- A limitation of topics taught but doing this in depth and with care might exceed a learning success compared with a rather large number of topics (Hofstein, 2003). For instance, learning stations should consist of just a few but meaningful stations rather than of a large number of stations. 5
 - Prior knowledge in the subject matter could awaken and maintain interest (e.g., Csikszentmihalyi, 1987). As regards the learning at workstations, it could be worthwhile to conduct a “pre”-lesson about the topic and then consolidate the acquired knowledge in the learning stations. 10
 - As reasoned above, a mixture of methods as well as variation and diversity of tasks are more likely to facilitate an interest in learning a certain subject (Ames, 1992). For example, one learning station may involve experiments whereas another learning station consists of processing a text. Variation in tasks might also be obtained by altering, for example, the auditory and the visual channel at single learning stations. 15
 - Also, Van den Akker (1998) suggests that experimentation should be intertwined with reflection to increase understanding and competence. It might be difficult to interrupt the learning at workstations for reflection on some topics because of the different progress of the groups. However, a “post processing” of the learning stations might consolidate the outcome. This could be, for example, a presentation of the results of the groups, a discussion or the correction of the workbook. 20

To give a detailed list of all features that should be considered when working with learning stations would go beyond this study. However, we suggest conveying the theory and practice of the implementation of learning stations to “Pre-service teachers” as well as to “In-service teachers” (e.g., in vocational trainings for teachers). 25

Acknowledgements

The authors appreciate the cooperation of all participating teachers and students. They are very thankful to F.-J. Scharfenberg and M. Wiseman for valuable discussions and reading the text. The study was supported by the University of Bayreuth. 30

Notes

1. In this study, the term “student-oriented” is used synonymously for “student-centred” (Cuban, 1983) and “learner-centred” (Schuh, 2004). 40
2. The H-test of HHHfdkalfdyxKruskal–Wallis is used for the comparison of more than two independent samples. For non-normally distributed data, it substitutes analysis of variance and analysis of covariance (Zöfel, 2002, p. 114). The Kruskal–Wallis test was applied to test first whether any differences exist in the pre-test results. For further pair-wise analyses, the U-test of Mann–Whitney for non-normally distributed data was used (Zöfel, 2002, p. 103).

14 *H. Sturm and F. Bogner*

3. The chi-square value is reported in addition when computing the Kruskal–Wallis test with SPSS 14.0.
4. Before conducting pair-wise analyses with the Mann–Whitney U-test, the H-test of HHhfd-kalnfdyxKruskal–Wallis was applied to test whether any differences at all exist between the three groups.

5

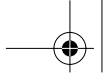
References

- AAAS. (1993). *American Association for the Advancement of Science. Benchmarks for scientific literacy*. New York: Oxford University Press.
- Ames, C. (1992). Classroom: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 261–271.
- Anderson, D. F., & Eberhardt, S. (2001). *Understanding flight*. New York: McGraw-Hill.
- Angeli, C. (2002). Teachers' practical theories for the design and implementation of problem-based learning. *Science Educational International*, 13(3), 9–15.
- Bauer, R. (2003). *Offenes Arbeiten in der Sekundarstufe I*. Berlin: Cornelsen.
- Bender, R., & Lange, S. (2001). Adjusting for multiple testing—when and how? *Journal of Clinical Epidemiology*, 54, 343–349.
- Berck, K. H. (2001). *Biologiedidaktik. Grundlagen und Methoden*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Black, A., & Deci, E. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry. A self-determination theory perspective. *Science Education*, 84, 740–756.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspectives *Journal of Environmental Education*, 29, 17–29.
- Bogner, F. X. (1999). Empirical evaluation of an educational conservation programme introduced in Swiss secondary schools. *International Journal of Science Education*, 21, 1169–1185.
- Bohl, T. (2001). Wie verbreitet sind offene Unterrichtsmethoden? *Pädagogische Rundschau*, 55, 217–287.
- Bonk, C. J., & Cunningham, D.J. (1998). Searching for learner-centered, constructivist, and sociocultural components of collaborative educational learning tools. In C. J. Bonk & K. S. King (Eds.), *Electronic collaborators: learner-centered technologies for literacy, apprenticeship, and discourse*. Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bortz, J., & Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation (vol. 3)*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Bybee, R. W. (2000). *Teaching science by inquiry*. Washington, DC: AAAS.
- Chang, V., & Fisher, D. L. (2001). A new learning instrument to evaluate online learning in higher education. In M. Kulske & A. Herrmann (Eds.), *New horizons in university teaching and learning* (pp. 23–34). Perth, Australia: Curtin University of Technology.
- Csikszentmihalyi, M. (1987). Human behavior and the science center. In P. G. Heltne & L. A. Marquardt (Eds.), *Science learning in the informal setting. Proceedings of the Symposium of the Chicago Academy of Sciences* (pp. 79–87). Chicago: University of Chicago Press.
- Cuban, L. (1983). How did teachers teach, 1890–1980. *Theory Into Practice*, 22(3), 160–165.
- Daniels, D. H., Kalkman, D. L., & McCombs, B. L. (2001). Young children's perspectives on learning and teacher practices in different classroom contexts: implications for motivation. *Early Education and Development*, 12, 253–273.
- Deci, E. L., Eghrarl, H., Patrick, B. C., & Leone, D. (1994). Facilitating internalization: The self-determination theory perspective. *Journal of Personality*, 62(1), 119–142.
- Deci, E. L., & Ryan, M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Driscoll, M. P. (2005). *Psychology of learning for instruction* (3rd ed.). Pearson Education.
- Finn, H., Maxwell, M. & Calver, M. (2002). Why does experimentation matter in teaching ecology? *Journal of Biological Education*, 36(4), 158–162.

AQ5

AQ6

- Girwidz, R., Bogner, F. X., Rubitzko, T., & Schaal, S. (2006). Media assisted learning in science education: An interdisciplinary approach to hibernation and energy transfer. *Science Education International*, 17(2), 95–107.
- Greeno, J. G., Collins, A. M., & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In R. C. Calfee (Ed.), *Handbook of educational psychology* (pp. 15–46). New York: Macmillan Library Reference.
- Grolnick, W. S., & Ryan, R. M. (1989). Parent styles associated with children's self-regulation and competence in school. *Journal of Educational Psychology*, 81, 143–154.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel, Germany: IPN.
- Hepp, R. (1996). Lernen und Experimentieren an Lernstationen. *Unterricht Physik*, 7(36), 37(257)–241(261).
- Hepp, R. (1999). Lernen an Stationen im Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 10(51/52), 4(96)–98(100).
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217.
- AQ7 Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2003). *The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century*. 15
- AQ4 Hofstein, A., Nahum, T. L. & Shore, R. (2001). Assessment of the learning environment of the inquiry-type laboratories in high school chemistry. *Learning Environments Research*, 4, 193–207.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*, 28, 87–112.
- Iwon, W. (1992). Formenlernen im Freiland und im Klassenraum. *Unterricht Biologie*, 16, 43.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). *Cooperation & competition: Theory & research*. Edina, MN: Interaction Books.
- Kagan, D., & Fasan, V. (1988). Stress and the environment. *College Teaching*, 36, 75–80.
- Kember, D., & Gow, L. (1994). Orientations to teaching and their effect on the quality of student learning. *Journal of Higher Education*, 65(1), 58–74.
- Killermann, W. (1998). Research into biology teaching methods. *Journal of Biological Education*, 33(1), 4–10.
- Kubota, C., & Olstad, R. (1991). Effects of novelty-reducing preparations on exploratory behavior and cognitive learning in science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 225–234.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94–128). New York: Macmillan Publishing Company.
- Lee, C. Y. (2000). Student motivation in the online learning environment. *Journal of Educational Media & Library Sciences*, 37(4), 367–375.
- Lienert, G. A., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim, Germany: Psychologie Verlags Union.
- Lord, T. R. (1997). A comparison between traditional and constructivist teaching in college biology. *Innovative Higher Education*, 21, 197–216.
- Lord, T. R. (2001). 101 reasons for using cooperative learning in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 63, 30–38.
- Niermann, K. (1989). *Darstellung der Aerodynamik in Schulphysikbüchern von 1900 bis zur Gegenwart unter didaktischem und physikalischen Aspekt*. Alsbach, Germany: Leuchtturm-Verlag.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1097–1119.
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2002). Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *Educational Research*, 36(4), 181–188.
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2006). Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education*, 40(3), 1–5.



16 H. Sturm and F. Bogner

- Ryan, R. M., Koestner, R., & Deci, E.L. (1991). Ego-involved persistence: When free-choice behavior is not intrinsically motivated. *Motivation and Emotion*, 15(3), 185–205.
- Schaal, S., & Bogner, F. X. (2005). Human visual perception—Learning at workstations. *Journal of Biological Education*, 40(1), 32–37.
- 5 Scharfenberg, F.-J., Bogner, F. X., & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(1), 28–39.
- Schuh, K. L. (2004). Learner-centered principles in teacher-centered practices? *Teaching and Teacher Education*, 20, 833–846.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative learning—Theory, research & practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- 10 Van den Akker, J. (1998). The science curriculum: Between ideals and outcomes. In B. J. T. Fraser (Ed.), *International handbook of science education (vol. 1, pp. 421–447)*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Von Secker, C. R., & Lissitz, R. W. (1999). Estimating the impact of instructional practices on student achievement in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1110–1126.
- 15 Weltner, K. (2001). *Flugphysik*. Köln, Germany: Aulis Verlag Deubner & Co.
- Williams, G. C., & Deci, E. L. (1996). Internalization of biopsychosocial values by medical students: A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 767–779.
- Wright, J. (1992). Reflections on reflection. *Learning and Instruction*, 2, 59–68.
- Zöfel, P. (2002). *Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*. München, Germany: Addison-Wesley Verlag.
- 20

20

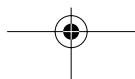


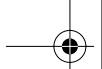
25

30

35

40





Appendix A. Content of the pre-lesson

The adaptations of birds on their habitat: the air		
<ul style="list-style-type: none"> ● Feathers, wings ● Special morphology of the sternum ● Special anatomy of the lungs ● Reduction of weight: Air-filled bones and reduction of inner organs: <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Female birds have only one ovary ⇒ No bladder but a cloacae ⇒ No teeth 		5
		10
		15
		20
		25

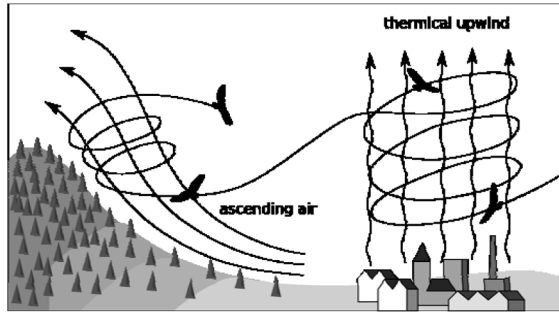
Appendix B. Learning stations and the expected learning outcome (learning stations F, G and H are optional)

Short description:	Focused outcome:	
A) Comparison of wing profiles and the 'postcard experiment'	A) All wings are arched	30
B) Experiments with an aerofoil model	B) How is lift produced	
C) Experiments with an air-track model	C) Aerodynamic differences of different formed bodies	
D) Experiments with cold and warm air	D) Warm air is raising	35
E) Description of one bird	E) Focused view on one bird	
F) <i>Investigating a feather</i>	F) <i>Morphology of a feather</i>	
G) <i>The flying ability of paper-airplanes</i>	G) <i>An air stream is the precondition to produce lift</i>	
H) <i>The comparison of bones of birds and mammals</i>	H) <i>Different anatomy of the bones</i>	40

Appendix C. Example of one “chapter” in the workbook (experiment with warm air)

Gliding of birds

In addition to the active form of flying, birds also fly in a passive mode by using natural aerodynamic winds for lift. Gliding is a energy-saving type of flying, because the bird hardly has to flap with the wings. Nevertheless, gliding is not always possible: Certain preconditions have to be fulfilled!



V

1. Drop a down through the glass tube! (The candle is not lit, yet)

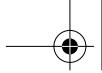


2. Lit the candle. Now, drop the down again through the glass tube!



3. Try to explain the result:





Appendix D. Test item examples

I) A common feature of the wings of all birds is:

- They have no thumbs.
- They cannot be stretched completely.
- They have a wide wing panel.
- The cross section is narrow.
- The cross section is arched. [correct]

II) On the picture above you can see an aerofoil model. Inside are movable balls. What do you think will happen, if the air generator is turned on?

- The balls will be lifted mainly because on of an overpressure.
- The balls will be lifted mainly because on of a negative pressure. [correct]
- The air-stream presses the balls bottom-up.
- The balls won't move, because the aerofoil is not flapping like a bird.
- The balls will float in the middle of the wholes.

III) One of the following statements is wrong. Mark it with a cross!

For gliding, birds need ...

- ... warm, ascending air
- ... ascending air at mountainsides
- ... huge wings
- ... plenty of energy [correct]
- ... the tail feathers for navigation

5

10

15

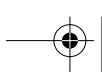
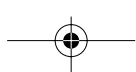
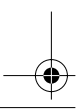
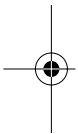
20

25

30

35

40



7.2 Teilarbeit B

B

Sturm, H., & Bogner, F.X.

Learning at workstations in two different environments: a museum and a classroom.

Curator, eingereicht

Learning at workstations in two different environments: a museum and a
classroom

¹Sturm Heike & Bogner Franz X.

Centre of Math & Science Education (Z-MNU), University of Bayreuth, Institute of Biology
Didactics, Universitätsstrasse 30, D-95447 Bayreuth, Germany

¹To whom correspondence should be sent:

E-Mail: heike.sturm@uni-bayreuth.de

Phone: ++49 921 552695

Fax: ++49 921 552696

Learning at workstations in two different environments: a museum and a classroom

Abstract

Our study compared the learning outcome and motivation of one identical educational approach in two different learning environments, a natural science museum and a classroom, based on studies about the effects of field trips on learning and motivation of students. The educational intervention consisted of an introduction phase in the classroom and a subsequent learning at workstations either in the museum or the classroom. 190 secondary school students participated in the quasi-experimental design. We assessed the knowledge by using a pre-, post- and retention-test design, and applied subscales of the 'Intrinsic Motivation Inventory' to consider motivational aspects. Students of the museum-group learnt more compared to the classroom-group, whereas the motivation differs only in one subscale of the motivation test with higher scores for the museum-group. Results are discussed in terms of the overall added value of field trips for school curricula.

Introduction

Field trips to museums, zoos and science centres or the natural environment could deepen a subject previously taught in the classroom. In contrary to a classroom environment, out-of-school lessons tend to be more open, social interactive and learner-centred (Hofstein, Nahum and Shore 2001, Wellington 1990). Most students perceive out-of-school settings during the regular school lesson as highly enjoyable and adventurously. Outdoor teaching helps to motivate and encourage students who may otherwise be sidelined in the normal classroom setting (Nundy 2001). In free-choice learning situations, like museums, motivation emerges

as central by influencing not only the 'what' of learning but also the 'why' and 'how' (Falk 2004). Furthermore, the free-choice and nonevaluative nature of out-of-school settings promote and foster learning (Falk and Dierking 2000). Hence, from a teachers perspective, it is worthwhile to incorporate field trips in school curricula.

In our study, we focused on museums as an out-of-school setting. Museums provide hands-on experiences and interactive exhibits in parallel with traditional exhibits. This diversity of the learning environment at a museum might enrich the classroom curriculum by providing appropriate experiments and motivating experiences (Griffin and Symington 1997). However, teachers and their students often just visit a museum without any agenda or specific instructions for the students. Furthermore, Griffin and Symington (1997) found that most visits were poorly linked with topics being studied at school. Thus, from a curriculum-based view, a visit to a museum or science centre could be educationally ineffective or extremely effective when the tasks are clear and structured (Hofstein and Rosenfeld 1996). A meaningful field trip is based on clear connections to the classroom content, on concrete experiences which supplement the classroom activity and on learning activities within a social context (Gilbert and Priest 1997, Tal 2001). Nonetheless, most teachers do not have the time, energy and equipment to prepare the museum visit in an adequate manner (Bybee 2000).

In an effort to bridge the gap between the demand for varying instructional techniques in classroom curriculum and integrating a meaningful field trip, we developed an educational approach on a curriculum based subject of 6 graders of highest stratification level. Based on studies about the effectiveness of field trips in terms of the learning outcome (e.g. Falk 2004, Killermann 1998), our research question focused on the locality of the learning environment itself. A recent study of Scharfenberg *et al.* (2007) found higher cognitive learning in the laboratory environment compared to a classroom setting, although the same instruction was

implemented. Implementing an identical educational approach in two different settings or localities, we hypothesized a higher cognitive outcome and a higher overall motivation in the out-of-school setting compared to the classroom environment. To be able to compare both localities, our educational approach dealt with learning at workstations. By using this instructional technique, we may maintain the interactive nature of a museum environment on one hand, and on the other hand we are able to transfer and test the approach in the classroom environment.

Learning at workstations comprises many features which commonly are known to intervene with a student's motivation to engage in a subject matter. A first one is the student-centeredness since teachers are mentors or guides rather than directing a learning process (Settlage 2000). The students work autonomously with self-instructional materials. Learning at workstations provides a cooperative learning environment, social key competences could be trained specifically. According to the self-determination theory, motivational levels of students may be enhanced by autonomous support, by a feeling of competence and social relatedness (e.g., Deci and Ryan 1993, Grolnick and Ryan 1989, Williams and Deci 1996). Furthermore, students may learn to raise hypotheses, conduct the experiments and interpret the results, when hands-on and experiments are included (Wright 1992, Killermann 1998). Cognitive efficiency studies show learning is an active process which should include inquiry-based components. Learning at workstations may fulfil this demand. It covers methods of cooperative learning, hands-on and inquiry-based learning which may affect learning and motivation in a positive way (Schaal and Bogner 2005).

In our approach, the workstations dealt within the curriculum based subject of birds and bird flight (Sturm and Bogner 2007). The decision for this subject was because of the close content-relationship of the museum: It is a natural science museum with a huge collection of bird dioramas and exhibitions dealing with birds. Our materials and objects used

at the workstations, however, were brought into the museum. To date, no study exists about workstations in a museum, where the workstations are not part of the museum or do not include any exhibits of the museum. Studies on museum learning mainly focus on specific exhibits in a museum, on school class visits, cognitive and affective outcomes, views of learning or overall statements on the motivation (e.g., Griffin 2004). Very often, comparisons are taken between the learning outcomes of different educational approaches in different environments, namely the museum and the classroom, some studies compare student-oriented versus teacher-centred approaches. In our present study, the site / locality only is different, while the same educational approach was provided in a natural science museum and the classroom. Our new objective was to investigate the influence of the locality itself on the learning outcome and motivation of students when implementing an identical approach. As reasoned above, we hypothesised a higher cognitive outcome and a higher overall motivation of students when they conduct the workstations in the museum compared to a classroom.

Methodology

Our student sample consisted of 190 secondary A-level 6th graders of Bavarian schools, in total 7 classes. The participants' average age was 12.5 years (± 0.38 SD). Altogether, we developed eight workstations dealing with specific features of birds and bird flight (five obligatory stations and three optional stations offered to fast working students). All stations were independent of each other so that the students could choose the order of processing by themselves. Specific instructions for the workstations were provided in a workbook guiding the students (Sturm and Bogner 2007). In every station the students either had to do experiments or to deal with certain aspects of birds; they noted the individual hypotheses,

results and discussion features of the experiments in their workbook. An additional, more detailed 'information book' with explanations of the experiments was provided at a separate 'information desk'. If used, the students had to sign up in their workbook.

All workstations were implemented identically in a natural science museum (G1 = group-1; $n = 46$) and a classroom environment (G2 = group-2; $n = 117$) [the large variation in sample sizes is due to organisational reasons]. Treatment-groups always were complete classes. In both approaches, students started with a 'pre'-lesson of 45 minutes on basic issues about birds in their classroom; the 'pre'-lesson gave an introduction into the subject, which was new to all 6th graders. It was taught by the regular biology classroom teacher who followed defined learning goals given by the researchers. Afterwards, within the next lesson schedule, the classes attended the workstations in the museum (G1) or the classroom (G2), working in groups of three to five students for 90 minutes. Guidance was provided by a workbook allowing a self-determination of the stations' order and the pace of learning.

We assessed the cognitive knowledge in a pre-, post- and retention-test design (Figure 1). The pre-test (T1) was implemented one week before the 'pre'-lesson to assess the basic knowledge of the students about bird issues. The post-test (T2) was administered immediately after finishing the workstations, the retention-test (T3) was applied six weeks after (to attain the long-term learning effect, Bogner 1998). The knowledge questionnaire consisted of 17 multiple choice questions and one semi-open question. Each item specifically covered the learning goals of the 'pre'-lesson and the workstations. To reduce a possible recognition effect, the order of the items as well as the order of the options differed in the pre-, post- and retention-test. Additionally, the students never were aware of our repeated test assessment (e.g., Bogner 1999, 2004).

[Place Figure 1 about here]

Some aspects of motivation of the students were selected for measurement by using subscales of the 'intrinsic motivation inventory' (IMI), namely 'Interest and Enjoyment', 'Perceived Choice', 'Value and Usefulness' and 'Perceived Competence' (e.g., Deci, Eghrari, Patrick and Leone 1994, Ryan, Koestner and Deci 1991). In all 27 items, the original phrase 'this activity' was substituted by 'the learning at the workstations'. The response pattern followed a 5-point Likert scale. The motivation questionnaire was implemented immediately after the cognitive knowledge post-test. All tests were anonymous and the students knew that their answers have no influence on marks of their school records.

A control group ($n = 27$) was included to observe potential test effects. This class did not participate at the workstations nor in any lesson about bird issues. In the control group, the knowledge questionnaires were applied within the same time frame as the interventional groups G1 and G2 (see Figure 1 for the procedure of the intervention).

The statistical analyses were conducted with SPSS 14.0. Correct answers of knowledge items were scored with one, incorrect answers with zero. Items of the IMI were scored with 5 for the most positive statement, 1 for the most negative ones. Due to not normally distributed knowledge data (Kolmogorov-Smirnov with Lilliefors Significance Correction, $p < 0.001$, in T1, T2 and T3), we used non-parametric tests and boxplots.

Results

A between-group comparison of the pre-test achievement scores revealed no significant differences in all groups (Kruskal-Wallis-Test, $\text{Chi-Square}_{(T1)} = 0.201$; $df = 2$; $p = 0.905$). Hence, we presume a similar basic knowledge level in all interventional groups. However, the post- and retention-test results differed significantly (Kruskal-Wallis-Test, $\text{Chi-Square}_{(T2)} = 54.977$ and $\text{Chi-Square}_{(T3)} = 45.061$; $df = 2$; $p < 0.001$, in both cases). Subsequent pair-wise

analyses of the groups showed significantly higher achievement scores in the post- and the retention-test in G1 (museum-group) compared to G2 (classroom-group) (Mann-Whitney U-Test, asympt. Sig., $Z_{\text{post}} = -5.234$; $Z_{\text{retention}} = -3.684$; $p < 0.001$, in both cases; Figure 2).

[Place Figure 2 about here]

The in-group comparison of the control showed no significant differences between the pre-, post- and retention-test (Table 1). Therefore, we may assume that the repeated test application had no impact on the achievement. The museum-group (G1) added significantly new knowledge (pre-test versus post-test), which had decreased significantly after 6 weeks (post-test versus retention-test), but never fell back to the initial level (pre-test versus retention-test). The students of G2 (classroom) also gained significantly higher achievement scores in the post-test compared to the pre-test, but the post- and the retention-test results do not differ (Table 1).

[Place Table 1 about here]

Considering motivational aspects, we found no between-group differences in G1 and G2 in the subscales 'Interest / Enjoyment' (Kruskal-Wallis-Test (KW), Chi-Square = 0.026; $df = 1$; $p = 0.872$), 'Perceived Choice' (KW, Chi-Square = 0.291; $df = 1$; $p = 0.590$) and 'Value / Usefulness' (KW, Chi-Square = 2.897; $df = 1$; $p = 0.089$). However, G1 scored the items of the subscale 'Perceived Competence' higher than G2 (KW, Chi-Square = 5.160; $df = 1$; $p = 0.023$) (Figure 3).

[Place Figure 3 about here]

Discussion

The main outcome of this study lies in the higher learning effect of the workstations' group in a museum environment compared to one in a classroom. The museum-group outperformed the classroom-group in both tests, the post- and the retention-test. As the pre-test results of both groups did not differ significantly, a similar basic knowledge can be assumed. Hence, the locality of the museum site itself might have caused the higher cognitive achievement scores in the museum-group.

Field trips to any out-of-school settings like museums, science centres or natural environments have a range of features in common which differ to standard school activities. Firstly, a field trip is a break in the usual school curriculum; it takes place in locations which are quite new to the students and offers novel experiences (Falk and Dierking 2002, Kisiel 2003, Tran 2006). Secondly, on a field trip students act within a social context; according to Anderson (1999), the social collaboration contributed to the learning while visiting an interactive science centre. Thirdly, a field trip may contribute to the call for varying instructional techniques (Hofstein *et al.* 2001, Hofstein and Rosenfeld 1996) and may help to enrich the mix of teaching and learning, in combination with 'hands-on' experiences. Fraser (1998) argues that a class achievement in total might enhance just by changing the actual classroom environment. In addition, museums and other out-of-school settings could supplement and complement classroom teaching with exhibits and subjects that cannot be covered effectively in a classroom (Tran 2006, Anderson and Zhang 2003, Kisiel 2003). All those factors may contribute to an increased interest, motivation and sustained engagement in a subject matter which may facilitate learning (Paris, Yambor and Packard 1998 [p. 271], Griffin 2004).

In our approach, identical workstations were implemented in two different environmental settings. Learning at workstations are a highly interactive tool for generating

declarative and procedural knowledge (Odom and Kelly 2001). It includes methods of cooperative learning, hands-on and inquiry based-learning which might intervene effectively with motivation and learning outcomes (Schaal and Bogner 2005). Hence, implementing workstations in a classroom is inherently a change of a conventional classroom environment which may foster motivation and interest of students (Sturm and Bogner 2007) and, as a consequence, increase cognitive learning outcomes (Randler and Bogner 2002). By displacing the workstations into an out-of-school setting we expected and found a higher learning effect compared to a classroom setting. Thus, the 'informal' learning environment itself may cause the apparent difference between the two groups.

A simplistic definition presumes a sharp dichotomy between 'informal' and 'formal' learning (Wellington 1991): 'informal learning' is realised in out-of-school contexts and characterised by being unstructured, learner-centred, unsequenced and voluntary, amongst other characteristics (Wellington 1991). Based on this definition, the museum-group (G1) is not an 'informal' approach in all features: it is neither unstructured nor unsequenced; and although we advised the students that the participation at any workstation is voluntary, the students might have perceived a necessity to participate. On the other hand, the group participating at the workstations in the classroom (G2) cannot be seen as a 'formal' approach in all aspects: it was not teacher-centred and did not consist of solitary student work, but it was learner-centred and the students worked in groups. Thus, neither G1 nor G2 actually portrays an 'informal' or 'formal' approach in all aspects. The difference between the two groups might be due to other factors than the educational approach itself. As outlined above, a field trip is a break in the normal school routine and an adventurous and exciting experience for students (Tran 2006). From a student point of view, the perspective of having 'free-time' after the 'official learning part' might increase the learning effect.

Considering the motivation assessment, the museum-group scored the subscale 'Perceived Competence' higher than the classroom-group did. From the viewpoint of self-determination, a student's feeling of autonomy and competence during actions within learning environments supports intrinsic motivation to appear (e.g., Deci 1992, Deci 1995, Deci and Ryan 1993). However, the subscales 'Interest / Enjoyment', 'Perceived Choice' and 'Value / Usefulness' did not differ between the groups. Also, the scores of all subscales were above the average of the scale. This is not surprising given the fact that learning at workstations is activity-oriented (Hepp 1999), learner-centred and self-regulated (Odom and Kelly 2001) which may enhance interest and enjoyment, and thus, motivate students to learn science (Hofstein and Lunetta 2003).

Conclusions

Our results support the wide accepted view that field trips are of additional value for science classes in school. Nevertheless, a lack of clear relationships between topics in school and museum may prevent meaningful learning, or teachers do not or only little prepare for museum excursions (Griffin and Symington 1997). Thus, field trips often may not add effectively to a learning outcome (Hofstein and Rosenfeld 1996). With our study, we do not claim for just 'transferring' a lesson or educational approach into an out-of-school setting, but we do for a proper preparation of the field trip. Teachers have to rethink the added value of the field trip, of exhibits in museums and what they expect to be the outcome. Clear objectives might facilitate the integration of specific exhibits of the museum into the context of the subject matter taught in the classroom. Considering these aspects, a field trip can effectively contribute to a substantial cognitive outcome. Nevertheless, without such a contribution, at least in terms of the affective outcome, field trips are worthwhile to be integrated in the

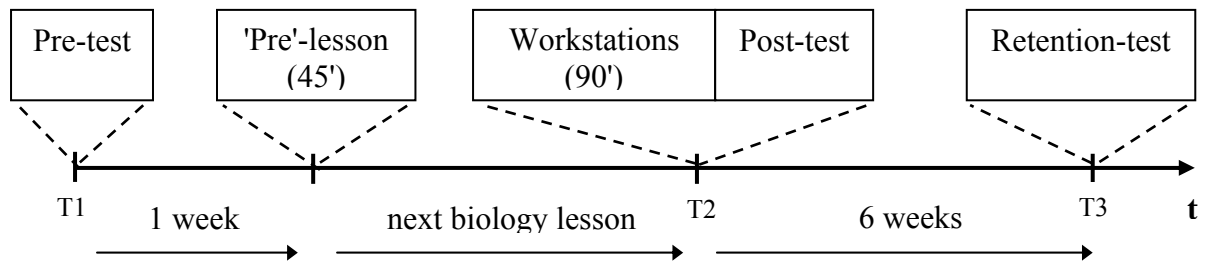
curriculum. They may awake the interest and valuation of the natural environment and lead to further individual visits to a museum. Additionally, cooperative and self-directed learning can be trained in out-of-school settings (Hofstein and Lunetta 2003, Falk and Dierking 2002). Thus, museums as 'dynamical learning environments' (Barab and Kirshner 2001) have the real potential to complement a classroom learning approach in many ways, and an appropriate preparation and integration into classroom curriculum may even foster a cognitive gain.

References

- Anderson, D. 1999. *Understanding the impact of post-visit activities on students' knowledge construction of electricity and magnetism as a result of a visit to an interactive science center*, Queensland University of Technology, Brisbane.
- Anderson, D., and Zhang, Z. 2003. Teaching perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitors Studies Today* 6(3): 6-11.
- Barab, S. A., and Kirshner, D. 2001. Rethinking methodology in the learning sciences. *Journal of the Learning Sciences* 10(1 and 2): 5-15.
- Bogner, F. X. 1998. The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspectives *Journal of Environmental Education* 29: 17-29.
- Bogner, F. X. 1999. Empirical evaluation of an educational conservation programme introduced in Swiss secondary schools. *International Journal of Science Education* 21: 1169-1185.
- Bogner, F. X., and Wiseman, M. 2004. Outdoor ecology education and pupils' environmental perception in Preservation and Utilisation. *Science Education International* 15(1): 27-48.
- Bybee, R. W. 2000. Teaching science by inquiry. *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* 20-46.
- Deci, E. L. 1992. The Relation of Interest to the Motivation of Behavior: A Self-Determination Theory Perspective. In *The Role of Interest in Learning and Development*, eds. K. A. Renninger, S. Hidi, and A. Krapp (pp. 43-70), Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Deci, E. L. 1995. *Why We Do What We Do. Understanding Self-Motivation*. Harmondsworth, Middlesex, England: Penguin.
- Deci, E. L., and Ryan, M. 1993. Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39.Jg.(2): 223-238.
- Deci, E. L., Eghrarl, H., Patrick, B.C., and Leone, D. 1994. Facilitating Internalization: The Self-Determination Theory Perspective. *Journal of Personality* 62(1): 119-142.
- Falk, J. 2004. The Director's Cut: Toward an Improved Understanding of Learning from Museums. *Science Education* 88(Suppl. 1): S83-S96.
- Falk, J. H., and Dierking, L.D. 2000. *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press.

- Falk, J. H., and Dierking, L.D. 2002. *Lessons Without Limit: How Free-Choice Learning is Transforming Education*. Walnut Creek, CA.
- Fraser, B. 1998. Classroom environment instruments: Development, validity and applications. *Learning Environments Research* 1: 7-33.
- Gilbert, J., and Priest, M. 1997. Models and discourse: A primary school science class visit to a museum. *Science Education* 81: 749-762.
- Griffin, J. 2004. Research on Students and Museums: Looking More Closely at the Students in School Groups. *Science Education* 88(Suppl. 1): 59-70.
- Griffin, J., and Symington, D. 1997. Moving from Task-Orientated to Learning-Orientated Strategies on School Excursions to Museums. *Science Education* 81: 763-779.
- Grolnick, W. S., and Ryan, R.M. 1989. Parent styles associated with children's self-regulation and competence in school. *Journal of Educational Psychology* 81: 143-154.
- Hepp, R. 1999. Lernen an Stationen im Physikunterricht. *Unterricht Physik* 10(51/52): 4(96)-98(100).
- Hofstein, A., and Lunetta, V.N. 2003. *The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century*.
- Hofstein, A., and Rosenfeld, S. 1996. Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. *Studies in Science Education* 28: 87-112.
- Hofstein, A., Nahum, T.L. and Shore, R. 2001. Assessment of the Learning Environment of the Inquiry-Type Laboratories in High School Chemistry. *Learning Environments Research* 4: 193-207.
- Killermann, W. 1998. Research into biology teaching methods. *Journal of Biological Education* 33(1): 4-10.
- Kisiel, J. F. 2003. Teachers, museums and worksheets: A closer look at a learning experience. *Journal of Science Teacher Education* 14(1): 3-21.
- Nundy, S. 2001. *Raising achievement through the environment: a case for fieldwork and field centres*. National Association of Field Studies Officers. Peterborough.
- Odom, A. L., and Kelly, P.V. 2001. Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students. *Science Education* 85: 615-635.
- Paris, S. G., Yambor, K.M., and Packard, B. 1998. Hands-on biology: A museum-school-university partnership for enhancing students' interest and learning in science. *The Elementary School Journal* 98(3): 267-289.

- Randler, C., and Bogner, F.X. 2002. Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *Educational Research* 36(4): 181-188.
- Ryan, R. M., Koestner, R. and Deci, E.L. 1991. Ego-Involved Persistence: When Free-Choice Behavior Is Not Intrinsically Motivated. *Motivation and Emotion* 15(3): 185-205.
- Schaal, S., and Bogner, F.X. 2005. Human visual perception - learning at workstations. *Journal of Biological Education* 40(1): 32-37.
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F.X., and Klautke, S. 2007. Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 35(1): 28-39.
- Settlage, J. 2000. Understanding the Learning Cycle: Influences on Abilities to Embrace the Approach by Preservice Elementary School Teachers. *Science Teacher Education* 84: 43-50.
- Sturm, H., and Bogner, F.X. 2007. Student-oriented versus teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, in press.
- Tal, R. T. 2001. Incorporating field trips as science learning environment enrichment - An interpretive study. *Learning Environments Research* 4: 25-49.
- Tran, L. U. 2006. Teaching Science in Museums: The Pedagogy and Goals of Museum Educators, *Science Learning in Everyday Life* (pp. 1-26).
- Wellington, J. 1990. Formal and informal learning in science: The role of the interactive science centres. *Physics Education* 25: 247-252.
- Wellington, J. 1991. Newspaper science, school science; friend or enemies? *International Journal of Science Education* 13(4): 363-372.
- Williams, G. C., and Deci, E.L. 1996. Internalization of biopsychosocial values by medical students: A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology* 70: 767-779.
- Wright, J. 1992. Reflections on Reflection. *Learning and Instruction* 2: 59-68.

Figure 1. *The procedure of the intervention***Table 1.** *In-group comparison of the knowledge scores (Wilcoxon-Test, asympt. sig., 2-tailed).*

	Pre-test vs. Post-test		Post-test vs. Retention-test		Pre-test vs. Retention-test	
	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
Control (<i>n</i> = 27)	-1.090	ns	-0.691	ns	-0.053	ns
G1 (<i>n</i> = 46)	-5.853	0.000	-2.583	0.010	-5.650	0.000
G2 (<i>n</i> = 117)	-8.118	0.000	-0.154	ns	-7.769	0.000

Figure 2. Knowledge test results

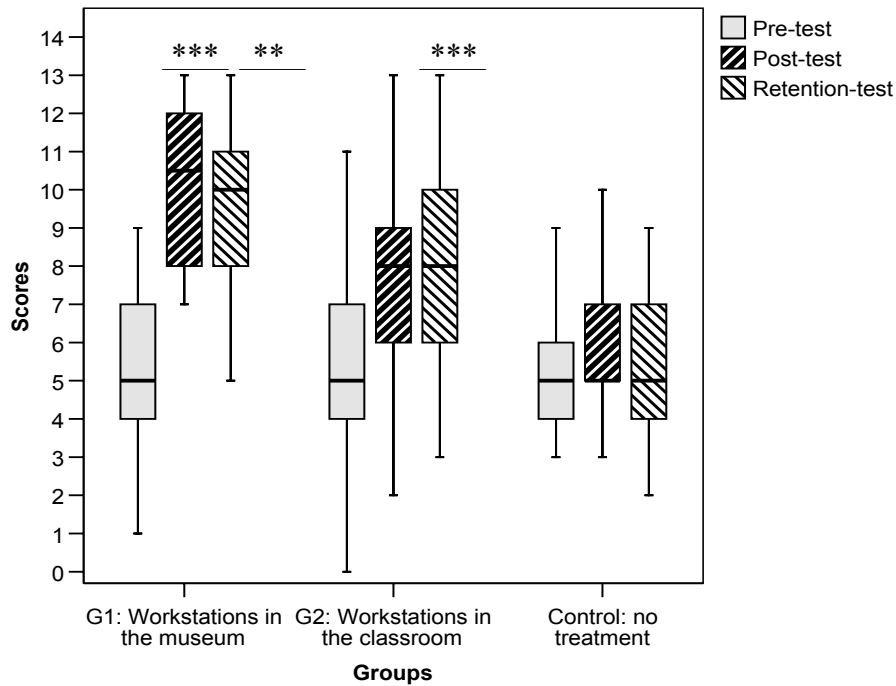
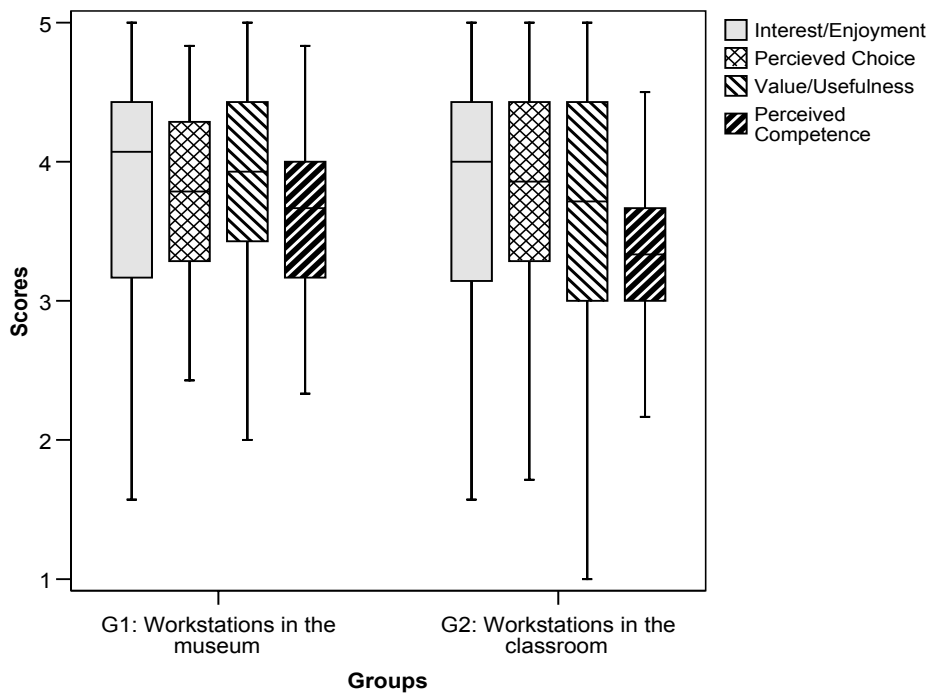


Figure 3. Subscales of the 'Intrinsic Motivation Inventory'



7.3 Teilarbeit C

C

Sturm, H., Sturm, G., & Bogner, F.X.

Track Model: A proposal of an interactive exhibit to learn aerodynamics.

The American Biology Teacher, **eingereicht**

Track Model: A proposal of an interactive exhibit to learn aerodynamics

¹Sturm Heike, ²Sturm Gerd & ¹Bogner Franz X.

¹University of Bayreuth, Institute of Biology Didactics, Centre of Math & Science Education
(Z-MNU), Universitätsstrasse 30, D-95440 Bayreuth, Germany;

²Graf-Münster-Gymnasium Bayreuth, Schützenplatz 12, 95444 Bayreuth, Germany;

E-Mail: heike.sturm@uni-bayreuth.de

Phone: ++49 921 552695

Fax: ++49 921 552696

The American Biology Teacher: Inquiry and Investigation

Track Model: A proposal of an interactive exhibit to learn aerodynamics

Abstract

Bird flight and lift in general is a complex subject which is also difficult to teach in a classroom. In order to support the teaching of this curriculum-based subject, an interactive exhibit to demonstrate aerodynamic aspects of objects has been developed, implemented and evaluated with 262 middle school students. The empirical evaluation comprised a semantic differential in order to test the affectivity of the model as well as workbook analyses in order to measure potential cognitive gains. Factor analyses of the semantic differential responses revealed two factors with high factor loadings and high consistency. Qualitative analyses of the workbooks showed that 67% of the students added cognitive knowledge by experimenting with the track model. Conclusions are drawn concerning the added value of the implementation of our track model in school.

Keywords: bird flight, hands-on experiment, biology education, science education, inquiry-based learning

Introduction

How do birds fly and why they do not drop down is a difficult to understand question in science education. Even university students of Physics often have difficulties to understand the physics of lift entirely (Anderson & Eberhardt, 2001). Thus, it might be even harder for school students to understand the bird flight and the phenomenon of lift which in general is a

challenge for any teaching approach. Only a few experiments are published which demonstrate some selected aspects of bird flight (*e.g.*, Gropengießer, 2001; Liebers, 2004) and which easily could be implemented in a classroom. More sophisticated experiments such as wind tunnels and other lift exhibits are only available in out-of-school settings like science centres or research laboratories; they are not easy accessible for school classes, for instance, due to availability, distances, time-frames of the school curricula and/or money resources. Hence, teachers often may only resort to "traditional demonstration-experiments" when teaching bird flight in classrooms. However, this limitation contradicts the demand for teaching science by inquiry in learner-centred environments with hands-on experimentation (Bybee, 2000; Hofstein & Lunetta, 2003; Hofstein & Rosenfeld, 1996). In an attempt to facilitate a teaching approach of the curriculum-based subject of birds and bird flight, we developed an educational unit based mainly on workstations (Sturm & Bogner, 2007). The interactive model focuses on a selected aspect of bird flight and lift in general by focusing on the aerodynamic resistance of different formed bodies.

All flying (and swimming) objects or animals commonly follow an aerodynamic feature. This precondition is needed to maximise propulsive forces (whether in air or in water) with a minimum of energy investment (Stöcker, 1994). Thus, aerodynamic aspects need appropriate consideration within teaching lessons about bird flight in Biology or the issue of lift in Physics. However, in the relevant literature we could not allocate any hands-on experiment dealing with aerodynamic features and allowing an appropriate and uncomplicated implementation in a school classroom setting. Therefore, we developed an interactive "track model" where students could investigate aerodynamic features of differently formed bodies in an hands-on approach. This present article describes the track model itself, its implementation and evaluation. Simultaneously, it monitors the cognitive

understanding of aerodynamic aspects as well as the involved affectivity and handsomeness when dealing with the track model.

Design and Methods

Construction of the "Track Model"

The exhibit consists of:

- an aluminium profile ($l = 164\text{cm}$)
- few railway tracks ($l = 124\text{cm}$) including two track stoppers
- a tape measure
- two tripods
- one hairdryer (front diameter = $5,5\text{cm}$)
- a small piece of coloured, adhesive tape
- four railway wagons
- four differently shaped wooden bodies
- flexible screw thread ($l \sim 1,5\text{m}$; diameter = 3mm) and 6-8 appropriate nuts
- small metal pieces

[Insert Figure 1 about here]

Conventional railway tracks with track stoppers on both ends were screwed on a longitudinal aluminium profile. A conventional tape measure was fixed on one side, starting with zero on the right side. The aluminium bar with the railway tracks above was fixed between two tripods (with a distance (d) of the tripods of 139cm from each other), showing a declination angle of $\alpha = 0.5^\circ$ ($h = 1,2\text{cm}$; $h/d = \tan\alpha$; Figure 1 and 2). A hairdryer was located as shown in Figure 1 (at the lower end of the aluminium profile, where the tape measure starts with zero). The upper end of the railway track was marked with a yellow tape indicating the

starting point of the wagon. Four different featured wooden bodies (Figure 1 shows three bodies, as A can be used differently with its both ends) were hooked to railway wagons: a hole of 3 millimetres was bored in each body and a flexible screw thread was turned in and curved. The other end of the screw thread was fixed with nuts in a railway wagon (only the basis of the wagon was used). It was taken specific care that all four screws did not differ in length, and the weight of the four objects (body + wagon = 135g) was equilibrated with metal pieces fixed on the wagons.

Theoretical background of the track model

A wagon on the declining track moves downwards to the positioned hairdryer. Acting forces can be split up in a downhill-slope force (F_h), a weight (G) and a normal force (F_n), whereas F_h equals $G \sin\alpha$ (α is the angle which encloses the inclined plane and the horizontal bases) (Figure 2).

[Insert Figure 2 about here]

The hairdryer's air stream simulating the oncoming air to a flying object or animal is supposed to be cone-shaped. Close to the hairdryer, the velocity (v) of the air stream is high; with increasing distance, the velocity of the air stream is decreasing. Starting at the yellow mark (upper point of the track, see Figure 1), a wagon and its fixed body moves down approaching the hairdryer. Firstly, the downhill-slope force F_h is increasing, but when approaching the hairdryer, the air velocity gets higher and amplifies the resistance force (F_w). At a specific point, the forces F_h and F_w become equal: the wagon stops. The resistance force (or drag) is defined through the following equation (Gerthsen & Vogel, 1993 [p. 112]):

$$F_w = \frac{1}{2} c_w \rho v^2 A$$

(F_w = resistance force (drag); c_w = drag coefficient; ρ = density of the air; v = velocity of the air stream; A = cross section surface).

All four different shaped objects have the same weight (G) and thus an identical downhill-slope force F_h is acting on them. Also, the cross-section surface A is the same for all bodies. The drag coefficient c_w is the varying parameter in our experiment. C_w depends on the feature of the front surface of an object. Table 1 details selected c_w values for different features (Stöcker, 1994).

[Insert Table 1 about here]

Aerodynamic shaped objects have lower c_w values than non-aerodynamic features do. Assigned on the above described equation, lower c_w values require a higher velocity to "fulfil" the equation given by a constant F_w (if $F_w = F_h$). The air velocity is increasing with a decreasing distance to the hairdryer. Thus, the closer an object approaches the hairdryer, the more aerodynamic is its feature, due to a lower c_w value. However, the objective of our hands-on experimenting with the track model is not to measure specific c_w values of different items and not to calculate any physical equations, but it is to record the distance of the bodies to the hairdryer when $F_w = F_h$. Thereby, a specific learning goal points to an understanding that aerodynamic features contribute more properly towards an economic flying situation than non-aerodynamic features do.

Content of student's experiments with the track model

Students were guided through the experiment by a worksheet included in the workbook for the individual workstations. Firstly, they had to hypothesise (task-1) and secondly, to reason (task-2) which one of the bodies on the table they assume to be the best for constructing an flying object. Thirdly, they had to test which of the flying objects (the bodies) would be best: The instruction was to put one wagon on the track at the side with the yellow mark. Before releasing the wagon, another student had to switch on the hairdryer. When the wagon has stopped, the students had to read off the appropriate value on the measure tape and record it

in the worksheet. All four different-shaped objects had to be tested analogous (task-3). The next task consisted of a group discussion of the results to list potential explanations for the different values in the workbook (task-4). Lastly, the students had to suggest a definition for an "aerodynamic form" (task-5). Thus, scientific learning challenge included to raise hypotheses and to reason them appropriately (task-1 and 2); to do hands-on experiments properly (task-3) as well as to discuss experimental results with the group (task-4 and 5).

Implementation and evaluation of the track model

The track model was one of eight workstations dealing with the subject of birds and bird flight (Sturm & Bogner, 2007). Altogether, 262 A-level 6th graders of eleven school classes participated in our study (average age was 12.5). Working together in groups of three to five students, each school class had about 90 minutes available in order to complete all eight workstations. The evaluation of the specific track model station comprised a semantic differential and qualitative analyses of a sub-sample of workbooks. A semantic differential (Osgood, Suci & Tenenbaum, 1957) which was implemented immediately after completing all workstations monitored the affectivity and usability of our exhibit from a students' point of view. The test itself consisted of eight opposing word pairs (important/not important; definite/not definite; interesting/not interesting; easy/difficult; easy to understand/difficult to understand; motivating/not motivating; essential/unimportant; useful/not useful) and was answered in a 5-score scale by considering the initial statement: "Experimenting with the track model was ...". The students' responses were recoded to "1" for the most negative nomination and to "5" for the most positive nomination. Statistic analyses were conducted with SPSS 14.0. Reliability analysis of the semantic differential showed a Cronbach's α of 0.82.

Additionally, the workbooks of 60 students (specifically the section for the track model) were analysed in order to test the usability and effectiveness of students' understanding of aerodynamic aspects. We only analysed a sub-sample of all participants since group-members often gave identical answers to questions in the workbook; hence, we singled out randomly one workbook per group. In task-1, one score was given when students named object "B" as the most suitable one, none for other assumptions. In task-3, the measured and recorded scores of the students' experiments varied throughout the trials, just because the angle of alpha was not identical in all assessment trials. This discrepancy reasons in different-sized classroom tables where the tripods could not be fixed exactly in a distance of 139cm. Therefore, task-3 was valued with one score when students recorded numbers in an ascending order of the objects: "B" and "A2" are the most aerodynamic objects and thus show lower numbers than "A1" and "C". The procedure of analysing task-2, 4 and 5 was first to find categories of answers for each task. All categories have then been predefined in "incorrect" or "correct" and encoded by letters. Subsequently, all 60 answers were classified by assigning the appropriate category code and were finally summarized (Mayring, 2003 [p. 74-76]). Objectivity of the assignment to the categories was tested by determining Cohen's kappa (Zöfel, 2002 [p. 167-169]); its score indicates the degree of congruence of nominal scaled data of two independent persons (Cohen, 1968 [p. 214]). For both persons, Cohen's kappa was 0.82. Kappa-coefficients above 0.7 indicate adequate objectivity and signals sufficient reliability (Lienert & Raatz, 1998 [p. 140]).

Results

A Principal Component Analyses (PCA) with varimax rotation based on all semantic differential responses extracted two factors with eigenvalues of 3.65 and 1.36 explaining 63% of variance. Factor-1 comprised five items (important [factor loading = .73]; interesting [fl =

.71]; motivating, [fl = .69]; essential [fl = .74]; useful [fl = .78]) and factor-2 included three items (definite [fl = .73]; easy [fl = .82]; easy to understand [fl = .89]). Figure 3 shows the specific mean scores of both factors labelled "efficacy" and "easiness". Obviously, students valued the track model very high, as "5" is the most positive rating on the scale.

[Insert Figure 3 about here]

Qualitative analyses of the workbooks revealed for task-1 that 45 out of 60 students quoted body "B" as best replica for constructing a flying object. Hence, 75% of the students indicated a correct assumption before conducting the experiment. They reasoned their assumption (task-2) with a "streamlined shape" ($n = 11$), or with "windschnittig" ($n = 7$), "aerodynamic" ($n = 4$), "low aerodynamic resistance" ($n = 11$), or with "similarities with birds or aeroplanes" ($n = 8$). These answer categories were predefined as correct answers.

Inadequate or incorrect answers belonged to the categories "propulsion because of the hole" ($n = 11$), "narrow / small / cone-shaped" ($n = 4$), and four answers could not assigned at all to any category. Thus, 68% of the students gave correct answers in task-2, whereof 65% of the students gave correct answers in both, tasks-1 and -2. Obviously, students already followed a certain concept of "aerodynamic" before conducting any experiment. Task-3 was the hands-on part of the "track model" workstation. A typical series of measurements: A1 = 63cm; A2 = 27cm; B = 0cm; C = 52cm was considered as correct sequences which was measured by 85% of the students. Nine students recorded an incorrect sequence, *e.g.*, A1 = 0cm; A2 = 94cm; B = 15cm; C = 122cm. In task-4, students had to discuss their results. 56 students explained their results correctly. For example, one student said: "A1 is retarded because of the concavity of the front side; A2 is streamlined, allowing the air passing sidewise; B is also streamlined; in C, aerodynamic resistance is huge due to its corners". In the following task-5, 46 students were able to give a correct definition of "aerodynamic", six students could not be

assigned to any category and eight students wrote down an explanation which was not incorrect, but considered to be incomplete (Table 2).

[Insert Table 2 about here]

To sum up, 28 of 60 students (47%) have correctly answered all five tasks of the track model workstation. Task-3, 4 and 5 was correctly answered by 40 students (67%) leaving 12 students (20%) with incorrect assumptions or explanations *before* conducting the experiment; nevertheless, the latter explained their results correctly and gave a definition of "aerodynamic" *after* the experiment. Hence, 20% of the students reached a new understanding by doing the experiment with the track model.

Discussion and conclusions

In analysing the affectivity of the model and its ability to demonstrate aerodynamic aspects we found in a semantic differential a clear splitting and assignment of all eight items into two factors with high consistent loadings. Furthermore, the students valued both factors very high, above the average mean of the scale. One factor ("easiness") consisted of the items "definite", "easy" and "easy to understand"; obviously, the students perceived the track model as easy, appropriate and clear to follow. The factor "efficacy" comprised, for example, "interesting" and "motivating", which are self-explanatory. Thus, our results may indicate a high affective component when using the track model. Although no control group – in a conventional sense – was included, we may rely on these results because of a high reliability coefficient of the semantic differential scale (Lienert & Raatz, 1998).

Workbook analyses of the students' experiments with the track model revealed that 67% of the students carried out the experiment and answered the subsequent questions in a correct way; and 20% of them definitely learnt by conducting the experiments. These

students indicated wrong assumption before conducting the experiment, but by experimenting with the track model, subsequent questions (task-4 and 5) were answered correctly. These results are very convincing. However, we presume that the percentage might even be increased by including a final wrapping-up discussion with the teacher. Some students misunderstood the track model in a way that just those objects are doing best which came to a halt a larger distance to the hairdryer. A short recapitulation and dialogue with the teacher might clarify and avoid those misunderstandings. Nevertheless, the results indicate the self-explanatory value of using our track model.

Some difficulties came up with the analyses of task-3 with regard to the huge variance within the recorded scores of the experiment. As reasoned above, the variance is due to logistic reasons. However, it is not necessary that all students measure exactly the same values, but that students drawing correct conclusions of their experiments. Therefore, the evaluation of task-3 is more a matter of the experiment's quality rather than the students' ability to measure or conduct the specific experiment. Hence, if the track model would be standardized, more students are expected to come up with identical values at all. Furthermore, the different sizes of the bodies could mislead students in the discussion of their results. Although the weight of the bodies was equalized with metal pieces, some students reasoned their results with the different sizes of the bodies. Following implementations of the track model should use bodies of equalized weight *and* sizes.

Even if the track model itself could be improved, we assume a great potential of its implementation in school. The model could be used in Biology and Physic lessons. It also might suit higher grade Physic students to determine c_w or F_w values. Constructing the model requires a small amount of time and just low money efforts which are ideal prerequisites of class projects. The model is easy to implement and demonstrative. Learning by inquiry is realized as well as students practice group-working: although the experiments could be done

by one student, it is much easier and more favourable to accomplish the experiments in a team. Hence, students learn basic issues of scientific research and working (Finn, Maxwell & Calver, 2002). Overall, hands-on and experimentation could increase motivation and interest in a subject (Sturm & Bogner, 2007), and thus, add to the individual learning process (Black & Deci, 2000). Nundy (2001) claims a mix of teaching and learning approaches, including hands-on and differentiated learning, to meet the needs of the whole class. Like school excursions, self-conducted experiments are a break in the school routine (Kisiel, 2003). The less formal atmosphere of laboratory activities (they define science laboratory activities as learning experiences in which students interact with materials and/or with models to observe and understand the natural world) could enhance constructive social relationships, positive attitudes and cognitive growth (Hofstein & Lunetta, 1982; Lazarowitz & Tamir, 1994). Based on our study, we conclude that any working with the track model may simultaneously address affective and cognitive components as well. In our view, it is worthwhile to integrate the track model in science curriculum and therefore invite educators to rebuild and apply the model.

References

- Anderson, D. F., & Eberhardt, S. (2001). *Understanding Flight* New York: McGraw-Hill.
- Black, A., & Deci, E. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry. A self-determination theory perspective. *Science Education*, 84, 740-756.
- Bybee, R. W. (2000). Teaching science by inquiry. *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, 20-46.
- Cohen, J. (1968). Weighted Kappa: Nominal Scale Agreement with Provision for Scaled Disagreement or Partial Credit. *Psychological Bulletin*, 70, 213-220.
- Finn, H., Maxwell, M. & Calver, M. (2002). Why does experimentation matter in teaching ecology? *Journal of Biological Education*, 36(4), 158-162.
- Gerthsen, C., & Vogel, H. (1993). *Physik* (17 ed.). Berlin: Springer-Verlag.
- Gropengießer, I. (2001). Vom Fliegen. *Unterricht Biologie*, 267.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2003). *The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century*.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the Gap between Formal and Informal Science Learning. *Studies in Science Education*, 28, 87-112.
- Kisiel, J. F. (2003). Teachers, museums and worksheets: A closer look at a learning experience. *Journal of Science Teacher Education*, 14(1), 3-21.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on Using Laboratory Instruction in Science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 94-128). New York: Macmillan Publishing Company.
- Liebers, K. (2004). *Vom Fliegen*. Berlin: Cornelsen.

- Lienert, G. A., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse* (8 ed.). Weinheim: Beltz-Verlag.
- Nundy, S. (2001). Raising achievement through the environment: a case for fieldwork and field centres. In *National Association of Field Studies Officers*. Peterborough.
- Osgood, C. F., Suci, G.J., & Tenenbaum, P.H. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana: Illinois: University of Illinois Press.
- Stöcker, H. (1994). *Taschenbuch der Physik* (2 ed.). Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch.
- Sturm, H., & Bogner, F.X. (2007). Student-oriented versus teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*. (in press)
- Zöfel, P. (2002). *Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*. München: Addison-Wesley Verlag.

Figures and Tables

Figure 1: Track model and differently shaped objects. Object A is concaved at one side (A1) and convexed on the other end (A2) which allows an double-usage for two directions.

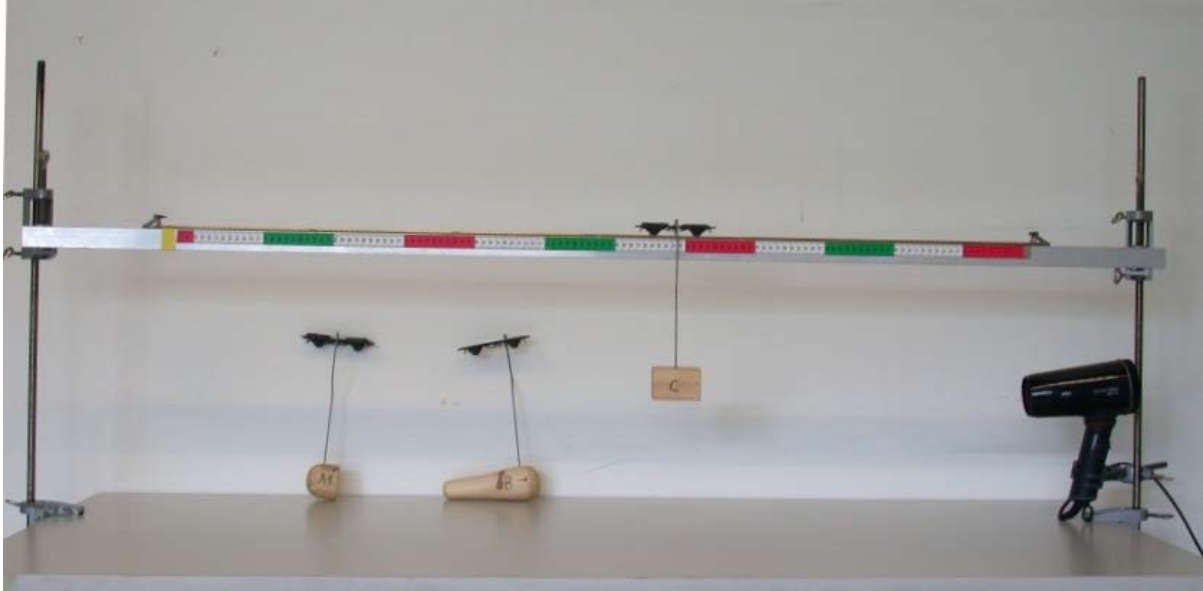


Figure 2: Schemata of the acting forces when an object moves down and approaches the hairdryer; the declination angle α is defined by: $h/d = \tan\alpha$ (α = declination angle, F_n = normal force, F_h = downhill-slope force, F_w = resistance force, G = weight of the object, v = velocity of the air stream).

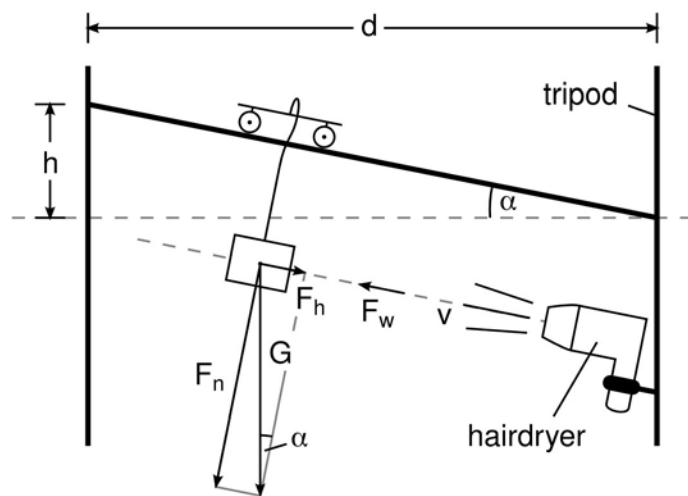


Table 1: Drag coefficients (c_w) for different featured surfaces (Stöcker, 1994); arrows indicate incoming air; four different shaped features are used in the track experiment.

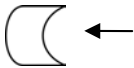


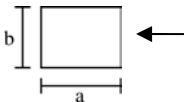
Feature	c_w
A1 	1.17
A2 	0.4
B 	l:d = 2 → 0.2 l:d = 5 → 0.06 l:d = 10 → 0.083 l:d = 20 → 0.094
C 	a:b = 1 → 1.1 a:b = 4 → 1.19 a:b = 10 → 1.29 a:b = 18 → 1.4

Figure 3: A factor analysis of the semantic differential extracted two factors: "efficacy" (5 items) and "easiness" (3 items); "5" means the most positive rating;

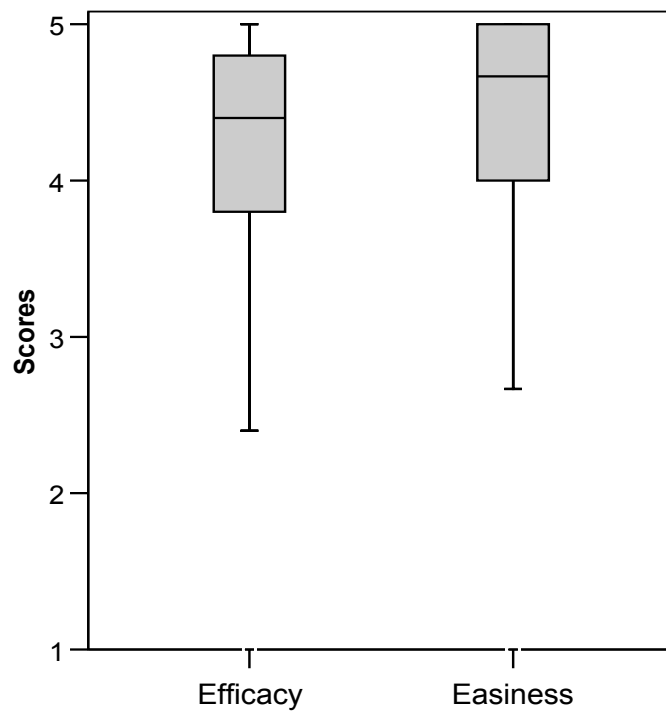
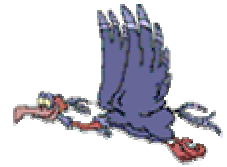


Table 2: Correct answers of the track models' tasks.

N = 60	Students with correct answers	
	n	%
Task-1	45	75
Task-2	41	68
Task-3	51	85
Task-4	56	93
Task-5	46	77

8 Anhang

8.1 Arbeitsheft zu den Lernstationen



Vögel

und ihre Fähigkeit zu Fliegen



Dieses Arbeitsheft gehört:



Erklärungen

Dieses Arbeitsheft wird Dich in der folgenden Unterrichtseinheit begleiten. Du findest zu jeder Station entsprechende Aufgaben, die Du zusammen mit Deiner Gruppe lösen darfst. Du darfst dabei gerne mit Deiner Gruppe über die Aufgaben, Beobachtungen und Ergebnisse diskutieren!

Die folgenden Symbole sollen Dir helfen:



= Beobachten



= Deine Vermutung / Hypothese, zu einem Versuch



= Versuch / Experiment



= Erkläre Deine Beobachtung oder Deine Vermutung



= "Schlauer Uhu": Falls Du nicht mehr weiter weißt, findest Du zu dieser Aufgabe eine Hilfestellung, bzw. eine mögliche Lösung auf dem Informationstisch!



→ Bitte mache einen Kringel um den schlauen Uhu, wenn Du bei der entsprechenden Aufgabe den schlauen Uhu verwendet hast!

Noch drei Hinweise:

- Die Reihenfolge, in der Du die **roten** Stationen bearbeitest, darfst Du frei wählen!
- **Blau** gekennzeichnete Stationen sind freiwillig: Du kannst sie bearbeiten, wenn noch genügend Zeit übrig ist!
- Auf der letzten Seite dieses Heftes hast Du Platz für Deine Notizen. Hier kannst Du Begriffe, Erklärungen oder alles notieren / zeichnen, was Du möchtest!

Wie Du sicherlich weißt, geht es hier um eine wissenschaftliche Untersuchung. Wir bitten Dich daher, auch in diesem Arbeitsheft Deinen persönlichen Code anzugeben. Die Hefte werden später kurz eingesammelt aber nicht bewertet! Uns interessiert nur, ob die Stationen noch verbessert werden können. Du bekommst dein Heft wieder!

➤ Heutiges Datum: _____

➤ Deinen Geburtsmonat (in Zahlen):

➤ Dein Geburtsjahr:

➤
⏟

1. und 2. Buchstabe des
Vornamens Deiner Mutter

➤ Dein Geschlecht: weiblich männlich

Jetzt geht's los!
Viel Spaß!

Station A: Flügelprofile im Vergleich und Postkartenversuch



1. Betrachte die Abbildung mit den verschiedenen Flügelquerschnitten. Beschreibe mit einigen Worten, was alle vier Flügelprofile gemeinsam haben!



2. Notiere deine Vermutung, welche Bedeutung diese Gemeinsamkeiten wohl für den Vogelflug haben könnten!





Hier kannst du die Flügelprofile einkleben und mit den entsprechenden Vogelnamen beschriften:

V

3. Nimm eine Postkarte und halte sie waagrecht mit zwei Händen (siehe Abbildung). Puste kräftig auf die Kante!



4. Streife nun die Postkarte über die Tischkante, so dass sie sich biegt (siehe Beispiel auf dem Tisch). Bevor du bläst, stelle eine Hypothese (Vermutung) auf, was passiert, wenn du diese gebogene Karte anbläst!



5. Blase auf die Kante, so wie im vorherigen Versuch!



6. Überlege dir, was der Postkartenversuch und die Betrachtung der Flügelprofile miteinander zu tun haben!



Station B: Flügelmodell

An dieser Station darfst du Versuche mit dem Flügelmodell machen.
In dem Flügelmodell sind Röhren eingebaut, in denen sich Bälle befinden. Benutze einen Handfön, um einen Luftstrom zu erzeugen.

1. Bevor du mit deinen Experimenten beginnst, notiere zunächst deine Vermutungen, was passiert:



V

2. Jetzt darfst du experimentieren!

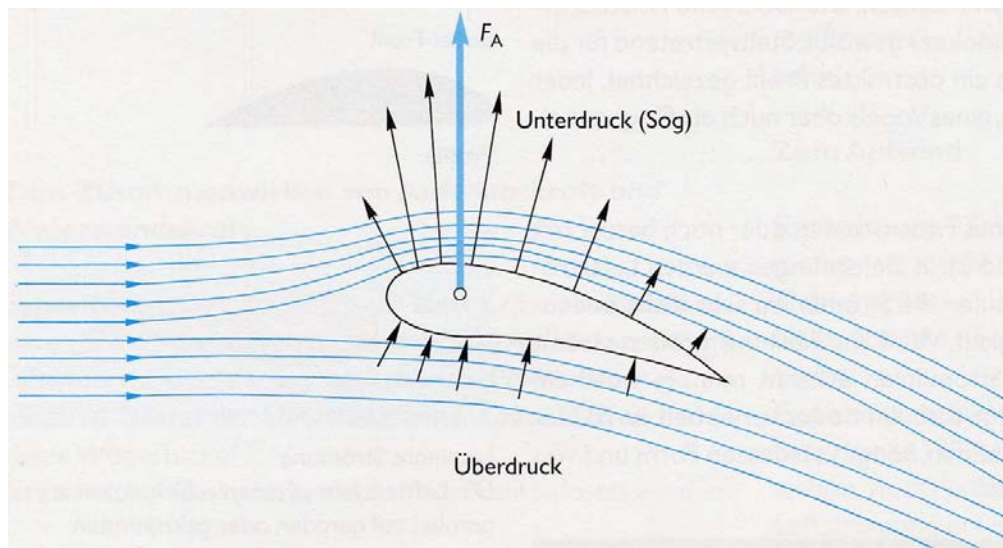


3. Erklärungen:





Als kleine Hilfestellung kannst du die folgende Abbildung und die Erläuterungen dazu heranziehen:



Hier siehst du einen Flügelquerschnitt, der von Luftströmungen umgeben ist (blaue Linien). Die Flügeloberseite ist nach oben gewölbt (konvex), die Flügelunterseite etwas "eingedellt" (konkav). In der Luftströmung oberhalb des Profils herrscht ein **Unterdruck**, der auch als **Sog** bezeichnet wird. In der Luftströmung unterhalb des Flügels besteht ein **Überdruck**. Der **Sog auf der Flügeloberseite** und der **Überdruck auf der Flügelunterseite** bewirken einen **Auftrieb** des Flügels, so dass sich ein Vogel in der Luft halten kann.

Station C: Verschiedene Flugobjekte testen

Stelle dir vor, du sollst ein ganz neues Fluggerät herstellen. Einer der Gegenstände soll als Flugkörper dienen.

1. Was vermutest du: Welche Form würde sich am besten eignen?



Form

Begründung:



V

2. Teste nun mit einem Fön, welches Flugobjekt sich gut eignen könnte! Setze dazu einen der Gegenstände (bzw. den Wagen) auf die Schiene und schiebe ihn bis zur gelben Markierung. Halte ihn noch fest! Eines deiner Gruppenmitglieder schaltet den Fön an. Lasse nun den Wagen los. Wie weit nähert sich der Gegenstand dem Fön?

(Notiere die Zahl, bei der der Gegenstand sich nicht weiter bewegt; teste alle Objekte auf die gleiche Weise)

Gegenstand ... nähert sich bis auf... cm dem Fön:

	→	cm
--	---	----

	→	cm
--	---	----

	→	cm
--	---	----

	→	cm
--	---	----

Überlegt euch gemeinsam in eurer Gruppe, welche möglichen Erklärungen es für die unterschiedlichen Zahlen gibt!

Notiert eure Überlegungen:





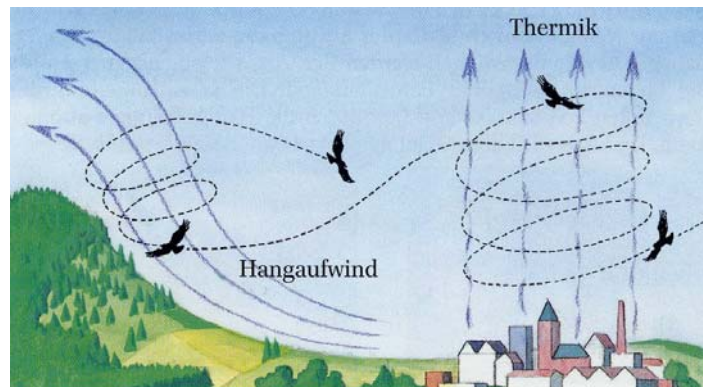
3. Notiere deine Vermutung, was man unter einer "aerodynamischen Form" versteht!





Station D: Der Segelflug

Neben dem Ruderflug, der aktiven Form des Fliegens, bewegen sich viele Vögel auch auf eine passive Art fort. Sie nutzen dabei natürliche Winde als Auftrieb. Der Segelflug ist eine sehr energiesparende Fortbewegungsweise, da der Vogel dabei kaum mit den Flügeln schlagen muss. Jedoch ist der Segelflug nicht immer möglich: Bestimmte Voraussetzungen müssen gegeben sein!



V

1. Lasse eine Daune durch das Glasrohr fallen! (Die Kerze ist noch nicht angezündet)



2. Zünde die Kerze an. Lasse nun eine Daune durch das Glasrohr fallen!



3. Versuche, das Ergebnis zu erklären:





Station E: Pass für einen Vogel

1. Im Museum findest du verschiedene ausgestopfte Vögel. Stelle dir vor, einer dieser Vögel benötigt einen Pass. Hilf ihm, indem du seine persönliche Erkennungsmarke anfertigst! (Du kannst ihn mit Worten beschreiben und / oder malen!)



2. Lasse deine Gruppenmitglieder raten, welchen Vogel du ausgesucht hast!

Name des Vogels: _____

Station F: Die Vogelfeder

V

1. Wiege eine Feder auf einer Waage

Ergebnis: _____ g

2. Lege die Feder auf ein Blatt Papier. Zeichne die Kontur nach, schneide die Kontur aus und bestimme das Gewicht.

Ergebnis: _____ g

3. Vergleiche die beiden Messergebnisse.

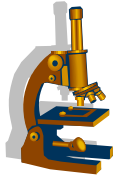
4. Schneide mit einer Schere den Federschaft der Fahne und die Spule quer durch.



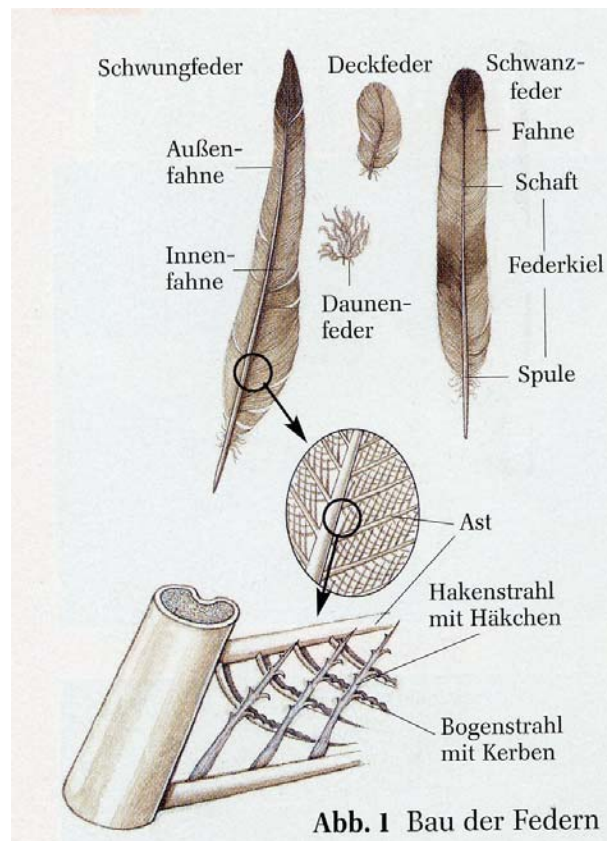
Beschreibe die Eigenschaft der Vogelfeder, die du durch dieses Experiment erkennen kannst:







5. Unter dem Mikroskop befindet sich eine Feder. Betrachte die Feder und versuche sie abzuzeichnen. Du kannst dabei die Abbildung (unten) zu Hilfe nehmen:



Station G: *Flugfähigkeit eines Papierflugzeuges testen*

V *Bastle einen Papierflieger (nach deiner Wahl).*

1. Lasse den Flieger ohne Schwung einfach aus Deiner Hand fallen!



2. Wirf den Papierflieger mit Schwung.

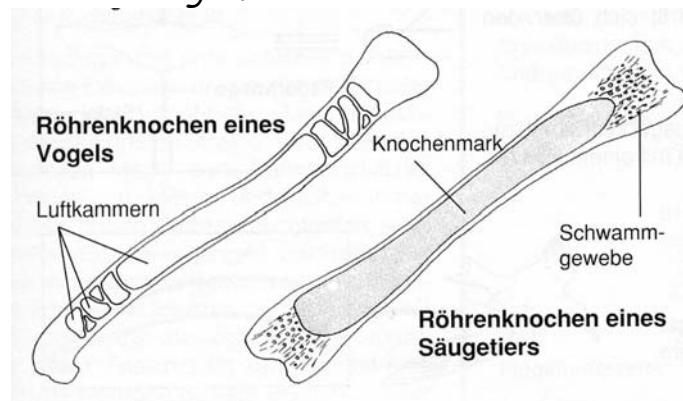


*Das Papierflugzeug fliegt _____, wenn man es anstößt. Genau wie
Papierflieger brauchen auch Vögel einen _____, um Fliegen zu
können.*



Station H: Vergleich eines Vogelknochens mit einem Säugetierknochen

Um Fliegen zu können, müssen Vögel leicht sein.
Vergleiche die beiden Abbildungen.



1. Welche Unterschiede im Aufbau eines Vogelknochens und eines Säugetierknochens kannst du erkennen?

2. Welche Auswirkungen hat dies?





Quizfrage:

Vergleiche einen Pinguin mit einem anderen Vogel (hier: Specht)!



Buntspecht / Great Spotted Woodpecker (Picoides major) Rossen (27.01.2004)

1. Was hat ein Pinguin mit anderen Vögeln gemeinsam?



2. Was unterscheidet ihn von anderen Vögeln?





Notizen

8.2 Die Lernstationen im Einzelnen

Station A: Flügelprofile im Vergleich und Postkartenversuch

Feinziel A1: Die Schüler sollen die zwei grundlegenden Gemeinsamkeiten im Querschnitt aller Vogelflügel erkennen und benennen können (Wölbung und Flügel nach hinten hin schmal zulaufend).

Feinziel A2: Die Schüler sollen im "Postkartenversuch" (Anpusten einer gebogenen und einer geraden Postkarte) experimentell sehen, dass die gebogene Karte nach oben gezogen wird, und daraus schlussfolgern, dass die Wölbung für den Auftrieb wichtig ist.

Die Idee, verschiedene Flügelprofile vergleichen zu lassen, kam während der Recherche nach geeigneten Inhalten für die Lernstationen. In vielen Schulbüchern werden als Einstieg zum Thema Vogelflug verschiedene Profile von Vögeln gezeigt. Die verwendete Abbildung stammt aus dem Buch "Ornithologie" von Einhard Bezzel und Roland Prinzinger (1990, S. 45). Der Postkartenversuch wird in vielen Schulbüchern beschrieben, unter anderem auch in "Unterricht Biologie" (Heft 178, Oktober 1992).

Weitere Materialien:

- 3 Scheren
- 2 Klebstifte
- Mehrere Kopien der Flügelprofile
- Postkarten

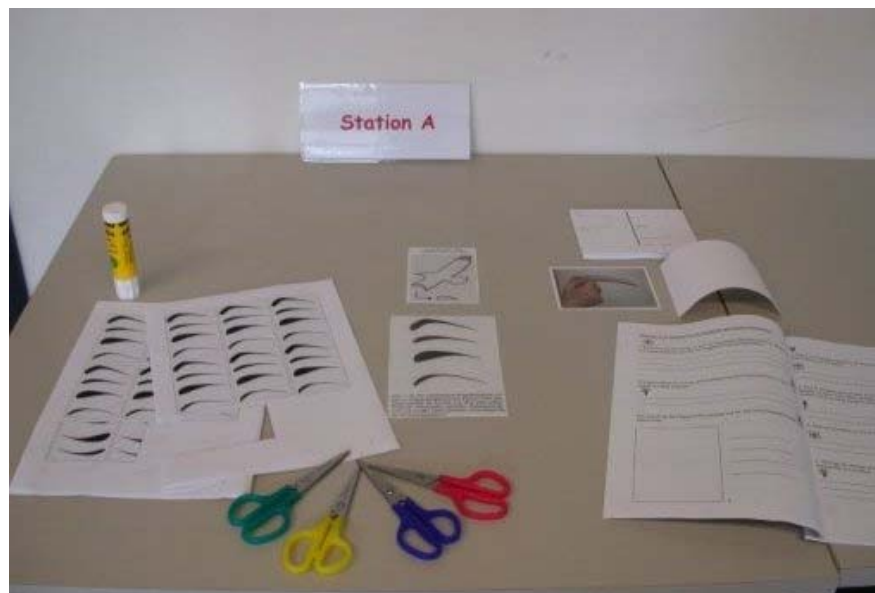


Bild A: Flügelprofile im Vergleich und Postkartenversuch (Station A)

Station B: Flügelmodell

Feinziel B1: Die Schüler sollen experimentell erfahren, dass ein Auftrieb (hochfliegen der Bälle im Flügelmodell) nur unter bestimmten Voraussetzungen stattfinden kann.

Feinziel B2: Die Schüler sollen die Ursachen für den Auftrieb nennen können (Sog/Unterdruck und Überdruck).

Das Flügelmodell wurde in unserem Auftrag vom Naturkundemuseum Regensburg nach einer Vorlage in Bristol (Science Center "@Bristol") nachgebaut. Das Modell in Bristol war Teil einer Evaluation innerhalb des EU-Projekts "CONNECT".

Weitere Materialien:

- 3 Haartrockner
- Steckdose; Strom



Bild B: Flügelmodell (Station B)

Station C: Verschiedene Flugobjekte testen

Feinziel C: Die Schüler erfahren im Experiment, dass eine aerodynamische Form am wenigsten Widerstand bietet.

Das Modell und das Experiment existierten bisher noch nicht. Die Idee dazu stammt von Gerd Sturm und mir. Das Modell wurde von uns konstruiert und gebaut. Alle verwendeten Materialien sind in herkömmlichen Geschäften erhältlich (Materialliste s. Publikation C).

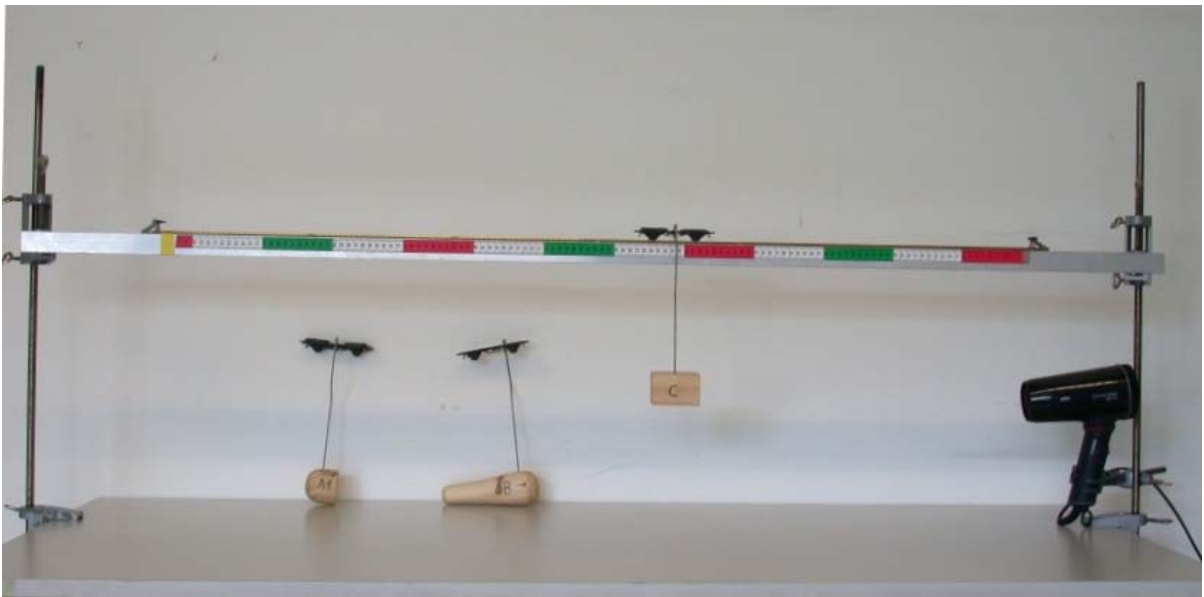


Bild C: Schienenversuch (Station C)

Station D: Der Segelflug

Feinziel D1: Die Schüler beobachten im Experiment, dass warme Luft aufsteigt

Feinziel D2: Sie können zwei Arten von Aufwinden nennen (Thermik und Hangaufwind)

Der Versuch wurde nach einer Vorlage aus "Unterricht Biologie" (Heft 178, Oktober 1992) leicht abgeändert. Die Abbildung der thermischen Aufwinde entstammt dem Schulbuch "Ikarus: Natur und Technik", Schwerpunkt Biologie 5/6 (Oldenburg-Verlag, 2005).

Materialien:

- Stativ
- Glasrohr
- Kerze
- Streichhölzer
- Daunenfeder



Bild D: Der Segelflug (Station D)

Station E: Pass für einen Vogel

Feinziel E: Die Schüler sollen die Fähigkeit der genauen Betrachtung und Beschreibung eines Objektes anhand des Stopfpräparates eines Vogels üben. Sie sollen das Aussehen ihres ausgewählten Vogels beschreiben können.

Keine der vorherigen Stationen bezieht Stopfpräparate mit ein. So entstand die Idee zu dieser eher spielerischen Station aus der "Notwendigkeit" heraus, wenigstens eine Station mit "echten" Vögeln zu gestalten.

Materialien:

- 3-5 Stopfpräparate
- Buntstifte



Bild E: Stopfpräparate (Station E)

Station F: Die Vogelfeder

Feinziel F1: Die Schüler sollen die Leichtbauweise einer Feder experimentell erkennen und beschreiben können.

Feinziel F2: Die Schüler sollen den Feinbau einer Feder unter dem Mikroskop erkennen.

Der Versuch wurde weitgehend unverändert aus "Unterricht Biologie" (Heft 178, Oktober 1992) übernommen. Das Mikroskopieren einer Feder, um deren Feinbau zu erkennen, ist in Schulbüchern weit verbreitet. Die Abbildung des Feinbaus einer Feder entstammt dem Schulbuch "Ikarus: Natur und Technik, Schwerpunkt Biologie 5/6 (Oldenburg-Verlag, 2005).

Materialien:

- Federn
- Papier (160g, oder dünnen Pappkarton verwenden)
- Schere
- Waage
- Mikroskop



Bild F: Untersuchung einer Vogelfeder (Station F)

Station G: Flugfähigkeit eines Papierflugzeuges testen

Feinziel G: Die Schüler sollen die zum Fliegen grundsätzlich notwendige Luftströmung identifizieren können.

Der Versuch wird in ähnlicher Form in "Unterricht Biologie" (Heft 178, Oktober 1992) dargestellt.

Materialien:

- Papier
- Anleitung zur Herstellung eines Papierfliegers

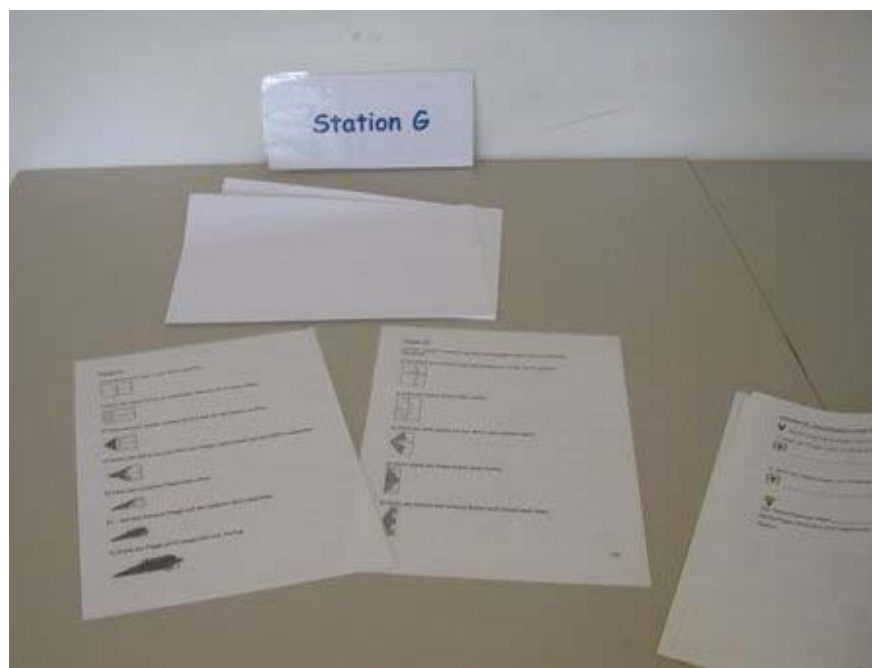


Bild G: Flugzeugtest (Station G)

Station H: Vergleich eines Vogelknochens mit einem Säugetierknochen

Feinziel H: Die Schüler sollen den Unterschied zwischen dem Aufbau eines Säugetierknochens und dem eines Vogelknochens, sowie dessen Vorteil für das Fliegen nennen können.

Der Idee des Vergleichs beider Knochen und die Abbildung sind dem Heft "Unterricht Biologie" (Heft 178, Oktober 1992) entnommen.

Materialien:

- Säugetierknochen (Kaninchen)
- Vogelknochen (Brathähnchen)
- Petrischale zur Aufbewahrung



Bild H: Vogel- und Säugetierknochen im Vergleich (Station H)

8.3 Bilder des Stationenlernens

Alle Bilder wurden im Naturkundemuseum Lindenhof (nahe bei Bayreuth) aufgenommen.



8.4 Informationsheft "Schlauer Uhu"

Der schlaue Uhu

Hilfestellungen und zusätzliche Informationen



Station A: Flügelprofile im Vergleich und Postkartenversuch

So kannst du dir einen Querschnitt eines Vogelflügels vorstellen:

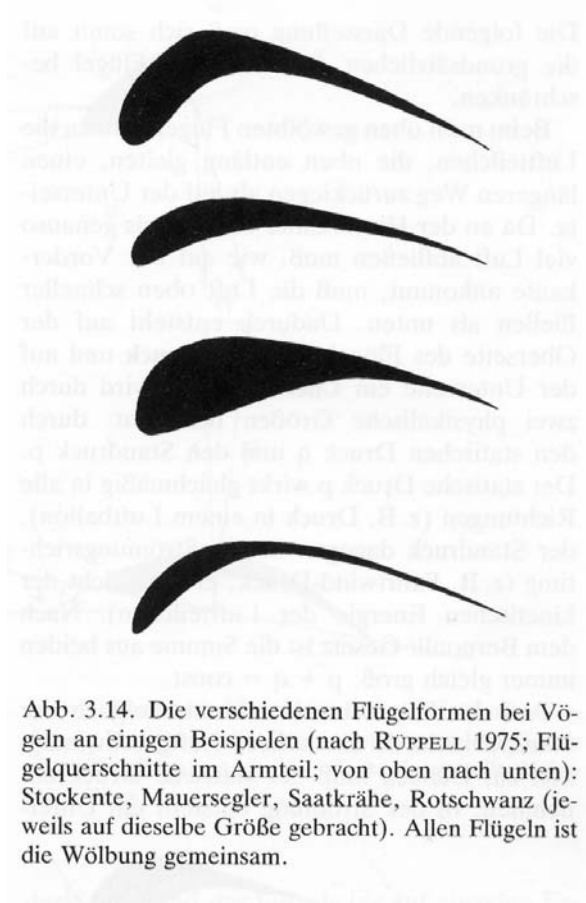
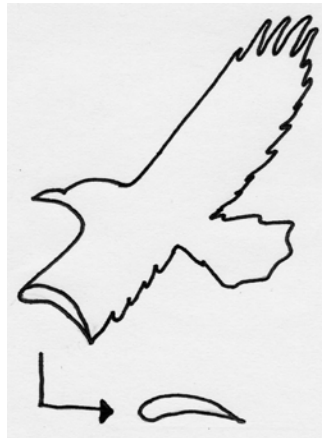


Abb. 3.14. Die verschiedenen Flügelformen bei Vögeln an einigen Beispielen (nach RÜPELL 1975; Flügelquerschnitte im Armteil; von oben nach unten): Stockente, Mauersegler, Saatkrähe, Rotschwanz (jeweils auf dieselbe Größe gebracht). Allen Flügeln ist die Wölbung gemeinsam.

Diese Abbildung zeigt Querschnitte durch Flügel von verschiedenen Vögeln.

Alle Flügel zeigen eine nach **oben gewölbte Form** und sind nach hinten hin **schmal zulaufend**. Man bezeichnet diese Form als "**aerodynamisch**", da sie der anströmenden Luft wenig Widerstand bietet und den zum Fliegen nötigen Auftrieb ermöglicht.

Die Flügel jeder Vogelart sind genau für ihren jeweiligen Lebensraum und ihr Flugverhalten zugeschnitten.

Auch die Tragflächen von Flugzeugen sind an der Vorderkante gewölbt und werden nach hinten hin schmaler.



Man kann die Sogwirkung an gewölbten Oberflächen im "Postkartenversuch" zeigen:

Die gewölbte Postkarte stellt das Flügelprofil eines Vogels dar. Bläst man die Postkarte an, so wird sie nach oben gezogen. Ursache ist ein **Unterdruck** auf der Oberseite der Postkarte. Bläst man hingegen über eine "gerade" (nicht gewölbte Karte), so bewegt sie sich kaum.

Dieser Versuch zeigt, dass die charakteristische Form der Flügel wichtig ist, um Fliegen zu können.

Station B: Flügelmodell

Warum bewegen sich die Bälle und was hat das mit dem Fliegen zu tun?



Der Fön erzeugt einen Luftstrom, der den "Fahrtwind" beim Fliegen eines Vogels imitiert. Nun passiert das gleiche Prinzip wie beim fliegenden Vogel: Der Luftstrom erzeugt einen **Sog** (= **Unterdruck**) auf der Flügeloberseite, so dass die Bälle in den Röhren nach oben gesogen werden.

Würde man das Flügelmodell mit einer großen Luftturbine anblasen, so könnte man alle Bälle gleichzeitig hochfliegen lassen!

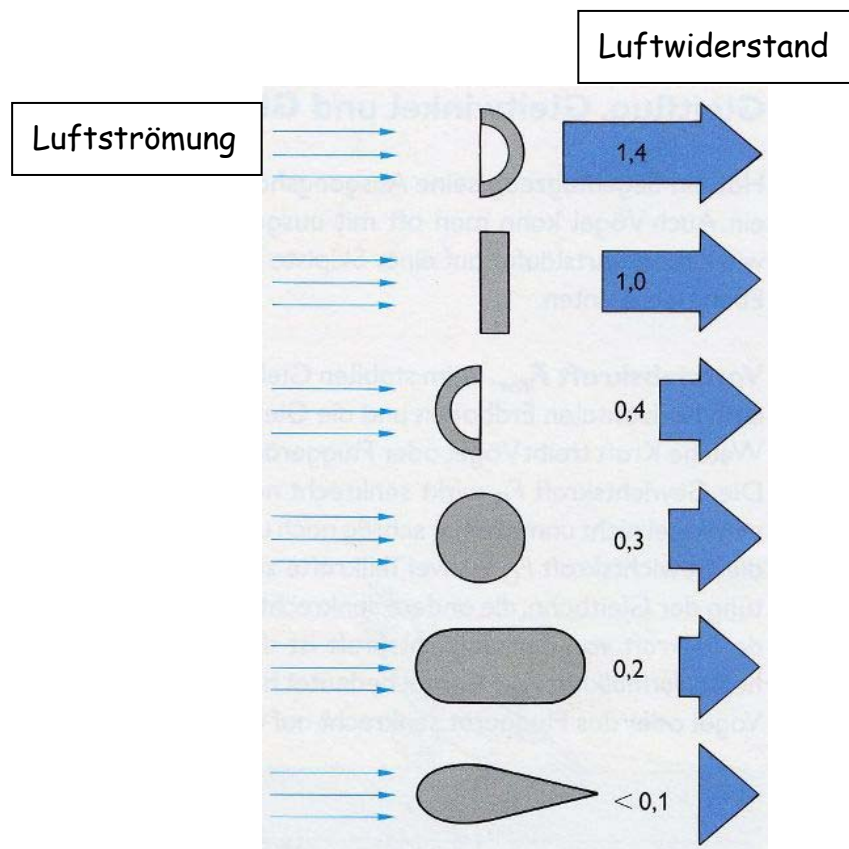
(Hinweis:

Die Folie hat den Zweck, den Luftstrom des Föns komplett zu nutzen. Ohne die Folie reicht die erzeugte Luftströmung nicht aus, um die Bälle zu bewegen!)

Station C: Verschiedene Flugobjekte testen

Luftwiderstand

Du kannst den Luftwiderstand spüren, wenn du während einer Autofahrt die Hand aus dem Fenster streckst! Zeigt die offene Handfläche in Fahrtrichtung, so spürst du einen starken Fahrtwind. Hältst du die Hand flach, so bietet sie kaum Widerstand - du musst kaum Kraft aufwenden, um gegen den Fahrtwind anzukommen.



Dieses Bild zeigt verschiedene "Flugkörper", die alle von einer gleich starken Luftströmung (blaue Pfeile) angeblasen werden. Die Zahlen und dicken blauen Pfeile (rechts) geben an, wie groß der Luftwiderstand ist.

"Aerodynamisch" geformte Flugkörper (letzter Flugkörper in der Abbildung) können bei gleicher Luftströmung schneller fliegen als z.B. ein eckiger Flugkörper, da sie der Luft kaum Widerstand bieten.

Oder hast du schon ein eckiges Flugzeug gesehen? 😊

Station D: Der Segelflug

Der Segelflug ist eine passive Art des Fliegens, bei der Vögel nur wenig Kraft aufwenden müssen. Sie nutzen natürliche Winde, um sich in der Luft zu halten oder sogar um höher aufzusteigen.

Du hast sicher schon einmal einen kreisenden Greifvogel gesehen?

Wie funktioniert das?

Äcker und großflächig bebaute Gebiete (Dörfer) heizen sich durch die Sonneneinstrahlung im Laufe des Tages auf. Die Wärme wird auf die umgebende Luft übertragen. Die erwärmten "Luftpakete" steigen wie große Seifenblasen auf. Diesen Vorgang bezeichnet man als **Thermik**.

Sonnenbeschienene Felsen und Hänge oder ein reifes Weizenfeld erwärmen sich schneller als eine Wiese oder ein Wald.

Neben der Thermik gibt es noch **Hangaufwinde**.

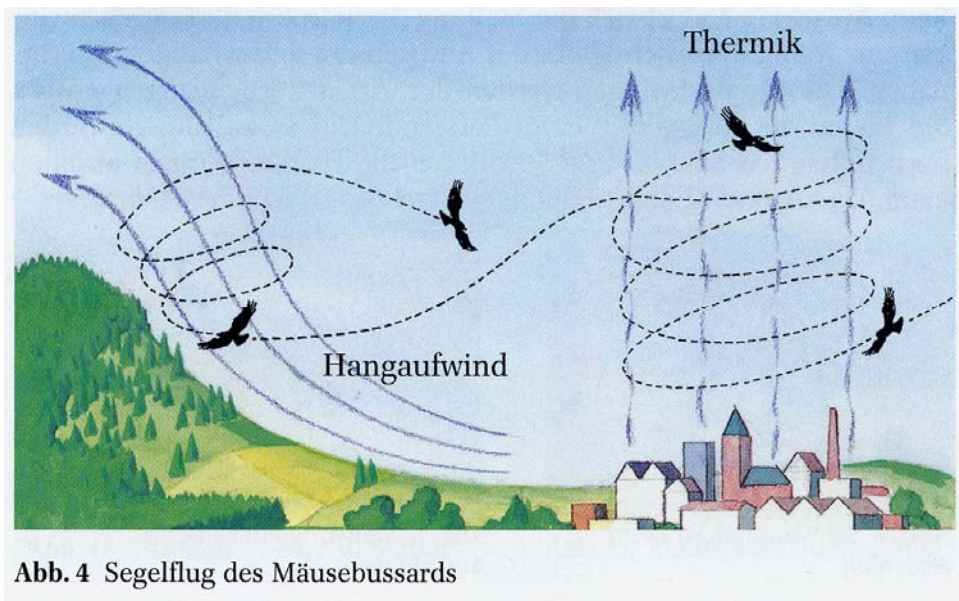
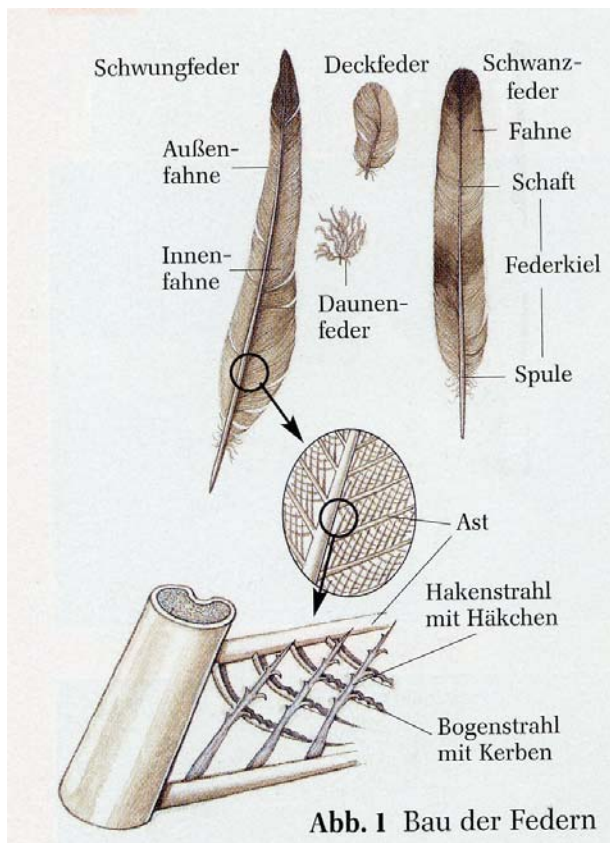


Abb. 4 Segelflug des Mäusebussards

Exkurs: Der Ruderflug (= Schlagflug)

Wenn keine natürliche Luftströmung vorhanden ist, so müssen Vögel aktiv Luftströmung erzeugen, indem sie mit den Flügeln schlagen.

Station F: Die Vogelfeder



Das Federkleid der Vögel ist eine der Anpassungen an den Lebensraum Luft. Federn sind für Vögel eine Voraussetzung zum Fliegen. Vögel müssen aber auch leicht gebaut sein, um fliegen zu können. Schneidet man den Schaft einer Spule durch, so erkennt man, dass die Feder innen hohl, bzw. luftgefüllt ist.

Exkurs:

"Leicht wie Luft" - Die Leichtbauweise der Vögel

Das Gewicht der Vögel ist im Vergleich zu anderen gleichgroßen Wirbeltieren reduziert, da ...

- ... Federn und Knochen luftgefüllt sind
- ... Vögel keine Zähne haben
- ... weibliche Vögel nur einen Eierstock haben
- ... die Luftsäcke einen großen Teil des Körpers durchziehen
- ... die Verdauungsorgane sehr "kurz" sind
- ... statt einer Blase besitzen Vögel eine Kloake



Aber **Flugzeuge** sehen doch so schwer aus?



Auch für den Bau von Flugzeugen werden sehr leichte Materialien verwendet. Es wird darauf geachtet, dass kein unnötiger Ballast mit eingebaut oder transportiert wird!

Station G: Flugfähigkeit eines Papierflugzeuges testen

Dieser Versuch soll dir zeigen, dass zum Fliegen eine **Luftströmung** notwendig ist.



Nun kannst du einwenden, dass Vögel ja auch bei Windstille fliegen können und nicht einfach vom Himmel fallen.

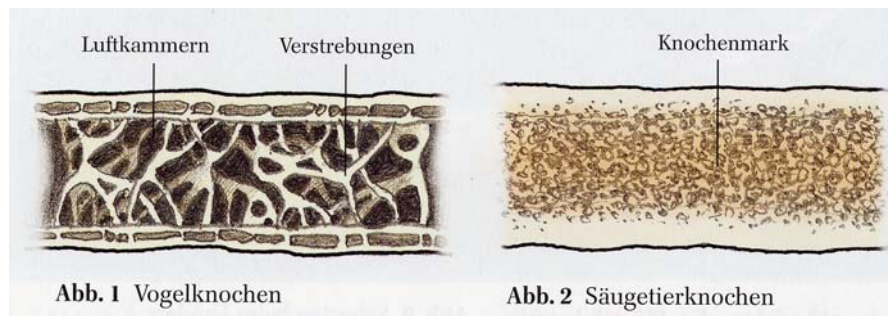


Vögel können "ihre" Luftströmung selbst erzeugen, indem sie mit den flügeln schlagen!

→ Aktives Fliegen = Ruderflug (Schlagflug)

Das Papierflugzeug fliegt weiter, wenn man es anstößt. Genau wie Papierflieger brauchen auch Vögel einen Luftstrom, um Fliegen zu können.

Station H: Vergleich eines Vogelknochens mit einem Säugetierknochen

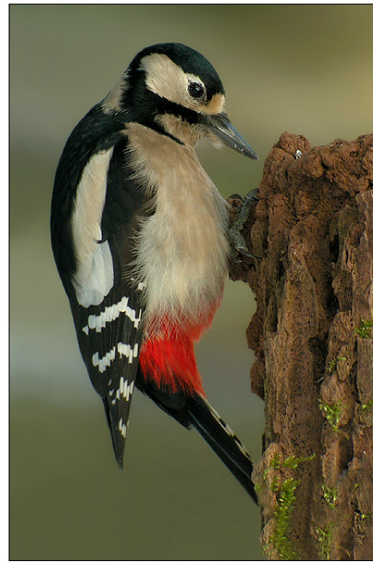


Die Knochen der Vögel sind nicht mit Knochenmark gefüllt, sondern bestehen hauptsächlich aus Luftkammern. Verstrebungen stabilisieren die Knochenwände. Diese besondere Bauweise der Knochen dient der Gewichtsreduzierung, so dass der Vogel weniger Energie zum Fliegen benötigt.

Exkurs:

Hunde sollten keine Vogelknochen zu fressen bekommen! Spitze Splitter der Knochen können leicht im Hals stecken bleiben und Verletzungen hervorrufen!

Quizfrage: Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen einem Pinguin und einem anderen Vogel (z.B. einem Buntspecht)



Buntspecht / Great Spotted Woodpecker (Picoides major) Rossen (27.01.2004)

Wie alle Vögel so haben auch Pinguine ein Federkleid, einen Schnabel ohne Zähne, nur einen Eierstock, luftgefüllte Knochen;
Allerdings können Pinguine nicht mehr fliegen: ihre Flügel dienen als Schwimfflossen, mit denen sie sich im Wasser sehr flink und wendig fortbewegen. Vor langer Zeit konnten aber auch Pinguine fliegen. Im Laufe der Evolution hat sich jedoch ihre Flugfähigkeit zurückgebildet.

8.5 Wissenstest

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Vielen Dank, dass Du an diesem Test teilnimmst! Du kannst uns damit sehr helfen.

Bearbeite bitte den Test alleine. Der Test wird nicht benotet!
Dein Name bleibt geheim.

Bevor Du mit der Bearbeitung der Testaufgaben beginnst, fülle bitte diese Seite aus!

➤ Klasse:

➤ Deinen Geburtsmonat (in Zahlen):

➤ Dein Geburtsjahr:

➤
└──────────┘

1. und 2. Buchstabe des
Vornamens Deiner Mutter

➤ Dein Geschlecht: weiblich männlich

Hinweise:

- Bei manchen Aufgaben sind bereits mehrere Antworten vorgegeben. Nur eine ist richtig. Kreuze diejenige an, von der du meinst, dass sie richtig ist! Wenn du dich einmal vertan hast, dann übermale das Kreuz vollständig und kreuze ein anderes Kästchen an.
- Du brauchst die Aufgaben nicht der Reihe nach zu beantworten!
- Schwere und leichte Aufgaben sind durchmischt!

Jetzt geht es los!

Testaufgaben

1) Welche der Aussagen sind richtig?

		Stimmt	Stimmt nicht	Weiß nicht
1.	Nicht alle Vögel haben Federn.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Alle Vögel haben Flügel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Vögel haben keine Zähne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Die Knochen aller Vögel sind luftgefüllt, weil ihre Nahrung nicht ausreichend Nährstoffe bietet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Der Knochenaufbau gleicht dem von Säugetieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Vögel haben entsprechend ihrer Körpergröße nur eine sehr kleine Blase.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Alle Vögel haben einen Schwanz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Vögel haben eine Kloake.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Neben Lungen haben Vögel auch Luftsäcke, die weite Teile des Körpers durchziehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Weibliche Vögel haben zwei Eierstöcke.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Das Brustbein dient als Ansatzstelle für die Flügelmuskeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Der Stiel der Federn ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, die sehr leicht ist, um Gewicht zu reduzieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

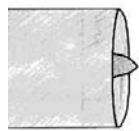
2) Nenne drei Anpassungen der Vögel an den Lebensraum Luft!

3) Die Flügel aller Vögel haben gemeinsam:

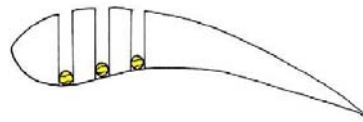
- Sie sind im Querschnitt sehr schmal.
- Sie haben eine breite "Tragfläche".
- Sie sind im Querschnitt nach oben gewölbt.
- Sie können nicht voll ausgestreckt werden.
- Sie haben keinen Daumen.

["Querschnitt": Sägt man einen Ast von einem Baum ab, so ist die Schnittfläche ein Querschnitt des Astes.]

4)



Luftturbine



Auf der Abbildung siehst du ein Flügelmodell, in dem sich bewegliche Bälle befinden. Das Modell wird gleich von einer Luftturbine angeblasen. Was denkst du, wird beim Anschalten der Luftturbine passieren?

- Die Tischtennisbälle werden hauptsächlich durch einen Überdruck nach oben gehoben.
- Die Tischtennisbälle werden hauptsächlich durch eine Sogwirkung hochgezogen.
- Die Tischtennisbälle werden durch den Luftstrom von unten her hoch gedrückt.
- Die Tischtennisbälle bleiben unbeweglich, da der Flügel nicht schlägt wie bei einem echten Vogel.
- Die Tischtennisbälle schweben in der Mitte.

5) Stelle dir vor, die folgenden Flugkörper werden in Pfeilrichtung (also nach links) mit gleicher Kraft angestoßen. Ordne die Flugkörper danach, wie weit sie fliegen! Schreibe den Buchstaben des Flugkörpers unter die 1, von dem du meinst, er fliegt am weitesten, usw.!



1	2	3	4	5

6) Eine der Aussagen ist falsch. Kreuze diese an!

Um Segeln zu können, benötigen Vögel...

- ... warme Aufwinde
- ... Hangaufwinde
- ... besonders gebaute Flügel
- ... viel Energie
- ... die Schwanzfedern zum Steuern

7) Lässt man ein Papierflugzeug ohne Anstoß aus der Hand fallen, so passiert folgendes:

- Es gleitet mit der Spitze voran zu Boden.
- Es sinkt langsamer zu Boden als mit einem Anstoß.
- Es stürzt ab, weil kein Widerstand vorhanden ist.
- Es stürzt ab, weil keine Luftströmung vorhanden ist.
- Es gleitet halb so weit als ein Papierflugzeug, das angestoßen wird.

8) Welcher der folgenden Vögel kann nicht fliegen?

- Mauerläufer
- Strandläufer
- Truthahn
- Flamingo
- Emu

Falls du schon alle Fragen bearbeitet hast und noch Zeit übrig ist:

9) Versuche kurz deinen Lieblingsvogel zu beschreiben oder zeichnen!

8.6 Motivationstest und Semantisches Differential



Wir würden auch gerne wissen, ob und wie dir das Stationenlernen gefallen hat. Dazu findest du auf den nächsten beiden Seiten einige Aussagen. Kreuze bitte für jede Aussage das Kästchen an, das am ehesten für dich zutrifft.

Setze immer nur EIN Kreuz. Wenn du dich einmal vertan hast, dann markiere das Kreuz, das gelten soll mit einem Kringel.

Dies ist kein Test, du wirst also nicht benotet.
Dein Name bleibt geheim!

Noch ein Hinweis:

⇒ Manche Aussagen sind sich ähnlich. Trotzdem ist es wichtig, dass du jede einzelne Aussage deiner Meinung nach bewertest!

Jetzt geht es los!

		Stimmt gar nicht	Stimmt wenig	Stimmt teils, teils	Stimmt ziemlich	Stimmt völlig
1.	Ich glaube, dass ich eine Wahl hatte, die Stationen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Das war eine Tätigkeit, die ich nicht sehr gut konnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Ich hatte das Gefühl, dass ich das tun musste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Ich hatte das Gefühl, als ob es nicht meine eigene Wahl war, die Stationen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Ich übte die Tätigkeit aus, weil ich es wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Nach längerer Beschäftigung mit dem Stationenlernen fühlte ich mich ziemlich kompetent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Ich übte die Tätigkeit aus, weil ich es musste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Während der Bearbeitung der Stationen habe ich darüber nachgedacht, wie sehr es mir gefällt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Ich glaube, die Bearbeitung der Stationen könnte von einigem Wert für mich sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Ich empfand das Stationenlernen als langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Mir gefiel das Stationenlernen sehr gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Ich empfand das Stationenlernen als recht angenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Ich übte die Tätigkeit aus, weil ich keine Wahl hatte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Ich bin mit meiner Leistung bei dieser Art zu lernen zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Das Stationenlernen konnte meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht binden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	Ich halte mich für ziemlich gut bei der Bearbeitung der Stationen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Das Stationenlernen hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		Stimmt gar nicht	Stimmt wenig	Stimmt teils, teils	Stimmt ziemlich	Stimmt völlig
18.	Ich denke, dass die Stationen nützlich sind für das Verständnis des Vogelflugs.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	Ich denke, das Stationenlernen kann mir dabei helfen, das selbständige Arbeiten zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	Ich glaube, das Ausüben dieser Tätigkeit könnte nützlich für mich sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.	Ich denke, das ist eine wichtige Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	Ich wäre bereit, am Stationenlernen noch einmal teilzunehmen, weil es einigen Nutzen für mich hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.	Ich denke, es ist wichtig das zu tun, denn es kann mir physikalische und biologische Sachverhalte näher bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24.	Ich würde das Stationenlernen als sehr interessant bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.	Ich denke, ich war ziemlich gut bei der Bearbeitung der Stationen, verglichen mit anderen Schülern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.	Ich war nicht wirklich frei in der Wahl, die Stationen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27.	Ich war ziemlich geschickt bei der Bearbeitung der Stationen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

UFF, gleich hast du's geschafft!

Auf der folgenden Seite findest du gegensätzliche Wortpaare, die sich auf das Experimentieren am Flügelmodell und dem Strömungsversuch beziehen. Kreuze in jeder Zeile das Kästchen an, das deinem spontanen Gefühl am ehesten entspricht!



Das Experimentieren mit dem Flügelmodell war...

wichtig					nicht wichtig
nicht klar					klar
unterhaltsam					nicht unterhaltsam
nicht interessant					interessant
einfach					schwierig
schwierig zu verstehen					einfach zu verstehen
motivierend					nicht motivierend
interaktiv					nicht interaktiv
unbedeutend					unverzichtbar
nützlich					unnützlich

Das Experimentieren mit dem Strömungsmodell ("Schienenversuch") war...

wichtig					nicht wichtig
nicht klar					klar
unterhaltsam					nicht unterhaltsam
nicht interessant					interessant
einfach					schwierig
schwierig zu verstehen					einfach zu verstehen
motivierend					nicht motivierend
interaktiv					nicht interaktiv
unbedeutend					unverzichtbar
nützlich					unnützlich

Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben.

Ferner erkläre ich, dass ich weder an der Universität Bayreuth noch an einer anderen Hochschule versucht habe, eine Dissertation einzureichen, oder mich einer Promotionsprüfung zu unterziehen.

Bayreuth, 3.9.2007

Heike Sturm