

Ichthyosaurier Fund in Schandelah – Spielkonzeption unter besonderer Berücksichtigung der Lernprozessforschung

Eine Facharbeit von Lotta Hauswaldt

IGS Querum Braunschweig – Gymnasiale Oberstufe
Schuljahr 2016/2017

Besondere Lernleistung

Betreuende Lehrkraft: Herr Lendrat

Für Betty, Leon und Rosa

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Vom Fundort ins Museum – Beschreibung der Prozesse	7
2.1. Der Ichthyosaurier	7
2.2. Fundort Geopunkt Jurameer Schandelah	7
2.3. Grabung	9
2.4. Präparation	11
2.4.1. Die mechanische Präparation	12
2.4.2. Die physikalische Präparation	14
2.4.3. Die chemische Präparation	14
2.4.3.1. Präparieren mit Säuren	15
2.4.3.2. Präparieren mit Laugen	17
2.5. Kleben	18
2.6. Ergänzungen	20
2.7. 3D- Scannen, Rapid Prototyping und Rekonstruktion	21
2.8. Konservierung	22
2.8.1. Die Pyritblüte oder Pyritisierung	23
2.9. Ausstellen	24
3. Wie Kinder lernen – Literaturübersicht als Grundlage für das Spiel-Konzept	25
3.1. Aufbau des menschlichen Gehirns	25
3.2. Lernprozesse innerhalb des Gehirns	26
3.3. Der Antrieb	28
3.4. Die Motivation	28
3.5. Lob und Kritik	30
4. Konzept des Spiels – „Die Geschichte von Ichty“	32
4.1. Kapitel I	32
4.2. Kapitel II	33
5. Ichty's Geschichte – Theoretische Erklärung und Diskussion des Spiel-Konzepts	36
5.1. Die Motivation	36
5.2. Lob, Kritik und Belohnung	38
5.3. Frustration	41

5.4. Lernprozesse innerhalb des Gehirns	42
6. Zusammenfassung	43
7. Danksagung	44
8. Literaturverzeichnis	45
9. Anhang	48
9.1. Abbildungen	48
9.2. Dokumentation	53

1. Einleitung

„Aber Mama, Museen sind langweilig!“ Ein Satz, den jeder seinen Eltern schon mal an den Kopf geworfen hat. Jeder erinnert sich an den ein oder anderen erzwungenen Museumsbesuch an einem verregneten Samstag-nachmittag mit den Eltern. Museen tun sich oft schwer Kinder- beziehungsweise altersgerechte Ausstellungen zu gestalten. Kinder lassen sich leicht von ihrer Umgebung begeistern. Werden ihnen Dinge vorgesetzt, kann sich die Begeisterung in Grenzen halten. Die Konzentrationsdauer ist deutlich kürzer als bei Erwachsenen, schnell setzt Langeweile ein. Um dem entgegenzuwirken entwickeln Museen am laufenden Band neue Ideen um Kinder für ihre Ausstellungen zu begeistern.

Vor 180 Millionen Jahren wäre Dresden eine Küstenstadt gewesen. Braunschweig beziehungsweise der Rest Deutschlands war größtenteils überdeckt vom sogenannten Jurameer. Was heute davon übrig ist, lässt sich in Gesteinsschichten finden – Tiere, Pflanzen, eher deren Überreste; versteinert und konserviert.

Im Naturhistorischen Museum Braunschweig stehen bereits viele Funde aus der Umgebung, sie bilden einen Teil der Ausstellung über das Jurameer.

Vor zirka einem Jahr wurde in Schandelah das Skelett eines Ichthyosauriers gefunden, versteckt zwischen Erde, Sand und Schiefer. Ein Fischesaurier, der in der Jurazeit gelebt haben soll.

Auch der hier gefundene Ichthyosaurier soll dort zur Schau gestellt werden. Doch wie wird ein solcher Fund erfolgreich ausgegraben und für die Ausstellung im Museum präpariert?

Das Naturhistorische Museum Braunschweig ist und war immer ein Ort für die ganze Familie; spannende Ausstellungen zum stundenlangen entdecken und erforschen.

Im ersten Teil der Arbeit, werden die Ausgrabung, der Präparationsprozess und die Ausstellung eines Ichthyosauriers im Detail beschrieben.

Ziel dieser Arbeit ist es, Kinder mit Hilfe eines selbst entwickelten Spiels für Museen zu begeistern.

Dazu werden im zweiten theoretischen Teil die Lernprozesse im Gehirn anhand einer Literaturstudie analysiert. Wie entsteht Motivation? Was kann durch Lob und Kritik erreicht werden? Die Ergebnisse werden später in die Spielentwicklung einbezogen.

Der letzte Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Ausarbeitung eines Spiel-Konzepts, hierzu werden theoretische Ansätze der bisherigen Erkenntnisse aus Teil eins und zwei hinzugezogen (Abbildung 1).

Kinder zählen wohl zu den größten Saurier-Fans – für sie ist das Spiel gedacht.

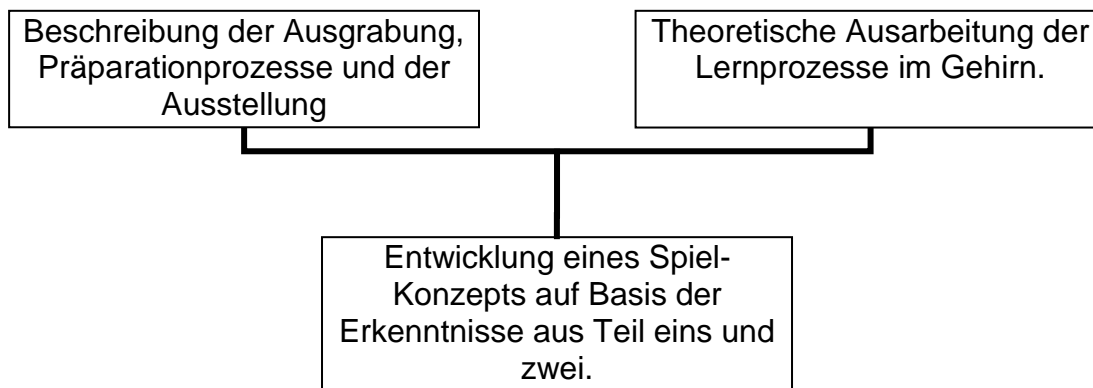


Abbildung 1. Einbeziehung der theoretischen Ansätze in das Spielkonzept.

2. Vom Fundort ins Museum – Beschreibung der Prozesse

Drei Tage lang wurde die Grabungsstätte in Schandelah und die Präparation im Rebenpark besichtigt, den Wissenschaftlern vor Ort über die Schulter geschaut und selbst bei der Ausgrabung bzw. der Präparation Hand angelegt.

Im Gespräch mit dem Grabungsleiter vor Ort klärten sich viele der offenen Fragen zum Thema. Das hier gesammelte Wissen ergab sich aus der intensiven Arbeit mit Fachliteratur und vielen Expertengesprächen.

2.1. Der Ichthyosaurier

Die Ichthyosaurier bewohnten rund 150 Millionen Jahre lang die Erde. Vor 93 Millionen Jahren starben sie endgültig aus, rund 30 Millionen Jahre vor dem großen Aussterben der Dinosaurier. Der Ichthyosaurier ist einer von 50 Gattungen der Ichthyopterygia, diese lebten in der Untertrias.

Sie ernährten sich überwiegend von Ammoniten und Belemniten – Belemniten sind die Vorfahren der heutigen Tintenfische.

Sie sehen dem heutigen Delfin verblüffend ähnlich – eine evolutive Verbindung ist hier allerdings noch nicht bestätigt.

Die ersten Entdecker von Ichthyosaurier Knochen interpretierten, dass es sich bei diesem fischähnlichen Fund um ein schwimmendes Reptil handelte, daher der Name Ichthyosaurier, die Fischechse. Diese Vermutung wurde durch den Fund des ersten vollständigen Ichthyosaurier-Skeletts bestätigt, es wurde 1811 von einem zwölfjährigen Mädchen namens Mary Anning an der englischen Küste gefunden (Joger; 2014).

2.2. Fundort Geopunkt Jurameer Schandelah

Der Fundort des im Sommer 2016 geborgenen Ichthyosauriers ist der Geopunkt Jurameer Schandelah, etwa 2 km NNO von Schandelah gelegen, nicht weit von Braunschweig.

Das Jura ist eine Periode der Erdgeschichte. Es begann vor ca. 200 Millionen Jahren und endete vor ca. 45 Millionen Jahren. Mit Beginn der Jurazeit bildete sich ein sogenanntes Schelfmeer, das Jurameer. Es bedeckte große Teile Mitteleuropas und auch noch heute, nach seinem Verschwinden, ist viel über die Flora und Fauna bekannt. Denn in den Ablagerungen haben unzählige Tiere und Pflanzen die Zeit überdauert und können uns noch heute viele Informationen über die damalige Zeit liefern.

Die freigelegten Fundschichten aus dem Unterjura (Posidonienschiefer) sind reich an konservierten Lebewesen aus dem Niedersächsischen Becken (Kosma; 2016). Vor 180 Mio. Jahren lag Braunschweig und Umgebung noch unter Wasser, über großen Teilen von Niedersachsen lag das Jurameer. Der Wasseraustausch zwischen dem Großen Tethysmeer, dem Urozean, der sich von dem entstehenden Asien bis nach Mitteleuropa erstreckte, und dem Jurameer war sehr gering. Dadurch bildete sich mit der Zeit eine praktisch sauerstofffreie Wasserschicht am Boden des Jurameers. Nach ihrem Tod sanken die Tiere in diese lebelose Zone und wurden konserviert (Heunisch; 2014).

Dem flachen Zechsteinmeer, das vor 255 Mio. Jahren den nördlichen Bereich Deutschlands und Polens überdeckte, ist es zu verdanken, dass die Schichten aus dem Unterjura an der Erdoberfläche anstehen. Durch das trockene und warme Klima in der Region des Zechsteinbeckens kam es häufig zu Verdunstungen, durch wenige Verbindungen zur Tethys stieg die Konzentration stetig an (Müller, Wilde, Zellmer; 2009). Nach völliger Austrocknung des Zechsteinbeckens bildeten sich darüber immer mehr und mehr Gesteinsschichten. Gerät diese, in der Permzeit entstandene, Steinsalzschiefer durch die aufliegenden Gesteinsschichten unter Druck, so wird das Salz plastisch, es beginnt dort hinzuzießen wo der aufliegende Druck am geringsten ist. Ein Beispiel dafür ist die Asse, wo zu den oberen Gesteinsschichten das hoch aufgestiegene Zechsteinsalinar gehört. Gibt es für das Steinsalz keine Möglichkeit dem Druck zu entweichen, weil die Gesteine erosionsresistenter sind als das Salzgestein, bilden sich dort Berge oder Höhenzüge (Kosma; 2016). Unter diesen Bergen befindet sich ein Salzkissen, was die Gesteinsschichten nach oben drückt. So veränderte sich

die Lage der Gesteinsschichten. Während der Eiszeiten schlifften große Gletscher die Erdoberfläche ab, deshalb ist es möglich, rund um den Elm verschiedene Gesteinsschichten zu erforschen (Müller, Wilde, Zellmer; 2009).

Das Naturhistorische Museum Braunschweig begann im Juli 2014 mit der Grabung in Schandelah. Ermöglicht wurde das durch die Dr. Scheller Stiftung in Braunschweig, die das Grundstück der ehemaligen Gemeindegrube Schandelah ankaupte und dem Naturhistorischen Museum zur Verfügung stellte. Das Museum arbeitet mit Biologie-Studenten der Technischen Universität Braunschweig zusammen an der Fundgrube Schandelah. Der Geopunkt Schandelah verfolgt drei Ziele, als erstes die Forschung und Weiterbildung durch die Rekonstruktion des Ökosystems „Jurameer“. Zweitens das Projekt ASLO (Außerschulischer Lernort), bei dem Schulgruppen die Möglichkeit haben, sich im Bereich Ökologie und Archäologie weiterzubilden.

Und darüber hinaus wird durch die Grabungen ein wichtiges Biotop geschützt. Dort befinden sich seltene Tümpel, die nur von Herbst bis Winter entstehen, hier können Amphibien sich fortpflanzen, ohne Gefahr laufen zu müssen, dass Fische die Eier fressen (Kosma; 2016).

2.3. Grabung

Bevor ins Gelände zum Graben gegangen wird, sollten Sicherheitsausrüstung und Werkzeugbestand kontrolliert werden.

Um Quetschungen, Schnitte und Verletzungen an den Fingern zu vermeiden, eignen sich gut ein Paar derbe Arbeitshandschuhe, Sicherheitsschuhe mit Stahlkappen retten die Zehen (Kosma, 2016). Helm und Warnweste sollten getragen werden, wenn an Steinbrüchen oder Straßen gearbeitet wird. Bei einigen Werkzeugen ist außerdem eine Schutzbrille unentbehrlich (Maisch, Fink; 2014).

Neben den unterschiedlichsten Werkzeugen und der Sicherheitsausrüstung sollte nicht auf ein Notizheft und Verpackungsmaterial verzichtet werden. In dem Notizheft oder auch in einem Ordner kann eine Fundliste angelegt werden, um dort Fundnummer, Datum, Fundort, Fundobjekt, Finder und Tiefe festhalten zu können. Diese Informationen werden bei der Präparation und Ausstellung zur weiteren Bearbeitung benötigt.

Kleinere Funde werden in Küchenpapier und in Frischhaltefolie eingewickelt, um so Austrocknungen und Brüche zu verhindern (Kosma; 2016).

Welche Werkzeuge in welcher Reihenfolge an einer Ausgrabungsstelle verwendet werden, hängt von Grabungsort, Ausgräbern und der Grabungssituation ab. In Schandelah bei Cremlingen sollte nicht mit Hammer und Meißel auf die Platten eingeschlagen werden, dadurch können sich die Funde verformen (Kosma; 2016).

Im Posidonienschiefer bestehen die Gesteinsschichten aus vielen papierdünnen Schichten, die im nassen/frischen Zustand als Plattenschicht zusammenhängen. Diese Schichten lassen sich nur schwer von einander trennen. Hier werden die ersten Werkzeuge benutzt. Mithilfe der Brechstange lassen sich große und schwere Platten anheben, so können Unter- und Oberseite nach eventuellen Funden kontrolliert werden. Sind in der Platte keine Wölbungen oder deutliche Unebenheiten zu erkennen, lässt sich die Platte mit einem Geologenhammer zerkleinern. Um mehrere Plattenschichten zu spalten, eignet sich ein Meißel oder ein Spachtel hervorragend. So kann zwischen den Plattenschichten nach kleineren Funden wie Zähnen, Fischen oder vereinzelt Knochen geschaut werden. Findet sich in diesen Platten nichts, wird dieser sogenannte „Abraum“ in eine Schubkarre geladen und an eine Sammelstelle außerhalb der Grabungsstätte gebracht (Kosma; 2016).

Bei einem größeren Fund, wie dem Ichthyosaurier aus Schandelah (Abbildung 1.1.), kann zu einer Gesteinssäge gegriffen werden, um große Brocken zu zerlegen oder einen Fund von den restlichen Platten zu trennen. Bevor allerdings zur Gesteinssäge gegriffen wird, sollten im Posidonienschiefer einige Dinge beachtet werden: Die Schieferplatten sind

sehr brüchig und sollten deshalb mit Injektionsharz ummantelt werden, dafür muss der Fund von einer Seite von grobkörnigen Sediment befreit sein (Schaal, Harms, Habersetzer; 2000). Der von Verunreinigungen befreite Fund wird nun mit einer ersten dünnen Schicht Injektionsharz bepinselt (Abbildung 1.2.). Dadurch zieht das Harz ein, festigt und stabilisiert die Knochen von innen (Schaal, Harms, Habersetzer; 2000). Nachdem die erste Schicht aufgetragen und eingezogen ist, werden die Kohle- oder Glasfasermatten in Kunstharz eingetaucht und dann überlappend auf dem Fossilfund ausgelegt (Abbildung 1.3.). Dieser Vorgang wiederholt sich so oft bis die Kunstharzschicht ca. 8 mm dick ist (Maisch, Fink; 2014).

Um die Platte sicher anheben zu können, wird der Fund mit einem Holzrahmen versehen (Abbildung 1.4.) und ein Gerüst aufgebaut, um die Platte von unten zu stabilisieren. Wenn das Injektionsharz getrocknet ist, wird die Platte mit der Gesteinssäge aus dem Untergrund gesägt (Abbildung 1.5.). Um Brüche zu vermeiden, werden Stützen unter die Platte geschoben. So kann der Fund problemlos angehoben, verpackt und transportiert werden (Kosma; 2016).

Das Verpacken der Funde ist deshalb so wichtig, weil die Präparation eine sehr zeitaufwendige Arbeit ist. So können die Funde problemlos in einem Lagerraum untergebracht werden, bis diese präpariert werden (Kosma; 2016).

2.4. Präparation

„Lieber zu viel als zu wenig mitnehmen“, ist das Motto bei Fossilienfunden.

Das eigentliche Ziel ist, dem Fossil so nahe wie möglich zu kommen, damit nicht ganze Gesteinsbrocken in die Werkstatt transportiert werden, hierzu werden Gesteinsüberhänge entfernt.

Bei Funden aus dem Posidonienschiefer ist es wichtig, die Funde genau zu untersuchen, abzutrennende Teile werden markiert und mit einer Gesteinssäge oder bei dünneren Platten mit einer Kneifzange abgetrennt (Maisch, Fink; 2014). Sind die Fundstücke ausreichend formatiert, werden sie gereinigt. Je gründlicher diese Reinigung erfolgt, desto mehr Arbeit kann

bei der Präparation eingespart werden. Zum Säubern reicht eine Wurzel- oder Bronzebürste in einem lauwarmen Wasserbad aus. Bei kleineren und empfindlicheren Funden sollte zu einer Zahnbürste gewechselt werden. Wenn Fossilien wasserempfindlich sind, sollte die Reinigung nur mit einer Zahnbürste oder einem feinen Pinsel erfolgen (Lichter; 1986).

Bei der Präparation sollten verschiedene Werkzeuge und diverse Wasseranwendungen an weniger wertvollen Fundstücken ausprobiert werden, da sonst ungewollte Schäden am Fund entstehen könnten (Maisch, Fink; 2014).

Die Präparation sollte an einem stabilen und nicht wackelnden Tisch stattfinden, mit einem höhenverstellbaren Stuhl, das erleichtert die Arbeit in verschiedenen Positionen (Maisch, Fink; 2014).

Durch die Arbeit mit verschiedenen Werkzeugen entsteht Druck auf das Fossil. Liegt das Fossil auf dem Tisch, kann der Druck nicht entweichen und das Fossil zerbricht. Deshalb sollte das Fossil in einem Sandkasten oder auf einem Sandsack präpariert werden, so kann der Druck entweichen.

Es ist darauf zu achten, dass genügend Licht vorhanden ist. Ideal sind schwenk- und drehbare Lampen. An rechter und linker Seite angebrachte Lichtquellen verhindern störende Schattenwürfe (Maisch, Fink; 2014). Zuletzt sollte die Schutzbekleidung für den Präparator nicht vergessen werden. Bei den Arbeiten am Präparationstisch mit diversen Werkzeugen sollte eine Schutzbrille getragen werden.

Bei der Präparation gibt es drei unterschiedliche Methoden: die mechanische, die physikalische und die chemische Methode.

2.4.1. Die mechanische Präparation

Die ersten je gefundenen Fossilien wurden mit Hammer und Meißel präpariert. Mit dem Hammer wurde der Gesteinsbrocken gespalten oder zerkleinert. Mit dem Meißel wurde das Gestein gesprengt, getrennt oder geglättet. In der heutigen Zeit wird dieses Verfahren eher als Vorarbeit geleistet. Genauere Präparationsvorgänge werden unter Mikroskopen, speziell unter

Stereomikroskopen (Binokularen) durchgeführt (Rabe; 2016). Je nach Gestein und Präparator werden andere Werkzeuge verwendet. Auch hier gilt wieder: vorher verschiedene Werkzeuge an einem nicht wertvollen Objekt zu testen.

Das gängigste Werkzeug ist dabei der Druckluftstichel, er arbeitet wie ein Presslufthammer, nur in Miniaturformat. Während der Bearbeitung schlägt der Meißel mit Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen auf das Gestein, wodurch es erschüttert und letztendlich abgesprengt wird. Die Schlagfrequenzen des Druckluftstichels sind variabel, weshalb er auch für sehr präzise und feine Arbeiten genutzt werden kann (Rabe; 2016). Dies ist jedoch sehr zeitaufwendig, wenn viel Gestein am Fossil hängt. Auch ist die Geräuschkulisse sehr unangenehm, weshalb diese Geräte meist in Nebenräumen untergebracht sind (Maisch, Fink; 2014).

Neben der Druckluftstichel ist auch der Sandstrahler ein Werkzeug, welches häufig benutzt wird. Ein ausgewähltes Strahlmittel wird unter Druck auf das Gestein gestrahlt. Klassisch zum Sandstrahlen werden Eisenpartikel verwendet, die in verschiedenen Körnungen erhältlich sind (Maisch, Fink; 2014). Bei Fossilien aus dem Posidonienschiefer wird ein Pulver aus Walnussschalen bevorzugt, da es ein weiches Strahlmittel ist. Das Pulver aus Walnussschalen eignet sich besser für das weiche Gestein, da das Fossil sonst Gefahr läuft zu „verstrahlen“, also durch die Methode beschädigt werden könnte (Rabe; 2016). Dieser Vorgang sollte aus Sicherheitsgründen in einem Strahlkasten durchgeführt werden (Maisch, Fink; 2014).

Je näher am Fossil gearbeitet wird, desto feiner muss das Werkzeug sein. Ist das Fossil ausreichend freigelegt, kann mit der Feinarbeit begonnen werden (Maisch, Fink; 2014). Beim Arbeiten mit Funden aus dem Posidonienschiefer wird vor allem mit dem Hartmetallschaber gearbeitet. Die Funktion des Werkzeugs steckt in seinem Namen: Schaben. Gesteinsbrocken, die nah am Fossil sind und deshalb nicht mit Meißel, Druckluftstichel und/oder Fräse bearbeitet werden können, sind mit dem Schaber leicht zu entfernen (Rabe; 2016). Ist das Gestein, in dem das Fossil liegt, feucht, wird mit einem

Skalpellschaber unter Wasser präpariert. Für den letzten und feinsten Schliff wird die Nadel eingesetzt, diese Feinpräparation wird per Hand ausgeführt und benötigt Geduld, ein ruhiges Auge und eine ruhige Hand (Rabe; 2016).

Die Werkzeuge Fräser und Scaler sind aus der Zahnmedizin bekannt. Mit der Fräse werden Gesteinsteile weggeschliffen. Es gibt verschiedene Größen und Breiten, jedoch sollte dabei bedacht werden, dass nur feine Fräser nah am Fossil zu benutzen sind (Maisch, Fink; 2014). Der Scaler ist eine feine Nadel, mit dem der Zahnarzt kleine Zahnzwischenräume säubert. Ähnlich wie beim Zahnarzt wird der Scaler bei der Präparation für empfindliche und verengte Stellen genutzt, um diese wegzukratzen (Rabe; 2016).

2.4.2 Die physikalische Präparation

Im Posidonienschiefer werden ab und an „Geoden“ gefunden. Geoden sind härter als normales Gestein und die Schieferplatten. Die Präparation der Geoden simuliert den natürlichen Verwitterungsprozesses, die sogenannte Frostsprengung. Dabei dringt Wasser in die feinsten Gesteinsrisse und gefriert dort. So dehnt sich das Eis aus und sprengt das Gestein. Diese Geoden werden in Wasser eingelegt und bei Frost in die Erde eingegraben, wo sie einfrieren. Bei kleineren Objekten reicht eine Tiefkühltruhe. Eine kürzere Version ist die Sprengung durch Schock, dabei wird der Gesteinsbrocken im Ofen erhitzt und mit kaltem Wasser abgeschreckt (Rabe; 2016). Bei den Sprengungen durch Frost sollte beachtet werden, dass die Risse durch das Fossil gehen könnten und die Fossilien bei der Sprengung beschädigt werden könnten (Rabe; 2016).

2.4.3. Die chemische Präparation

Chemikalien werden benutzt, wenn der Einsatz von mechanischen Methoden nicht möglich ist oder die Arbeit nicht fein genug ausgeführt werden kann. Ein gutes Beispiel sind Schwämme; sie sind in ihrer Struktur so fein, dass die

Anwendung mechanischer Methoden zur Beschädigung führen würde (Rabe; 2016).

Wichtig bei der chemischen Präparation sind Vorversuche mit gleichem Gestein, damit, falls es Unklarheiten geben sollte, keine Beschädigungen am Fossil erfolgen. Zudem muss das Fossil im Gestein soweit präpariert sein, dass die Einwirkzeit von Chemikalien möglichst kurz ist. Außerdem ist die Präparation mit Chemikalien sehr zeitaufwendig und erfordert einiges an Übung. Bei Arbeiten mit Chemikalien sind Handschuhe und Schutzbrille Pflicht (Maisch, Fink; 2014).

Je nach Gesteinsmaterial wird mit Säuren oder Laugen präpariert. Der Unterschied zwischen Lauge und Säure liegt bei der Höhe des pH-Wertes, dessen Skala von „1“ bis „14“ reicht. Ein pH-Wert von sieben ist neutral. Liegt der Wert darunter, wird von Säuren gesprochen, liegt der Wert darüber, von Laugen. Neutrale Lösungen mit einem pH-Wert von sieben können problemlos in der Kanalisation entsorgt werden. Lösungen mit höherem oder niedrigerem pH-Wert müssen vorerst neutralisiert werden (Maisch, Fink; 2014).

2.4.3.1. Präparieren mit Säuren

Bevor begonnen wird, sollte das Fossil weitestgehend freipräpariert sein, dadurch wird die Zeit verkürzt, in der das Fossil in der Säure liegt.

Mit Säuren wird präpariert, wenn Fossilien aus Quarz, Limonit, Markasit, Apatit, Pyrit oder Hämatit in kalkigem Material eingebettet sind.

Die Säuren lösen den Kalk auf, dabei wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt, welches in Form von Luftbläschen vom Fossil aufsteigt (Maisch, Fink; 2014).

Eine schwache Säure ist die Essigsäure, die überall als Essigessenz käuflich ist. Auch Monochloressigsäure ist eine eher schwächere Säure, beide sind gut geeignet um empfindliche Fossilien freizulegen. Die sehr aggressive

Salzsäure wird bei unempfindlichen Fossilien, wie beispielsweise aus Quarz, angewendet. Ameisensäure ist nicht ganz so aggressiv, arbeitet aber genauso gut (Maisch, Fink; 2014).

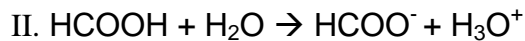
Die gewählte Säure wird mit Hilfe einer Mischrechnung auf die gewünschte Konzentration verdünnt.

Das Calciumcarbonat wird in Wasser gelöst:



Dabei ist zu beachten, dass erst das Wasser und dann die Säure in das Gefäß gegeben werden.

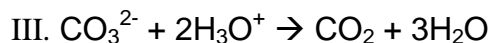
Die Säure (hier: Ameisensäure) reagiert mit Wasser:



Das Fossil wird in einen großen Behälter gesetzt und die Lösung langsam dazu gegeben (Maisch, Fink; 2014).

Die Präparation wird mit einer 5%igen Lösung begonnen, gegebenenfalls wird die Konzentration stufenförmig erhöht (Rabe; 2016), sollte aber 10% nicht übersteigen (Ginder; 1983). Sie ist ideal, wenn die Gasentwicklung nicht zu stark und nicht zu schwach ist (Kapitzke; 1983).

Das Hydronium löst die Verbindung des Kohlenstofftrioxids, hierbei kommt es zur Gas- (Kohlenstoffdioxid; CO_2) und Wasserbildung.



In einem Zeitraum von zwei Stunden bis zwei Tagen ist zu erkennen, dass die Gasblässchen abnehmen. Steigen keine Blässchen mehr auf, ist die Säure verbraucht und löst den Kalk nicht mehr auf. Nun kann eine neue Lösung aufgesetzt werden, deren Konzentration jedoch wieder neu ermittelt werden muss. Sind am Fossil schon einige Stellen komplett freigelegt, können diese mit Bienenwachs abgedeckt werden. So sind diese Stellen vor der Säure geschützt und werden nicht angegriffen. Zuvor sollte das Fossil jedoch gründlich mit Wasser abgewaschen werden. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis das Fossil dem Belieben nach freigelegt ist. Um das gegebenenfalls benutzte Wachs vom Fossil zu befreien, wird es unter heißem Wasser abgewaschen (Maisch, Fink; 2014).

Abschließend muss das Fossil gründlich gewässert werden, damit die Säure sich nicht festsetzt und weiter am Fossil arbeitet. Dafür wird das Fossil in ein Wasserbad gelegt. Sobald das Wasser trüber wird, sollte es gegen frisches Wasser getauscht werden. Nach dem Reinigen im Wasserbad muss das Fossil nur noch trocknen (Rabe; 2016).

2.4.3.2. Präparation mit Laugen

Tonig mergeliges Fundmaterial wird mit Laugen bearbeitet. Die Lauge lässt die Tonminerale aufquellen und weicht das Gestein auf (Rabe; 2016). In den meisten Fällen wird dabei Kalilauge verwendet, die in Form von Plättchen direkt für die Präparation geeignet sind. Wie bei der Präparation mit Säuren muss das Fossil weitestgehend mechanisch vorpräpariert sein. Das Fossil wird befeuchtet und in einen großen Behälter gelegt, mit der Pinzette werden die Kalilauge-Plättchen auf die zu präparierende Stelle gelegt. Die Kalilauge ist hygroskopisch und zieht sich so die benötigte Feuchtigkeit aus der Luft. Bei zu geringer Luftfeuchtigkeit kann mit einer Wasserspritze nachgeholfen werden. Im Bereich des Plättchens sammelt sich viel Feuchtigkeit und das Gestein weicht langsam auf. Bildet sich dabei ein weißer Belag auf dem Fossil, sollte schleunigst eingegriffen werden, es handelt sich bei diesem Belag um Kaliwasserglas, das entsteht wenn die Lauge auf Quarz wirkt. Solange sich dieser Belag nicht verfestigt hat, kann er durch Abbürsten entfernt werden. Ist er einmal gehärtet, lässt er sich nicht mehr lösen (Maisch, Fink; 2014).

Lösen die Plättchen kein Gestein mehr auf, wird das Fossil gewaschen und vorsichtig abgebürstet. Sind nach dem Abwaschen noch weitere Gesteinsbrocken zu entfernen oder nicht komplett entfernt, kann auf diese Stelle ein weiteres Plättchen gelegt werden. Bevor neue Plättchen aufgelegt werden, sollte das Fossil gewässert werden. So wird die Gefahr, dass die Lauge unter der Fossiloberfläche beginnt, diese aufzuweichen, umgangen (Maisch, Fink; 2014). Ist das Fossil fertig präpariert, muss es nur noch ausgiebig gewässert werden. Hierbei sollte das Wasser regelmäßig gewechselt werden (Rabe; 2016).

2.5. Kleben

Die wohl wichtigste Aufgabe des Präparators ist die des Klebens. Nur selten wird ein Fossil in einem ganzen Stück geborgen und übersteht Transport und Präparation. Deshalb werden große Funde meistens schon im Gelände mit Injektionsharz ummantelt. Kleinere Funde jedoch nicht, diese werden später in der Präparationswerkstatt geklebt (Kosma; 2016). Ob vor, während oder nach der Präparation geklebt werden sollte, ist abhängig von dem Fund. Zerbricht der Fund während der Bergung, des Transportes oder der Präparation, so lohnt es sich sofort zu kleben, da sich in den Bruchstellen kein Sediment befindet. Wurde der Fund bereits zerbrochen geborgen, sollten erst alle dazugehörigen Teile geborgen werden. Erkennbar sind alte Brüche daran, dass sie verschmutzt und verwittert sind. Bei einem solchen Bruch sollte nicht geklebt werden, da die Bruchstellen womöglich nicht aufeinander passen. An diesen Stellen sollte das Fossil zuerst gesäubert und wenn nötig präpariert werden (Maisch, Fink; 2014).

Sind alle Einzelteile gesäubert, werden die passenden Teile zusammengelegt, bis das Fossil komplett ist. Die zusammenhängenden Teile werden durch Kreidemarkierungen gekennzeichnet und dann nacheinander geklebt (Rabe; 2016). Es ist davon abzuraten, mehrere Teile gleichzeitig zu kleben, da Teile dadurch verrutschen könnten. Die verschiedenen Kleber brauchen unterschiedlich lange, um durchzuhärten. Deshalb wird das geklebte Stück in einer Sandkiste eingebettet, bis nur noch die geklebte Stelle herausragt. So muss der Fund nicht in der Hand gehalten werden, während er trocknet (Rabe; 2016).

Mit welchem Kleber geklebt wird, ist abhängig von Bruch und Größe des Bruches. Bei breiten Fugen wird ein zähflüssiger Kleber verwendet. Fehlen am Bruch Stücke des Fossils wird am häufigsten spachtelfähiges Kunstharz verwendet, um damit diese Fehlstellen auszufüllen. Allgemein sollte beim Kleben lieber mehr Kleber als zu wenig benutzt werden. Überschüssiger Klebstoff am Fund lässt sich leicht wegmeißeln. Bei zu wenig Klebstoff noch mehr nachzufüllen, erweist sich als schwieriger und aufwendiger (Maisch, Fink; 2014). Kleine Brüche, die nur einige Quadratzentimeter groß sind,

können problemlos mit Sekundenkleber fixiert werden (Rabe; 2016). Dabei sollte beachtet werden, dass Sekundenkleber lediglich an Augenlidern und Fingern in Sekunden trocknet, am Fossil jedoch einige Minuten bis zu zwei Stunden benötigt, um zu trocknen. Sekundenkleber benötigt Feuchtigkeit und Wärme um auszuhärten, deshalb sollte stets mit Handschuhen und Pinzette gearbeitet werden (Maisch, Fink; 2014).

Große Brüche lassen sich hervorragend mit Kunstharzen kleben, entweder in flüssiger Form oder als zähe, spachtelfähige Masse. Kunstharze lassen sich zudem auch einfärben, indem Pigmente, Gesteinsmehl oder spezielle Farbsätze beigemischt werden. So ist es möglich, die Klebenähte dem Gestein so ähnlich wie möglich aussehen zu lassen (Riederle; 1983). Schwierig dabei ist, genau den passenden Farbton gemischt zu bekommen, da Kunstharze bei der Härtung ihre Farbe verändern (Maisch, Fink; 2014). Bei Kunstharzen gibt es zwei verschiedene Varianten, erstens Polyesterharze und zweitens Epoxydharze. Beide Harze müssen mit Härter zusammen gerührt werden, damit sie aushärten. Welches der beiden Harze verwendet wird, hängt vom Präparator ab (Riederle; 1983).

Bei dem Polyesterharz ist der Vorteil, dass die Aushärtezeit beeinflusst werden kann, indem mehr oder weniger Härter dazugegeben wird. Jedoch enthält dieses Harz das Lösemittel Styrol, welches das Fossil viele Jahre lang einen unangenehmen Geruch abgeben und das Harz schrumpfen lässt. Dadurch können neue Risse und Brüche entstehen (Maisch, Fink; 2014).

Epoxydharz ist dagegen geruchlos und schrumpft mit der Zeit nicht, dafür muss das Verhältnis zwischen Harz und Härter eingehalten werden, denn ein falsches Verhältnis kann dazu führen, dass das Harz nicht aushärtet. Nicht zu unterschätzen sind die im Epoxydharz enthaltenden Amine, die durch die Haut dringen und sehr ungesund sind. Bei der Arbeit mit Kunstharzen sollten die Handschuhe nicht vergessen werden (Maisch, Fink; 2014).

Holzleim kann auch für das Kleben von Fossilien verwendet werden, dabei ist ein großer Vorteil, dass Holzleim wasserlöslich ist. Bei einer missglückten Klebung kann diese unter Wasser problemlos auseinander genommen

werden. Ein Nachteil ist dabei, dass die Aushärtezeit von Holzleim um ein Vielfaches länger ist als die von Kunstharzen und Sekundenkleber.

Einige Stücke können geklebt werden, sehen dann aber nicht vollständig aus, diese Stellen werden ergänzt (Maisch, Fink; 2014).

2.6. Ergänzungen

Fehlstellen bei Funden werden Teils ergänzt, aber teils auch unvollständig ausgestellt. Für einige Betrachter ist dabei nur das Original präsentabel, für andere nur das vollständige Stück ansehenswert. Soll beispielsweise ein 3D-Modell von einem Ichthyosaurier aufgebaut werden, müssen Teile ergänzt werden, da nur sehr selten alle Fundstücke komplett gefunden werden. Dabei werden die fehlenden Teile auf Basis anderer Funde nachgebaut (Rabe; 2017).

Dokumentiert werden sollte die Ergänzung allemal, damit bei wissenschaftlichen Untersuchungen darauf zurückgegriffen werden kann (Rabe; 2016).

Ergänzen bedeutet, dass die Fehlstellen im Fossil mit Fremdmaterial befüllt werden, die Oberfläche wird dem des Fossils angeglichen, so dass es als komplettes Teil ausgestellt werden kann.

Früher wurden Ergänzungen mit Gips gefertigt. Da dieser aber lange zum Trocknen braucht, ist das Fossil der Feuchtigkeit und Wärme auf längere Zeit ausgesetzt, zudem ist Gips extrem brüchig (Maisch, Fink; 2014).

Kunststoff eignet sich nur, um größere Fehlstellen auszufüllen. Diese werden nach dem Aushärten mit dem Fräser zwei bis drei Zentimeter tief ausgefräst, dann wird dieser Bereich mit Spachtelmasse ausgefüllt.

Als Spachtelmasse eignet sich besonders gut Holzspachtelleim, der in verschiedenen Farben erhältlich ist. Wie bei Kunstharzen ist die Farbe durch Pigmente, Gesteinsmehl oder Farbkreiden noch zu beeinflussen. Beim Auftragen ist es sinnvoll, die Oberfläche dem Original anzugleichen, das erleichtert die spätere Arbeit. Durch die Wasserverdunstung können im Präparat Trocknungsrisse entstehen. Deshalb wird etwas Spachtelmasse aufbewahrt um so notfalls nachspachteln zu können. Ist die Masse trocken und rissfrei, kann sie mithilfe von Skalpell und Schaber modelliert werden.

Dabei sind vor allem die Übergänge zum Fossil oder Gestein sauber und sorgfältig zu bearbeiten (Maisch, Fink; 2014).

Passt am Ende die Grundfarbe der Füllmasse nicht zur Farbe des Fossils oder Gesteins, kann noch koloriert werden. Die Kolorierung sollte unter wechselndem Licht erfolgen. Mit welcher Farbe bemalt wird, ist Erkenntnis aus vielen Versuchen. Von Wasserfarben über Aquarell- und Pastellfarben bis zu Abtön- und Lackfarben wird in der Präparation alles genutzt (Maisch, Fink; 2014).

2.7. 3D- Scannen, Rapid Prototyping und Rekonstruktion

Bei größeren Fossilien, an denen möglicherweise mehrere Knochen fehlen, kann die Rekonstruktion oder auch das Original mit einem Laserverfahren eingescannt und digital weiterbearbeitet werden. Dieses Laser-Scan-Verfahren wurde vom Institut für Robotik und Prozessinformatik der Technischen Universität Braunschweig entwickelt und vorgestellt. Der Laser nimmt die Oberfläche von allen Knochen auf, diese werden auf den Computer übertragen. Mithilfe eines speziellen Programms, das die Oberflächen der Formen erkennt, werden diese zu einer dreidimensionalen Kopie von jedem Knochen. In diesem Programm können Korrekturen und Ergänzungen an den Knochen vorgenommen werden (Abbildung 2.). Darüber hinaus können, auf Grundlage der Originale, neue Knochen erstellt werden, falls diese fehlen oder sehr stark beschädigt sind.

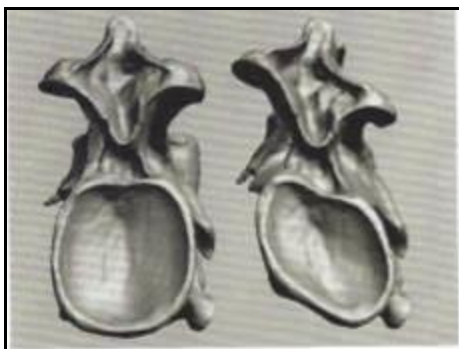


Abbildung 2. Wirbel im optimierten Zustand (links), Wirbel im verformten Zustand (rechts).

Die Darstellung der digital optimierten Knochen ermöglicht eine naturgetreue Nachbildung des Skelettes mittels 3D-Druck. Dabei werden die Knochen aus speziellem Kalkpulver mit Epoxydhülle gedruckt und zum Schluss mit Kunststoffhärter gehärtet.

Neben dem 3D-Druckverfahren ist es auch möglich, die Knochen konventionell abzuformen. Dafür werden die Originalknochen mit Silikon ummantelt und abgeformt. Ist das Silikon ausgehärtet, wird das Silikon vom Knochen abgetrennt. In die Negativform des Knochens wird nun Epoxydharz ausgegossen.

Durch diese Möglichkeiten der Nachbildungen kann das Skelett, mithilfe von Stahlarmlierungen, in der anatomisch korrekten Weise verbunden und montiert werden.

Nachdem die detailgenauen Kopien der Knochen ausgehärtet sind, werden sie koloriert. Als Grundlage für die Farbgebung werden die jeweiligen Originale hinzugezogen (Joger, Kosma, Krüger; 2009).

2.8. Konservierung

Nicht alle Fossilien müssen konserviert werden. Sie werden gegebenenfalls vor dem Verfall durch Einwirkungen von Säuren oder UV-Licht geschützt. Wird ein Fossil häufig berührt und angefasst, entsteht ein leichter Fettfilm auf dem Fossil, der auf Dauer, durch die enthaltenden Fettsäuren, das Fossil beschädigt (Rabe; 2016).

Bei der Konservierung werden vorzugsweise reversible Konservierungsmethoden verwendet, d. h. dass sich die verwendeten Chemikalien mit einem Lösemittel (wie z. B. Aceton) wieder herauslösen lassen. Wie bei Ergänzungen muss vor der Konservierung eine Absprache mit den Wissenschaftlern erfolgen, da durch die Konservierung eventuelle Feinheiten verloren gehen könnten. Alle verwendeten Konservierungsstoffe werden dokumentiert und festgehalten, damit nachfolgende Generationen die Möglichkeit haben, diese zu entfernen, um modernere Methoden anwenden zu können (Rabe; 2016).

Bei der Konservierung werden zwei Stoffe verwendet. Zum einen Pioloform (polymerer Kunststoff), welcher vorzugsweise bei trockenen Fossilien verwendet wird. Polyethylenglykol (PEG) wird vor allem für Fossilien aus der Eiszeit benutzt. Diese Fossilien sind sehr anfällig und zerfallen durch die bei der Trocknung entstandene Spannung. Das PEG ersetzt das im Fossil enthaltene Wasser durch Diffusion und erstarrt (Rabe; 2016).

Fertig präparierte Fossilien sollten unter kontrollierten Bedingungen gelagert werden. Die Luftfeuchtigkeit sollte 60 % nicht übersteigen, ideal ist eine Luftfeuchtigkeit von 55 % in den Lagerräumen (Rabe; 2016).

2.8.1. Die Pyritblüte oder Pyritisierung

Bei der Lagerung gibt es ein Hauptproblem: die Pyritisierung. Hiervon wird gesprochen, wenn sich auf dem Fossil ein weißer puderartiger Überzug bildet. Verbindet sich die Luftfeuchtigkeit mit dem Sauerstoff, so kann das Markasit (FeS_2), welches meist zusammen mit Pyrit (FeS_2) auftritt, aufblühen. Dabei wird das Eisen zu Fe-Hydroxiden oxidiert und der Schwefel wird zu Schwefelsäure, die freiwerdende Schwefelsäure kann benachbarte Fossilien angreifen (Rabe; 2016).

Pyritisierung ist „ansteckend“ und überträgt sich schnell auf andere Fossilien. Bei kleineren Fossilien gibt es die Möglichkeit, sie bei 100°C zwei Stunden lang zu backen, um ihnen die Feuchtigkeit zu entziehen (Kapitzke; 1983). Wenn möglich, werden diese Fossilien in einzelne Plastiksachteln verpackt, zusammen mit einem Beutelchen Silicagel, die in jedem Schuhkarton zu finden sind, um weiterhin die Luftfeuchtigkeit zu verringern. Diese „Behandlung“ kann, muss aber nicht funktionieren (Maisch, Fink; 2014).

2.9. Ausstellen

Im Naturhistorischen Museum Braunschweig wird nur ein Bruchteil der Funde ausgestellt, die meisten Stücke werden in einer großen Lagerhalle aufbewahrt (Rabe; 2016):

Der Weg eines Fossils von der Grabungsstelle bis in die Ausstellung ist zeitintensiv, arbeitsaufwendig und mühselig. Die bloße Präparation von einem zirka 50 cm großen Fisch kann bis zu 200 Stunden dauern (Radecker; 2016). Neben Grabungen, Präparation und Ergänzungen nimmt auch das Ausstellen viel Zeit in Anspruch. Wie zum Beispiel die Funde in Szene gesetzt werden? Und wie kann das Interesse von sowohl jungen als auch alten Menschen geweckt werden? Die Museen nehmen sich Zeit, um zu überlegen, wie eine möglichst große Anzahl von Menschen, viel durch die Ausstellung lernen kann. Vor allem für Kinder und Jugendliche entwickeln viele Museen dem Alter entsprechende Konzepte für eine lehrreiche Darbietung. Wie kann der Zielgruppe entsprechend eine Ausstellung aufgebaut sein, um das Interesse zu wecken und den Lernerfolg zu maximieren? Das Lernen mit Kindern im Museum ist eine Herausforderung und ein Vergnügen zugleich. Kinder lernen anders als Erwachsene und nehmen viele Dinge auf spielerische Weise besser auf. Hier liegt die Herausforderung, zu wissen, wie Kinder im Allgemeinen lernen und wie sie es am besten tun.

3. Wie Kinder lernen – Literaturübersicht als Grundlage für das Spiel-Konzept

Unter Zuhilfenahme von Fachliteratur werden in diesem Kapitel Grundbegriffe wie Motivation, Lob & Kritik erläutert und deren Einflüsse auf den Lernprozesses innerhalb des Gehirns.

3.1. Aufbau des menschlichen Gehirns

Das menschliche Gehirn ist Teil des zentralen Nervensystems unseres Körpers. Es verarbeitet alle Sinneswahrnehmungen, koordiniert unser Verhalten und dient als Speicher für jegliche Informationen, die unser Körper verarbeitet. Das zentrale Nervensystem wird gebildet durch Rückenmark und Gehirn (Aust-Claus, Hammer; 2015). Das Gehirn besteht aus insgesamt zirka 100 Mrd. Nervenzellen (Neuronen), beziehungsweise vielen verschiedenen Komponenten. Nicht alle sind für das Lernen zuständig (Blakemore, Frith; 2006). Für den Lernprozess wichtig sind die folgenden: das Großhirn, das Kleinhirn, das Stammhirn und der Hippocampus (Aust-Claus, Hammer; 2015). Von Geburt an besitzt ein Mensch bereits fast all seine Neuronen. Im Kleinhirn und im Hippocampus werden Neuronen im Laufe des Entwicklungsprozesses neu verknüpft und reorganisiert, hierbei verändern sich nicht die Neuronen selbst, sondern bloß deren Vernetzung. Dadurch entsteht mit der Zeit ein kompliziertes Netzwerk aus den Zellbindungen (Blakemore, Frith; 2006). Durch den ständigen Kontakt eines Neurons mit bis zu 10.000 anderen Neuronen gelangen so pro Sekunde etwa 10 Mio. Informationen in das Gehirn. Diese Eindrücke werden durch die Sinnessysteme vermittelt und durch das Netzwerk an das Gehirn gemeldet (Korte; 2011).

Erreicht ein Reiz den Körper, werden einzelne oder auch viele Nervenzellen erregt, der Reiz wird als elektrischer Impuls durch das Nervensystem geleitet. Zwischen den Nervenzellen befinden sich Synapsen. Sie funktionieren wie Schalter, die auf bestimmte Signale hin einen Kontakt herstellen oder abbrechen. 500 Billionen dieser Schalter sorgen im Körper

dafür, dass der Mensch denken, erinnern und bewusst handeln kann (Aust-Claus, Hammer; 2015).

Alle grundlegenden Lebensfunktionen, die ohne unsere bewusste Mithilfe funktionieren, werden im Stammhirn gesteuert; dazu gehören das Atmen, der Schlaf-Wach-Rhythmus und die Reflexe. Das benachbarte Kleinhirn ist für die Koordination von Nachrichten der Sinnesorgane bzw. der Großhirnrinde verantwortlich, hinzu kommt das Abspeichern von trainierten Bewegungsabläufen und Balance (Aust-Claus, Hammer; 2015).

Der Hippocampus ist ein wichtiger Teil der Lernprozesse, dort werden verschiedene Informationen verarbeitet, Erinnerungen miteinander verknüpft und neue Erinnerungen erstellt.

Die zwei Großhirnhälften nehmen Einfluss auf Bewusstsein, Persönlichkeit und Wille (Aust-Claus, Hammer; 2015).

Für die linke Großhirnhälfte sind folgende Funktionen zugeordnet:

- logisches Denken,
- mathematisches Grundverständnis,
- Sprechen.

Die rechte Großhirnhälfte ist für folgende Funktionen zuständig:

- Fantasie,
- Orientierung,
- Gefühlen und Empathie.

3.2. Lernprozesse innerhalb des Gehirns

Kinder müssen bereits in der Grundschule viele Dinge auswendig lernen. Vokabeln werden so oft wiederholt, bis sie ins Langzeitgedächtnis gelangen und das Kind in Zukunft immer wieder darauf zugreifen kann (Korte; 2011). Tritt ein Reiz wiederholt auf, Beispielsweise das erneute Aufsagen einer Vokabel, beginnt der Lernprozess und im Hippocampus wird bestimmten

Synapsen eine erhöhte Wichtigkeit zugesprochen – es wird sich zukünftig an den Reiz und somit auch an die Vokabel erinnert.

Wenn der Reiz im Zusammenhang mit einem bestimmten Vorgang steht, spricht man von assoziativem Lernen (Korte; 2011). Ein gutes Beispiel ist dafür das Experiment (der Pawlowsche Hund; 1905) des russischen Physiologen Iwan Pawlow mit seinen Hunden. Während der Fütterung spielte Pawlow immer einen Glockenton. Er wiederholte den Vorgang mehrmals und nach einigen Malen reichte der bloße Glockenton aus, um in den Hunden die Vorfreude auf das Essen zu wecken – die Speicheldrüsen der Hunde begannen zu arbeiten.

Erinnerungen sind also weitestgehend Aktivierungen verschiedener Nervenzellen-Strukturen und die Verknüpfung zum Nervensystem. Einmal gespeichert, kann jederzeit erneut darauf zugegriffen werden.

Der Lernprozess beansprucht einen großen Teil des Gehirns aktiv. Sobald das Gelernte jedoch abgespeichert ist, kostet das Abrufen eine viel geringere aktive Nutzung des Gehirns. Für eine effiziente Informationsverarbeitung zwischen Nervenzellen und Gehirn braucht der Körper genug Schlaf. Im Schlaf werden die gelernten Fakten und Erlebnisse im Hippocampus und in der Großhirnrinde nochmal wiederholt, der Lernprozess geht also im Schlaf weiter (Korte; 2011).

Der amerikanische Forscher Robert Stickgold machte hierzu einen Versuch. Er ließ seine Versuchspersonen einen Tag lang unbekanntes Wissen aufnehmen. Mit mehrmaligem Training schrumpfte die Abrufzeit, das Wissen konnte immer schneller abgerufen werden. Nach einer durchschnittlich langen Nacht von acht Stunden, waren die Teilnehmer überdurchschnittlich schnell. Die Leistung der Personen ist stark gestiegen, das Gehirn hat auch während des Schlafens das Wissen wiederholt und stärker eingepägt. Auch noch einen Tag später lässt sich der Lerneffekt feststellen. Das erlangte Wissen ist immer noch abrufbar. Blieb der Schlaf aus, erzielte der Körper nicht den besagten Lerneffekt, auch wenn die Versuchspersonen die Nächte danach durchschliefen, stellten sich keine besseren Leistungen ein.

Fazit: Genug Schlaf nach der intensiven Wissensaufnahme fördert den Lernprozess enorm und stärkt die Abrufbereitschaft nachhaltig. Das Gehirn wiederholt im Schlaf das Gelernte. Explizit werden hierbei Nervenzellen für bestimmte Ereignisse „gestärkt“, beziehungsweise optimiert (Korte; 2011).

3.3. Der Antrieb

Psychologisch ist die Motivation ein sehr komplexes Thema. Auf biologischer Ebene jedoch lässt sich Motivation und Antrieb auf den Botenstoff Dopamin reduzieren. Es löst im Gehirn Spannung und Vorfreude aus und fördert die Nervenzellen beim Einprägen besonders positiver Erfahrungen. Kinder sind von Natur aus wissbegierig und haben Freude am Entdecken. Der Botenstoff Dopamin ist für die Motivation und die Belohnung im Gehirn zuständig und steuert jegliche Bereiche menschlichen Handelns (Korte; 2011).

Dopamin steigert und beeinflusst

- das Lernvermögen,
- die Neugierde,
- die Aufmerksamkeit,
- die Fantasie,
- das Selbstvertrauen,
- die Motivation,
- den Optimismus.

3.4. Die Motivation

Je größer die Erfolgsaussichten bei Kindern sind, desto höher ist die Lern- und Anstrengungsbereitschaft, also die Lust und Motivation, neues Wissen aufzunehmen (Klippert, Müller; 2007). Überraschend gute Ergebnisse oder außergewöhnliche Ergebnisse sind beim Lernen wichtig, da sich Kinder diese Momente viel genauer einprägen (Korte; 2011). Erarbeiten und lösen Kinder Aufgaben selbst, lernen sie nachhaltiger und intensiver (Thimm; 2002). Diese Eigenmotivation wird als intrinsische (von innen kommende)

Motivation bezeichnet und ist die stärkste Kraft, die einen Menschen antreibt. Diese Kraft, bringt die Menschen dazu den Mount Everest zu erklimmen oder einen Marathon zu laufen. Extrinsische Motivation (Anreize von außen; z.B. durch das Sammeln von Punkten, die ab einer bestimmten Anzahl zu einer Belohnung führen) kann die innere Motivation überschreiben, so dass das Kind nicht mehr von selbst aus etwas erarbeitet, sondern für eine Belohnung. Es handelt sich hierbei um keine sinnvolle Dauermaßnahme, da Kinder mit der Zeit das Interesse am Lernen verlieren. Viel wichtiger ist eine Balance zwischen extrinsischer und intrinsischer Motivation (Korte; 2011).

Um diese These zu überprüfen, beobachteten Lepper, Greene und Nisbett (1973) über einige Wochen freiwillige und belohnte Tätigkeiten von Vorschulkindern. Nach einem Zufallsprinzip wurden 100 Kinder in drei Gruppen aufgeteilt. Den Kindern wurde die Aufgabe gegeben, etwas Schönes aus ihrer Umgebung zu malen. Für die erste Gruppe („expected award“) stellten Kuscheltiere und Süßigkeiten eine Belohnung für das erfolgreiche Malen dar. Die zweite („unexpected award“) und dritte -Gruppe („no- award“) wurde desgleichen gebeten, etwas aus ihrer Umgebung zu zeichnen, ohne dass ihnen eine Belohnung dafür geboten wurde. Die zweite Gruppe erhielt die Belohnung zu einem späteren Zeitpunkt, jedoch völlig überraschend. Die dritte Gruppe erhielt zu keinem Zeitpunkt eine Belohnung.

Nach einigen Wochen stellten die Forscher fest, dass die Kinder der ersten Gruppe ein geringeres Interesse am Zeichnen hatten, als zu Beginn des Versuches. Die Kinder verbrachten weniger Zeit mit der Malaufgabe als die Kinder der anderen Gruppe. Obwohl sie als einzige Gruppe für ihr Tun belohnt worden waren. Nach der Ausgangsthese „Belohnung fördert die Motivation“, hätten die Kinder mit mehr Enthusiasmus Malen müssen. Die am Anfang versprochene Belohnung bewies sich als kontraproduktiv für die Eigenmotivation der Kinder. Im Gegensatz zu der ersten Gruppe waren die Kinder der zweiten Gruppe die, die am liebsten und häufigsten malten.

Aber neben allen Methoden, die es zum Lernen, Wiederholen, Konzentrieren und Motivieren gibt, erschließen sich die Kinder die Welt vor allem auf eine

spielerische Weise (Petillon; 2016). Spiele geben Kindern die Möglichkeit, durch Rollenspiele, Gesellschaftsspiele oder Strategiespiele in eine andere Welt einzutauchen und von dieser zu lernen. Dabei motivieren Spiele Kinder von innen heraus, da sie nicht von außen bezweckt werden. Beim Spielen wird neben dem Ziel zu gewinnen auch die Neugierde und Exploration in Kindern geweckt. Spiele sind ein Pendel zwischen Spannung und Entspannung (Petillon; 2016).

Alles, was Kinder um sich herum wahrnehmen, wird schnell zu einem Spiel. In ihrer Welt begegnen sie ständig etwas Neuem und somit auch neuen Handlungsmöglichkeiten (Krenz; 2001). Neben Gesellschaftsspielen und Rollenspielen, mit Familie und Freunden, spielen fast die Hälfte der Kinder unter 14 Jahren regelmäßig auf Smartphones, Tablets und Computern App-Spiele. Solche Spiele sprechen den natürlichen Spieltrieb an, niedliche Figuren, bunte Muster und vorgegebene Wege, lassen das Wegschauen schwerfallen. Diese Arten von Spielen sind leicht zu erlernen, aber schwer zu beherrschen. Mit jedem Level, das von einem Kind zunächst mühelos erreicht wird, verschickt der Botenstoff Dopamin eine Belohnung. Dopamin wirkt direkt in den neutralen Schaltkreisen, in denen alle Süchte entstehen und somit auch der Drang, dieselbe Aktion erneut auszuführen. Nach jedem erreichten Level wird das nächste schwerer, um die gleiche Befriedigung zu geben. Solche Spiele haben eine ähnliche Sogkraft wie Glücksspielautomaten (Bauer, 2014).

3.5. Lob und Kritik

Lob und konstruktive Kritik sind wichtig, sowohl für Kinder und Jugendliche, als auch für Erwachsene. Lob vermittelt Anerkennung, Stolz und Wertschätzung. Zudem hilft die Bewertung einer Aufgabe durch ein Lob, einen Überblick über das eigene Können zu schaffen (Korte; 2011). Daher sollte Lob realistisch, differenziert und aufrichtig sein. Kinder merken in den meisten Fällen, wenn Lob nicht ernst gemeint ist oder übertrieben wirkt, vor allem, wenn es darum geht, ein erwünschtes Verhalten bei dem Kind zu erzeugen. Lob, das übertrieben wirkt und zu leicht zu erhalten ist, schwächt

das Dopamin-Belohnungszentrum ab. Und somit auch der Wille, diese Aktion nochmals auszuführen. Neben der richtigen Dosis von Lob ist es auch wichtig, nicht nur oberflächlich das Können des Kindes zu loben, sondern vielmehr die Mühe und Arbeit, die dahinter steht (Gatterburg; 2014).

Die US-Psychologin Carol Dweck beobachtete zehn Jahre lang Fünftklässler. Dabei stellte sie fest, dass Kinder, die ausschließlich für ihr Können und ihre Intelligenz gelobt werden, häufiger Angst vor dem Scheitern haben, da sie so ihre Eltern enttäuschen würden. Hingegen Kinder, deren Arbeit und Mühe anerkannt und gelobt wurden, motivierter an neue Aufgaben herantraten, da sie überzeugt davon waren, an jeder Herausforderung zu wachsen (Gatterburg; 2014).

Die Recherche zu Lernprozessen und Motivation ergaben vor allem eines: Kinder lernen spielerisch am besten. Eine Idee, um den Weg vom Fundort ins Museum für Kinder lehrreich und spannend zu erklären, ist die Entwicklung eines animierten Spieles, damit auch für sie der Museumsrundgang zu einem Erlebnis wird.

4. Konzept des Spiels - „Die Geschichte von Ichty“

Das hier eigens entwickelte Konzept ist bloß theoretisch, Ziel jedoch ist die Umsetzung.

Das Spiel ist als Tablet/Smartphone Spiel vorgesehen und soll auf einem Gerät von ein bis maximal zwei Spielern gleichzeitig gespielt werden können. Es bietet in zwei Episoden Wissen und Aktionen, einerseits über Lebensraum, Lebensweise, Nahrung und Aussehen des Ichthyosaurier, andererseits über den Weg des Skelettes von dem Fundort zur Ausstellung.

Als Einleitung dient ein kurzer Film, mit minimalen Ausschnitten der folgenden Aufgaben und Aktionen. Danach ergibt sich für den Spieler die Möglichkeit, das Spiel zu starten oder es abubrechen und zu beenden. Nach der Zustimmung zum Spiel entscheidet der Spieler, welches der zwei Kapitel er spielen möchte.

4.1. Kapitel I

Die erste Episode steht unter der Überschrift: „Wie ist das Fischesaurierskelett von Ichty nach Schandelah gekommen?“.

„Ichty“ (Abbildung 3.1.) ist ein junger Ichthyosaurier und in dem ersten Kapitel die Begleitfigur und Unterstützung des Spielers.

Die erste Aufgabe besteht darin, die Form von Ichty zu erkennen, die einem Delfin ähnelt und festzustellen, dass er schwimmen konnte.

Mit dieser Information soll der Spieler im nächsten Schritt Ichty's Lebensraum erstellen. Gegeben sind verschiedenste Komponenten einer Biosphäre.

Durch die eigene Zusammenstellung einer Nahrungskette erweitert der Spieler sein Wissen über Nahrung und Feinde des Ichthyosauriers.

Neben Lebensraum und Lebensweise vom Ichthyosaurier gilt es, im ersten Kapitel auch die Frage: „Wieso lebt Ichty nicht mehr? Und wie lange ist das her?“ zu beantworten. Die Lösung findet der Spieler über eine Multiple Choice Frage.

Um den Spieler unter leichten Druck zu setzen und die Spannung zu steigern, läuft nebenbei eine Stoppuhr, bzw. fließt die Geschwindigkeit der Lösungsfindung in die Endwertung ein.

Am Ende der ersten Episode bietet sich für den Spieler die Wahl, die Nächste zu beginnen oder das Spiel zu beenden.

4.2. Kapitel II

In dem zweiten Kapitel ersetzen Franz bzw. Franzi Ichty als unterstützende Begleitpersonen. Der Spieler wählt zu Beginn aus, ob seine Begleitfigur weiblich oder männlich sein soll.

Um dem Spieler die Ausrüstung und Sicherheitsregeln bei Grabungen näher zu bringen, besteht die erste Aktion darin, die Begleitfigur richtig anzuziehen. Damit der Spieler die verschiedenen Werkzeuge, die bei der Grabung verwendet werden, kennenlernt, besteht die folgende Aufgabe darin, einen Koffer mit allen benötigten Werkzeugen und Utensilien zu packen. Um diese Werkzeuge in den Koffer zu packen, müssen allerdings, wie beim Memory, die richtigen Pärchen gefunden werden.

Aufmerksamkeit und Achtsamkeit des Spielers sind bei den folgenden Aufgaben gefordert. Nur durch das Finden eines Zahnes vom Ichthyosaurier kommt der Spieler weiter zur nächsten Aufgabe. Erneut spielt die Zeit eine Rolle. Findet er den Zahn nicht, erhält er einen weiteren Versuch. Nun jedoch befindet sich der Zahn an einer anderen Stelle. Gelingt es dem Spieler auch beim dritten Versuch, nicht den Zahn zu finden, wird das Kapitel neu gestartet. So entsteht Frust bei dem Spieler, der ist gleichzeitig motiviert, die Aufgabe beim nächsten Versuch zu bewältigen. Bei der zweiten Runde hat der Spieler mehr Zeit, um den Zahn zu finden, dadurch fällt ihm die Aufgabe leichter und die Motivation steigt durch das Erfolgserlebnis.

Im nächsten Level sucht sich der Spieler eine geeignete Präparationsmethode aus. Es gibt bei dieser Wahl keine falsche und keine richtige Antwort, sondern unterschiedliche Schwierigkeitsgrade. Der Spieler kann das

Fundstück entweder mechanisch (leicht), physikalisch (mittel) oder chemisch (schwer) bearbeiten und präparieren.

Bei der mechanischen Präparation soll der Spieler nach dem Grundsatz: „Je näher am Fossil gearbeitet wird, desto kleiner und feiner muss das Werkzeug sein!“ die vorgegebenen Werkzeuge der Größer nach sortieren.

Um das grundlegende Prinzip der physikalischen Präparation zu erklären, besteht die Aufgabe darin, dass der Spieler den Fund zunächst in Wasser einlegt, bis sich dieser vollgesogen hat. Im nächsten Schritt muss die Temperatur mithilfe eines Thermometers so niedrig eingestellt werden, bis sich Risse im Gestein um den Fund bilden und es schließlich aufbricht (Abbildung 3.2.). Wie auch in der Realität muss auch im Spiel die mechanische Präparation als Nachbearbeitung erfolgen. Für den Spieler schließt sich also an die physikalische die mechanische Präparation an.

Die chemische Präparation unterteilt sich in die Präparation mit Laugen und Säuren, der Spieler wählt eine Methode aus. Vor beiden Methoden erklärt die Begleitperson Franz/i den Ablauf der Präparation und die Wichtigkeit der Schutzbekleidung während der Arbeit mit chemischen Substanzen.

Für die Präparation mit Säuren muss die dafür verwendete Ameisensäure mit Wasser in einem bestimmten Verhältnis verdünnt werden. In der Darstellung des Spieles erfolgt das über die Mischung von Farbtönen. Das korrekte Verhältnis ist erreicht, wenn die Farbe der Mischung dem vorgegebenen Farbton entspricht (Abbildung 3.3.).

Diese hergestellte Säure muss im nächsten Schritt über das Fundstück gegossen werden. In diesem Moment beginnt sich ein Pfeil auf einer Zeitleiste vom grünen zum roten Bereich zu bewegen. An der Übergangsstelle von Rot zu Grün muss der Spieler das frei präparierte Knochenstück aus dem Behälter nehmen, ansonsten beginnt die Säure den Knochen wegzuätzen. Ist das der Fall, muss der Spieler erneut starten, da mit dem alten Knochenstück nicht weitergearbeitet werden kann.

Wählt der Spieler die Präparation mit Laugen, besteht die Aufgabe darin, die Laugenplättchen auf bestimmte Stellen zu legen. Als Vorlage dient eine

Schablone, in die die Plättchen passen müssen (wie bei dem Brettspiel Ubongo). In dem Moment, wo der Spieler alle Plättchen richtig sortiert hat, beginnen diese den Knochen freizulegen. Der Spieler muss den Freilegungsvorgang rechtzeitig stoppen, um eine Zerstörung des Knochens zu verhindern.

Unter Zeitdruck puzzelt der Spieler im nächsten Level die einzelnen Knochenteile zusammen. Der zusammengebaute Fund hat eine Fehlstelle, diese soll der Spieler ergänzen. Er muss das fehlende Teil (bspw. eine Flosse) selbst zeichnen und an der richtigen Stelle positionieren.

Ist das Fundstück fertig präpariert, stellt der Spieler seine eigene Ausstellung zusammen. Dazu wählt er sein Fundstück und fünf weitere Ausstellungsstücke aus dem Museum aus und ordnet sie in einem animierten Ausstellungsraum an (Abbildung 3.4.).

Als Überraschung und Belohnung erhält der Spieler seinen Ausstellungsraum als Ausmalbild und als Panoramaansicht per E-Mail zugestellt.

5. Ichtys Geschichte – Theoretische Erklärung und Diskussion des Spiel-Konzepts

Eine gute Idee ist lange nicht genug, um ein gutes Spiel zu erschaffen. Damit ein Kind auf spielerische Weise erfolgreich und motiviert lernt, muss sich an bestimmten theoretischen Ansätzen orientiert werden, um ein möglichst interessantes und lehrreiches Spiel zu entwickeln.

Das Ziel sollte sein, das einfache Spiel und die Theorie des Lernens zu verbinden, um am Ende ein Spiel zu erschaffen, was sowohl informativ als auch spannend ist – der hier entwickelte theoretische Ansatz ist ein Versuch, ein sowohl nutzbringendes als auch unterhaltsames Spiel zu kreieren.

5.1. Die Motivation

Kinder wollen die Welt auf spielerische Weise entdecken, sie spielen aus Neugierde und der Freude am Erforschen. Ob nun ein Brettspiel oder ein Computerspiel, die Motivation teilzuhaben, entsteht ganz von selbst. Eigenmotivation verleitet Kinder dazu, zu spielen – und das aus den verschiedensten Gründen: Gewinnen, der bloße Spaß am Spiel oder vielleicht doch eher die nette Gesellschaft bzw. das Zusammensein. Kinder reizt das Spielerische und das Ungezwungene.

Lernspiele können bei Kindern schnell auf Langeweile und Desinteresse stoßen. Gerade aus der Schule heraus verbinden Kinder das Lernen nicht umgehend mit Spaß. Ist das Spiel nun allerdings spannend aufgebaut und packt das Kind bereits bei den ersten Aufgaben, regt das zum Weiterspielen an.

Als Einleitung für das Spiel dient ein kurzer Film, indem sich ‚Ichtys‘ vorstellt. Ein kleiner bunter comicartiger Ichthyosaurier mit großen Augen weckt in den Kindern den natürlichen Spieltrieb. Ichtys dient für das Spiel als Erzähler und leitet den Spieler durch die verschiedenen Levels. So erhält das Spiel einen roten Faden und einen klaren und übersichtlichen Handlungsverlauf.

Das Spiel orientiert sich an schon bekannten Spielideen wie Memory, Ubongo und Puzzle. Dadurch gelingt es dem Kind, die Aufgaben leicht zu verstehen. Das Lösen ist jedoch schwieriger. Durch schon bekannte Aufgabenstellungen lassen sich Herausforderungen zu Anfang schnell lösen. Optimismus und Überzeugung von eigenem Können sind meist die Folge. Um die Herausforderung beizubehalten und Langeweile vorzubeugen, wird das Spiel zunehmend schwieriger, die Aufgaben werden anspruchsvoller – dafür allerdings ist die Freude umso größer, wenn jene gelöst werden. Das körpereigene Belohnungssystem honoriert das Bewältigen und lässt die Dopaminausschüttung steigen, sobald das Gehirn merkt, dass kompliziertere Aufgaben erfolgreich gelöst werden.

Damit der Ansporn zum Weiterspielen weiterhin besteht, muss eine gesunde Balance zwischen externer und interner Motivation gefunden werden. Handelt ein Kind nur aufgrund von äußeren Anreizen, kann es schnell die Lust am Spiel verlieren. Das bloße Handeln aus Eigeninitiative ist bei einem Lernspiel schwer zu erzielen, das Spiel kann unmöglich vorgeben, Eigenmotivation hervorzurufen, da es sich in diesem Fall um externe Motivation handeln würde. Innere Motivation kann nur von dem Spieler selbst kommen.

Externe Impulse motivieren nicht dauerhaft, können aber hierbei durchaus ein sinnvoller Antrieb sein. Gewinnpunkte innerhalb des Spiels schaffen für das Kind einen Antrieb – sie stellen eine Belohnung für das erfolgreiche Abschließen einer Aufgabe dar und können später auch noch als Joker für die Lösung von komplizierteren Aufgaben genutzt werden. Wettbewerb spornt an, nach jeder Runde erhält der Spieler Punkte in Form von Bonbons – auf einer Rangliste kann erkannt werden, wer die meisten Bonbons erreicht hat und auf welchen Platz sich der Spieler befindet, es wird also angezeigt, wie gut der Spieler im Vergleich zu anderen abgeschnitten hat. Die Aufgaben werden nach und nach nicht nur anspruchsvoller, sondern es wird auch deutlich schwieriger, hohe Punktzahlen zu erreichen.

5.2. Lob, Kritik und Belohnung

Der Spieler muss für seine Erfolge ehrliches Lob bekommen, um die Motivation nicht zu verlieren. Lob und Kritik sind unglaublich wichtig, funktionieren jedoch nur, wenn sie akkurat und leistungsorientiert auftreten. Bekommt ein Kind auch für die einfachsten Aufgaben großes Lob, wird das Lob irgendwann nicht mehr ernst genommen und ignoriert.

Sowohl zu viel Lob als auch schlechte Kritik wären kontraproduktiv für die Motivation des Spielers – die Lust am spielen würde verloren gehen.

Das Spiel versucht einen guten Kompromiss zu finden und orientiert sich hier an theoretischen Ansätzen. Ehrliches Lob erhält der Spieler für tatsächlich gut gelöste Aufgaben mit erhöhtem Anforderungsniveau. Wird eine Aufgabe nicht gemeistert, werden Verbesserungsvorschläge gegeben, die dem Spieler weiterhelfen. Tipps helfen beim Weiterkommen und demotivieren den Spieler nicht.

Dennoch kann es passieren, dass Kritik von Kindern falsch aufgenommen wird – auch wenn die Kritik konstruktiv geäußert wird.

Innerhalb des Spiels erhält der Spieler auf verschiedene Weise Lob, mal indirekt, mal etwas direkter und vielleicht auch klar an ihn gerichtetes Lob. Die erste Aufgabe des Spiels verlangt die Zusammenstellung eines Forscher Outfits. Der Spieler bekommt für diese Aufgabe nur indirektes Lob, da die Herausforderung vergleichsweise klein ist. Ein Satz wie: „Wow, das sieht toll aus!“ kommt als Kompliment von der Begleitfigur, sobald er die Aufgabe beendet hat.

Für die zweite Aufgabe erhält der Spieler kein Lob. Das Spiel kann jedoch erst weitergeführt werden, sobald die Aufgabe beendet ist, also der Koffer für die weitere Arbeit mit dem Ichty gepackt ist.

Die dritte Aufgabe besteht aus einem Suchbild – der Spieler soll einen Zahn des Ichthyosauriers innerhalb eines Bildausschnittes der Ausgrabungsstätte finden. Auch hier ist kein Lob von Nöten, da der Spieler sich mit dem Fund

des Zahns selbst belohnt, beziehungsweise die Freude über den Fund groß genug ist.

Der vierte Teil des Spiels ist in drei Unteraufgaben unterteilt, der Spieler kann selbst wählen, welche Präparationsmethode er wählen möchte - er darf selbst den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe wählen. Die einfachste der drei Aufgaben ist die mechanische Präparation, den mittleren Schwierigkeitsgrad stellt die physikalische Präparation dar und die schwerste der drei Aufgaben besteht aus der chemischen Präparation. Es kann also je nach Können und Verständnis für die Materie selbst gewählt werden, wie groß die Herausforderung für das Lösen der Aufgabe sein soll.

Bei der mechanischen Präparation ist der Anspruch an den Spieler gering; ein Lob bleibt somit aus.

Wählt der Spieler die physikalische Präparation, steigt sowohl die Anforderung als auch die Wahrscheinlichkeit, dass er scheitert. Aufgabe ist es, ein Fossil von einem Stück Gestein sicher und sauber zu befreien. Die hierfür verwendete Methode nutzt den natürlichen Verwitterungsprozess, eine Frostsprengung. Hierfür muss der Spieler den Fund in Wasser einlegen und die Temperatur anhand eines Temperaturreglers auf genau -7 Grad Celsius einstellen, um eine Sprengung des Gesteins hervorzurufen. Die Aufgabe erfordert grundlegendes Wissen über den Gefrierpunkt von Wasser und beispielsweise die Temperatur eines Gefrierschranks – das Lösen wird mit Lob belohnt. Schafft der Spieler es nicht, die richtige Temperatur einzustellen, geht der Fund kaputt. Die Begleitpersonen, Franz oder Franziska, erklären, wo der Fehler lag, damit der Spieler es beim nächsten Versuch besser machen kann. Der Spieler hat nun keinen verwendbaren Fund mehr, er wird zurück zur Ausgrabung gebracht und muss einen neuen Knochen ergattern.

Die chemische Präparation stellt die höchsten Anforderungen. Sie unterteilt sich in zwei Aufgaben, wobei der Anspruch identisch ist. Entweder der Spieler entscheidet sich mit Säure zu arbeiten oder mit Laugen zu arbeiten.

Die Präparation mit Laugen ist hierbei eher spielerisch, die Präparation mit Säuren zeigt eher wissenschaftliche Züge.

Wird die Arbeit mit Laugen gewählt, steht der Spieler unter Zeitdruck. Die eventuell vorher gewonnenen Punkte könnten hier für mehr Zeit eingelöst werden. Muss der Spieler keine extra Zeit „kaufen“, bekommt er Lob für seine schnelle Arbeit. Braucht der Spieler extra Zeit, fällt das Lob geringer aus. Hier ist die Anforderung an den Spieler aufgrund des Zeitdrucks höher, die Knochenteile können bei zu langem Warten zerstört werden. Auch hier muss bei Scheitern wieder bei der Ausgrabung angefangen werden.

Die Herausforderung bei der Arbeit mit Säuren ist, den richtigen Farbton zu mischen, gelingt das nicht, ätzt die Säure den Knochen weg. Wird der Fund zu spät aus der Säure entfernt, hat der Spieler versagt und kehrt zur Ausgrabungsstätte zurück.

Bei der chemischen Präparation wird dem Spieler von der Begleitperson im Falle des Versagens erklärt, wieso das Lösen der Aufgabe misslungen ist. Zusätzlich erhält der Spieler Hinweise für den nächsten Versuch.

Das Puzzeln im fünften Aufgabenteil, wird einerseits durch den Zeitdruck, andererseits durch die Form anspruchsvoller. Nach erfolgreichem Erfüllen der Aufgabe wird nicht das Können der Aufgabe gelobt, sondern die Verknüpfung von der Erinnerung an die Form des Ichthyosauriers und die darauf folgende Zusammenstellung des Fossils. Da es sich um eine zeitlich begrenzte Aufgabe handelt, kann auch hier mehr Zeit „erkauft“ werden. Schafft es der Spieler nicht, das Puzzle rechtzeitig fertig zu stellen oder richtig zusammen zubauen, wird ihm erklärt, dass der Kleber nun ausgetrocknet ist. Durch eventuell zuvor gewonnene Punkte darf der Spieler hier einen „Joker“ einsetzen und den wasserlöslichen Kleber entfernen, um einen weiteren Versuch zu haben.

Bei dem sechsten Teil soll der Spieler selbst kreativ werden. Bei der vorherigen Aufgabe stellt sich heraus, dass eine Flosse fehlt, diese muss nun ergänzt werden. Bei dieser Aufgabe gibt es kein richtig oder falsch. Egal, wie der Spieler die Flosse gestaltet, am Ende der Aufgabe wird er dafür gelobt. Das Lob bezieht sich hier auf die Farbwahl, den Aufbau und die Mühe der

Gestaltung der Flosse und nicht auf das künstlerische Talent oder die biologische Korrektheit.

Auch bei dem vorletzten Aufgabenteil steht die eigene Kreativität des Spielers im Mittelpunkt der Aufgabe. Nach eigenem Willen kann er sich die Ausstellung zusammenstellen und gestalten. Gelobt werden die Idee der Umsetzung, das Nutzen des Raumes und die ausgesuchten Ausstellungsexemplare.

Der Studie von Lepper, Greene und Nisbett zufolge ist eine unerwartete Belohnung deutlich motivierender, als wenn eine Belohnung in Aussicht gestellt wird. Kinder arbeiten langfristig interessierter und motivierter, wenn sie überraschend belohnt werden. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass es in Kindern ein Gefühl von Stolz auslöst und das Selbstwertgefühl stärkt. An dieser Studie orientierend erhält der Spieler für das Beenden des Spieles eine überraschende Belohnung.

Ziel der zweckmäßigen Balance zwischen Lob und Kritik in dem Spiel ist die ständige Erhaltung von Motivation. Der Spieler soll zu keinem Zeitpunkt demotiviert sein, geschweige denn bereit sein, aufzugeben. Allerdings kann natürlich zu keinem Zeitpunkt gewährleistet sein, dass das Lob und die Verbesserungsvorschläge so beim Spieler ankommt/ankommen, wie es gedacht ist.

5.3. Frustration

Oft wird der einfachste Weg eingeschlagen. Frust bringt Menschen dazu aufzugeben - ob nun persönlich oder beruflich. Doch Frust kann auch als Motivator dienen. Wenn der Spieler an den richtigen Stellen frustriert ist, kann es ihn dazu bringen, weiterzumachen, bis er geschafft hat, was er erreichen wollte; ein Highscore oder vielleicht ein weiteres Level. Man kann an Niederlagen wachsen und daraus lernen. Damit ein Spieler über einen längeren Zeitraum motiviert ist, braucht es ab und zu einen kleinen Rückschlag und ein wenig Frustration. Kinder sollten früh lernen mit Frust

umzugehen – Spiele helfen dabei am besten. Wer früh lernt, mit Frust und mit dem Verlieren umzugehen, lernt fürs Leben. Für die Entwicklung von Kindern ist es außerdem förderlich, dass ihnen Spiele früh das Prinzip von Regeln nahelegen (Latzel-Pätsch, 2017).

Beim „Nicht erfüllen“ einer Aufgabe kehrt der Spieler in einigen Fällen zu einer davor liegenden Aufgabe zurück. Gerade bei schwierigen Aufgaben ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass der Spieler scheitert. Das Scheitern soll im Spieler Frust auslösen und soll gleichzeitig jedoch den Drang stärken, weiterzuspielen und den jeweiligen Level erfolgreich zu beenden. Zeitdruck kann einen ähnlichen Effekt auf den Spieler haben. Zu viel Frust könnte allerdings auch das Gegenteil bewirken, der Spieler gibt auf.

Bei zwei Aufgabenteilen muss der Spieler, wenn er in diesen gescheitert ist, die Aufgabe erneut beginnen. Sowohl bei der Präparation als auch beim Kleben kann also im Spieler Frust ausgelöst werden. Der Spieler muss mit dem Frust selbst umgehen. Das ist eine der Anforderungen, die an ihn gestellt wird.

Frust stellt nicht immer ein Hindernis, beziehungsweise einen Verlust dar, sondern kann bei sinnvoller Platzierung auch das Gegenteil bewirken: Motivation.

5.4. Lernprozesse innerhalb des Gehirns

Wiederholung von erlerntem Wissen fördert den Lernprozess und ermöglicht das spätere Abrufen des Gelernten. Nachts wiederholt das Gehirn bei genug Schlaf automatisch das erworbene Know-how und trägt somit zur langfristigen Speicherung bei. Innerhalb des Spiels muss der Spieler zu Beginn erworbenes Wissen auch noch zu einem späteren Zeitpunkt einsetzen, wiederholt also bewusst das Gelernte.

Damit möglichst viel gelerntes Wissen bestehen und abrufbereit bleibt, sollte das Spiel also möglichst Abends gespielt werden oder unabhängig vom Spiel

eine Nachtführung im Museum angeboten werden, ganz nach dem Vorbild von „Nachts im Museum“.

6. Zusammenfassung

Ein Fossil wird im Posidonienschiefer gefunden, mühevoll ausgegraben, präpariert – physikalisch, mechanisch oder chemisch. Der Fund wird aufgearbeitet, ergänzt, geklebt, rekonstruiert und konserviert. Ein spannender, wenn auch sehr aufwendiger und langatmiger Weg. Abschließend dieser Facharbeit lässt sich feststellen, dass der Weg vom Fund ins Museum unglaublich interessant und spannend ist. Er nimmt jedoch sehr viel Zeit in Anspruch und erfordert höchste Aufmerksamkeit und Fachwissen.

Das Ergebnis kann unglaublich vielseitig genutzt werden. Forschung und Wissenschaft sind immer interessiert an neuen Funden – sie Treiben die Forschung voran und helfen der weiteren Analyse folgender Ausgrabungen. Museen nutzen ihre Ausstellungstücke vielfältig, ob als Forschungsobjekt oder bloßes Ausstellungsstück – die Funde begeistern, wecken Interesse am Forschen und bringen Menschen zusammen.

Ziel für die Zukunft muss sein, dass das Medium Museum nicht verblasst und verschwindet wie viele Dinge im Rahmen der Digitalisierung. Auch ein Museum sollte mit der Zeit gehen und neue Methoden entwickeln seine Besucher zu begeistern.

Es stehen unglaubliche viele Möglichkeiten zur Verfügung, eine Ausstellung zu gestalten. Wie kann man ein Museum heutzutage für Kinder attraktiv gestalten? Die Nutzung moderner Medien lag nahe, weil Kinder heutzutage sehr von Technik begeistert sind und auch schon in jungen Jahren viel in Kontakt mit technischen Geräten sind. Das hier vorgestellte Spiel-Konzept ist nicht der einzige Weg spannende Ausstellungen zu gestalten. Ziel ist dennoch die Umsetzung des Spiels und die mögliche Nutzung der Idee durch das naturhistorische Museum.

7. Danksagung

Ich möchte mich bei einigen Menschen bedanken, ohne die (oh Wunder) all das nicht möglich gewesen wäre, hätten sie mich nicht ständig motiviert und unterstützt.

Zuallererst würde ich gerne dem Lehrer danken, ohne den die ganze Arbeit nicht entstanden wäre. Weiterhin danke ich ihm für seine Unterstützung, seine Fähigkeit mir Mut zu machen und seine ständige Hilfsbereitschaft.

Ich danke Leon für seine unersetzbare Unterstützung und seine Kraft. Des Weiteren danke ich Leon und Rosa für die Geduld die sie mit mir hatten und hoffe sie haben mir das viele Absagen nicht zu übel genommen (PS: haben sie nicht).

Ein herzliches Dank auch an meine Eltern, ihr ward einfach immer für mich da.

Ohne das Naturhistorische Museum hätte ich nie die Möglichkeit gehabt so viele detaillierte Einblicke in die Arbeit mit Fossilien zu bekommen geschweige denn eine solche Arbeit zu verfassen. Danke dafür!

Ein großes Dank geht auch an Vela, die mir mit den Zeichnungen und dem entwerfen des Spiels geholfen hat.

Last but not least danke ich Frau Grefen-Peters, Karin und Thomas die sich die Zeit genommen haben, die Arbeit querzulesen und mir nochmals gezeigt haben wie wichtig ehrliches Lob und konstruktive Kritik wirklich ist. Danke!

8. Literaturverzeichnis

Literatur

Aust-Claus, Dr. Med. Elisabeth/ Hammer, Dr. Dipl.-Psych. Petra-Marina:
Auch das Lernen kann man lernen. München: Oberstebrink, 2015
(2004), S. 36-38.

Bauer, Patrick: „Die Zeit-Raffer“, In: Süddeutsche Zeitung Magazin, 43/2014.

Blakemore, Sarah-Jayne/ Frith, Uta: Wie wir lernen. Was die Hirnforschung
darüber weiß. München: Deutsche Verlags-Anstalt, 2006 (2005), S.34-
35.

Gatterburg, Angela: „Toll ist nicht toll“, In: Der Spiegel Wissen, 1/2014.

Ginder, Hans: Chemische Präparation. In: Fossilien sammeln, bergen,
präparieren, konservieren, magazinieren, ausstellen. Stuttgart: Konrad
Theiss Verlag, 1983, S.47.

Heunisch, Carmen: Das schwarze Jurameer und seine unsichtbaren
Bewohner. In: Jurameer: Niedersachsens versunkene Urwelt. München:
Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2014, S.7.

Joger, Ulrich: Ichthyosaurier. In: Jurameer: Niedersachsens versunkene
Urwelt. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2014, S.71.

Kapitzke, Martin: Arbeiten mit anorganischen Säuren. In: Fossilien sammeln,
bergen, präparieren, konservieren, magazinieren, ausstellen. Stuttgart:
Konrad Theiss Verlag, 1983, S.49.

Kapitzke, Martin: Erhalten verkiester Fossilien. In: Fossilien sammeln,
bergen, präparieren, konservieren, magazinieren, ausstellen. Stuttgart:
Konrad Theiss Verlag, 1983, S.63.

Klippert, Heinz/ Müller, Frank: Methodenlernen in der Grundschule: Bausteine für den Unterricht. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz Verlag, 2007 (2003), S.17; 82.

Korte, Martin: Wie Kinder heute lernen. München: Wilhelm Goldmann Verlag, 2011 (2004), S.34-282.

Kosma, Dr. Ralf (Grabungsleiter des Staatlichen Naturhistorischen Museums Braunschweig): Persönliche Mitteilung, 2016.

Krenz, Armin: Kinder spielen sich ins Leben – Der Zusammenhang von Spiel- und Schulfähigkeit. WWD (keine genaueren Angaben), 75/2001, S.8-9.

Latzel-Pätsch, Dipl.-Päd. Karin (Sozialpädagogin): Persönliche Mitteilung, 2017.

Lichter, Gerhard: Fossilien bergen, präparieren, ausstellen: Geräte und Techniken. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1986 (1979), S.114-115.

Maisch, Michael/ Fink, Werner: Fossilien präparieren: Schritt für Schritt. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co., 2014, S.14-60.

Müller, Dr. Rainer/ Wilde, PD Dr. habil. Volker/ Zellmer, Dr. Henning: Wie die Landschaft entstand. In: Geopark Harz, Braunschweiger Land, Ostfalen: Die klassischen Quadratmeilen der Geologie. Königslutter, Quedlinburg: Geopark Harz, Braunschweiger Land, Ostfalen GbR, 2009, S. 13-14.

Petillon, Hanns: 1000 Spiele für die Grundschule: Von Adlerauge bis Zauberbaum. Weinheim: Beltz Verlag, 2016 (2007), S.19-20.

Rabe, Karin (Museumspädagogin): Persönliche Mitteilung, 2016.

Radecker, Sebastian (Präparator): Persönliche Mitteilung, 2016.

Riederle, Peter: Kleben und Ergänzen. In: Fossilien sammeln, bergen, präparieren, konservieren, magazinieren, ausstellen. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag, 1983, S.28-30.

Ritter, Achim/ Kosma, Ralf: 3D-Scannen, Rapid Prototyping und Rekonstruktion des Dinosaurierskelettes. In: Projekt Dino. Schwülper: Cargo Verlag, 2009, S.82-85.

Schaal, Stephan/ Harms, Franz-Jürgen/ Habersetzer, Jörg: Suchen, Finden, Dokumentieren, Präparieren. In: Fenster zur Urzeit: Weltnaturerbe Grube Messel. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst, 2000, S.42-43.

Thimm, Katja: „Guten Morgen, liebe Zahlen“, In: Der Spiegel. 27/2002, S.69.

Internet

„Ehrgeiz wecken: So können Sie ihr Kind motivieren“, Dipl.-Päd. Uta Reimann-Höhn, hier nach <http://www.elternwissen.com/lerntipps/motivation/art/tipp/ehrgeiz-wecken-so-koennen-sie-ihr-kind-motivieren.html> (27.01.2017, 15:50).

„Wissen in den Kissen“, Christoph Drösser, hier nach: <http://www.zeit.de/2001/48/Lernen-Schlaf> (30.01.17, 11:59)

Bildquellen

Abbildungen 1.1. – 1.5: Fotos von Achim Ritter.

Abbildung 2: Ritter, Achim/ Kosma, Ralf: Projekt Dino. S.83.

Abbildungen 3.1. – 3.4: Zeichnungen von Vela Räder.

9. Anhang

9.1. Abbildungen



Abbildung 1.1. Ichthyosaurier mit Kreide umrandet.



Abbildung 1.2. Erste Kunstharzschicht.



Abbildung 1.3. Kunstharz mit Kohlefasermatten.



Abbildung 1.4. Fund wird mit Holzrahmen versehen.



Abbildung 1.5. Fund wird mit Hilfe einer Steinsäge freigelegt.

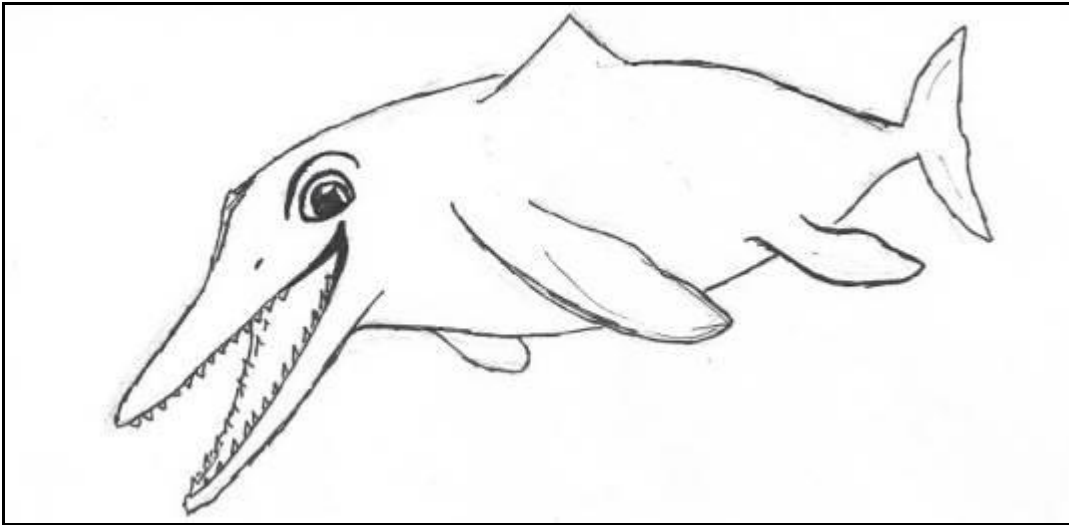


Abbildung 3.1. „Ichty“ der Ichthyosaurier.

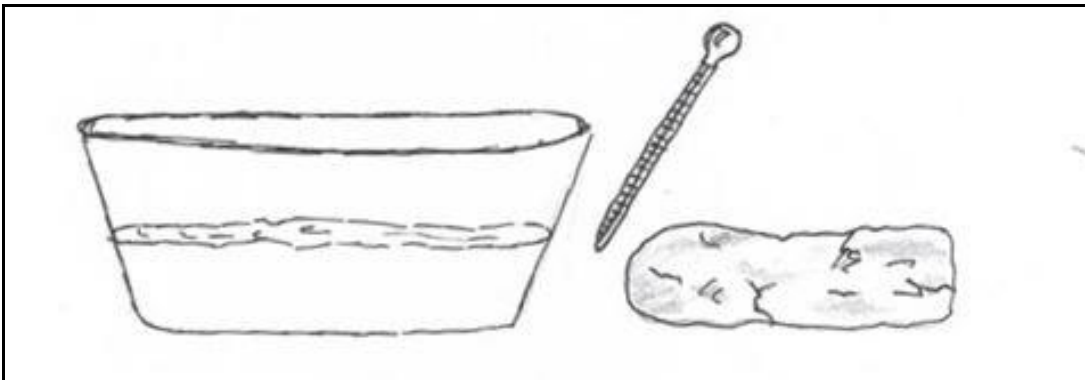


Abbildung 3.2. Die physikalische Präparation.

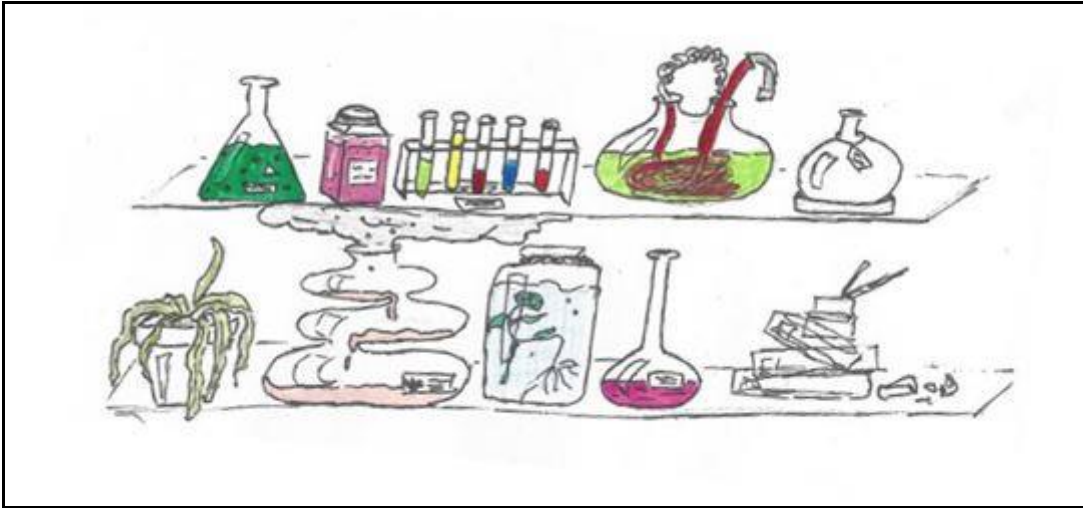


Abbildung 3.3. Die chemische Präparation.

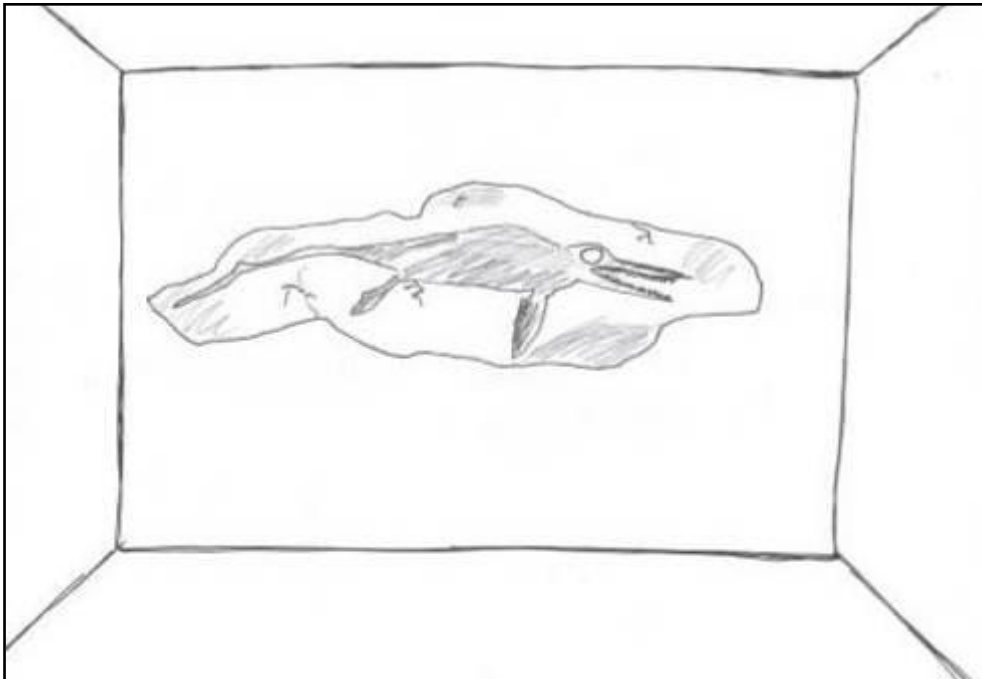


Abbildung 3.4. Der Ausstellungsraum mit der Ichthyosaurier-Platte.

9.2. Dokumentation

Grabungsstätte Geopunkt Jurameer Schandelah

11.08.2016	
12:00 – 13:00	Gespräch mit Grabungsleiter und Abteilungsleiter der Paläontologie Ralf Kosma
13:00 – 14:00	Vorstellung der Werkzeuge durch wissenschaftliche Mitarbeiter
14:00 – 14:30	Fotos
14:30 – 15:00	Pause
15:00 – 17:00	Mitarbeit am Fundort – Anwendung der Werkzeuge an Schieferplatten - Abraum
28.09.2016	
10:00 – 10:30	Gespräch mit Ralf Kosma -
10:30 – 12:30	Einführung in die Grabung durch wissenschaftliche Mitarbeiter
12:30 – 13:00	Pause
13:00 – 15:00	Mitarbeit an der Grabung selbst

Präparation Rebenpark

07.10.2016	
09:00 – 10:30	Gespräch mit Museumspädagogin Karin Rabe
10:30 – 11:00	Gebäudeführung
11:00 – 11:30	Einführung in die digitale Rekonstruktion und das 3D Scannen
11:30 – 13:00	Präparation besichtigt – Gespräch mit Präparator Sebastian Radecker