

MODELLE IM SACHUNTERRICHT DER PRIMARSTUFE

Vegetationsformen der Erde

ÄQUIVALENTE BACHELORARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades "Bachelor of Education"

und

zur Erlangung des Lehramtes für die Primarstufe

Eingereicht an der

Pädagogischen Hochschule Wien

von

Rebecca MAREK

41802884

bei

Prof. Mag. Dr. Michaela STEED-VAMOS BSc

Jänner 2022

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die eingereichte Bachelorarbeit selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Ich erkläre weiters, dass ich keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle aus gedruckten und ungedruckten Werken oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind gemäß den Regeln für wissenschaftliche Arbeiten zitiert und durch genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Die eingereichte Bachelorarbeit ist noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Ich stimme zu, dass die Bibliothek der Pädagogischen Hochschule Wien diese Arbeit öffentlich elektronisch und im Volltext verfügbar macht: JA

24. Jänner 2022 Revecca March

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzzusammenfassung

Kinder sind in ihrem Alltag überall von wissenschaftlichen Errungenschaften, technischen Anwendungen und Naturphänomenen umgeben. Viele davon sind zu komplex, um sie für die kindliche Vorstellung verständlich erklären zu können. Modelle bieten als Unterrichtsmedium eine wunderbare Möglichkeit, Kindern Gegebenheiten aus Technik, Wissenschaft und Natur anschaulich zu erläutern.

Kapitel 1 dieser Arbeit handelt davon, was Modelle sind, wie sie im Unterricht eingesetzt werden können, sowie welche Vor- und Nachteile sie in den Lernprozess mitbringen. Kapitel 2 widmet sich dem Bau von Modellen und beschreibt verschiedene Modellbauwerkstoffe und techniken, ehe in Kapitel 3 der Werkprozess der praktischen Arbeit in Wort und Bild dokumentiert und die vier ausgewählten Landschaftsformen genauer beschrieben werden.

Abstract

In their everyday lives, children are everywhere surrounded by scientific achievements, technical applications and natural phenomena. Many of them are too complex to be explained in a comprehensible way for the imagination of children. As a teaching medium, models offer a wonderful opportunity to explain facts from technology, science and nature.

Chapter 1 of this thesis deals with what models are, how they can be used in the classroom, and what advantages and disadvantages they bring with them to the learning process. Chapter 2 is devoted to the construction of models and describes various model building materials and techniques, before Chapter 3 documents the practical work process in words and pictures and describes the four selected landforms in more detail.

Inhaltsverzeichnis - 3 -

		• •					
ın	na	Its۱	verz	7	ch	n	ıs

E	des	ssta	ttlich	ne Erklärung	1
K	urz	zus	amm	enfassung	2
A	osti	ract			2
In	hal	ltsve	erzei	chnis	3
E	nle	itun	g		5
1	ı	Mod			
	1.1	1		e Definition des Begriffs ,Modell'	
	1.2			rakteristika von Modellen	
	1.3	3		ortung von Modellen im Unterricht der Primarstufe	
	1.4			delle als Methode	
	1.5			ncen des Lernens mit Modellen	
	•	1.5.	1	Modelle als Erklärungshilfe	
	•	1.5.	2	Modelle als Mittel der Veranschaulichung und Fokussierung	9
	•	1.5.	3	Modelle als "Brücken" zum Verständnis	9
	•	1.5.	4	Modelle als Merk- und Erinnerungshilfe	9
	•	1.5.	5	Motivation durch Modelle	10
	1.6	3	Sch	wierigkeiten des Lernens mit Modellen	10
	•	1.6.	1	Modelle als "Umweg"	10
		1.6.	2	Vermischung von Modell- und Realitätsebene	11
		1.6.	3	Fehlerhaftes Verständnis und unreflektierter Umgang	11
2	(Gru	ndla	gen für Modellbau	12
	2.1	1	Mod	dellbauwerkstoffe und -techniken	12
	2	2.1.	1	Metalle	12
	2	2.1.	2	Holz	12
	2	2.1.	3	Papier und Karton	13
	2	2.1.	4	Leichtschaumplatten	13
	2	2.1.	5	Modelliermasse	14
	2.2	2	Fert	igungsverfahren	14
3	,	Veg		onsformen der Erde & Werkprozess	
	3.1	1	Vorl	pereitungen	15
	3.2	2	Sav	annen	17
	;	3.2.	1	Werkprozess – Savanne	18
	3.3	3	die	polare Zone	22
	;	3.3.	1	Werkprozess – (Ant-)Arktis	22
	3.4	4	die (gemäßigte Zone	28
	;	3.4.	1	Werkprozess – Mischwald	29

Inhaltsverzeichnis - 4 -

	3.5 tropisch-subtropische Trockengebiete	37
	3.5.1 Werkprozess – Wüste	38
	3.6 Verpackungen	
4	Schlussteil	43
5	5 Quellenangaben	44
6	S Abbildungsverzeichnis	44

Einleitung - 5 -

Einleitung

Schon als kleines Kind kam ich durch meinen Vater mit Modelleisenbahnen in Kontakt und war fasziniert von den detailreichen Miniaturen. Die Anschaffung einer Sammlung von Modelltieren für meinen zukünftigen Unterricht war ein weiterer Anlass, Landschaftsmodelle im Zuge dieser Arbeit zu bauen.

Mir ist es in meiner pädagogischen Tätigkeit ein besonderes Anliegen, Kindern einen Unterrichtsinhalt mit möglichst vielen sensorischen Bereichen näher zu bringen. Vor allem im Bereich der Naturwissenschaften ist ein anschaulich direkter Zugang umso wichtiger. Modelle ermöglichen in diesem Bereich neben visuell-auditiven, auch haptische Zugänge, indem sie die Modelle berühren und bespielen können. Gerade durch lebendiges Gestalten des Unterrichts bin ich überzeugt, dass Kinder einen positiven und hochmotivierten Lernzugang erfahren können.

Diese Arbeit setzt sich mit vier verschiedenen Landschaftsformen unserer Erde auseinander: Savanne, Mischwald, Arktis und Wüste.

Die Landschaftsmodelle werden so gestaltet, dass sie mit den Modelltieren der Firma "Schleich" kombiniert werden können. Auf diese Weise eröffnen sich zahlreiche Möglichkeiten, die Modelle in den Unterricht der Primarstufe einfließen zu lassen, wie z.B. als Lebensräume der Tiere, als Landschaften und Klimazonen der Erde, in Bezug auf die Kontinente, den Welttierschutztag und den Umweltschutz, sowie zur Wortschatzerweiterung.

Es war ein Anliegen, die Modelle detailliert und möglichst realitätsgetreu darzustellen, um im Unterricht spielerisch an die konkrete Umwelt der Kinder und die Einzigartigkeit der Natur anknüpfen zu können. Auf diese Weise können die Modelle auf natürliche Weise die Kreativität und Vorstellungskraft der Kinder fördern.

Modelle - 6 -

1 Modelle

Naturwissenschaftliche Phänomene umgeben uns in unserem Alltag, meist ohne dass wir uns dessen bewusst sind. Als Erwachsene haben wir Einblicke in viele dieser Ereignisse und sehen sie als selbstverständlich an. Kinder hingegen müssen sie erst für sich erschließen. Dabei lassen sie sich von einem natürlich ausgeprägten Wissensdrang leiten und stellen viele Fragen. Oft wird es zu einer großen Herausforderung, die Fragen der Kinder zu beantworten, da sich die Sachverhalte als äußerst komplex und nicht direkt begreifbar erweisen. Um sie den Kindern also verständlich vermitteln zu können, greift man auf die Verwendung von Modellen zurück (Haider 2019, S. 2).

1.1 Eine Definition des Begriffs ,Modell'

Ursprünglich kommt das Wort "Modell" vom italienischen "modello", was übersetzt Muster oder Vorlage bedeutet, sowie vom lateinischen "modulus" = Maß (Dudenredaktion o.J.). Im alltäglichen Gebrauch werden unter dem Begriff "Modell" "maßstabsgetreu verkleinerte oder vergrößerte Kopien (Abbilder) eines Originals verstanden" (Haider 2019, S. 11).

Bereits sehr junge Kinder kommen tagtäglich mit Modellen in Kontakt, auch wenn es ihnen gar nicht bewusst ist. In Form von Puppenhäusern, Spielzeugautos und -tieren sind sie in fast jedem Kinderzimmer vertreten (Haider 2019, S. 12).

1.2 Charakteristika von Modellen

Modelle stehen stets einem realen Gegenstand oder Phänomen gegenüber, dass sie "abbilden bzw. repräsentieren" (Haider 2019, S. 15) sollen. Dabei kann ein Modell nie eine exakte Kopie des Originals darstellen, sondern weist immer nur Ähnlichkeiten und Abstraktionen zum Original auf. Die Übereinstimmungen, die zwischen dem Modell und seinem Original bestehen, werden in der Literatur als "Analogien" bezeichnet. Die Analogien eines Modells können allerdings nur stellenweise vorfindbar sein, "da nicht alle Eigenschaften … des Originals durch das Modell repräsentiert werden" (Haider 2019, S. 18). Laut Haider (2019) stellen Modelle die Eigenschaften des Originals nie in einer 1:1 Relation dar, sondern sind immer auf das Wesentliche reduziert. Ebenso besteht stets die Möglichkeit, dass im Modell Eigenschaften vorhanden sind, die das Original nicht aufweist (Haider 2019, S. 19).

Analogien und Abstraktionen sind also Mittel zum Zweck, um das Original vereinfacht darstellen zu können. Haider (2019) beschreibt, dass sich der Fokus so auf die wesentlichen Eigenschaften richtet, anhand derer das Modell für den Nutzer "leichter zugänglich bzw. wahrnehmbar" (Hervorh. i. O.) wird.

Weiters weisen Modelle Grenzen für die Verwendung auf.

"Modelle sind aufgrund der oben beschriebenen Modelleigenschaften und der niemals vollständig oder zeitlos möglichen Darstellung der Realität als aspekthaft (unvollständig), ungenau, hypothetisch, subjektiv und vorläufig

Modelle - 7 -

zu charakterisieren und haben einen entsprechend begrenzten Gültigkeitsbereich." (Haider 2019, S. 21, Hervorh. i. O.)

Haußer und Luchko (2011) schreiben, dass Modelle in der Wissenschaft stetig weiterentwickelt werden "um neuen Erkenntnissen und Beobachtungen gerecht zu werden." Dadurch verlieren bestehende Modelle ihre Gültigkeit, müssen aber nicht gleich verworfen werden, denn sie stehen für eine Geschichte und eine Entwicklung in den Erkenntnissen der Wissenschaft (Haider 2019, S. 23).

Trotz der zahlreichen Einschränkungen von Modellen, überwiegt ihre Nützlichkeit. Modelle haben sowohl für Wissenschaftler*innen als auch Laien einen funktionellen Zweck. "Modelle richten sich stets an bestimmte Modellnutzer und sind Modelle zu einem bestimmten Zweck." (Haider 2019, S. 24).

1.3 Verortung von Modellen im Unterricht der Primarstufe

Im Lehrplan der Volksschule ist die Arbeit mit Modellen fest verankert. Lehrerinnen und Lehrer sind demzufolge dazu aufgefordert, Modelle unter anderem für die Erschließung von Räumen zu verwenden. Als Beispiele werden die Einrichtung des Klassenzimmers oder ein Wunschzimmer genannt (BMBWF, 2012, S. 89). Im Sachunterricht können Erkundungs- und Orientierungsübungen mit Modellen durchgeführt werden (ebd. S. 96). Sie unterstützen die Darstellung der Wirklichkeit. Ausgehend vom Modell sollen Grundrisse hergestellt und vorgegebene Grundrisse interpretiert werden, um so das Verständnis für Verebnung und Verkleinerung in geografischen Darstellungen anzubahnen (ebd. S. 97). Im Erfahrungs- und Lernbereich Technik kommen Modelle zum Einsatz, um Wasser- und Windräder darzustellen (ebd. S. 184). Im Bereich Gemeinschaft werden Verhaltensmodelle besprochen. Auch in der Mathematik soll mit Modellen gearbeitet werden, z.B. in Bezug auf das Themengebiet "Körper und Flächen" (ebd. S. 16).

1.4 Modelle als Methode

Harrison und Treagust (2000, S. 1023) betonen, dass es unmöglich sei, naturwissenschaftliche Themen ohne Modelle zu vermitteln.

"And what do teachers do when they see the worried looks on their students' faces in the middle of an abstract explanation? They reach for an analogy or a model and this may explain the frequent use of analogical models in science lessons" (ebd.).

Die Aneignung von inhaltlichem Wissen und Fachwissen soll im Bereich der Primarstufe nicht nur auf das Internalisieren von Fachinhalten fokussiert sein. Die Arbeitsweisen von Wissenschaftler*innen sind ein zentrales Bildungsziel in der Didaktik des Sachunterrichts. Die Arbeit mit Modellen gewinnt dadurch eine eigenständige Bildungsfunktion (Haider 2019, S. 56).

Modelle - 8 -

1.5 Chancen des Lernens mit Modellen

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Modellen in der Primarstufe lassen darauf schließen, dass das Lernen mit Modellen positive Effekte mit sich bringt. Modelle fließen als Unterrichtsmedium in den Unterricht mit ein und stellen so ein Lehr- und Lernmittel für die Vermittlung von Informationen dar.



Abb. 1: Chancen des Lernens mit Modellen (eigene Darstellung)

1.5.1 Modelle als Erklärungshilfe

Modelle werden von Lehrer*innen als "erklärendes Unterrichtswerkzeug" (Haider 2019, S. 44, Hervorh. i. O.). Oft stellen Modelle die einzige Möglichkeit dar, "abstrakte naturwissenschaftliche Theorien" (ebd.) zu erklären.

"Lehrer können mit Modellen demonstrieren, wie etwas aufgebaut ist oder funktioniert und komplexe wissenschaftliche Konzepte so besser vermitteln." (Haider 2019, S. 44)

Schüler*innen nutzen Modelle, um theoretische Inhalte zu entdecken und zu erkunden und erhalten auf diese Weise die Chance sich Erklärungen zu Phänomenen selbst anzueignen (Haider 2019, S. 45).

Modelle auf bildlicher, gespielter oder gegenständlicher Ebene bieten den Vorteil, die Schüler*innen auf mehreren sensorischen Kanälen anzusprechen. Neben dem im Unterricht oft vorherrschenden verbal-akustischen Input, ermöglicht der Einsatz von Modellen optische und haptische Zugänge (Haider 2019, S. 47).

Modelle - 9 -

1.5.2 Modelle als Mittel der Veranschaulichung und Fokussierung

Ein bedeutender Vorteil von Modellen besteht darin, komplexe Inhalte anschaulich zeigen und vermitteln zu können. Unter Einbeziehung von Modellen als Unterrichtsmedium kann die Visualisierung von naturwissenschaftlichen Phänomenen unterstützt werden, indem Einblicke und Vorstellungen ermöglicht werden, die beim Original nur schwer zugänglich wären (Haider 2019, S. 45).

Indem bei Modellen Abstraktionen vom Original vorgenommen werden, lenken sie den Fokus der Schülerinnen und Schüler auf die wesentlichen Elemente des zu lernenden Inhalts.

"Bedeutung für den Schüler entsteht dabei nicht nur durch die Existenz dieser relevanten Elemente in einem Modell, sondern zusätzlich durch visuelle Hervorhebungen, durch Farbe oder Form oder durch die Möglichkeit, mit dem betreffenden Modellen handelnd umzugehen und zu experimentieren" (Haider 2019, zit. nach Kircher 2009b, S. 749).

1.5.3 Modelle als "Brücken" zum Verständnis

Modelle stellen beim Lernen einen "sekundären" Bereich dar, mit dem die Schüler*innen das Thema einfacher und schneller erschließen können, um sich in Folge erst dem "komplexeren, häufig nicht direkt sichtbaren, schwierigeren "primären" Lernbereich" (Haider 2019, S. 49) zuzuwenden.

Indem anhand des Modells Analogieschlüsse auf das Original gezogen werden, können die Schüler*innen neue Erkenntnisse zwischen beiden Bereichen erwerben. Modelle nehmen im Unterricht also eine "Brücken" – oder Mittlerfunktion ein. Bildhaft werden so naturwissenschaftliche Themen im Unterricht veranschaulicht. Modelle können als Anknüpfungspunkt zu einem bislang unbekannten Bereich dienen. Von dort aus wird in den komplexeren Sachverhalt vertieft (Haider 2019, S. 50).

1.5.4 Modelle als Merk- und Erinnerungshilfe

Ein mit Hilfe von Modellen erworbenes Wissen hat eine besondere Qualität "da es *flexibel*, d.h. *vielfältig anwendbar* und *transferfähig* ist" (Haider 2019, S. 53, Hervorh. i. O.). Darauf aufbauendes Lernen wird erheblich erleichtert, da Schüler*innen auf vielschichtige und tiefgehende Eindrücke wie etwa Formen, Farben und Emotionen zurückgreifen können.

Schüler*innen greifen mit Hilfe des Modelllernens auf den lebensbezogenen sekundären Bereich zu und verbinden diesen mit dem primären Lernbereich. Durch das Wissen aus ihrer persönlichen Erfahrung, welches das naturwissenschaftliche Modell veranschaulicht, kommt es zu einem tieferen Verständnis und erfolgreicherer Anwendung der Inhalte. Das Wissen wird so nachhaltig im Gedächtnis verankert (Haider 2019, S. 54). Vor allem praktisches, interaktives Tun hat besonderen Einfluss auf die Merkfähigkeit.

Modelle - 10 -

1.5.5 Motivation durch Modelle

Modelle bieten den Schüler*innen Freude am Lernen.

"Wenn Schüler beim Lernen mit bildlichen, gespielten oder gegenständlichen Modellen das Modell selbst in die Hand nehmen und damit umgehen können, wird insbesondere der visuelle und taktile Sinn der Lernenden angesprochen, wodurch die Schüler stark motiviert werden können" (Haider 2019, S: 56, zit. nach Kattmann 2008, S. 336f.).

Durch diese sensorisch vielschichtige Herangehensweise an ein naturwissenschaftliches Thema mit Hilfe eines Modells kann das Verständnis vertiefend gefördert werden.

1.6 Schwierigkeiten des Lernens mit Modellen

Den vielfältigen Chancen, die durch die Verwendung von Modellen möglich sind, stehen auch einige Schwierigkeiten gegenüber. "Modelle werden zum Teil auch skeptisch beurteilt, da ihr Einsatz im Unterricht auch verschiedene Probleme, Missverständnisse und Fehlerquellen birgt" (Haider 2019, S. 57).

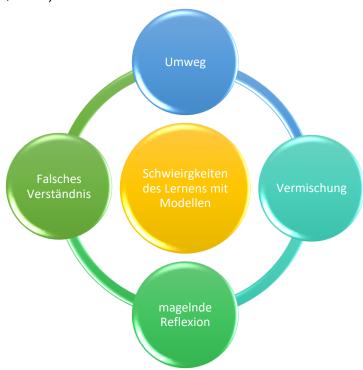


Abb. 2: Schwierigkeiten des Lernens mit Modellen (eigene Darstellung)

1.6.1 Modelle als "Umweg"

Wo Modelle auf der einen Seite "Brücken" zwischen einem primären und einem sekundären Lernbereich sein können, können sie auf der anderen Seite einen Umweg im Lernprozess darstellen. Anstatt den primären Bereich direkt zu lernen, wird das Thema zunächst über einen sekundären Bereich erworben, von dem aus Schlüsse auf den eigentlichen primären Bereich gezogen werden müssen (Haider 2019, S. 58f.).

Modelle - 11 -

Als nachteilig für die Lern- und Verstehensprozesse gilt außerdem ein mögliches Akzeptanzproblem seitens der Schüler*innen. Dies kann der Fall sein, wenn zwischen dem Modell und dem Original kaum oder keine Oberflächenähnlichkeiten anzumerken sind. Werden Modelle mit ihren Analogien zum realen Gegenstand von den Lernenden nicht akzeptiert, verliert der Einsatz eines Modells im Unterricht seinen Sinn (ebd.).

Soll ein Modell Einzug ins Unterrichtsgeschehen finden, muss es vorher "zumindest ausführlich besprochen, teilweise sogar mühsam eingeführt werden (Haider 2019, S. 58), was einen zeitlichen Umweg mit sich bringt.

1.6.2 Vermischung von Modell- und Realitätsebene

Als Problem könnte sich herausstellen, dass Schüler*innen das Modell mit der Realität gleichsetzen. Modelle werden als eine Kopie des Originals verstanden, wodurch es den Schüler*innen schwerfällt zu "berücksichtigen, dass nur partielle Übereinstimmungen zwischen einem Modell und dem realen Objekt bzw. Phänomen bestehen" (Haider 2019, S. 59).

Als problematisch stellt sich auch eine vorschnelle Generalisierung heraus:

"Kinder neigen dazu, den *Wahrheitsgehalt* einer im Modell gezeigten Wirklichkeit noch zu *übersteigern*, d.h. ihren Gültigkeitsbereich zu erweitern." (Haider 2019, S. 60, zit. nach Wenk 1979, S. 271; Hervorh. i. O.).

1.6.3 Fehlerhaftes Verständnis und unreflektierter Umgang

Vielen Schüler*innen bleiben die Bedeutung und der Charakter von Modellen häufig unklar. Die Annahme, Modelle würden die Realität mit exakter Richtigkeit darstellen, kann zu fehlerhaften Vorstellungen über das dargestellte Objekt oder Phänomen führen (Haider 2019, S. 62). "Häufig werden Modelle auch als Spielzeug aufgefasst und nicht als Hilfskonstruktionen verstanden, die das Lernen und Erklären erleichtern" (ebd.).

Folglich kristallisiert sich als weitere Schwierigkeit beim Lernen mit Modellen heraus, dass Schüler*innen einen angemessenen Umgang erst lernen müssen. Unreflektierter Einsatz von Modellen kann dazu führen, dass Schüler*innen Vorstellungen entwickeln, die vom eigentlichen wissenschaftlichen Thema "sehr weit entfernt liegen oder sogar im Widerspruch zu diesen stehen" (Haider 2019, S. 62).

Somit ist es ein wichtiger Aufgabenbereich der Lehrkraft, die Analogien und Abstraktionen eines Modells deutlich zu machen, sowie die Tatsache, dass ein Modell nie die ganze Wirklichkeit darstellt (Haider 2019, S. 63).

2 Grundlagen für Modellbau

Das Ziel von Modellbau ist die Herstellung von dreidimensionalen Objekten, Dioramen¹ oder Modellen.

2.1 Modellbauwerkstoffe und -techniken

Die Wahl der Werkstoffe spielt im Modellbau eine entscheidende Rolle, da sie sich auf die Produktion, die Funktion, die Bedienung und die Ökologie des Endprodukts auswirkt.

2.1.1 Metalle

Metalle werden durch ihren metallischen Glanz, ihrer hohen Wärme- und elektrischen Leitfähigkeit sowie ihrer Verformbarkeit klassifiziert. Aufgrund ihrer "Wichtig- und Häufigkeit in der Produktion und Wirtschaft" (Bühler et al. 2019, S. 47) werden Metalle als eigene Werkstoffgruppe geführt. Es wird unterschieden zwischen Eisenwerkstoffen, Nichteisenmetallen und Kupferlegierungen² (ebd.).

Zu den Eisenwerkstoffen werden Stähle und Eisengusswerkstoffe gezählt. Laut Bühler et al. (2019) sind beide Werkstoffe Legierungen, die hauptsächlich aus Eisen bestehen. Man findet sie vorwiegend im Maschinenbau, sowie im Werk- und Fahrzeugbau. Eisengusswerkstoffe lassen sich sehr gut gießen und werden daher für die Produktion komplexerer Bauteile eingesetzt (ebd.).

Bei Nichteisenmetallen findet man Schwer- und Leichtmetalle vor, die sich in ihrer Dichte unterscheiden. Zu den Schwermetallen gehören Edelmetalle wie Silber, Gold und Platin, sowie Unedelmetalle wie Weiß-, Legierungs- und Buntmetalle. Beispiele für Leichtmetalle sind Aluminium, Titan und Magnesium, die aufgrund ihrer Leichtigkeit unter anderem in Smartphones und Tablets Verwendung finden (Bühler et al. 2019, S. 48).

"Neben Eisenwerkstoffen, Edelmetallen und Leichtmetalllegierungen sind **Kupferlegierungen** sehr wichtige Legierungen. Diese werden häufig in technischen Geräten, z.B. für elektronische Kontakte, Federn usw., aber auch für kunsthandwerkliche Gegenstände, z.B. Kerzenleuchtern oder als Grundmetall für versilbertes Gerät (Besteck, Schalen, Tabletts, Leuchter) eingesetzt." (Bühler et al. 2019, S. 49, Hervorhebung durch den Autor).

Für den Bau meiner Modelle kommen unter anderem Kupferdrähte aus einem alten 5-poligen Stromkabel zum Einsatz. Die dünnen Drähte lassen sich sehr leicht verformen und behalten anschließend ihre gegebene Form bei.

2.1.2 Holz

Holz ist ein natürlich nachwachsender Rohstoff, der durch das Wachstum der Bäume entsteht. Hölzer unterscheiden sich durch ihre Farbe, Maserung und Härte, wodurch sie je nach

¹ Dioramen sind dreidimensionale Schaubilder mit realen Gegenständen vor einem gemalten oder fotografierten Hintergrund.

² Legierungen sind metallische Stoffe, die aus zwei oder mehr chemischen Elementen bestehen.

Baumart verschiedene Eigenschaften aufweisen. Frisch geschnittenes Holz ist zu Beginn noch sehr feucht und muss daher noch ein bis 3 Jahre gelagert werden, bis es verarbeitet werden kann (Mayr 2017, S. 1).

Im europäischen Mischwald findet man Fichten, Lärchen, Tannen, Zirben, Kiefern, Buchen, Eichen und Birken – um einige aufzuzählen. Bei der Verarbeitung unterscheidet man zwischen Hart- und Weichhölzern. Zu den Harthölzern zählt man z.B. Buchen und Eichen, zu den Weichhölzern Fichten und Tannen (Bühler et al. 2019, S. 52). Holzwerkstoffe werden eingeteilt in Vollholzwerkstoffe (Massivholz) und Furnierwerkstoffe³.

"Bei den Holzwerkstoffen wird versucht, die negativen Eigenschaften von Massivholz zu reduzieren und die positiven beizubehalten. Dazu wird Holz zerkleinert und neu zusammengefügt." (Bühler et al. 2019, S. 53)

Bei der Auswahl des Holzwerkstoffs werden neben technologischen Eigenschaften auch Geruch, Haptik, Maserung und Farbe bedacht (ebd.). Als massive Blöcke oder in Form von Brettern und Platten ist Holz ein häufig verwendeter Werkstoff im Modellbau.

In meiner praktischen Arbeit habe ich mich für Furnierholz der Pappel entschieden. Seine querverleimten Schichten ermöglichen eine hohe Formbeständigkeit (Bühler et al. 2019, S. 53), die ich für meine Bodenplatten benötige.

2.1.3 Papier und Karton

Papier und Karton unterscheiden sich in ihrer Stärke pro Gramm. Ab 170g wird von Karton gesprochen, alles darunter wird als Papier bezeichnet. Papier ist ein flächiger Werkstoff aus pflanzlichen Fasern, aus dem durch Falzen, Wölben, Stecken oder Kleben räumliche Modelle geschaffen werden können (Bühler et al. 2019, S. 66). Mit handelsüblichen Scheren oder Schneidemessern (z.B. Stanleymesser oder Cutter) kann Papier geschnitten werden. "Dazu werden [...] eine Schneideunterlage/Schneidematte und ein breites Stahllineal benötigt. Beim Schneiden sind die Maßnahmen zur Unfallverhütung zu beachten" (ebd.). Auch Schneideplotter oder Laserschneider können zum Schneiden vom Papier zum Einsatz kommen.

Eine weitere Möglichkeit Papier zu bearbeiten ist das Falzen – das scharfe Knicken von Papier. Papier und Karton lassen sich mit üblichen Papierklebstoffen miteinander verbinden.

2.1.4 Leichtschaumplatten

Leichtschaumplatten finden unter anderem im Architekturmodellbau Verwendung, da sie "mit ebenen Flächen und [...] rechten Winkeln" (Bühler et al. 2019, S. 67) schnell verarbeitet werden können. Leichtschaumplatten können dekorativ beklebt oder bemalt werden. Um eine

³ Furniere sind dünne Schichten aus Holz, die auf andere, weniger wertvolle Hölzer geleimt werden.

Wölbung der Platte zu vermeiden, sollten stets alle Seiten der Leichtschaumplatten beklebt bzw. bemalt werden (ebd.).

Beim Schneiden von Leichtschaumplatten wird dasselbe Werkzeug benötigt wie bei Papier oder Karton. Papierklebstoffe sind hier allerdings nicht geeignet. Es wird empfohlen, styroporverträgliche Klebstoffe zu verwenden, da sie die Leichtschaumplatten nicht anlösen (ebd.).

2.1.5 Modelliermasse

"Plastilin und Clay (Industrieplastilin) sind verformbare Knet- bzw. Modelliermassen" (Bühler et al. 2019, S. 69). Wachs, Öl oder Füllstoffe wie z.B. Schwefel sind die Grundlagen für diese Knetmassen, die mit Farbpigmenten gefärbt werden. Durch Kneten mit den Händen werden die Modelliermassen angewärmt und lassen sich dadurch leichter verformen. Für gewöhnlich härten sie nicht aus, wie z.B. Ton, und bleiben dadurch wiederverwendbar. Clay ist etwas härter als Plastilin und wird für stabilere Modelle verwendet (ebd.).

Für das Modell des Mischwaldes habe ich Modelliermasse mit selbsttrocknenden Eigenschaften verwendet, um verschiedene Pilze und einen Baumstamm zu modellieren.

2.2 Fertigungsverfahren

Die drei wichtigsten mechanischen Fertigungsverfahren sind additiv, subtraktiv oder umformend und finden unter anderem im Bereich Modellbau ihren Einsatz (Bühler et al. 2019, S. 58).

Additive Fertigungsverfahren kennzeichnen sich, wie die Bezeichnung schon erkennen lässt, durch das Zusammenfügen verschiedener Werkstoffe. Dieser Prozess kann z.B. durch Schrauben oder Kleben geschehen (ebd.).

Das Gegenteil stellen subtraktive Fertigungsverfahren dar, bei denen Teile eines Werkstoffes z.B. durch Feilen, Sägen, Schleifen oder Bohren entfernt werden.

Als umformend werden Fertigungsverfahren bezeichnet, wenn ein Werkstoff durch "äußere Kräfte in seiner Form verändert" (ebd.) wird. Das kann z.B. mittels Biegen, Falzen, Verdrehen oder Dehnen geschehen. Der Werkstoff behält anschließend seine neue Form bei. Davon zu trennen ist das plastische Verfahren oder auch Modellieren, bei dem eine Freiformfläche wie Ton oder Plastilin umgeformt wird (Bühler et al. S. 65).

Vegetationsformen der Erde & Werkprozess

Vorbereitungen

verwendetes Material:

- 8 Holzplatten (Pappel) 420 x 297 x 12 mm
- Holz-Innenlasur
- Pinsel
- Schleifpapier (beliebige Stärke)
- 6 Scharniere
- Kreuz-Schrauben 2,9 x 25 mm
- Kreuz-Schraubenzieher
- Holzleim
- Wasser

den kann.

Spülmittel Alle acht Platten habe ich mit Scharnieren aneinander befestigt (Abb. 4), da sich auf diese Weise die Fläche des Modells von DIN A3 auf DIN A2 verdoppelt, durch das Gelenk aber trotzdem "klein" ge-

halten und gut verstaut wer-

Als Basis für meine Modelle habe ich mich für das Holz der Pappel entschieden, da es kaum Gewicht aufweist. Um das Holz vor Umwelteinflüssen zu schützen, habe ich es in einem ersten Arbeitsschritt mit einer klaren Holzlasur bestrichen. Durch das Auftragen der Lasur auf das Holz stellen sich die feinen Holzfasern an der Oberfläche der Holzplatte auf, wodurch die Platten rauer werden. Diese feinen Fasern müssen nach einem Trocknungsprozess von ca. drei Stunden mit Schleifpapier entfernt werden. Anschließend wird das Holz noch ein zweites Mal lasiert (Abb. 3).





Abb. 3: Lasieren der Holzplatten

Abb. 4: Befestigung der Scharniere

Als ungefähres Maß für die Modelle, habe ich mich mit den verschiedenen Relationen von Tieren und Pflanzen auseinandergesetzt, wodurch ich zu dem Schluss kam, mit einem Maßstab von 1:25 zu arbeiten.

Für eine geeignete Kulisse der Landschaften habe ich auf Pixabay nach lizenzfreien Bildern gesucht und diese in vergrößerter Fotogualität, im Maß 30 x 45 cm, bestellt. Mit einem Stanleymesser habe ich sie in der Länge auf 42 cm gekürzt (Abb. 5), da sie sonst nicht in das Kamishibai-Erzähltheater passen würden.



Abb. 5: Zurechtschneiden der Hintergründe

Ein weiteres wichtiges Material ist ein Klebegemisch, das ich aus Holzleim, Wasser und etwas Spülmittel hergestellt habe (Abb. 6). Holzleim hat die idealen Eigenschaften für das Gemisch, da er wasserlöslich ist und transparent trocknet. Ich füge in einer Schale dem Holzleim etwas Wasser hinzu und löse ihn darin auf (Abb. 7 und Abb. 8). So entsteht eine milchige Substanz, zu der ich weiter eine kleine Menge Spülmittel hinzufüge, um die Oberflä- Abb. 6: Material für Klebegemisch chenspannung des Wassers zu lösen (Abb. 9). So



kann das Klebegemisch z.B. im Fall der Wüste in den Sand einsickern und bleibt nicht oberflächlich. Das fertige Klebegemisch fülle ich in eine leere Sprayflasche um, um es besser auftragen zu können.



Abb. 7: Holzleim in einer Schale



Abb. 8: Holzleim wird mit Wasser vermengt



Abb. 9: Spülmittel wird hinzugefügt

3.2 Savannen

Etwa ein Achtel der Landoberfläche der Erde ist von Savannen bedeckt. Savannen sind tropische Grasländer und vorwiegend auf den Kontinenten der Südhalbkugel zu finden. Es wird zwischen Feuchtsavannen und Trockensavannen unterschieden (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 170ff).

Feuchtsavannen kennzeichnen sich durch ihre "periodisch grüne[n], tropische[n] Hochgrasbestände[n] mit einzeln oder gruppenweise eingestreuten Bäumen und Sträuchern" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 172). Bäume und Sträucher erreichen hier zwischen sechs und zwölf Meter und weisen dickborkige Stämme auf (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 173).

Trockensavannen unterscheiden sich durch vergleichsweise niedrige Vegetation. Die Grasdecke ist etwa einen Meter hoch, Bäume zwischen fünf und zehn Metern. Die Kronen der Bäume sind oft schirmförmig oder haben krumme Äste (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 173).

Sehr typisch für diese Vegetationsform sind Savannenbrände. Sie können durch Blitzschläge entstehen und kommen so schon seit Millionen Jahren in der Natur vor. Meist treten sie gegen Ende der Trockenzeit bzw. zu Beginn der Regenzeit auf, wenn die Pflanzen sehr trocken und daher leicht entzündlich sind (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 181). Bäume und Sträucher sind deshalb oft fähig, direkt aus Wurzeln oder Xylopodien⁴ neu auszutreiben. Als Anpassung an die senkrechte Sonneneinstrahlung sind die meisten Baumkronen rundlich oder schirmförmig wie Akazienbäume. Ihre Wurzeln sind sehr umfangreich, wodurch sie zu "oberflächennahem, regengespeistem Bodenwasser als auch zu tiefer gelegenen Wasservorräten" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 173) gelangen.

Die Savanne bietet Lebensraum für zahlreiche Tiere. "Zu ihnen zählen Unpaarhufer […] wie Zebras, Tapire und Nashörner, Paarhufer" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 180) wie Giraffen, Kamele, Büffel, Antilopen und Gazellen, sowie Rüsseltiere wie Elefanten.

⁴ Xylopodien sind unterirdische Stammkörper von Pflanzen mit der Fähigkeit zur Regeneration. Zahlreiche Sträucher oder an Brände angepasste Holzgewächse haben diese ausgebildet.

3.2.1 Werkprozess – Savanne

verwendetes Material:

- Grundplatte aus 2 Platten
- Kupferdraht aus einem alten Stromkabel
- Kreppband
- Schere
- Heißkleber
- Holzleim
- Wasser
- Spülmittel
- Spray (schokoladenbraun)
- künstliches Moos
- Matte aus künstlichem Heu
- Gabel

Für die erste Landschaft habe ich mit einem Baum begonnen. Entsprechend der Vegetation einer Trockensavanne habe ich mich für eine Akazie entschieden.

Der Baum besteht aus dem Kupferdraht eines alten 5poligen Stromkabels (Abb. 10). Von diesem musste ich
mit einem Stanleymesser zuerst alle Isolierungen entfernen. An meinen Fotodokumentationen ist zu erkennen,
dass alle fünf Kabel von einer weiteren Isolierung zusammengefasst waren (Abb. 10). Nachdem ich etwa 30
cm des Drahts freigelegt hatte (Abb. 11), konnte ich die
einzelnen Teile zu einem großen Stamm verdrehen
(Abb. 12). Nach oben hin habe ich die Äste der Akazie

abgezweigt, bis sie eine breite Baumkrone bildeten (Abb. 13).

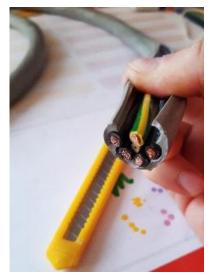


Abb. 10: 5-poliges Stromkabel mit Isolierungen



Abb. 11: Kupferdrähte aus dem Stromkabel



Abb. 12: Baumstamm aus Kupferdraht







Abb. 14: Auftragen des Holzleims auf den Ästen



Abb. 15: Fixieren des Laubes über einem Waschbecken

Um den Draht des Baumstammes zu verbergen, habe ich ihn mit einer Schicht Kreppband umwickelt. Das Einarbeiten von mehreren Falten sorgt für den Effekt einer Baumrinde. Mit einer Spraydose habe ich das Geäst des Baumes braun gefärbt. Dieser Prozess sollte nicht in einem geschlossenen Raum durchgeführt werden!

Nachdem die Farbe auf dem Draht fertig getrocknet war, habe ich kleine Büschel künstlichen Mooses mit Holzleim auf den Ästen angebracht (Abb. 14). Dabei habe ich von außen nach innen gearbeitet, da in der Nähe des Stammes weniger Laub wächst. Bei diesem Vorgang musste ich stets an allen gegenüberliegenden Ästen gleichzeitig arbeiten, da der Baum durch das neue Gewicht kein Gewicht mehr hatte.

Anschließend habe ich ein Klebegemisch aus Holzleim, ein wenig Wasser und Spülmittel hergestellt und es mit einer Sprühflasche auf der Baumkrone verteilt (Abb. 15). Auf diese Weise hält das künstliche Moos besser zusammen. Da das Laub der Akazie durch die Nässe des Gemisches sehr schwer war, fehlte auch hier das Gleichgewicht des Baumes. Aus diesem Grund habe ich ihn umgedreht auf einem Tablett trocknen lassen. Erst nach dem Trocknungsprozess konnte ich alle Äste so



Abb. 16: Fertige Akazie

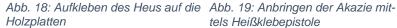


Abb. 17: Zuschnitte des künstlichen Heus auf den Holzplatten

korrigieren, damit der Baum wieder selbstständig stehen konnte (Abb. 16).

Anschließend kamen die beiden miteinander verschraubten Holzplatten zum Zug. Anhand dieser habe ich das künstliche Heu passend zugeschnitten (Abb. 17). Stück für Stück habe ich mit demselben Gemisch aus Wasser, Holzleim und Spülmittel die Holzplatten bestrichen und die Heu-Zuschnitte daraufgelegt. Das Klebegemisch trocknet rasch, allerdings so, dass ich gegebenenfalls auch Korrekturen vorgenehmen konnte (Abb. 18). Den Baum habe ich mittels Heißklebepistole auf den Platten und unter dem Heu befestigt (Abb. 19). Um den Übergang zwischen den einzelnen Heu-Zuschnitten zu übergehen, habe ich das Material mit einer Gabel ein wenig aufgeraut (Abb. 20). So entstand gleichsam die unregelmäßige Struktur von längeren und kürzeren Grashalmen.







tels Heißklebepistole



Abb. 20: Aufrauen des Heus mit einer Gabel







Abb. 21-23: Modell der Savanne

3.3 die polare Zone

Die polare Zone gehört zu den extremsten Vegetationsformen des Planeten. Im Sommer bleiben die Temperaturen durchschnittlich unter 10°C. Aus diesem Grund sind in diesen Vegetationsformen keine Bäume zu finden. Etwa 15% der Erdoberfläche gehören zur polaren Zone. Während die Antarktis vollständig vegetationsfrei ist, sind in der Arktis auch Tundren vertreten (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 513). Gebiete, die ganzjährlich von einer Eisschicht bedeckt sind, werden auch Eiswüsten bezeichnet (ebd., S. 514).

Zur Antarktis gehören neben dem antarktischen Kontinent auch einige Inselgruppen. Ihre Fläche ist doppelt so groß wie der Kontinent Australien. Stellenweise weist das Eis eine Mächtigkeit von 4 Kilometern auf (ebd., S. 514).

In der polaren Zone herrscht ein solares und thermisches Klima vor. Im kältesten Monat Jänner sinken die Temperaturen auf der Nordhalbkugel auf bis zu -30°C hinunter. Im Zentrum der Antarktis erreichen sie bis zu -60°C. Als Ursache für diese niedrigen Temperaturen gelten der niedrige Sonnenstand und die Strahlungsreflexion der Eisflächen. Steilhänge werden dabei stärker erwärmt als "flache Hänge und ebene Flächen" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 515f.).

Für die Vegetation der polaren Zonen ist die Temperatur in Bodennähe ausschlaggebend. "Im arktischen Sommer und bei entsprechender Inklination heizt sich die wegen des hohen Humusgehalts dunkel gefärbte Bodenoberfläche nach der Schneeschmelze auf." (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 517). Die Flora der Antarktis ist sehr gut an ihren Lebensraum angepasst und hat entsprechende Überlebensstrategien entwickelt (ebd., S. 520).

Die Arktis dagegen gilt als "artenarm" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 521). Pro 10 000 km² sind weniger als 200 Pflanzenarten vermerkt, "wohingegen z.B. in der feuchten nemoralen Zone auf derselben Fläche bis zu 2000 Kormophyten-Arten⁵ vorkommen können." (ebd.).

3.3.1 Werkprozess – (Ant-)Arktis

verwendetes Material:

- Grundplatte aus 2 Platten
- A3 Tonpapier (weiß)
- Aquafarben (verschiedene Blautöne)
- Stanleymesser
- Wasser
- Plastikfolie
- Plexiglas-Leisten
- Doppelklebeband

Für diese Landschaft habe ich ebenfalls 2 Holzplatten benötigt, die ich der Einfachheit halber noch nicht zusammengeschraubt habe. Jede der Platten habe ich mit einem A3 Tonpapier beklebt, da dieses einfacher und effektreicher gestaltet werden kann, als wenn ich das Holz mit blauem Lack bestrichen hätte.

⁵ Als Kormophyten (Einz.: Kormus) wird der Rumpf einer Pflanze, bestehend aus Wurzel, Sprossachse und Blatt, verstanden.

- Karton
- Klarlack
- Zahnstocher
- Polyethylenschaumplatten

Aus kleinen Jausensackerln habe ich mir mithilfe eines Stanleymessers eine Plastikfolie zurechtgeschnitten, indem ich das Sackerl an zwei der geschlossenen Seiten aufgeschnitten habe (Abb. 24). Diesen Vorgang habe ich so oft wiederholt, bis ich meine Grundplatten

vollständig mit der Plastikfolie bedecken konnte. Die einzelnen Folien habe ich mit Tixo festgemacht, sodass ich eine große Plastikfolie erhielt (Abb. 25). Anschließend habe ich mit einem breiten Pinsel das Tonpapier auf den Holzplatten mit Wasser befeuchtet (Abb. 26). Mit Aqua-







tikfolie



Abb. 25: Zusammenkleben der Plas- Abb. 26: Befeuchten des Papiers auf der Holzplatte

farben (wasservermalbare Filzstifte) habe ich die Plastikfolie grob bemalt und die bemalte Folie zügig auf das Papier gelegt (Abb. 27).

Die Farben reagierten sofort auf das Wasser und verrannen auf dem Papier. Ein Korrigieren, falls die Folie falsch aufkam, war hier kaum möglich. Gegebenenfalls musste ich den Vorgang wiederholen oder auf einzelne Stellen mehr Wasser auftragen (Abb. 28). Nachdem ich die Plastikfolie wieder vom Papier entfernt hatte, war die faszinierende Farbstruktur, die sich darunter gebildet hatte, gut zu erkennen und die Grundplatte konnte in Ruhe trocknen, während ich mich der zweiten Grundplatte gewidmet habe (Abb. 29).



Abb. 27: Bemalen der Plastikfolie mit Aquafarbe



Abb. 28: Auftragen der Farbe auf das nasse Papier



Abb. 29: Platte nach Entfernen der Plastikfolie

Im nächsten Schritt habe ich mit Bleistift Eisschollen auf zwei Polyethylenschaumplatten skizziert und diese mit einem Stanleymesser ausgeschnitten (Abb. 30). Den Rand habe ich zusätzlich zurecht geschnitzt, um den Eisschollen eine natürlichere Form zu geben (Abb. 31). Mit einem kleinen Schwamm und blauer Acrylfarbe habe ich den Rand auf der Unterseite zusätzlich gefärbt (Abb. 32), um den Effekt einer Spiegelung des Wassers auf dem Eis zu erzeugen (Abb. 33).







Abb. 30: Ausgeschnittene Eisscholle Abb. 31: Zurechtschnitzen der Eis-

scholle

Abb. 32: Färben der Unterseite mit Schwamm und Acrylfarbe



Abb. 33: Spiegelung des Wassers auf dem Eis



Abb. 34: Anschneiden der Plexiglasleiste



Abb. 35: Brechen der Plexiglasleiste

Anschließend habe ich eine Plexiglas-Leiste, die ich als Reststück übrig hatte, auf die Seiten der Grundplatten abgemessen, angeschnitten (Abb. 34) und schließlich gebrochen (Abb. 35). Auf diese Weise habe ich einen Rahmen für die Grundplatte gebaut, den ich mit Doppelklebeband rund um die Platte befestigt hatte (Abb. 36).



Abb. 36: Rahmen um der Grundplatte

In der Modellbaubranche gibt es bereits eigene Lacke, die realistische Gewässer erzeugen können. Ich habe aufgrund von Erfahrungsberichten und dem Preis zu Klarlack gegriffen. Um ein Auslaufen des Klarlacks so gut wie möglich zu verhindern, habe ich die Ecken des Rahmens zusätzlich mit Klebeband versiegelt. Als Unterlage habe ich Zeitungspapier benutzt. Nun konnte ich den Klarlack auf die Platte schütten und mit einem Stück Karton gleichmäßig auf der Fläche verteilen (Abb. 37 und Abb. 38). Mit einem Zahnstocher habe ich entstandene Luftlöcher entfernt (Abb. 39) und schließlich meine Eisscholle auf das "Wasser" gelegt (Abb. 40).



Abb. 37: Klarlack auf der Fläche



Abb. 39: Entfernen von Luftlöchern mit einem Zahnstocher



Abb. 38: regelmäßig verteilter Klarlack



Abb. 40: Eisscholle auf flüssigem Klarlack

Unbedachterweise begann sich das Tonpapier durch die Feuchtigkeit zu wellen (Abb. 41). Weiters musste ich die Eisscholle beschweren, damit sie sich mit dem Klarlack verband und so trocknen konnte.

Während dem Trocknungsprozess ist etwas Klarlack durch das Doppelklebeband gesickert und hat das Zeitungspapier auf der Unterseite der Holzplatte festgeklebt. Ich habe mehr als 24 Stunden verstreichen lassen, ehe ich den Rahmen aus Plexiglas mit einem Stanleymesser wieder von der Platte wieder entfernt habe (Abb. 42). Anschließend habe ich diese wieder mit Doppelklebeband auf der zweiten Platte angebracht und den ganzen Vorgang wiederholt. Der

einzige Unterschied war, dass ich diesmal die Eisscholle bereits vor dem Klarlack mit einem Montageklebstoff auf die Platte geklebt habe (Abb. 43).

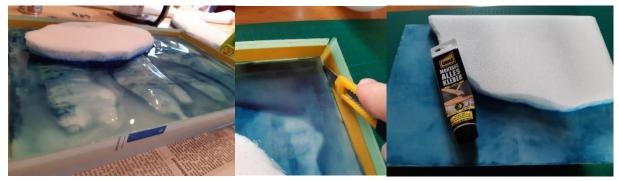


Abb. 41: gewelltes Papier unter dem Klar- Abb. 42: Entfernen des lack

Abb. 43: zweite Platte mit bereits festgeklebter Eisscholle

Nachdem ich den ausgelaufenen Klarlack so gut wie möglich von beiden Holzplatten entfernt habe, konnte ich beide Platten mit Scharnieren miteinander verbinden. Das Modell ist landschaftsmäßig neutral gehalten, sodass es auch als Antarktis verwendet werden kann.



Abb. 44: Modell der (Ant-) Arktis



Abb. 45: Modell der Antarktis



Abb. 46: Modell der Arktis

3.4 die gemäßigte Zone

Die gemäßigte Zone macht ca. ein Fünftel des Festlandes der Erde aus. Sie ist geprägt von humidem und wolkenreichem Klima, aufgrund dem die Winter niederschlagsarm, die Sommer dagegen regenreich sind (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 347).

Es wird unterschieden zwischen feuchten gemäßigten Zonen mit vielen Wäldern und trockenen gemäßigten Zonen mit Steppen, Halbwüsten und Wüsten. Die feuchte gemäßigte Zone umfasst Europa, Ostasien und das östliche und westliche Nordamerika. Charakteristisch für Europa sind sommergrüne Laubwälder, in denen Buchen, Eichen, Hainbuchen, Linden, Ahorn und Eschen zu finden sind. (ebd., S. 347f).

Der Bestand der sommergrünen Laubwälder reicht von wenigen Metern hohen Krummhölzern über 10-20 Meter hohe Bäume bis hin zu 40 Meter hohen Bäumen. Ein Merkmal dieser Wälder ist ihre Mehrschichtigkeit durch Baum-, Strauch-, Kraut- und Bodenschicht. Die Baumkronen sind oft kegelförmig. "Lianen und Epiphyten⁶ sind selten" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 360). Die Wurzeln der Bäume erreichen durchschnittlich eine Tiefe von 3 Metern (ebd.).

Mischwälder weisen mit verschieden alten Baumbeständen eine besonders ausgeprägte Struktur auf. Ihnen gegenüber "stehen die für West- und Mitteleuropa oft als repräsentativ angesehenen hallenartigen Buchenwälder", wobei diese auf "Aufforstung nach Kahlschlag" und nicht auf natürliche Weise zurückzuführen sind (ebd., S. 360f.). Gemäßigte Wälder haben als auffälligstes Strukturmerkmal eine 20-40 cm hohe Krautschicht, die den Boden vollständig bedeckt, sowie den "Wechsel zwischen belaubtem und kahlem Zustand der bestandsbildenden Bäume" (ebd., S. 363).

"Die neuen Blätter entwickeln sich im Frühjahr, gefolgt von einer Phase des Höhen- und Dickenwachstums der Bäume, die im Sommer abgeschlossen ist. Im Herbst, auf der Nordhalbkugel im Oktober, beginnen der Abbau des Chlorophylls und der Abtransport wertvoller Inhaltsstoffe in die Speichergewebe von Stamm und Wurzeln; die residuale Anreicherung von roten und gelben Farbstoffen führt zu der bekannten Herbstfärbung [...]. Die Blätter werden durch die Ausbildung eines Trenngewebes zwischen Blattstiel und Holz abgeworfen. Im Winter sind die Bäume kahl" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 363f.).

⁶ Epiphyten werden auch Aufsitzerpflanzen genannt. Sie wachsen auf anderen Pflanzen, wie Bäumen.

3.4.1 Werkprozess - Mischwald

verwendetes Material:

- Aluminium-Draht
- Naturbast
- Bohrmaschine
- Schraubstock
- Pulverbeize dunkelgrün
- Zange
- Kochtopf
- Abtropfgitter
- Wasser
- dünner Draht
- braune Sprayfarbe
- Deko-Moos
- Grasmatte
- Heißkleber
- Holzleim
- selbsttrocknende Modelliermasse
- Acrylfarbe

Bei der Vegetationsform des Mischwaldes musste ich zuerst alle Einzelteile herstellen, um sie am Ende zu einer Landschaft zusammenbauen zu können.

Nadelbäume

Für jeden Nadelbaum habe ich ca. 40 cm Aluminium-Draht zugeschnitten und in der Mitte gebogen (Abb. 47). Der Draht eignet sich sehr gut, da er trotz einem Durchmesser von 2 mm nicht schwer zu biegen ist. Das offene Ende habe ich in einem Schraubstock fixiert (Abb. 48). Das geschlossene Ende habe ich ein wenig zusammengedreht und eine Schlaufe gebogen (Abb. 49). Den Naturbast habe ich zu ca. 12 cm langen Stücken zurechtgeschnitten (Abb. 50). Beim folgenden Prozess ist es hilfreich helfende Hände zu haben. Ich habe einen Hacken in der Bohrmaschine befestigt (Abb. 51) und die Drahtschlaufe darin eingehängt. An-





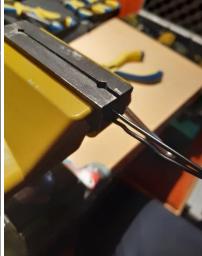


Abb. 48: offenes Drahtende im Schraubstock



Abb. 49: Schlaufe am geschlossenen Ende

schließend biege ich den Draht in der Mitte ein Stück auf und lege die Zuschnitte des Naturbast dazwischen. Hier muss sehr vorsichtig vorgegangen werden, da der Bast auf dem dünnen Draht nicht liegen bleibt und sehr leicht hinunterfallen kann (Abb. 52). Ich betätige langsam die Bohrmaschine, während der Bast anfänglich noch gestützt werden muss. Nach und nach dreht sich der Draht durch die Bohrmaschine immer enger zusammen. Es ist wichtig, den Bast dann loszulassen, damit er sich mit dem Draht mitdrehen und zunehmend eine dreidimensionale







Abb. 51: Hacken in der Bohrmaschine



Abb. 52: Einfädeln des Bast in den Draht





Abb. 53: Eindrehen des Drahtes mit der Bohrma- Abb. 54: Eingedrehter Draht schine

Form bekommen kann (Abb. 53). Der Bast wird vom Draht eingeschlossen und fixiert, sodass er nicht mehr herausfallen kann (Abb. 54). Das Konstrukt erinnert nun stark an eine gewöhnliche Flaschenbürste aus der Küche. Nachdem sich der Draht so eng wie möglich eingedreht hat, kann der zukünftige Nadelbaum von Bohrmaschine und Schraubstock gelöst werden (Abb. 55). Ich habe den Vorgang zwei Mal wiederholt, sodass ich insgesamt drei Nadelbäume erhalten würde.

Mit einer Schere habe ich den Bast nach oben hin schräg zugeschnitten, sodass die für Nadelbäume typische Dreiecksform zustande kam (Abb. 56). Dabei sollte die Arbeitsfläche weitgehend frei geräumt oder abgedeckt sein, da der Bast in alle Richtungen davonfliegt (Abb. 57).







Abb. 55: Fertig gedrehter Nadelbaum Abb. 56: Formen des Nadelbaums

Abb. 57: ungefärbter Nadelbaum

Nun muss der Naturbast grün gefärbt werden. Als erstes habe ich es mit Textil-Farbe probiert, was aber nicht geklappt hat, da die Oberfläche zu glatt war und die Farbe nicht aufnehmen konnte (Abb. 58). Also habe ich es mit wasserlöslicher Pulverbeize probiert, womit ich erfolgreich war (Abb. 59). Als Vorbereitung habe ich die Nadelbäume für eine Stunde in heißes Wasser gelegt (Abb. 60). Währenddessen habe ich vier Packungen dunkelgrüner Beize in einem Kochtopf mit einem Liter heißem Wasser aufgelöst (eine Packung geht auf einen Viertel-Liter) und auskühlen lassen – so die Instruktion auf der Verpackung. Nach der einen Stunde











Abb. 60: Einweichen in heißem Wasser

habe ich die Nadelbäume aus dem Wasser geholt und auf einem Abtropfgitter kurz abtropfen lassen (Abb. 61). Anschließend habe ich einen Nadelbaum nach dem anderen mit der Zange in die grüne Farbe getaucht und mehrmals gewendet (Abb. 62). Nachdem die Farbe alle Stellen des Bast erreicht hatte, habe ich sie zurück auf das Abtropfgitter über dem Waschbecken gelegt.







Abb. 61: Abtropfen des Wassers

Abb. 62: Einfärben des Nadelbaums Abb. 63: Abtropfen der Farbe

Dort habe ich sie über Nacht trocknen lassen (Abb. 63). Am nächsten Morgen war die Farbe zwar noch nicht vollständig getrocknet, konnte aber bereits vom Abtropfgitter auf eine andere Unterlage gelegt werden und dort fertig trocknen.

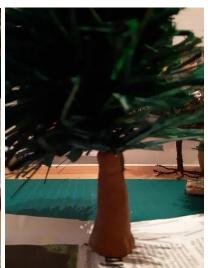
Nach einigen weiteren Stunden konnte ich die Nadelbäume weiter bearbeiten. Da sie auf dem dünnen Draht nicht würden stehen können, habe ich selbsttrocknende Modelliermasse als Baumstämme um den Draht befestigt und wieder einige Stunden trocknen lassen (Abb. 64). Als Letztes habe ich die Modelliermasse mit brauner Acrylfarbe bemalt (Abb. 65). Nun waren die Nadelbäume fertig (Abb. 66).



Abb. 64: Modelliermasse als Baumstamm



Abb. 65: Färben des Baumstammes Abb. 66: Fertiger Nadelbaum mit Acrylfarbe



Laubbäume

Bei den Laubbäumen bin ich vorgegangen wie bei der Akazie aus der Savannen-Landschaft. Ich habe den dünnen Draht aus einem fünf-poligen Stromkabel verwendet und verdreht, sodass ein Baumstamm zustande kam (Abb. 67). Nach oben hin habe ich immer wieder Teile des Drahts zu Ästen abgezweigt und weiter verdreht. Die Äste spalteten sich immer weiter auf, bis zum Ende des Drahtes. Auf diese Weise habe ich zwei verschieden hohe Laubbäume hergestellt (Abb. 68).





Abb. 68: Kahle Drahtbäume

Abb. 67: Verdrehen des Drahtes zu einem Baumstamm

Da die braune Sprayfarbe erfahrungsgemäß die metallische Farbe des Drahtes nicht vollständig abdecken kann, habe ich Kreppband um die dickeren Äste der Bäume gewickelt (Abb. 69 und Abb. 70) und die kahlen Bäume anschließend eingefärbt. Der Vorgang des Sprayens sollte nicht in einem geschlossenen Raum durchgeführt werden.

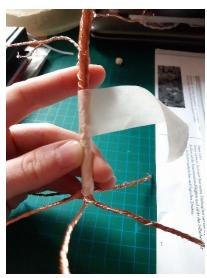






Abb. 70: Umwickelte Laubbäume

Nachdem die braune Farbe getrocknet war, habe ich Ast für Ast Holzleim aufgetragen und kleine Büschel von Deko-Moos auf den Ästen fixiert (Abb. 71 bis Abb. 72).







Abb. 71: Material zum Belauben der Abb. 72: Holzleim auf Drahtästen Laubbäume

Abb. 73: Deko-Moos auf Drahtästen

Baumstumpf und Pilze

Als weitere Dekorationen habe ich einen Baumstumpf und mehrere Pilze aus selbsttrocknender Modelliermasse herstellt. Nachdem diese getrocknet waren, habe ich die mit Acrylfarbe passend bemalt (Abb. 74 – Abb. 76).







Abb. 75: bemalter Baumstumpf aus Modelliermasse



Abb. 76: bemalte Pilze aus Modellier-

Nachdem alle Teile fertig waren, habe ich die fünf Bäume mit Heißkleber auf der einen Hälfte der Grundplatte fixiert (Abb. 77). Anschließend habe ich je nach Bedarf schmale Streifen von der Grasmatte zugeschnitten und diese um die Baumstämme herum auf die Holzplatte geklebt (Abb. 78). Teilweise habe ich runde Löcher in die Grasmatte geschnitten, um sie rund um die dickeren Baumstämme kleben zu können (Abb. 79). Den Baumstumpf und die Pilze habe ich ebenfalls mit Heißkleber auf die Grasmatte klebt. Durch die Streifen überlappte sich die Grasmatte immer wieder, sodass unschöne Linien in der Landschaft entstanden (Abb. 80). Hier habe ich mit Holzleim weiteres Deko-Moos aufgeklebt, um diese Stellen zu überdecken (Abb. 81). Auf diese Weise bekam das Gras gleichzeitig unebene Stellen, was einen realistischeren Effekt erzeugte (Abb. 82).







Abb. 77: Bäume auf der Holzplatte Abb. 78: Aufkleben der Grasmatten-Strei- Abb. 79: Zuschnitt für Baum-

stamm in der Grasmatte







Abb. 80: Überlappende Stellen in der Abb. 81: Auftragen von Holzleim auf Abb. 82: Deko-Moos zum Verstecken Grasmatte die Grasmatte

von Überlappungen



Abb. 83: Modell des Mischwaldes





Abb. 84 und Abb. 85: Bewohner des Mischwaldes

3.5 tropisch-subtropische Trockengebiete

Tropisch-subtropische Trockengebiete sind durch Trockenwälder, Halbwüsten und Wüsten gekennzeichnet, die durch geringe Niederschlagsmengen (weniger als 600 mm/Jahr) und lange Dürreperioden entstehen. "Die Vegetation wird niedrig, offen und xeromorph⁷." (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 199). Trockenwälder wachsen dabei nicht höher als 4 – 5 Meter und bedecken den Boden nur zwischen 50 bis 80%. Die Vegetation von Halbwüsten erreicht nur eine Maximalhöhe von einem Meter, während Pflanzen in der Wüste nur an Orten "mit besserer Wasserversorgung" zu finden sind (ebd.).

Wüsten können wiederum klassifiziert werden in Felswüsten, Steinwüsten, Sandwüsten und Kieswüsten. Felswüsten treten in Bergländern auf und entstehen durch Wind und fließendes Wasser. Flache Gesteinsschichten sind charakteristisch für die weit verbreiteten Steinwüsten, die durch starken Wind von feinerem Gesteinsmaterial freigelegt werden. "Die ausgewehten Feinsande werden stellenweise zu Dünen akkumuliert [...]. Es entstehen Sandwüsten [...], die beispielsweise in der Sahara über 1.000 km² zusammenhängende Fläche einnehmen können." (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 203). Durch längst vergangenen Wassertransport gerundete Kiesel sind Hauptbestand der Kieswüsten.

Die Vegetationsform der Trockengebiete machen "mit knapp 21% über ein Fünftel der Landoberfläche" (ebd., S. 199) aus. Sie ist auf allen Kontinenten der Erde vertreten.

"In den Trockengebieten der Erde sind Umlagerungsprozesse von Gesteins- und Bodenmaterial durch Wind und Wasser besonders ausgeprägt" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 202), da es von keiner Pflanzendecke im Boden verankert wird.

Pflanzen in Trockengebieten haben mehrere Überlebensstrategien entwickelt, um mit dem vorherrschenden Klima zurechtzukommen. "Entweder decken sie ihren Wasserbedarf, indem sie Feuchtigkeit aus tieferen Bodenschichten aufnehmen [...], oder sie schränken als Xerophyten ihren Wasserverbrauch ein" (Pfadenhauer, Klötzli 2014, S. 206). Andere Pflanzen haben ihr Wachstum auf Regenperioden beschränkt.

⁷ xeromorph bezeichnet ein Vorhandensein von Schutzvorrichtungen gegen Austrocknung bei Pflanzen.

3.5.1 Werkprozess – Wüste

verwendetes Material:

- Papierstreifen
- Doppelklebeband
- Stanleymesser
- Sand
- Sieb
- Holzleim
- Wasser
- Spülmittel
- Sprayflasche
- Steine
- Heißklebepistole

Bei der Wüstenlandschaft musste ich beide Grundplatten einzeln bearbeiten und konnte sie erst im fertigen Zustand zusammenschrauben. Ähnlich wie bei der Eislandschaft habe ich einen Rahmen um jede Holzplatte gebaut, allerdings diesmal aus 170g/m² Papierstreifen (Abb. 86). Diese habe ich mit Doppelklebeband rund um die Holzplatten befestigt (Abb. 87).







Abb. 86: Papierstreifen für den Rah- Abb. 87: Rahmen um die Holzplatten Abb. 88: Steine mit Heißklebepistole men aufgeklebt

Bei Spaziergängen habe ich verschiedene Steine gesammelt. Diese habe ich mit Heißklebepistole direkt auf das Holz geklebt (Abb. 88). Nachdem diese nach kurzer Zeit getrocknet waren, habe ich Sand auf die Holzplatten gestreut. Beim ersten Versuch habe ich einen Nagetier-Sand verwendet, da dieser besonders fein ist (Abb. 89). Nachdem ich den Sand mit dem Klebegemisch aus Holzleim, Wasser und Spülmittel (siehe Kapitel 3.1) besprüht habe (Abb. 90) und er getrocknet war, musste ich feststellen, dass der Sand begann Risse zu bilden und er



Abb. 89: Nagetier-Sand



Abb. 90: Besprühen des Sandes mit Klebegemisch



Abb. 91: Rissige Oberfläche mit lockerem Sand darunter

darunter noch vollkommen locker war. Das Klebegemisch ist also nur an der Oberfläche geblieben (Abb. 91).

So habe ich den Nagetier-Sand vorsichtig entfernt (Abb. 92) und neuen Sand aus einer nahegelegenen Sandkiste geholt. Diesen Sand habe ich im Backrohr zwischen 50 und 100°C gut trocknen lassen (Abb. 93). Beim zweiten Versuch bin ich nun so vorgegangen, dass ich die







Abb. 93: getrockneter Sand aus der Sandkiste

reine Holzplatte bereits mit dem Klebegemisch in einer Sprayflasche befeuchtet habe und den leicht bröckeligen und mit kleinen Steinchen vermischten Sand mit einem Sieb über der Fläche ausgesiebt habe (Abb. 94). Um kein erneutes Risiko einzugehen, habe ich nur eine sehr dünne Schicht aufgetragen. Bevor ich den Sand mit dem Klebegemisch fixiert

habe, habe ich die Steine mit einem dünnen Pinsel vom Sand befreit (Abb. 95). Danach habe ich das Klebegemisch auf den Sand gesprüht. Durch den Druck wurde der Sand stellenweise etwas weggepustet, sodass darunter die Holzplatte sichtbar wurde (Abb. 96). Auf diese Stellen habe ich erneut Sand gestreut und diesen ebenfalls mit dem Klebegemisch fixiert (Abb. 97).



Abb. 94: Aussieben des Sandes auf der Holzplatte



Abb. 95: Befreien der Steine vom Sand



Abb. 96: Kahle Stelle im Sand

Nachdem das Klebegemisch getrocknet war, habe ich die komplette Fläche ein weiteres Mal besprüht (Abb. 98). Am Ende ist der Sand sehr fest geworden. Er bröselt zwar noch immer

leicht, wenn man darüber streicht, aber er fällt nicht von der Holzplatte. Das zeigte sich, nachdem ich den Rahmen aus Papierstreifen mit einem Stanleymesser entfernt hatte (Abb. 99).



Abb. 97: Zweite Sandschicht

Abb. 98: Erneutes besprühen der Sandfläche

Abb. 99: Entfernen des Rahmens

Als zusätzliches Detail habe ich unzählige kleine Deko-Steine mit der Heißklebepistole auf dem Sand befestigt. So entstand eine Mischung aus einer Stein- und einer Sandwüste. Zu guter Letzt habe ich beide Holzplatten mit Scharnieren aneinander befestigt.



Abb. 100: Modell der Wüste



Abbildung 101: Modell der Wüste im Detail

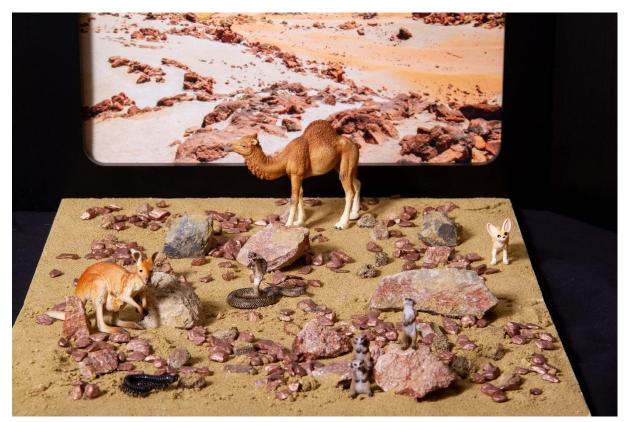


Abbildung 102: Tiere der Wüste

3.6 Verpackungen

Damit die Landschaften bei Nicht-Verwendung gut geschützt gelagert werden können, habe ich Kartons in passender Größe bestellt. Diese habe ich nach dem Aufbauen mit einem breiten Klebeband rundherum zugeklebt, um sie schließlich mit einem Stanleymesser an der Vorderseite aufzuschneiden. So konnte ich diese eine Seite nach unten knappen, sodass sie mit dem Boden eben war. Ohne die jeweilige Landschaft viel zu bewegen, kann ich sie einfach in die Kartonschachtel schieben. Beim Wieder-Hochklappen des Kartons wird die Landschaft mittig bei den Scharnieren ebenfalls nach oben geklappt. Der Karton wird mit einem kleinen Stück Klettverschluss verschlossen. Die Fotos zeigen den Vorgang am Beispiel der Savannen-Verpackung.

Als äußere Verkleidung habe ich bunte A4-Seiten gestaltet, durch die sehr leicht erkennbar ist, welche Landschaft sich in der jeweiligen Box befindet. Sollten die Modelle auf diese Weise in meinem Klassenzimmer gelagert werden, können die Kinder auch anhand der Tiere den Inhalt erkennen, wenn sie noch nicht lesen können.



Abb. 103: Kartonbox mit Savannen-Beschriftung



Abb. 104: Geöffnete Verpackung mit Savannenmodell



Abb. 105: Verpackungen der Landschaftsmodelle

Schlussteil - 43 -

4 Schlussteil

Die Arbeit an den Modellen hat mir persönlich sehr viel Freude gemacht. Kreatives Arbeiten und Experimentieren mit verschiedenen Materialien sind eine wundervolle Erfahrung. Realitätsnahe plastische Landschaften für meinen zukünftigen Unterricht zu entwerfen, war die Idee dieser Arbeit. Ich habe die einzelnen Landschaftsformen definiert und mich schließlich auf die vier Vegetationsformen Savanne, (Ant-) Arktis, Mischwald und Wüste festgelegt. Die Landschaften mit Modelltieren der Firma Schleich zu kombinieren und die Proportionen daran anzupassen, gab den Arbeiten einen zusätzlichen Feinschliff. Ich finde es immer wieder faszinierend mit welch einfachen Techniken wie Schneiden, Falten, Kleben etc. so tolle Ergebnisse zustande kommen können.

Die größte Schwierigkeit zu Beginn war, ein dreidimensionales Objekt zu entwerfen, statt einer ebenen Bodenplatte. Das ist mir schließlich gelungen, indem ich die Modelle mit passenden Landschaftsfotografien und meinem Kamishibai-Erzähltheater kombiniert habe. Auch möglichst langlebige Materialien zu verwenden, war mir ein wichtiges Anliegen. Die verschiedenen Recherchen über Modelle, Techniken und die spezifischen Landschaften bargen spannende Informationen, die ich mir sehr gerne angeeignet habe. Ich musste mich zum Beispiel festlegen, ob ich eine Sandwüste, eine Stein-, Kies- oder Felswüste erschaffen wollte. Bei der (Ant-) Arktis bestand die Herausforderung darin, den Glanz des Wassers einzufangen. Mit Klarlack konnte ich schließlich eine dreidimensionale Oberflächenstruktur erzeugen. Eine längere Experimentierphase brauchte ich beim Mischwald, bei der Gestaltung der Laub- und Nadelbäume. Das Material Bast, das ich in Draht eingedreht habe, war schließlich die perfekte Lösung für die Nadelbäume. Ebenso das Einfärben der "Nadeln" brauchte einige Anläufe.

Die meiste Freude hatte ich beim finalen Zusammenbau der einzelnen Elemente zu einer Landschaft; ihr beim Wachsen zusehen zu können und am Ende die Modelltiere in ihrem Habitat zu platzieren.

Nachdem meine jüngsten Geschwister bereits mit den Landschaften gespielt haben, bin ich der festen Überzeugung, dass sie diese Wirkung auch in meinem zukünftigen Klassenzimmer erzielen können. Ich kann mir sehr gut vorstellen, dass sich die Modelllandschaften im Klassenraum sehr lebendig, bunt und vielfältig zeigen werden. Mit Hinblick auf den Erhalt dieser Landschaften in der Natur, den Artenschutz und die Achtsamkeit im Zusammenleben mit der Natur ist hier ein sehr großer Umweltgedanke enthalten, der gerade in der heutigen Zeit sehr bedeutsam ist.

Quellenangaben - 44 -

5 Quellenangaben

 Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Hrsg.) (2010): Lehrplan der Volksschule. Selbstverlag: Wien

- Bühler, P., Schlaich, P., Sinner D., u.a. (2019): Produktdesign. Konzeption Entwurf
 Technologie. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg
- Haider, M. (2019): Modellkompetenz Im Naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Eine Empirische Studie Zum Lernen Mit Modellen und über Modelle in der Primarstufe. Logos Verlag: Berlin
- Harrison, A., Treagust, D. (2000): A typology of school science models. In: International Journal of Science Education 22 (9), S. 1011 – 1026
- Haußer, F., Luchko, Y. (2011) Mathematische Modellierung mit MATLAB. Eine praxisorientierte Einführung. Springer Verlag: Berlin Heidelberg
- Kattmann, U. (2008). Evolution und Schöpfung. Unterricht Biologie, 32 (333)
- Kircher E., Girwidz R., Häußler P. (2009) Über die Natur der Naturwissenschaften lernen. In: Kircher E., Girwidz R., Häußler P. (eds) Physikdidaktik. Springer-Lehrbuch.
 Springer Verlag: Berlin, Heidelberg
- Mayr, W. (2017) Werkstoff Holz. Online im Internet: URL: http://www.diebaz.com/2017/03/20/schaufenster/
- Pfadenhauer, J., Klötzli, F. (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen Ökologie Verbreitung. Springer Verlag: Berlin Heidelberg
- Wenk, K., Trommer, G. (1979): Unterrichten mit Modellen. Aulis Verlag Deubner:
 München

6 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1 Chancen des Lernens mit Modellen (eigene Darstellung), Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 2 Schwierigkeiten des Lernens mit Modellen (eigene Darstellung), Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 3 Lasieren der Holzplatten, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 4 Befestigung der Scharniere, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 5 Zurechtschneiden der Hintergründe, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 6 Material f
 ür Klebegemisch, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 7 Holzleim in einer Schale, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 8 Holzleim wird mit Wasser vermengt, Quelle: eigene Abbildung, 2021

- Abbildung 9 Spülmittel wird hinzugefügt, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 10 5-poliges Stromkabel mit Isolierungen, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 11 Kupferdrähte aus dem Stromkabel, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 12 Baumstamm aus Kupferdraht, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 13 Aufzweigung der Kupferdrähte, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 14 Auftragen des Holzleims auf den Ästen, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 15 Fixieren des Laubes über dem Waschbecken, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 16 Fertige Akazie, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 17 Zuschnitte des künstlichen Heus auf den Holzplatten, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 18 Aufkleben des Heus auf die Holzplatten, Quelle: eigene Abbildung,
 2021
- Abbildung 19 Anbringen der Akazie mit Heißklebepistole, Quelle: eigene Abbildung,
 2021
- Abbildung 20 Aufrauen des Heus mit einer Gabel, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 21 bis 23 Modell der Savanne, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 24 Aufschneiden des Plastiksackerls, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 25 Zusammenkleben der Plastikfolie, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 26 Befeuchten des Papiers auf der Holzplatte, Quelle: eigene Abbildung,
 2021
- Abbildung 27 Bemalen der Plastikfolie mit Aquafarbe, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 28 Auftragen der Farbe auf das nasse Papier, Quelle: eigene Abbildung,
 2021
- Abbildung 29 Platte nach Entfernen der Plastikfolie, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 30 Ausgeschnittene Eisscholle, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 31 Zurechtschnitzen der Eisscholle, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 32 F\u00e4rben der Unterseite mit Schwamm und Acrylfarbe, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 33 Spiegelung des Wassers auf dem Eis, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 34 Anschneiden der Plexiglasleiste, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 35 Brechen der Plexiglasleiste, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 36 Rahmen um die Grundplatte, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 37 Klarlack auf der Fläche, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 38 regelmäßig verteilter Klarlack, Quelle: eigene Abbildung, 2021

- Abbildung 39 Entfernen von Luftlöchern mit einem Zahnstocher, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 40 Eisscholle auf flüssigem Klarlack, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 41 gewelltes Papier unter dem Klarlack, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 42 Entfernen des Rahmens, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 43 zweite Platte mit bereits festgeklebter Eisscholle, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 44 Modell der (Ant-) Arktis, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 45 Modell der Antarktis, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 46 Modell der Arktis, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 47 Aluminium-Draht, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 48 offenes Drahtende im Schraubstock, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 49 Schlaufe am geschlossenen Ende, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 50 Zuschnitte aus Naturbast, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 51 Haken in der Bohrmaschine, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 52 Einfädeln des Bast in den Draht, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 53 Eindrehen des Drahtes mit der Bohrmaschine, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 54 Eingedrehter Draht, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 55 Fertig gedrehter Nadelbaum, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 56 Formen des Nadelbaums, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 57 ungefärbter Nadelbaum, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 58 Bast in Textil-Farbe, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 59 dunkelgrüne Pulverbeize, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 60 Einweichen in heißem Wasser, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 61 Abtropfen des Wassers, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 62 Einfärben des Nadelbaums, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 63 Abtropfen der Farbe, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 64 Modelliermasse als Baumstamm, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 65 F\u00e4rben des Baumstammes mit Acrylfarbe, Quelle: eigene Abbildung,
 2022
- Abbildung 66 Fertiger Nadelbaum, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 67 Verdrehen des Drahtes zu einem Baumstamm, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 68 Kahle Drahtbäume, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 69 Umwickeln des Drahtes mit Kreppband, Quelle: eigene Abbildung, 2022

- Abbildung 70 Umwickelte Laubbäume, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 71 Material zum Belauben der Laubbäume, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 72 Holzleim auf Drahtästen, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 73 Deko-Moos auf Drahtästen, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 74 Pilze aus Modelliermasse, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 75 bemalter Baumstumpf aus Modelliermasse, Quelle: eigene Abbildung,
 2021
- Abbildung 76 bemalte Pilze aus Modelliermasse, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 77 Bäume auf der Holzplatte, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 78 Aufkleben der Grasmatten-Streifen, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 79 Zuschnitt für Baumstamm in der Grasmatte, Quelle: eigene Abbildung,
 2022
- Abbildung 80 Überlappende Stellen in der Grasmatte, Quelle: eigene Abbildung,
 2022
- Abbildung 81 Auftragen von Holzleim auf die Grasmatte, Quelle: eigene Abbildung,
 2022
- Abbildung 82 Deko-Moos zum Verstecken von Überlappungen, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 83 Modell des Mischwaldes, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 84 und 85 Bewohner des Mischwaldes, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 86 Papierstreifen für den Rahmen, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 87 Rahmen um die Holzplatten, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 88 Steine mit Heißklebepistole aufgeklebt, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 89 Nagetier-Sand, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 90 Besprühen des Sandes mit Klebegemisch, Quelle: eigene Abbildung,
 2021
- Abbildung 91 Rissige Oberfläche mit lockerem Sand darunter, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 92 Holzplatte nach Entfernen des Sandes, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 93 getrockneter Sand aus der Sandkiste, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 94 Aussieben des Sandes auf der Holzplatte, Quelle: eigene Abbildung,
 2022
- Abbildung 95 Befreien der Steine vom Sand, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 96 Kahle Stelle im Sand, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 97 Zweite Sandschichte, Quelle: eigene Abbildung, 2022

- Abbildung 98 Erneutes besprühen der Sandfläche, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 99 Entfernen des Rahmens, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 100 Modell der Wüste, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 101 Modell der Wüste im Detail, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 102 Tiere der Wüste, Quelle: eigene Abbildung, 2022
- Abbildung 103 Kartonbox mit Savannen-Beschriftung, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 104 Geöffnete Verpackung mit Savannenmodell, Quelle: eigene Abbildung, 2021
- Abbildung 105 Verpackungen der Landschaftsmodelle, Quelle: eigene Abbildung, 2022