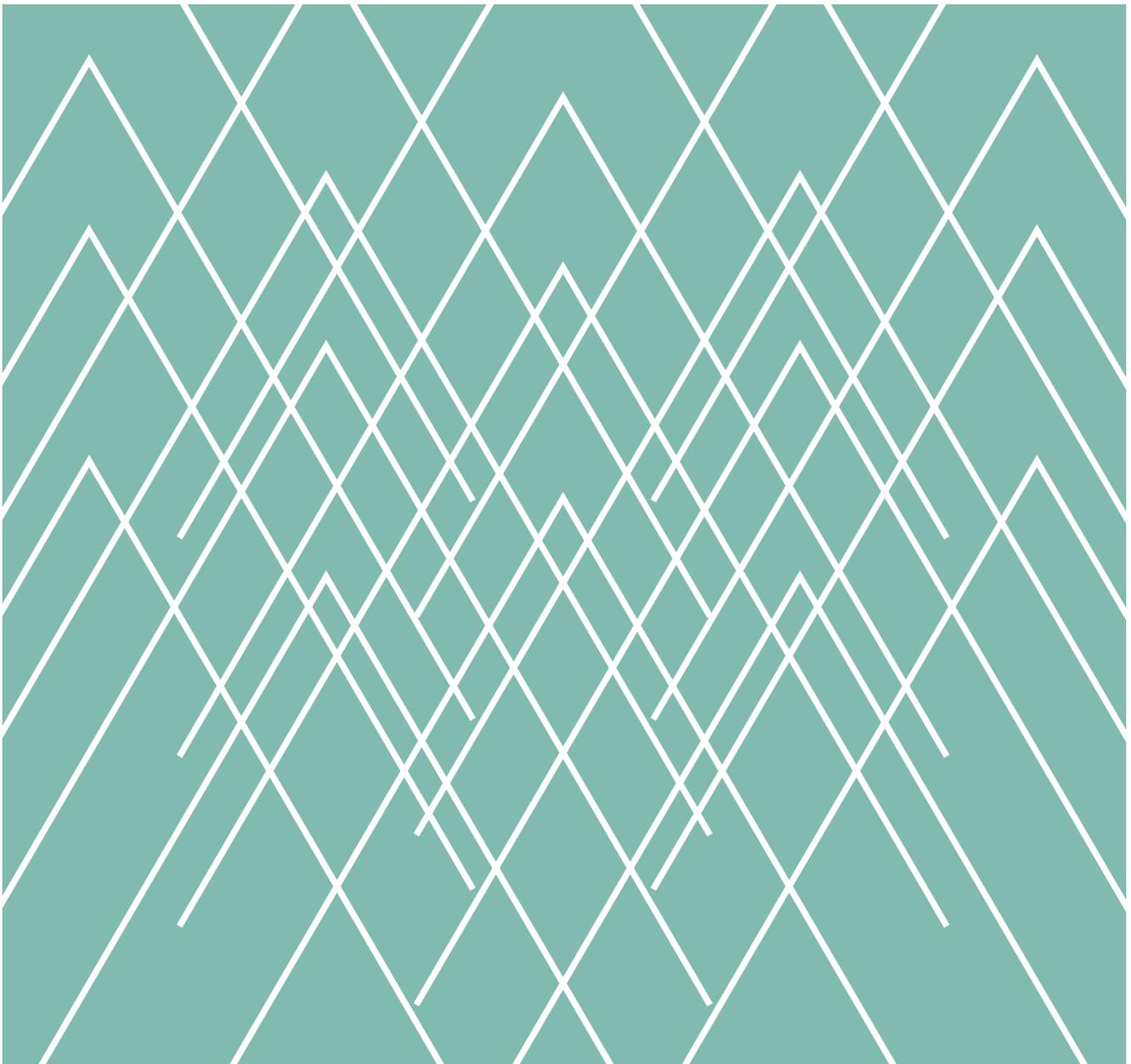


Entwicklung eines elektronischen Activity-Boards für Kinder

Tabea von Hollen geb. Bratzke



Impressum

Inhaltlich verantwortlich

Autor/-in der Abschlussarbeit

Institution

Der Fachbereich Automatisierung und Informatik ist ein Fachbereich der Hochschule Harz. Die Hochschule Harz ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Sie wird durch den Rektor Prof. Dr. Folker Roland gesetzlich vertreten: info@hs-harz.de.

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer

DE231052095

Adresse

Hochschule Harz
Fachbereich Automatisierung und Informatik
Friedrichstraße 57-59
38855 Wernigerode

Kontakt

Dekanin des Fachbereiches Automatisierung und Informatik
Prof. Dr. Andrea Heilmann
Tel.: +49 3943 659 300
Fax: +49 3943 659 399
E-Mail: dekanin-ai@hs-harz.de

Aufsichtsbehörde

Das Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt (MW), Hasselbachstraße 4, 39104 Magdeburg, ist die zuständige Aufsichtsbehörde.

ISSN 2702-2293

Haftungsausschluss

Die Hochschule Harz weist auf Folgendes hin:

Die Hochschule Harz ist lediglich für die Veröffentlichung der einzelnen Werke zuständig, sie übernimmt keinerlei Haftung. Vielmehr gilt Folgendes:

- für den Inhalt der Publikation ist der/die Autor/-in verantwortlich
- mit der Erfassung in der Schriftenreihe Wernigeröder Automatisierungs- und Informatik-Texte verbleiben die Urheberrechte beim Autor/bei der Autorin
- die Einhaltung von Urheber- und Verwertungsrechten Dritter liegt in der Verantwortung des Autors/der Autorin

Vor Veröffentlichung bestätigte der/die Autor/-in,

- dass mit der Bereitstellung der Publikation und jedes Bestandteils (z.B. Abbildungen) nicht gegen gesetzliche Vorschriften verstoßen wird und Rechte Dritter nicht verletzt werden
- dass im Falle der Beteiligung mehrerer Autoren am Werk der/die unterzeichnende Autor/-in stellvertretend im Namen der übrigen Miturheber/-innen handelt
- im Falle der Verwendung personenbezogener Daten den Datenschutz (durch Einholen einer Einwilligung des Dritten zur Veröffentlichung und Verbreitung des Werks) zu beachten
- dass im Falle einer bereits erfolgten Veröffentlichung (z.B. bei einem Verlag) eine Zweitveröffentlichung dem Verlagsvertrag nicht entgegensteht
- dass die Hochschule Harz von etwaigen Ansprüchen Dritter (z.B. Mitautor/-in, Miturheber/-in, Verlage) freigestellt ist

▲ Hochschule Harz

Hochschule für angewandte Wissenschaften

Masterarbeit



Entwicklung eines elektronischen Activity-Boards für Kinder.

e-Activity-Board



Hochschule Harz
Fachbereich: Automatisierung und Informatik
Studiengang: Medien- und Spielekonzeption

Tabea von Hollen
geb. Bratzke

Erstprüfer: Prof. Daniel Ackermann
Zweitprüfer: Prof. Dominik Wilhelm



04. März 2021

Mit bestem Dank wurde für die Formatierung die Latexvorlage *Hochschule Darmstadt Thesis Template* verwendet (Hochschule Darmstadt, 2021).

Tabea Bratzke: *Entwicklung eines elektronischen Activity-Boards für Kinder.*
© 04. März 2021

ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit bisher bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht, sie selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Wernigerode, 04. März 2021



Tabea Bratzke

**Thema und Aufgabenstellung der Masterarbeit
MA AI 103/2020**

für Frau Tabea Bratzke

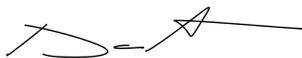
**Entwicklung eines elektronischen Activity-Boards für
Kinder.**

Der Alltag eines Kindes wird von einer Vielzahl elektronischer Komponenten begleitet. Sei es der Lichtschalter, der Herd, die Musikanlage oder das Handy der Eltern. Kinder kommen damit in Alltagssituationen früh in Kontakt und lernen das Drehen und Drücken der Knöpfe durch ausprobieren, oftmals jedoch in keiner kindgerechten Umgebung.

Die Idee ist es, ein elektronisches Activity-Board, ein e-Activity-Board, zu entwickeln, welches Kindern im Alter von zwei bis fünf Jahren einen sicheren Rahmen bietet, Elektronikbausteine kennenlernen und benutzen zu dürfen. Darüber hinaus werden beim Entdecken und Probieren sowohl kognitive als auch motorische Fähigkeiten des Kindes geschult und die Kreativität angeregt. In das Board werden verschiedenen Aktionskomponenten und Feedbackelemente eingebettet, welche durch Steckverbindungen unterschiedlich kombiniert werden können. Es sind mehrere Spiel- und Lernebenen geplant, die das Board für Kinder über einen längeren Zeitraum immer wieder interessant machen.

Im Rahmen der Masterarbeit soll das e-Activity-Board entworfen und prototypisch umgesetzt werden. Der Hauptteil der Arbeit wird in der Entwicklung des Boards und der Dokumentation der Entscheidungen liegen. Inwieweit die oben genannten Ebenen im Rahmen der Arbeit konzipiert und ggf. umgesetzt werden können, gilt es zu erarbeiten und zu testen. Eine qualitative Studie mit einer Personengruppe von ca. 10 Kindern im Alter von zwei bis fünf Jahren soll erstes Feedback zur Benutzbarkeit geben. Dieses soll sowohl über Beobachtung als auch über einen Austausch mit den Kindern und Eltern erfolgen.

Der Zeitrahmen für die Masterarbeit beträgt fünf Monate. Im ersten Monat wird die Struktur der Arbeit erstellt, Quellen erarbeitet und daraus eine Analyse der Anforderungen erfolgen. Im zweiten Monat beginnt die Umsetzung und Dokumentation des Prototyps. Im vierten Monat erfolgt die Studie und deren Auswertung. Der letzte Monat dient der Finalisierung der Arbeit.



Prof. Daniel Ackermann
1. Prüfer



Prof. Dominik Wilhelm
2. Prüfer

FÜR MAYRA

Für die Inspiration des e-Activity-Boards, die Begleitung der letzten Monate beim Schreiben der Masterarbeit, das gemeinsame Spielen bei Sonne und Schnee und das immer wieder freudige Testen des e-Activity-Boards.

Für deinen Weg wünsche ich dir alles Gute und ein offenes Herz.

ABSTRACT

Electronic devices with switches, controllers and wires are a daily part of young children's lives. Often they are built into devices that toddlers are not supposed to use because of safety or the risk of breaking something. Toddlers learn by imitation, trying things for themselves and discovering them. Therefore, they also want to use the adults' devices on their own and experience their functions.

The aim of this work is to design a toy that allows children to discover and understand electronic relationships in a safe environment, which stimulates interest over a long period of time and promotes logical understanding.

A basic analysis focusing on the development of play and learning behavior is carried out first. This is supplemented by basics on play, toys and an inventory analysis of toys with similar components. Based on this, the goals for the development are concretized and the concept for the e-Activity-Board is developed.

The created concept will be implemented as a prototype with limited functionality. The prototype serves as a test object to explore whether the goals can be met and the implementation of the concept is successful. The results will be used as a basis for further development. Due to existing contact restrictions, the tests do not take place with children of the target group, but as an e-mail-survey with educational institutions. Through the results of the survey it has become clear that the basic concept can be implemented successfully. A more precise assessment and evaluation of the achievement of objectives is not feasible at the moment and will only be possible through targeted testing with children of different ages.

ZUSAMMENFASSUNG

Elektronische Gegenstände mit Schaltern, Reglern und Kabeln sind täglicher Bestandteil im Leben von Kleinkindern. Oftmals sind sie an Geräten so verbaut, dass Kleinkinder sie aufgrund der Sicherheit oder der Gefahr, dass etwas kaputt geht, nicht benutzen sollen. Kleinkinder lernen durch Nachahmung, selbst Ausprobieren und Entdecken, daher wollen sie die Geräte der Erwachsenen ebenfalls selbst benutzen und die Funktionen erfahren.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Spielzeug zu entwerfen, das Kindern in einer sicheren Umgebung das Entdecken und Verstehen elektronischer Zusammenhänge ermöglicht, welches das Interesse über einen längeren Zeitraum weckt und das logische Verständnis fördert.

Dafür erfolgt zunächst eine Grundlagenanalyse mit dem Schwerpunkt auf der Entwicklung des Spiel- und Lernverhaltens bei Kindern. Ergänzt wird diese durch Grundlagen zum Spielen, Spielzeugen und einer Bestandsanalyse von Spielzeugen mit ähnlichen Komponenten. Darauf aufbauend werden die Ziele für die Entwicklung konkretisiert und das Konzept für das e-Activity-Board erarbeitet.

Das erstellte Konzept wird als Prototyp mit eingeschränktem Funktionsumfang umgesetzt. Der Prototyp dient als Testobjekt, um zu erforschen, ob die Ziele erreicht werden können und die Umsetzung des Konzepts erfolgreich ist. Die Ergebnisse dienen als Basis für die weitere Entwicklung. Die Tests finden aufgrund bestehender Kontaktbeschränkungen (Covid-19) nicht mit Kindern der Zielgruppe statt, sondern als E-Mail-Umfrage mit pädagogischen Einrichtungen. Durch die Ergebnisse der Umfrage ist deutlich geworden, dass das grundlegende Konzept erfolgreich umgesetzt werden konnte. Eine genauere Beurteilung und Einschätzung der Zielerreichung ist momentan nicht realisierbar und wird erst durch ein gezieltes Testen mit Kindern unterschiedlichen Alters möglich.

INHALTSVERZEICHNIS

I	THESIS	
1	PROBLEMIIDENTIFIKATION UND MOTIVATION	2
1.1	Forschungsschwerpunkt	2
1.2	Vorgehensweise	3
2	GRUNDLAGENANALYSE	6
2.1	Entwicklung des Kindes	6
2.2	Was ist Spielen?	11
2.3	Bestand ermitteln	17
3	ENTWICKLUNG DES KONZEPTS	22
3.1	Vision	22
3.2	Zielgruppe	22
3.3	Ziele	23
3.4	Entwicklung der Lösungsidee	25
3.5	Entwicklung des Designs	28
4	UMSETZUNG DES PROTOTYPS	44
4.1	Definition des Prototyps	44
4.2	Hardwareumsetzung	45
4.3	Hardwareumsetzung mit Arduino	56
4.4	Softwareumsetzung	64
4.5	Herausforderungen und Fehlerquellen	66
5	PRÄSENTATION, DEMONSTRATION UND EVALUATION	69
5.1	Anwendungsstudie	69
5.2	Umfrage	71
5.3	Eigene Reflexion	75
6	FAZIT UND AUSBLICK	77
6.1	Zusammenfassung	77
6.2	Fazit	78
6.3	Ausblick	79
	LITERATUR	81
	INTERNETQUELLEN	83
	SPIELE UND SPIELZEUG	85
II	ANHANG	
A	INFORMATIONSBLATT ZUR UMFRAGE	87
B	UMFRAGEERGEBNISSE DER EINZELNEN TEILNEHMER_INNEN	88

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1	Konflikte im Spiel.	9
Abbildung 2.2	Umsatz mit Spielen und Spielwaren in Deutschland. . .	13
Abbildung 2.3	Beispiele für Activity-Boards.	17
Abbildung 2.4	Beispiele für elektronisches Lernspielzeug.	18
Abbildung 2.5	Beispiele für elektronische Activity-Boards.	19
Abbildung 2.6	Beispiele für selbstgebaute elektronische Activity-Boards.	19
Abbildung 2.7	Beispiele für Elektronikbausätze.	20
Abbildung 2.8	Lernroboter – Cubetto.	21
Abbildung 3.1	Erste Skizzen des e-Activity-Boards.	26
Abbildung 3.2	Anordnung der Ein- und Ausgabeelemente.	29
Abbildung 3.3	Anordnung der Steckbuchsen.	30
Abbildung 3.4	Vorlage für die Steckkarten.	31
Abbildung 3.5	Auswahl der Eingabeelemente	33
Abbildung 3.6	Auswahl der Ausgabeelemente.	33
Abbildung 3.7	Auswahl der Steckbuchsen.	34
Abbildung 3.8	User Interface der ersten Ebene.	37
Abbildung 3.9	Vergleich der Gestaltung mit und ohne unterstützendem User Interface.	38
Abbildung 3.10	Übersicht der Gestaltung einer Steckkarte.	39
Abbildung 3.11	Darstellung der Helligkeit der LEDs.	39
Abbildung 3.12	User Interface der seitlichen Bedienelemente.	40
Abbildung 3.13	Visuelle Ausgaben der RGB-LEDs.	41
Abbildung 4.1	Prototyp des e-Activity-Boards.	44
Abbildung 4.2	Vorbereiten der elektronischen Komponenten.	46
Abbildung 4.3	Konstruktionszeichnung zur Kiste des e-Activity-Boards.	47
Abbildung 4.4	Mittelpunktmarkierungen der Komponenten.	48
Abbildung 4.5	Interface mit dem Laser eingravieren.	48
Abbildung 4.6	Bohren und Fräsen der Löcher und Vertiefungen. . . .	49
Abbildung 4.7	Fertige Oberseite mit Löchern und Vertiefungen in der Kiste.	50
Abbildung 4.8	Befestigen der Bauteile an der Kiste.	51
Abbildung 4.9	Tests der LED-Abdeckungen.	53
Abbildung 4.10	E-Activity-Board mit LED-Abdeckungen.	53
Abbildung 4.11	Steckkabel zum Verbinden der Komponenten.	54
Abbildung 4.12	Beispiele für Steckkarten.	55
Abbildung 4.13	Arduino Mega Pinout.	58
Abbildung 4.14	Übersicht der Pinbelegung der Ein- und Ausgabeelemente.	59

Abbildung 4.15 Visualisierung der Pinbelegung einzelner Komponenten. 60

Abbildung 4.16 Übersicht der Pinbelegung der Steckbuchsen. 61

Abbildung 4.17 Pinout USB-Typ-A und USB-Typ-B. 63

Abbildung 4.18 Beispielmatrix *connections* und Visualisierung der Beispielmatrix. 65

Abbildung 4.19 Überarbeitete Übersicht der Pinbelegung der Steckbuchsen. 67

Abbildung 5.1 Ausschnitt aus dem Informationsblatt zum e-Activity-Board. 72

Abbildung A.1 Informationsblatt zum e-Activity-Board. 87

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1	Struktur der Masterarbeit.	3
Tabelle 3.1	Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Ein- und Ausgabeelementen	42

Teil I
THESIS

PROBLEMDIDENTIFIKATION UND MOTIVATION

Beim Beobachten der eigenen Tochter im Alltag und anderer gleichaltriger Kinder ist aufgefallen, dass bereits in Kleinkindern ein hohes technisches Interesse ruht und gelebt werden möchte. Das technische Umfeld der Menschen wird immer größer und Kinder kommen mit technischem Gerät täglich in Kontakt und stehen vor einer regelmäßigen Konfrontation des Nicht-Benutzendürfens. Das Drehen von Schaltern und Drücken von Knöpfen findet sich im Alltag an Herd, Lichtschalter und Musikanlage wieder. Auch das Stecken von Kabeln, zum Beispiel von Kopfhörern ins Smartphone oder USB-Kabel in den Computer, sind Elemente, die sich beiläufig im Alltag der Kinder wiederfinden. Kleinkinder beobachten die Handlungen der Erwachsenen, dürfen diese oft aus dem Aspekt der Sicherheit oder des Risikos, dass etwas kaputt geht, nicht eigenständig bedienen.

Während der Beobachtung von Kleinkindern wurde deutlich, dass diese schnell in der Lage sind, kleine Stecker in Buchsen zu stecken und sogar Zusammenhänge, wie das Einstecken eines USB-Steckers in der richtigen Ausrichtung, durch Ausprobieren erlernen.

Die eigene Tochter war bereits früh dabei, wenn Projekte mit einem Arduino und Breadboard entwickelt wurden. Damit sie in ihrem Rahmen dabei sein konnte, bekam sie mit ca. einem Jahr ein Breadboard mit zwei Knöpfen und LEDs. Das faszinierte sie sehr, ging jedoch durch die kleinen Komponenten leicht kaputt. Das war der Startpunkt der Idee, ein elektronisches Activity-Board für Kleinkinder zu entwickeln, mit dem sie die Möglichkeit bekommen, Elektronikkomponenten in einem sicheren Rahmen entdecken und selbst benutzen zu dürfen. Mit dem fertigen elektronisches Activity-Board soll getestet werden, ob und wie andere Kleinkinder einen Umgang mit dem e-Activity-Board annehmen. Besonders das Stecken von Kabeln in einem für Kleinkinder zugänglichen Rahmen ist etwas, das in bisherigen elektronischen Activity-Boards nicht gefunden wurde und erst in elektronischen Experimentierkästen für ältere Kinder ermöglicht wird.

1.1 FORSCHUNGSSCHWERPUNKT

In dieser Arbeit wird ein Konzept für die Umsetzung eines Spielzeugs für Kinder entwickelt, welches Kindern einen sicheren Umgang bietet, elektronische Komponenten kennenzulernen und durch eigenständiges Verbinden der Komponenten eigene Lernerfahrungen zu schaffen. Zentrales Element des Konzepts soll sein, dass alltägliche elektronische Elemente und Handlungen, wie das Benutzen von Schaltern, Reglern und das Stecken von Kabeln, einen Rahmen bekommen, in dem Kinder sie selbst und eigenständig ausführen dürfen.

Für die Entwicklung des Konzepts wird die Zielgruppe analysiert und mithilfe der Grundlagen für Produkt- und Gamedesign ein Spielzeugkonzept entwickelt.

Das ausgearbeitete Konzept wird mit dem Schwerpunkt auf der Umsetzung der Hardware realisiert. Dafür werden unterschiedliche Komponenten und Materialien mit Bezug auf das Konzept getestet und ausgewählt, um dann die Realisierung der Hardware zu ermöglichen. Mit der Hardware wird die Grundlage für die nachfolgende Umsetzung der Software geschaffen.

Nach der Umsetzung des Konzepts in einem Prototyp wird die Handhabung des Spielzeugs in einer Nutzer_innen-Studie mit Kindern der Zielgruppe getestet. Das soll eine Bewertung des Prototyps ermöglichen und als Grundlage für die weitere Entwicklung dienen.

Aus diesen Forschungsschwerpunkten ergibt sich folgende Fragestellung:

Wie kann ein Spielzeug für Kleinkinder entwickelt werden, das einen sicheren Zugang zum Entdecken und Verstehen elektronischer Zusammenhänge ermöglicht, das Interesse über einen längeren Zeitraum weckt und das logische Verständnis fördert?

1.2 VORGEHENSWEISE

Für die Entwicklung des Spielzeugs, das in Form eines Activity-Boards umgesetzt wird, wird die Methode des Design-Science-Research genutzt und durch Grundlagen des Gamedesigns und Produktdesigns ergänzt. Die sechs Schritte des Design-Science-Research eignen sich besonders, um Probleme zu lösen, innovative Produkte und Ideen zu entwickeln und durch Analyse das Design und die Implementierung effektiv umzusetzen (vgl. Hevner et al., 2004, S. 76). Im Rahmen dieser Vorgehensweise werden die folgenden Schritte durchlaufen, die sich mit leichten Abwandlungen im Design Science Research, Gamedesign und Produktdesign wiederfinden lassen (siehe Tabelle 1.1).

Struktur Masterarbeit	Design Science Research (Pfeffers et al., 2006, S. 91)	Iterative Game Design Process (Macklin und Sharp, 2016, S. 108)	Ablauf im Produktdesign (Bühler et al., 2019, S. 9-14)
1 Problemidentifikation und Motivation	Problemidentifikation und Motivation		Definition: Problemanalyse und Formulierung der Ziele
2 Grundlagenanalyse für das Konzept			Durchführung: Konzeption und Ausarbeitung mit Analysieren, Definieren und Entwerfen
3 Entwicklung des Konzepts	Entwicklung einer Lösung	Konzept erarbeiten	
4 Umsetzung des Prototyps	Design und Umsetzung	Prototyp erstellen	Durchführung: Detaillierung / Konstruktion
5 Präsentation, Demonstration und Evaluation	Demonstration	Nutzer_innen Test	Präsentation der Ergebnisse
	Evaluation	Evaluation	Evaluation
6 Fazit und Ausblick	Kommunikation		

Tabelle 1.1: Struktur der Masterarbeit (eigene Tabelle).

Zunächst wird das beobachtete **Problem** beschrieben und die aus dem Problem hervorgehende **Motivation** festgehalten. Für die Entwicklung des Konzepts erfolgt eine **Grundlagenanalyse** durch eine vorwärtsgerichtete Literaturrecherche und Produktrecherche. Diese dient der Entwicklung des gemeinsamen Verständnisses, der Spezifikation des Problems und darüber hinaus als Grundlage für die Entwicklung der Lösungsidee. Die vorwärtsgerichtete Literatur- und Produktrecherche erfolgt über die Stichwortsuche im Bibliothekskatalog der Hochschule Harz, über Internetsuchmaschinen wie Google und Internetsuchmaschinen für wissenschaftliche Texte wie Google Scholar. Ergänzend wird bei relevanten Quellen eine rückwärtsgerichtete Literaturrecherche angewendet, um die Informationsgrundlage zu verdichten (vgl. Theisen, 2017, S. 101). Um das Konzept zu entwickeln und Ziele für die Entwicklung des Spielzeugs herauszuarbeiten, werden unter anderem die Grundlagen des Spielens und Lernens von Kindern untersucht. Ergänzend wird eine Bestandsanalyse bereits vorhandener Spiele und Spielzeuge durchgeführt, um aus Überschneidungspunkten Ergebnisse für das Konzept herauszuarbeiten.

Mit der **Entwicklung des Konzepts** werden auf Basis des Problems und der Grundlagenanalyse Lösungsideen entwickelt, hergeleitet und begründet (vgl. Peffers et al., 2006, S. 89). Im Mittelpunkt der Konzeption steht die zielgruppenorientierte Lösung des Problems.

Im Rahmen der Konzeption werden sowohl die technische Konzeption und Funktionalität berücksichtigt als auch die Konzeption des Designs und des User Interfaces, das für die spätere anwenderfreundliche Nutzung wichtig ist. Im Rahmen des Prozesses werden unterschiedliche Komponenten getestet und eine Auswahl für die Umsetzung getroffen.

Im vierten Schritt wird das Konzept im Rahmen eines **Prototyps**, der nicht den vollen Umfang des Konzepts beinhaltet, umgesetzt. Komponenten werden nicht final verbaut, sodass im Entwicklungsprozess oder nach der Evaluation Änderungen vorgenommen werden können.

Der umgesetzte Prototyp wird zunächst **technisch getestet**, um Fehlerquellen zu identifizieren und wenn möglich zu korrigieren. Ist der Prototyp funktionsfähig, folgt die **Demonstration** mit Kindern der primären Zielgruppe, mit der geprüft wird, ob die gewählte Umsetzung für die Zielgruppe geeignet ist (vgl. Peffers et al., 2006, S. 90). Sie dürfen das entwickelte Activity-Board testen und, sofern sie es äußern können, **Verbesserungsvorschläge** geben (vgl. Hevner et al., 2004, S. 86). Die Beobachtungen, Rückfragen und Gespräche während der Tests dienen der **Evaluation** des Prototyps. Die Evaluation wird nur in Form einer kurzen Studie durchgeführt, die für einen einmaligen Moment den Umgang der Kinder mit dem Activity-Board zeigt. Eine langfristige Studie, die das Interesse der Kinder und das Lernen der Fähigkeiten über einen längeren Zeitraum untersucht, ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Aufgrund der Kontaktbeschränkungen¹, die sich während der Bearbeitung der Masterarbeit ergeben haben, wurde die Umsetzung der Studie verhindert. Stattdessen wird eine Umfrage mit Mitarbeiter_innen aus pädagogischen Bildungseinrichtungen durchgeführt. Die Informationen zum e-Activity-Board werden dafür als Konzeptbeschreibung und mit einem Demonstrationsvideo zur Verfügung gestellt. Auf dieser Basis werden anschließend Fragen beantwortet, die zur Evaluierung ausgewertet werden.

Im Rahmen der Arbeit wird dieser Entwicklungsprozess einmal durchlaufen. Für eine Weiterentwicklung des Spielzeugs würde aufbauend auf den Ergebnissen der Evaluation eine Anpassung des Konzepts erfolgen, die die beschriebenen Schritte der Umsetzung, des Testens und der Evaluation erneut nach sich zögen, bis das Ergebnis sukzessiv optimiert wäre (vgl. Macklin und Sharp, 2016, S. 114).

Zuletzt werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst, es folgt ein Fazit der gesetzten Ziele und ein Ausblick auf die weitere Arbeit wird gewährt.

¹ Von Dezember 2020 bis März 2021 bestehen Kontaktbeschränkungen, bedingt durch das Corona-Virus Covid-19.

Für die Grundlage der Konzeptentwicklung wird im Folgenden zunächst die Entwicklung von Kleinkindern betrachtet. Da die Konzeption des Activity-Boards vorrangig für Kleinkinder im Alter von 2-5 Jahren entwickelt wird, soll in diesem Abschnitt besonders auf diesen Entwicklungszeitraum eingegangen werden. Genauer wird betrachtet, wie Kinder lernen und wie das kindliche Lernen mit dem Spielen zusammenhängt. Darauf aufbauend werden unterschiedliche Arten des Spielens betrachtet und wie sich das Spielen und Lernen in ihnen unterscheidet. Hierfür wird konkreter die Sparte der Educational Games betrachtet, die sich das spielerische Vermitteln von Lehrinhalten zum Ziel gesetzt haben.

Zuletzt werden als Grundlage für die Konzeption des elektronischen Activity-Boards Spielzeuge betrachtet, die ähnliche Konzeptbausteine, eine ähnliche Zielgruppe oder ein ähnliches Design aufweisen. Damit wird ein Überblick über vergleichbare Spielzeuge auf dem Markt und eine Bewertung dieser ermöglicht, die in die Erarbeitung des Konzepts miteinfließen.

2.1 ENTWICKLUNG DES KINDES

Kommt ein Kind auf die Welt, bringt es bereits die erste Voraussetzung für seine Entwicklung von sich aus mit: „Es will sich entwickeln. Es hat den inneren Drang, zu wachsen und sich Fähigkeiten und Kenntnisse anzueignen“ (Largo, 2003, S. 17). Trotz der individuellen Entwicklung jedes Kindes verlaufe sie innerhalb eines Entwicklungsfeldes nach der gleichen Abfolge (vgl. Largo, 2003, S. 19). Ein Kind lernt zum Beispiel erst stehen und dann laufen oder erst einzelne Wörter, bevor es ganze Sätze spricht. Wann es den jeweiligen Entwicklungsschritt macht, verläuft auf Basis „[der] biologische[n] Reifung des Körpers und seiner Organe, [der] kindgerechten und altersgemäßen Anregungen und [der] eigenen, selbst erlebten Erfahrungen“ sehr individuell und unterschiedlich (vgl. BZgA, 2014).

Die Entwicklung des Kindes lässt sich in verschiedene Bereiche einordnen. Diese Einordnung helfe zu verstehen, welche Fähigkeiten in welchen Situationen für ein Kind relevant seien und stelle dar, mit welchen Handlungen ein Kind beim Spielen in diesen Entwicklungsräumen unterstützt werden könne (vgl. Erzieherin Ausbildung, 2015).

Kognition und Wahrnehmung: In dieses Feld gehört die Fähigkeit, Dinge in der Ferne zu sehen oder ganz genau aus der Nähe zu betrachten und Details wahrzunehmen. Eine differenzierte auditive Wahrnehmung von lauten oder leisen Geräuschen oder Stimmen ist zudem Teil dieses Entwicklungsfeldes. Auch das Verständnis für Zahlen, das Zuordnen und in Relationsetzen von Dingen gehört diesem Bereich an.

Sprache: Zum Entwicklungsfeld Sprache gehört das aktive Sprechen des Kindes, aber auch das Verstehen und Ausführen vom Gehörten. Während der Entwicklung wird der Wortschatz immer größer, die Sätze komplexer und das Kind bekommt Interesse, Sachverhalte zu hinterfragen und zu ergründen.

Feinmotorik: Das Kind ist in der Lage, die Hände dem Alter entsprechend präzise einzusetzen.

Grobmotorik: Bei der Grobmotorik geht es vor allem darum, wie das Kind sich mit seinem Körper bewegt.

Soziale und emotionale Entwicklung: Das Kind ahmt Handlungen der Bezugspersonen nach und erprobt diese im eigenen Spiel. Dazu gehören Haushaltstätigkeiten, eigenständiges Anziehen und der Selbstbezug des Kindes zu sich.

Lern- und Spielverhalten: Das Lern- und Spielverhalten ist für das Kind und seine Entwicklung sehr wichtig. Denn nur wenn es spielt und aus eigener Energie lernt, ist es in der Lage, die anderen genannten Entwicklungsfelder selbstständig weiterzuentwickeln (vgl. Erzieherin Ausbildung, 2015).

2.1.1 Wie lernen Kleinkinder?

Während ein kleines Baby zunächst damit beschäftigt ist, sich in seiner neuen Umwelt zu orientieren, ist das schon Teil der ersten Entwicklungs- und Lernprozesse. Es lernt Stimmen kennen und drückt, anfangs durch Weinen, aus, wenn es Hunger hat, es alleine ist oder etwas weh tut (vgl. Speck-Hamdan, 2014, S. 4). Bereits diese Lernerfahrungen sind wesentliche Bausteine für die weitere Entwicklung des Kindes. Der Verlauf der weiteren Entwicklung ist, abhängig von den bereits gemachten Erfahrungen, unterschiedlich ausgeprägt. Lernt ein Kind neue Fähigkeiten, steigt das Bedürfnis, diese Fähigkeiten weiter zu verbessern und zu erproben, auf welche Anwendungen sich die Fähigkeiten übertragen lassen (vgl. BZgA, 2014). Wird dem Kind die angeborene Neugier gewährt, „[...] sucht [es] von sich aus und aus eigenem Antrieb die nötigen Erfahrungen, um sich sein Können, Wissen oder Verhalten anzueignen und es anzuwenden“ (BZgA, 2014). Damit dies kindgerecht möglich ist, sollte eine für das Kind sichere Entwicklungsumgebung geschaffen werden, damit das Kind seine eigenen Ideen umsetzen und Erfahrungen machen kann (vgl. Wild, 1986, S. 19).

Mit der Entwicklung des Kindes geht einher, dass das Kind viele Fähigkeiten neu lernt. Es lernt etwas Neues, erprobt es und zieht daraus Schlüsse, die wiederum einen neuen Horizont oder Entwicklungsschritt ermöglichen (vgl. Pohl, 2014, S. 49). Es erkundet Dinge, spielt mit diesen (im Rahmen seiner Möglichkeiten) und entwickelt daraus eigene Regeln und Grenzen. Erwachsenen ist oft nicht ersichtlich, warum ein Kind etwas Bestimmtes gerade tut. Für das Kind ist jedoch genau das ein Prozess des Lernens und damit Entwickelns (vgl. Largo, 2003, S. 23).

Dabei verwenden Kinder vor allem zwei Lernmethoden, die nebeneinander und aufeinander aufbauend verwendet werden.

1. Nachahmung: In den ersten drei Lebensjahren orientiert sich das Kind stark am Verhalten der erwachsenen Bezugspersonen, ahmt deren Verhalten nach und lernt daraus. Es hat noch keinen Weitblick entwickelt, sodass es sich vor allem mit den Sachen beschäftigt, die es sieht oder die von Bezugspersonen genutzt werden. So lässt sich das starke Interesse der Kleinkinder an allem, was Erwachsene benutzen, begründen. Das Kind sieht Handlungen der Eltern oder Geschwister und probiert, ob es diese ebenfalls ausführen kann. Dieses Verhalten findet sich in allen Bereichen der Entwicklung, von motorischen Fertigkeiten über die Sprachentwicklung bis hin zur sozialen Entwicklung wieder (vgl. Largo, 2003, S. 28 f.).
2. Spielen und Erproben: Neben der Nachahmung lernt das Kind durch eigene Erfahrungen. Die durch Nachahmung kennengelernten Fähigkeiten werden ausgetestet und auf andere Dinge angewendet. Sachverhalte, die Kinder noch nicht verstehen, können sie im Spiel selbst erkunden und erfahren. Physikalische Eigenschaften von Gegenständen sind sehr abstrakt und können kleinen Kindern nicht erklärt werden (vgl. Largo, 2003, S. 241). Erhält es aber zwei unterschiedliche Gegenstände, einen harten und einen weichen Ball, kann es mit seinen Sinnen den Gegenstand erkunden und seine eigenen Schlüsse ziehen, wie sich die Gegenstände unterscheiden. Hat das Kind erste Erfahrungen gesammelt und damit Regeln für bestimmte Zusammenhänge entwickelt, wird es versuchen, diese auf neue Bereiche anzuwenden. Funktionieren diese anders, entsteht eine Spannung, die dazu führen wird, dass bei dem Kind ein Lernprozess angeregt und das innere Konstrukt neu aufgebaut wird. Aber Achtung: Eine zu große Spannung oder abstrakte Abweichung vom Bekannten kann auch Gegenteiliges bewirken, zu Frustration und der Beendigung des Spielens und Lernens führen (vgl. Abbildung 2.1).

Kinder lernen und erfahren ihre Umgebung über ihre Sinne. Dabei nehmen sie neue Erfahrungen nicht nur über die Sinne wahr, sondern ermöglichen durch differenzierten Einsatz der Sinne die Entwicklung der neuronalen Netze und der Gehirnreife, die entscheidend für das spätere Lernen sind (vgl. Ayres, 1992, S. 20). Kommen beim Nachahmen, Spielen und Erproben möglichst viele Sinne zum Einsatz, ist die (Lern-)Erfahrung nachhaltiger ausgeprägt, weil sich mehr Verknüpfungen im Gehirn bilden.

2.1.2 *Wie können Kinder im Spielen und Lernen begleitet werden?*

Auf die Frage: *Was hast du heute gelernt?* wird ein kleines Kind vermutlich kaum antworten können. Denn gerade im Kleinkindalter ist das Lernen ein peripherer Prozess (vgl. Pohl, 2014, S. 23). Ein Kind lernt Dinge, die es er-

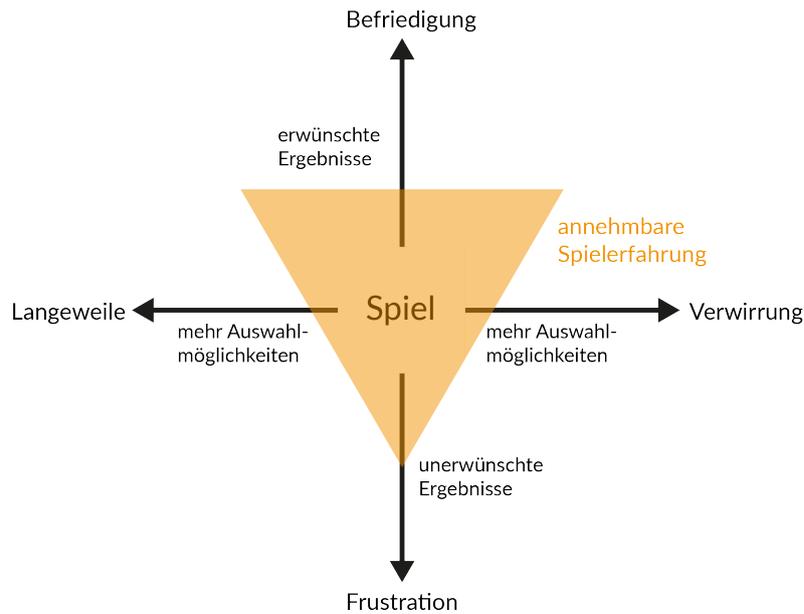


Abbildung 2.1: Konflikte im Spiel (eigene Abbildung nach Upton, 2015, S. 69-70).

lebt und die es begeistern. Getreu dem Motto – *Probieren geht über studieren* – lernt das Kind in den ersten Lebensjahren spielerisch ohne Zutun eines Lehrenden im freien Spiel (vgl. Pohl, 2014, S. 24). Kann es diese Selbstwirksamkeitserfahrung immer wieder im freien Spiel machen, wird es nachhaltig darin bestärkt, neue Erfahrungen zu sammeln und eigene Lösungen zu entwickeln, die durch die Begleitung und Interaktion eines Erwachsenen positiv gestärkt werden (vgl. Pohl, 2014, S. 24). Aus diesem Grund ist es viel hilfreicher, wenn der Erwachsene eine positive Spielumgebung schafft, anstatt durch aktive, zielgerichtete Förderprogramme (die in einer Vielzahl angeboten werden) in den Lernprozess einzugreifen. Nach dem Leitspruch Maria Montessoris „Hilf mir, es selbst zu tun“ lernen Kinder mehr und nachhaltiger, wenn sie eigene Erfahrungen machen (vgl. Montessori, 1965, S. 24). Dafür brauchen sie lediglich eine vorbereitete und sichere Lernumgebung, in der sie sich ohne direktes Zutun Erwachsener bewegen können (vgl. Wild, 1986, S. 19).

Über das freie Spiel hinaus können die Entwicklungsräume gezielt mit Spielzeug gefördert werden. Zur Verdeutlichung, wie verschiedene Spielzeuge Kompetenzen unterschiedlich fördern können, wird nachfolgend auf die sechs Entwicklungsräume und wie sie mit bestimmtem Spielzeug gezielt gefördert werden können, eingegangen (vgl. stiftungNetz, 2021).

Kognition und Wahrnehmung kann zum Beispiel mit Stapelbechern, Puzzeln und Bauklötzen in unterschiedlichen Farben und Größen gefördert werden.

Sprache und Sprachverständnis werden vor allem durch Sprechen mit dem Kind gefördert. Dies erfolgt im Alltag oder im freien Spiel mit dem Kind. Dabei fällt jedoch auf, dass es vielen Erwachsenen schwer fällt, im Freispiel im Gespräch zu bleiben. Daher ist durch Studien bekannt, dass

besonders das Vorlesen von Büchern die sprachliche Entwicklung fördert (vgl. Jiménez, 2015).

Feinmotorische Fähigkeiten können ebenfalls beim Turmbauen mit Stapelbechern oder Bauklötzen verbessert werden. Aber auch das Auffädeln von Perlen, Sortieren von kleinen Teilen oder Alltagshandlungen, wie das Essen mit Besteck oder Schneiden mit einer Schere, fördern die Feinmotorik.

Grobmotorische Fähigkeiten können beim Klettern, Toben und Turnen und am besten draußen gefördert werden. Hier können Spielzeuge wie Bälle oder Fahrzeuge Abwechslung und Anregung bieten.

Soziale und emotionale Entwicklung wird hauptsächlich durch das Familienleben gefördert; unterstützend im Spiel sind hier Puppen und Figuren, mit denen Alltagssituationen nachgespielt und reflektiert werden können. Ebenfalls fördern Gesellschaftsspiele und der Umgang mit Regeln diese Entwicklung.

Spiel- und Lernverhalten: Kommt ein Kind ins freie Rollenspiel, hat es die Möglichkeiten, viele der genannten Entwicklungsräume zu stärken. Mit der Kreativität der Kinder bekommen Gegenstände Rollen zugeordnet, die dann Bestandteil des Rollenspiels werden. Dafür können spezielle Spielzeuge, zum Beispiel Miniaturen von echten Gegenständen oder abstrakte Gegenstände wie Bauklötze, verwendet werden, die im Spiel als Bügeleisen oder Telefon fungieren. Auch gefundene Naturmaterialien können Rollen im Spiel einnehmen. In der Regel ist für ein Kind daher kein Spielzeug im klassischen Sinne notwendig. Vielmehr ist es wichtig, dass es Dinge zum Spielen hat, die sicher sind und die es selbst so einsetzen kann, wie es für das Spiel gebraucht wird.

Eine individuelle Förderung des Lernens wird durch bereitgestellte Erfahrungsräume möglich, „[...] die die kindliche/jugendliche Neugier herausfordern, [...] mehrere Perspektiven eröffnen, unterschiedliche Lerntypen ansprechen, mehrere Lern- oder Lösungswege zulassen [und] verschiedene Schwierigkeitsgrade enthalten“ (Speck-Hamdan, 2014, S. 7). Dafür muss der Erziehende in erster Linie eine „vorbereitete Umgebung“ (Montessori, 1972, S. 95) schaffen, in der Materialien, Raum und Zeit zur Verfügung stehen und Kinder durch Ausprobieren und Entdecken ihren Lernprozess selbst gestalten können (vgl. Speck-Hamdan, 2014, S. 7). Wird der Drang zum eigenständigen Erfahren durch zu frühe, gezielte Förderung gebremst, werde das intrinsische Lernen nachhaltig geschädigt und das Kind lernt im Endeffekt weniger und freudloser (vgl. Pohl, 2014, S. 31). Lernprogramme über elektronische Medien, die gezielt lehren wollen, behindern eher die geistige Entwicklung des Kindes und verhindern die freie Entfaltung ihrer eigenen Potentiale (vgl. Speck-Hamdan, 2014, S. 9).

2.1.3 *Spielen als wichtiger Entwicklungsprozess*

„Spiel ist [] nicht einfach nur ein Zeitvertreib für Kinder, sondern eine ernste Angelegenheit, die vor allem für ihre seelische Gesundheit entscheidend ist.“

– Pohl, 2014, S. 70

Nicht nur, dass Kinder besonders gut beim Spielen neue Sachen lernen, auch legt „intensives und konzentriertes Spielen in der Kindheit“ die Grundlage dafür, im späteren Leben konzentriert an einer Sache arbeiten zu können (Petzold, 1983, S. 96).

Eigenes Üben im Spiel ohne die Hilfe oder Abnahme der Eltern stärkt schon früh das Selbstvertrauen und Durchhaltevermögen des Kindes (vgl. Pohl, 2014, S. 118). Außerdem ist das Spielen ein Teil der persönlichen Entwicklung: Ein Kind findet heraus, welche Interessen aus seinem Inneren kommen und was es besonders gut findet. Das freie Spiel ist dabei besonders wichtig, weil es dem Kind ermöglicht, ohne Einfluss und Vorgaben von außen dem nachzugehen, was es gerade interessiert und weiterbringt.

Damit das Spielen als positiver Entwicklungsprozess wahrgenommen wird, ist es wichtig, dass das Kind an seinem Entwicklungsstand abgeholt und weder unter- noch überfordert wird (vgl. Largo, 2003, S. 244).

2.2 WAS IST SPIELEN?

Aus dem vorhergehenden Abschnitt wird deutlich, dass für die kindliche Entwicklung das Spielen ein zentrales Element ist. Dabei ist Spielen nicht gleich Spielen. Um das kindliche Spiel, seine Facetten und die Wirkung für das Lernen noch etwas genauer zu betrachten, wird im Folgenden auf die unterschiedlichen Arten von Spiel Bezug genommen. Obwohl der Rahmen des Spielens sehr unterschiedlich sein kann, gibt es im Deutschen nur einen Begriff dafür. Um das Spielen genauer aufzuschlüsseln, wird auf die englischen Begriffe Play, Game und Toy zurückgegriffen. Dies erleichtert die Differenzierung der verschiedenen Spielarten und der daraus resultierenden Spielformen bei Kindern oder generell gesehen beim Menschen, denn bereits aus der Spielgeschichte hervorgehend wird deutlich, dass der Mensch ein spielendes Wesen ist. Besonders ausgeprägt ist dieses Verhalten bei Kindern, weil sie das Spielen noch nicht verlernt haben. Spielen Eltern mit ihren Kindern, tun sie oft nur so, als ob sie spielen, sind aber oft nicht richtig dabei, weil Arbeit und Alltag im Anschluss an das gemeinsame Spiel den Erwachsenen wieder fest im Griff haben (vgl. Pohl, 2014, S. 177; Niebuhr, 2018).

2.2.1 *Spielen im Sinne von Play*

„Play is a free movement within a system of constraints.“

– Upton, 2015, S. 15

Nach Upton bezeichnet Spielen alles, was aus freiem Handeln innerhalb eines Systems mit Grenzen getan werde. Dabei müssen Regeln und Grenzen nicht im Vorhinein definiert sein, sie können von den Spielenden selbst geschaffen und während des Spiels verändert werden (vgl. Upton, 2015, S. 35).

Besonders das freie Spiel, welches frei von Ziel- und Zweckbestimmung und als fantasievolles Rollenspiel gestaltet sein kann, sei Teil des Spielens im Sinne von *Play* (vgl. Pohl, 2014, S. 41). Bei diesem Spiel können Kinder durch eigenes Probieren, Entdecken und Festlegen der Regeln Neues wahrnehmen und selbst erfahren, wie sich Entscheidungen auf sich, Mitspielende und die Umwelt auswirken.

2.2.2 *Spielen im Sinne von Spielzeug*

Nach Friedrich Fröbel, einem Begründer der Spielpädagogik, soll Spielzeug die kindliche Fantasie wecken, es soll zur Selbsttätigkeit und Wertgestaltung anregen und dazu dienen, dass das Kind alle Anlagen harmonisch entfalten kann (vgl. Fröbel zitiert in Flitner, 2002, S. 78).

Aufbauend auf die Wortbedeutung sind Spielzeuge erst einmal nicht mehr als *Zeug* zum Spielen und dies schließt nicht nur Gegenstände ein, die speziell für den Zweck des Spielens gemacht wurden (vgl. Schell, 2020, S. 36). Das kann alles sein, mit dem gespielt werden kann. Daher wird der Begriff Spielzeug in der Literatur vermieden und durch Begriffe wie Spielmittel ersetzt, die alle Gegenstände, z. B. auch Alltagsgegenstände oder Naturmaterialien, einschließen, mit denen gespielt werden kann (vgl. Mehringer und Waburg, 2020, S. 23).

Da der Begriff Spielzeug im Sprachgebrauch gängiger ist, werden *Dinge zum Spielen* in dieser Arbeit weiter als Spielzeug bezeichnet. Spielzeuge gibt es solange, wie die Menschheit zurückverfolgt wird. Schon seit jeher werden für Kinder spezielle Gegenstände zum Spielen gefertigt. Neben Alltagsgegenständen wie kleinen Tontöpfen oder Werkzeugen wurden geschnitzte oder geformte Figuren zum Spielen gefunden (vgl. Retter, 1989, S. 54-55). Der Gegenstand, der zum Spielen gemacht wird, muss lediglich das Interesse des Kindes wecken und sollte ungefährlich sein, damit ihm nichts mehr im Weg steht, ein Spielzeug zu sein (vgl. Largo, 2003, S. 240). Wenn aber jeder Gegenstand zum Spielzeug werden kann, kommt die Frage auf, wozu ein Kind dieses benötigt. Dies ist oft ein Bedürfnis der Eltern. Sie wollen nicht, dass eigene Gegenstände vom Kind bespielt werden, sondern Kinder sollen die Möglichkeit haben, sich alleine und still mit ihrem Spielzeug im Kinderzimmer zu beschäftigen (vgl. Pohl, 2014, S. 72). Ebenfalls der Aspekt,

dass Kinder eigenständig mit bestimmtem Spielzeug Fähigkeiten verbessern können, ist ein elterlicher Wunsch (vgl. Largo, 2003, S. 240).

Dabei sollte Spielzeug eher eine unterstützende Rolle im Spiel übernehmen und so verschiedene Spielbedürfnisse des Kindes begleiten. Unterschiedlich kombiniert kann ein Spielgegenstand neue Funktionen im freien Spiel erhalten. Am besten eignen sich dafür Spielzeuge, die so wenig wie möglich vorgeben (vgl. Hüther und Stern, 2021).

Diese Spielzeuge bieten den Vorteil, dass sie einem Kind in der Regel lange Freude bereiten, weil sie immer neue Funktionen, angepasst an die kindliche Entwicklung, einnehmen können. Was ein Spielzeug ist und wie es vom Kind eingesetzt wird, entscheidet allein das Kind im Spiel (vgl. Largo, 2003, S. 241).

Beispiel: Ein Bauklotz kann, wie sein namentlicher Ursprung vermuten mag, zum Bauen von z.B. Türmen genutzt werden, er kann aber auch zum Bauen von Gehegen für Tiere verwendet werden oder im Rollenspiel als Telefon oder Bügeleisen.

Doch obwohl viele Kinderzimmer bereits voll mit Spielzeugen sind, ist das Kind ein vollwertiges Mitglied der Wirtschaft, zumindest im Hinblick auf den Konsum von Spielzeugen. Wie die Abbildung 2.2 veranschaulicht, steigt der Umsatz von Spielen und Spielwaren stetig. Auch die wirtschaftlich instabile Situation, die durch die Corona-Pandemie herrscht, hat den Umsatz neuer Spiele und Spielwaren in Deutschland nur minimal verringert.

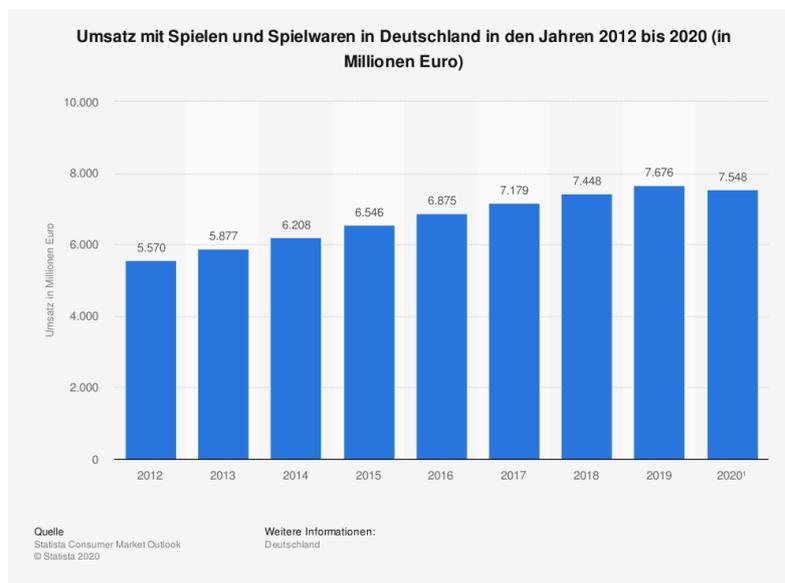


Abbildung 2.2: Umsatz mit Spielen und Spielwaren in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2020 (in Millionen Euro) (vgl. Statista, 2020).

2.2.3 Spielen im Sinne von Game – Spiele spielen

Beim Spielen von Spielen, im Gegensatz zum freien Spiel, gibt es bestimmte Rahmenbedingungen, die das Spiel zum Spiel machen. Dazu gehören die Aktionen, die Ziele, die Regeln, die Objekte, der Spielraum, und die Spieler. **Aktionen** sind die möglichen Handlungen, die Spieler ausführen können. Die Aktionen werden durch vorgegebene **Regeln** begrenzt und fördern das Entwickeln neuer Strategien, um ein vorgegebenes **Ziel** zu erreichen (vgl. Macklin und Sharp, 2016, S. 8). Im Rahmen des Spiels, gibt es vorgegebene **Objekte**, mit denen interagiert wird, und einen **definierten Bereich**, in dem gespielt wird. Zuletzt sind die **Spieler_innen** Teil des Spiels, denn ohne interagierende Personen sind Objekte, Regeln und Aktionen noch kein Spiel (vgl. Macklin und Sharp, 2016, S. 7-9).

Beispiel: Fußball²

Aktionen: Laufen der Spieler_innen, Schießen des Balls

Regeln: Ball nicht aus dem Spielraum bewegen, Ball nicht mit der Hand berühren

Ziel: Tore schießen

Objekte: 1 Ball³, 2 Tore

Spielraum: begrenzte Wiese mit zwei gegenüberliegenden Toren

Spieler_innen: 2 Mannschaften mit je 11 Mitspieler_innen

Mit diesen Rahmenbedingungen wird aus dem Spielzeug Ball das Spiel Fußball.

Spiele haben dabei durch das vorgegebene Ziel oftmals einen Wettbewerbscharakter und schüren schon früh eine positive Erfahrung beim Gewinnen und ein ungutes Gefühl beim Verlieren. Spiele gibt es in analoger, digitaler und hybrider Form. Dabei fällt auf, dass je weniger Spielmaterialien und Regeln vorgegeben sind, desto eher rückt ein Gesellschaftsspiel in ein Freispiel. Pen-and-Paper-Spiele zeichnen sich zwar durch ihr Kampfsystem darin aus, ein Gewinnen und Verlieren zu ermöglichen, sie bieten aber auch ein enormes Potenzial, dass die Spieler_innen sich in einem kreativen Freispiel bewegen können (vgl. Wizard of the Coast, 2021).

2.2.4 Vom analogen Spielzeug zum digitalen Spiel

Die vorhergehenden Abschnitte zeigen die Unterschiede zwischen Spielen im Sinne von Play, Spielzeug und Spielen im Sinne von Games. Wie eng die drei Spiel-Begriffe zusammenhängen und wie fließend ein Übergang sein kann, stellt die nachfolgende Beschreibung der Transformation von einem

² Im Folgenden werden die Rahmenbedingungen in reduzierter Form aufgeschlüsselt und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

³ Für das Spiel Fußball wird das Spielzeug Ball verwendet. Erst mit den genannten Rahmenbedingungen, wird ein Spiel daraus.

analogen Spielzeug zu einem digitalen Spiel gegenüber. Ergänzend wird dabei die mit der Transformation einhergehende Veränderung des Spielverhaltens beschrieben.

Als Beispiel wird es um die Veränderung des Spielverhaltens und der Spielform mit der erst mal als Spielzeug deklarierten Holzisenbahn gehen. Die Holzisenbahn ist ein modulares Schienensystem, bei dem mit Holzschienen eine Strecke für einen Zug gebaut werden kann. Die unterschiedlichen Module können beliebig miteinander kombiniert werden und über Steckverbindungen verbunden werden. Das Kind kann so immer wieder kreativ werden und eine neue Strecke bauen. Es werden Auge-Hand-Koordination und die Motorik beim Zusammenstecken der Schienen gefördert. Die räumliche Handlungsfähigkeit wird unterstützt, wenn das Kind versucht, geschlossene Strecken mit den vorhandenen Teilen zu bauen. Nachdem die Strecke gebaut ist, kann die Zugstrecke noch im Freispiel bespielt werden. Der Zug fährt von A nach B. Objekte oder Figuren werden ein- und ausgeladen, oder die Strecke wird um Tunnel aus anderen Spielzeugen, wie Bausteinen oder Büchern, erweitert. An diesem Beispiel kann veranschaulicht werden, wie analoges Spielzeug mit elektronischem Spielzeug verknüpft werden kann. Denn die Schiebelok kann bei gleichbleibendem Schienensystem durch eine elektronische getauscht werden. Dies verändert das Spiel dahingehend, dass das Kind oftmals weniger aktiv beim Schieben ist, jedoch interessierter daran ist, neue Strecken auszuprobieren und zu sehen, wie sich die Lok dabei verhält. Das Kind nutzt das Spielzeug für ein freies Spiel, in dem es sich selbst den Raum und die Grenzen setzt.

Für die Transformation zum digitalen Spiel wird die dargestellte Spielsituation in eine digitale Spielumgebung gebracht. Als Beispiel erfolgt zunächst die Simulation des oben genannten Spielzeugs. Eine Smartphone- oder Computeranwendung ermöglicht das Bauen von Schienensystemen, das Gestalten der Umgebung mit Pflanzen und Tieren und das Fahrenlassen eines Zuges. Als sogenanntes Sandbox-Spiel kann die Kreativität im Rahmen der Anwendung frei eingesetzt und die räumliche Orientierung verbessert werden (vgl. Farber, 2014, S. 97). Jedoch werden motorische Kompetenzen weniger angesprochen (vgl. Hauber und Zander, 2020, S. 181). Die Kreativität kann einerseits durch unendlich zur Verfügung stehende Streckenbauteile ausgelebt werden, andererseits kann die Kreativität nur in dem Rahmen ausgelebt werden, in dem der Entwickler der App gedacht hat. Im Gegensatz zum analogen Spielzeug kann das Spiel nicht durch eigene Elemente ergänzt werden. Auch kann ein unendliches Angebot zur Einschränkung der Kreativität führen. Eine Begrenzung der Möglichkeiten durch Regeln und Ressourcenknappheit unterstützt hingegen den kreativen Denkprozess in der Lösungsfindung und steigert die Spielfreude (vgl. Salen und Zimmerman, 2006, S. 78). Daher bleibt es bei digitalen Spielen oft nicht bei den Formaten des Freispiels, sondern sie werden zu Spielen im Sinne von Games. Das freie Spiel wird um ergänzende Regeln und ein Ziel erweitert. Als Spiel entsteht dann zum Beispiel die Aufgabe, die Strecke so schnell wie möglich

zu bauen, mit möglichst wenig Teilen eine Strecke von A nach B zu bauen oder die meisten Punkte zu sammeln (vgl. Filimundus AB (Hg.), 2020).

Diese Gegenüberstellung dient nicht der Beurteilung, welche der Spielumsetzungen besser oder schlechter ist. Es unterstützt die vorherigen Erläuterungen zum Spiel und Spielzeug und zeigt, wie nah die Spiel-Begriffe zusammenhängen.

2.2.5 Lernen mit Spielen – Educational Games

Im Gegensatz zum Lernen, das beim freien Spiel nebenbei und von alleine passiert, gibt es Spiele, die gezielt zum Lernen entworfen werden. Der große Unterschied zum Lernen beim freien Spiel sei dabei, dass es ein Lernziel und einen gesetzten Rahmen gibt (vgl. Thiele, 2020, S. 145).

Gerade bei Spielen für kleine Kinder sind oftmals Farben, Formen oder Zahlen Grundbausteine des Spiels und ermöglichen ihnen den Erwerb dieser Kompetenzen (vgl. Haba (Hg.), 2008). Mit Memoryspielen wird die räumliche Orientierung und die Merkfähigkeit geschult und die Inhalte der Bildkarten wie Tiere oder Fahrzeuge können im Spiel ergründet werden. Für Kinder im Grundschulalter sind Trumpfspiele beliebt und ermöglichen die Schulung der Zahlenlehre und Mengenverhältnisse und das Vergleichen von Werten miteinander (vgl. Kosmos (Hg.), 2015). Auch das Lernen von Regeln, die Spiele vorgeben, kann die gesellschaftliche Anpassung für bestimmte Bereiche fördern.

Da Lernen beim Spielen nicht nur bei Kleinkindern zu einem effektiveren Lernen führt, sind in den letzten Jahren die Einbindung von Gamification-Elementen in Lern- oder Arbeitsprozesse und die Entwicklung von Educational Games immer relevanter geworden, um die Motivation und Zufriedenheit beim Arbeiten oder Lernen zu steigern (vgl. Stieglitz, 2017, S. 4).

Educational Games sind Spiele, die nicht der reinen Unterhaltung dienen. In den meisten Fällen zeichnen sie sich durch ein konkretes Lernziel aus, das im Spielprozess unterstützt durch die spielerische Motivation erlernt und erreicht werden soll (vgl. Stieglitz, 2017, S. 5). Die Lerninhalte werden nicht nur theoretisch erworben, sondern können in einen realen Zusammenhang eingebettet werden. Die Einsatzgebiete gehen dabei von speziellen Spielen für Kindergartenkinder über Schulen bis hin zum Einsatz in Universitäten, der Wirtschaft oder dem Gesundheitssektor (vgl. Farber, 2014, S. 17). Simulationsspiele finden beispielsweise Einsatz in Flugausbildungen oder der Ausbildung von Feuerwehrleuten, um den Erfahrungsschatz zu steigern und eine schnelle und kontrollierte Entscheidung bei den Menschen im Extremfall zu ermöglichen (vgl. Stieglitz, 2017, S. 5).

Wie genau Educational Games aussehen, ist dabei nicht definiert. Sie können grundsätzlich analog oder digital gestaltet sein, sie können ein Spiel sein, welches durch das Spiel selbst gezielt Fähigkeiten trainiert, oder Spiele, die speziell für das Trainieren bestimmter Lehrinhalte entworfen werden (vgl. Kettler und Kauffeld, 2019, S. 250). Educational Games können für bestimmte Anwendungszwecke gezielt entwickelt werden, es können aber auch viele

Spiele durch den Einsatz im richtigen Kontext zu einem Educational Game werden (vgl. Daher, 2021).

2.3 BESTAND ERMITTELN

2.3.1 Activity-Boards

Unter dem Begriff Activity-Board sind eine Vielzahl unterschiedlicher Kinderspielzeuge zu finden, bei denen es darum geht, Kinder spielerisch anzuregen. Gegenstände, vor allem Alltagsgegenstände, werden in einem für Kinder sicheren Rahmen montiert und ermöglichen Kindern durch den Einsatz der Sinne, ein neues Stück ihrer Umwelt wahrzunehmen und zu erkennen.

Für Activity-Boards gibt es kein festes Konzept. Zunächst ist alles erlaubt, was Kinder interessiert. Oftmals werden thematische Schwerpunkte gesetzt, indem sich ein Board wie in Abbildung 2.3 zu sehen ist, mit unterschiedlichen Verschlüssen, Materialien oder Geräuschen beschäftigt. Was jedoch fast alle Komponenten der Boards gemeinsam haben, ist, dass nur etwas passiert, wenn das Kind selbst etwas macht. Dieses Prinzip folgt der Idee der Selbstwirksamkeit, die unter anderem Teil der Montessori-Pädagogik ist. Kinder erhalten mit Activity-Boards eine Umgebung, in der sie selbst lernen und erfahren können. Durch die feste und kindersichere Montage erhalten Kleinkinder Zugang zu kleinen Materialien, Komponenten, die im Alltagsrahmen nicht sicher sind, oder Gegenständen, die für Kinder sonst nicht zugänglich sind, die sie entdecken und mit denen sie ausprobieren können.

Die Begriffsklassifizierung Activity-Boards ist nicht fest vorgegeben. Sie sind unter der Rubrik Lernspielzeug und ergänzend unter den Begriffen: Lernwand, Spieltisch, Activity-Tafel, Spielbrett, Busy-Board oder Motorikbrett zu finden. Die Grundkonstruktion besteht meistens aus Holz und die Boards sind überwiegend mit natürlichen oder Alltagsgegenständen bestückt sind. Eine handliche Abwandlung zum Activity-Board ist das Activity-Buch oder Quiet-Book, welches auf den verschiedenen Seiten unterschiedliche Elemente zum Erkunden bietet.

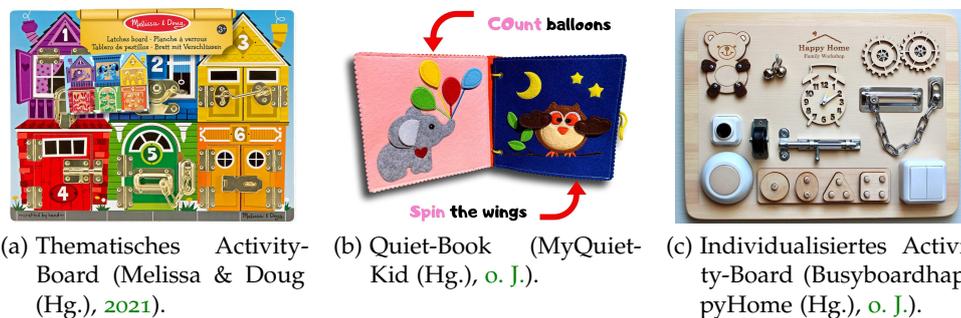


Abbildung 2.3: Beispiele für Activity-Boards.

Fest verbaute Elektronikkomponenten sind bei dieser Art von Boards eher unüblich. Regelmäßig zum Einsatz kommen LED-Elemente, die in sich ge-

geschlossen sind, z. B. Lampen, die durch Drücken auf die Lampe angehen, oder batteriebetriebene Lichterketten, die über den integrierten Schalter aktiviert werden. Auch werden Schalter verbaut, die nicht angeschlossen, sondern lediglich für die mechanische Auseinandersetzung mit dem Schalter montiert sind.

2.3.2 Elektronisches Lernspielzeug

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Activity-Boards gibt es noch elektronisches Lernspielzeug. Dieses wird mit Begriffen wie Entdeckerwürfel oder Spielwagen bezeichnet und ähnelt Activity-Boards auf den ersten Blick. Bei diesen Spielzeugen kommen elektronische Komponenten wie Knöpfe oder Schalter zum Einsatz, die dann ein visuelles und akustisches Feedback des Spielzeugs hervorrufen. Viele Eigenschaften ähneln denen des Activity-Boards, sie wollen ebenfalls zum Entdecken und Erkunden einladen (siehe Abbildung 2.4).



Abbildung 2.4: Beispiele für elektronisches Lernspielzeug.

Die großen Unterschiede sind jedoch zum einen die Selbstwirksamkeitserwartung, die bei diesen Spielzeugen nicht erfüllt wird. Die direkte Verbindung zwischen der Aktion des Kindes und der Reaktion des Boards gehen verloren, weil das Spielzeug nicht nur im Moment der Aktion reagiert, sondern oft viel länger als die Aktion stattfindet, visuelles und akustisches Feedback gibt. Ein anderer großer Unterschied ist das verwendete Material und Design. Für die elektronischen Spielzeuge ist Kunststoff der Hauptstoff, der verarbeitet wird. Das Design ist meist unübersichtlich und zu bunt, sodass sich das Kind nicht auf die Verwendung und das Entdecken einzelner Elemente konzentrieren kann. Außerdem schränkt elektronisches Spielzeug dieser Art, das selbst das Sprechen und Benennen von Gegenständen und Farben übernimmt, die wichtige Interaktion zwischen Kindern und Erwachsenen ein (vgl. Sosa, 2016, S. 135).

2.3.3 Elektronische Activity-Boards

Elektronische Activity-Boards, die ebenfalls dem selbstgerichteten Lernen folgen, gibt es auf dem freien Markt kaum nur wenig zu finden. Diese Activity-Boards zeichnen sich vor allem durch mehrere Schalter aus, die mit einer dazugehörigen LED verbunden sind (siehe Abbildung 2.5).



(a) MaxiBabyToys (Hg.), o. J.



(b) KiddyBussyToys (Hg.), o. J.

Abbildung 2.5: Beispiele für elektronische Activity-Boards.

Auf Youtube oder DIY-Blogs werden einige Beispiele gefunden, bei denen Bastler das Konzept des Activity-Boards auf unterschiedliche elektronische Komponenten erweitern und die Komponenten in direktem Bezug zueinander stehen. Dafür werden unterschiedliche Schalter und Regler eingesetzt, die mit verschiedenartigen LED-Elementen verbunden sind. Was bei den selbstgebauten elektronischen Activity-Boards keine Beachtung findet, ist das eigene Kombinieren von unterschiedlichen elektronischen Komponenten (siehe Abbildung 2.6).



(a) Geek Detour (Hg.), 2018.



(b) CodeParade (Hg.), 2019.

Abbildung 2.6: Beispiele für selbstgebaute elektronische Activity-Boards.

2.3.4 Elektronikbausätze

Das Stecken von Kabeln, um Komponenten selbst zu verbinden, findet sich erst bei Elektronikbausätzen wieder, die in der Regel für Kinder ab dem Grundschulalter konzipiert sind. Diese erfordern ein gewisses logisches Grundverständnis und Lesefähigkeit, damit die Kinder in der Lage sind, sich die Funktionsweise zu erarbeiten und die Komponenten miteinander zu verbinden.

Die ersten für Kinder zugänglichen Bausätze sind für Kinder ab acht Jahren ausgelegt und bestehen aus Komponenten und Verbindern, die auf ein Board geklickt werden können (siehe Abbildung 2.7a). Andere Bausätze bieten die Möglichkeit, die Komponenten mit kleinen Kabeln zu verbinden. Diese Pakete bestehen aus Modulen mit Elektronikkomponenten, die auf einer Unterkonstruktion befestigt sind. Durch die unterschiedliche Verbindung der Module erhalten diese ihre Funktion (siehe Abbildung 2.7b).



(a) Easy Elektro – Light
(Kosmos (Hg.), 2019).

(b) Elektronik-Experte
(Buki (Hg.), o. J.).



(c) Das Franzis Lernpaket – Elektronik
(Kainka, 2014).



(d) Arduino-Learning-Cube
(Funduino, o. J.).

Abbildung 2.7: Beispiele für Elektronikbausätze.

Außerdem gibt es Bausätze, die die reinen Hardwarekomponenten nutzen, die sich auf einem Breadboard und mit kleinen Steckkabeln verbinden lassen und Experimente mit Schaltungen ermöglichen (siehe Abbildung 2.7c).

Beide Varianten richten sich an Kinder ab 14 Jahren und gelten damit nicht mehr als Spielzeug.

Steht nicht die Verbindung unterschiedlicher Komponenten im Vordergrund, ist noch der Arduino-Learning-Cube interessant, der auf einer kleinen Platine eine Vielzahl von Ein- und Ausgabekomponenten verbindet (siehe Abbildung 2.7d). Die auf der Platine angebrachten Elemente können nicht individuell gesteckt werden, sondern die Zusammengehörigkeiten werden über die Programmierung verknüpft. Dies ermöglicht einen sehr praktischen Einstieg in das Programmierenlernen.

2.3.5 Cubetto

Der Cubetto ist ein Lernroboter für Kinder zwischen drei und sechs Jahren, mit dem Kinder die ersten Grundzüge des Programmierens lernen können und das logische Verständnis gefördert wird. Der Cubetto besteht aus einem kleinen Holzroboter und einem Steckbrett, das mit Kunststoffsteinen zum *Programmieren* des Roboters besteckt wird (siehe Abbildung 2.8a). Diese bilden mit Pfeilen unterschiedliche Bewegungsrichtungen ab, die dann vom Roboter ausgeführt werden. Die Selbstwirksamkeitserwartung ist hier sehr hoch, da die Aktion des Kindes und die Reaktion des Roboters nah zusammenhängen. Was bei diesem Spielzeug besonders auffällt, ist, dass darauf geachtet wurde, möglichst viele Elemente aus Holz umzusetzen, und dass nur bei wenigen Bauteilen auf Plastik zurückgegriffen wird.

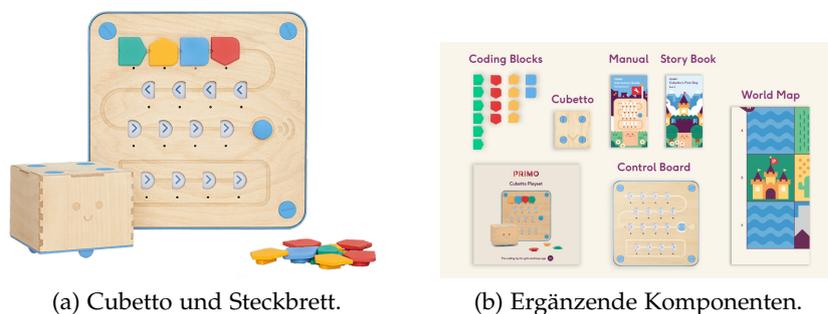


Abbildung 2.8: Lernroboter – Cubetto (PRIMO Toys (Hg.), 2016).

Ergänzend wird noch eine Spielmatte mit unterschiedlichen Feldern, die die Größe des Roboters haben, verwendet und ein Geschichtenbuch, das den Kindern Aufgaben stellt, die mit dem Steckbrett gelöst werden können (siehe Abbildung 2.8b).

Der Cubetto ist zwar nicht direkt mit Activity-Boards zu vergleichen, er soll an dieser Stelle aber trotzdem genannt werden, da vor allem das Design und Grundideen wie das Geschichtenbuch für die weitere Entwicklung der Masterarbeit wichtig sind. Auch dass es ein elektronisches Spielzeug für die Zielgruppe Kinder zwischen 3-6 Jahren ist, das versucht, Elektronik ohne viele Kunststoffmaterialien zu verbauen, und als montessori-orientiertes Lernspielzeug entwickelt wurde, macht es an dieser Stelle interessant.

ENTWICKLUNG DES KONZEPTS

Auf Basis der Grundlagenanalyse erfolgt die Ausarbeitung des Konzepts. Dafür werden die Zielgruppe und Ziele definiert und darauf aufbauend die Lösung und das Design entwickelt.

3.1 VISION

Mit dem e-Activity-Board entsteht ein Lernspielzeug für Kinder, das durch verschiedene Anwendungsebenen immer wieder Interesse bei dem Kind wecken kann und interaktives Spielen zwischen Erwachsenen und Kindern fördert. Durch die Gestaltung mehrerer Spiel- und Lernebenen können Kinder das e-Activity-Board entdecken und neue Erkenntnisse für technische Zusammenhänge gewinnen. In den ersten beiden Ebenen kann das e-Activity-Board im selbstgesteuerten Lernen mit seinen Funktionen im freien Spiel entdeckt und ausprobiert werden. In der dritten Lernebene können die gemachten Erfahrungen und aufgebauten Regelkonstrukte mit gestellten Herausforderungen ausgetestet werden.

Die vierte Ebene ermöglicht über die komplexeren Rätselgeschichten das gleichermaßen anspruchsvolle Spiel zwischen Kindern und Erwachsenen, indem Eltern an dem Vorlesen und Lösen der Aufgaben beteiligt sind und die Kinder die Ergebnisse mit dem e-Activity-Board umsetzen können.

3.2 ZIELGRUPPE

Bei der Entwicklung von Spielzeugen sollte neben den Kindern als primäre Zielgruppe Eltern, Großeltern und pädagogische Einrichtungen wie Kindergärten als weitere Zielgruppe zu berücksichtigen (vgl. Mehringer und Waburg, 2020, S. 25).

Die primäre Zielgruppe des e-Activity-Boards sind Kleinkinder im Alter von 2-5 Jahren. Diese Zielgruppe soll mit der Entwicklung des e-Activity-Boards eine Möglichkeit bekommen, in einem sicheren Rahmen Elektronik selbst erforschen zu dürfen. Durch die Festlegung der Zielgruppe ergeben sich für die Entwicklung besondere Herausforderungen, weil Kinder in diesem Alter in der Regel noch nicht lesen können (vgl. Bredel et al., 2017, S. 13). Das ist für die Produktentwicklung und das Design zu berücksichtigen, damit das e-Activity-Board ohne zusätzliche schriftliche Erklärung auskommt und für das Kind intuitiv entdeckbar ist.

Die sekundäre Zielgruppe schließt alle Personen oder Institutionen ein, die das Spielzeug auswählen und für das Kind kaufen. Diese Zielgruppe spielt weniger selbst mit dem Spielzeug, ist aber durch die ausgehende Entscheidungs- und Kaufkraft bei der Entwicklung des Konzepts und des

Designs nicht vollkommen zu vernachlässigen, weil das Spielzeug erst die Möglichkeit bekommt, bespielt zu werden, wenn es für Kinder zugänglich ist.

3.3 ZIELE

Aus der vorhergehenden Recherche über das kindliche Spielen und Lernen ergeben sich folgende Ziele, die bei der Entwicklung des Konzeptes für das e-Activity-Board berücksichtigt werden. Ergänzt werden sie durch Ziele, die aus Erkenntnissen eigener Beobachtungen entstanden sind.

Selbstlernerfahrung ermöglichen

Die Eigenständigkeit der Kinder, sich im Spiel Neues anzueignen, soll mit dem e-Activity-Board unterstützt und gefördert werden. Bei der Gestaltung wird darauf geachtet, dass das Kind alleine einen Zugang und Interesse zum e-Activity-Board bekommen kann. Die Aktionen des Kindes stehen im Mittelpunkt und es findet nur eine Veränderung im e-Activity-Board statt, wenn das Kind eine Veränderung auslöst. In einer sicheren Umgebung kann das Kind spielen, ausprobieren und experimentieren und eigenständig Funktionsweisen und Gesetzmäßigkeiten erfahren. Bekannte Handlungen wie das Drehen oder Drücken der Elemente werden mit den gemachten Erfahrungen kombiniert und ermöglichen dem Kind, ein neues Regelkonstrukt für dieses Spielzeug zu entwickeln und zu erlernen.

Multisensuelles Design einsetzen

Der Einsatz mehrerer Sinne ermöglicht ein besseres Lernen und eine intensive Lernerfahrung. Daher soll bei der Entwicklung des e-Activity-Boards darauf geachtet werden, dass durch unterschiedliche Materialien und Ausgabeelemente möglichst viele Sinne stimuliert werden. Bei der Nutzung des Activity-Boards stehen neben den visuellen und auditiven Ausgabeelementen die haptischen Eingabeelemente im Mittelpunkt, die ebenfalls die Entwicklung der motorischen Fähigkeiten unterstützen.

Elektronische Komponenten für Kleinkinder aufbereiten

Der Alltag eines Kleinkindes ist heutzutage umgeben von technischen Geräten. Oftmals sind diese jedoch so verbaut, dass Kleinkinder sie nicht benutzen sollen oder dürfen. Das e-Activity-Board soll speziell darauf ausgelegt sein, dass Kleinkinder diese Elemente nutzen und kennenlernen dürfen.

Logisches Verständnis fördern

Mit dem Activity-Board lernen Kinder erste technische Zusammenhänge und Abhängigkeiten kennen und verstehen. Durch logische Kombinationen können verschiedene Elemente verknüpft und Grundzüge der Farblehre und additiven Farbmischung entdeckt und gelernt werden.

Spielzeug entwerfen, das mitwächst

Mit dem e-Activity-Board soll ein Spielzeug entwickelt werden, das für Kinder über einen längeren Zeitraum interessant ist. Kinder haben in verschiedenen Altersstufen unterschiedliche Lernhorizonte, die bei der Komplexität des Spielzeugs berücksichtigt werden sollten. Das Design soll ermöglichen, dass die Kinder mit steigendem Alter das e-Activity-Board mit neuen Herausforderungen immer wieder neu entdecken können.

Interaktion zwischen Kindern und Erwachsenen anregen

Das gemeinsame Spielen von Kindern und Erwachsenen ist für die Entwicklung des Kindes sehr wichtig. Mit diesem Spielzeug soll eine Möglichkeit geschaffen werden, die eine gleichermaßen anspruchsvolle und spannend Interaktion zwischen Kinder und Erwachsenen ermöglicht. Das führt zu einer gemeinsamen Erfahrung, bei der nicht nur das Kind spielt und lernt, sondern auch der Erwachsene.

Weitere Ziele sind Nachhaltigkeit und Sicherheit, die an dieser Stelle genannt werden, weil es sich um generelle Ziele handelt, die für die Entwicklung von langlebigen und kindertauglichen Spielzeugen zu berücksichtigen sind. Die Ausarbeitung dieser Ziele wird im Rahmen der Konzepterstellung und Umsetzung des Prototyps nicht genauer thematisiert, weil es den Umfang der Arbeit übersteigt. Sollte das e-Activity-Boards professionell oder kommerziell umgesetzt werden, ist die Einhaltung dieser Ziele zu beachten.

Nachhaltigkeit

Bei der Entwicklung und Umsetzung des e-Activity-Boards wird auf ein natürliches Design gesetzt. Dafür werden die verwendeten Materialien so nachhaltig wie möglich ausgewählt und die hochwertige Verarbeitung soll dafür sorgen, dass das e-Activity-Board langlebig ist. Die Bauteile sollen im Nachhinein zugänglich bleiben, damit sie, wenn sie kaputt gehen, ausgetauscht werden können. Ein weiterer Aspekt, der ebenfalls zur nachhaltigen Entwicklung gehört, wird mit dem Ziel *Spielzeug entwerfen, das mitwächst*, unterstützt: Wird ein Spielzeug über einen langen Zeitraum genutzt, fördert das die Nachhaltigkeit des Spielzeugs, weil weniger neues Spielzeug in Umlauf gebracht wird.

Sicherheit

Da es sich bei dem Activity-Board um ein Spielzeug für Kinder handelt, sind bei der Entwicklung des Produktes die europäische und nationale Norm DIN EN 71, welche die Sicherheitsrichtlinien für Spielwaren festlegen, einzuhalten (vgl. Lentz, 2018). Diese gilt es zu beachten, wenn ein Spielzeug innerhalb der EU in den Handel kommen soll und es sich um einen Gegenstand handelt, der offensichtlich zum Spielen für Kinder unter 14 Jahren ausgelegt

ist. Soll der Spielgegenstand zusätzlich für Kinder unter 36 Monaten freigegeben sein, sind zusätzliche Richtlinien sowohl beim Spielzeug als auch bei der Verpackung einzuhalten (vgl. Regierung Mittelfranken, 2020). Dazu gehören zum Beispiel verschluckbare Kleinteile, die nicht vorhanden sein dürfen, oder Schnüre, die wegen der Strangulationsgefahr, je nach Altersfreigabe, eine bestimmte Länge nicht übersteigen dürfen (vgl. DVSI, 2018). Auch die maximal zulässige Spannung für elektronisches Kinderspielzeug ist auf 24 Volt begrenzt (vgl. Regierung Mittelfranken, 2020). In der Regel haben Spielzeuge mit zugänglichen elektronischen Komponenten trotzdem den Hinweis, dass sie nur in Aufsicht von Eltern benutzt werden dürfen.

3.4 ENTWICKLUNG DER LÖSUNGSDIEE

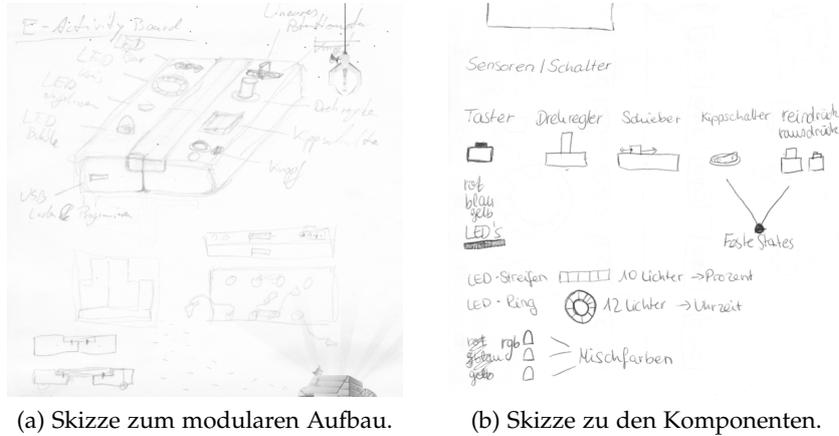
Die Idee, ein elektronisches Spielzeug in einem Activity-Board zu verbauen, ist durch die Beobachtung der eigenen Tochter entstanden, die ein Interesse an Breadboards mit kleinen Knöpfen und LED-Lämpchen zeigte. Dieses hatte in punkto Haltbarkeit jedoch das Problem, dass es schnell kaputt ging, weil Kabel und Komponenten nicht fest verbaut waren. Haben sich Kabel aus den Verbindungen gelöst, wurde von ihr versucht, sie wieder an den richtigen Platz zu stecken. Das dort gezeigte Interesse am Stecken der Kabel zeigte sich ebenfalls bei anderen Kabeln z. B. Kopfhörersteckern, die in Klinkenbuchsen gesteckt werden, und soll daher ein elementarer Bestandteil der Lösung werden.

3.4.1 Lösung

Da sich das Stecken der Kabel bei den Beobachtungen neben dem Leuchten der LEDs als Kernanforderung herauskristallisiert, entwickelt sich die Lösungsidee, das Breadboard zu vergrößern und kindgerecht in Form eines e-Activity-Boards umzusetzen. Der Begriff e-Activity-Board wird als Wortschöpfung für das Produkt genutzt, das in dieser Arbeit entwickelt wird, und umschreibt ein Activity-Board mit elektronischen Ein- und Ausgabeelementen.

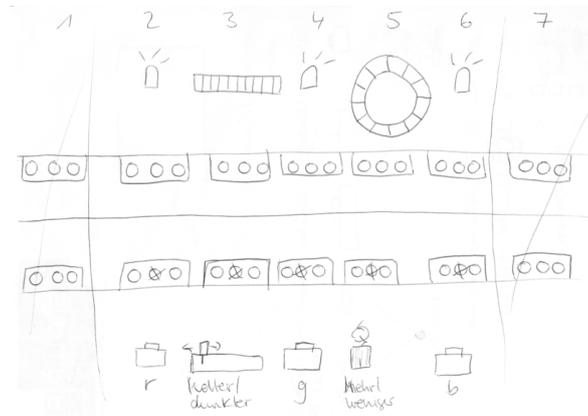
Das e-Activity-Board wird als Kiste umgesetzt, die ungefähr die Größe eines DinA4 Blattes hat, damit Kinder das e-Activity-Board gut überblicken können und das e-Activity-Board portabel bleibt. In der Kiste wird ein integrierter Akku sein, der das e-Activity-Board mit Strom versorgt und über eine USB-Schnittstelle geladen wird. Auf der Kiste werden unterschiedliche Schalter in den Farben rot, grün und blau sowie Regler angebracht, die sich in ihrer haptischen Anwendung unterscheiden und verschiedene Funktionen in Bezug auf die Ausgabeelemente haben. Die Ausgabeelemente werden RGB-LED-Elemente sein. Zu jedem Eingabeelement wird es ein dazugehöriges Ausgabeelement geben, das auf die Eingabe reagiert. Als Modul zur Erweiterung des e-Activity-Boards soll es die Möglichkeit geben, Eingabeelemente durch Steckverbindungen individuell mit Ausgabeelementen zu verbinden. Das ermöglicht ein beliebiges Kombinieren der Ein- und Aus-

gabelemente, wodurch die Komplexität der Spiel- und Lernmöglichkeiten gesteigert wird und motorische Fähigkeiten sowie das logische Verständnis gefördert werden. Erste Konzeptzeichnungen sind in Abbildung 3.1 abgebildet.



(a) Skizze zum modularen Aufbau.

(b) Skizze zu den Komponenten.



(c) Skizze zum Aufbau.

Abbildung 3.1: Erste Skizzen des e-Activity-Boards (eigene Abbildung).

3.4.2 Ebenen des e-Activity-Boards

Auf Basis der Grundidee des e-Activity-Boards werden unterschiedliche Lernebenen entwickelt, die ein stufenweises, den Fähigkeiten des Kindes angepasstes Entdecken und Spielen mit dem e-Activity-Board ermöglichen.

Ebene 1 – Komponenten kennenlernen und entdecken

Die erste Ebene enthält das e-Activity-Board, das Kleinkindern im Alter von 2-5 Jahren einen spielerischen Umgang mit technischen Komponenten bietet, sodass sie in einem sicheren Rahmen die Funktionsweise kennenlernen und selbstständig entdecken können. Das e-Activity-Board schafft eine Lernumgebung, die Kinder eigenständig nutzen können. Sie können die verschiedenen Aktionselemente ausprobieren und die unterschiedlichen Effekte audi-

tiv und visuell wahrnehmen. Im freien Spiel werden beim Entdecken motorische, sensorische und logische Impulse altersgerecht angeboten und können vom Kind geschult werden. Die Interaktion in dieser Ebene beschränkt sich auf das Bedienen von Knöpfen und Reglern, die in einer 1:1-Beziehung unterschiedliche Effekte auf die Ausgabelemente haben.

Ebene 2 – Neue Kombinationen mit Kabeln stecken

Haben sich Kinder den Umgang mit dem Activity-Board erschlossen, wird die Vielseitigkeit des e-Activity-Boards erweitert, indem Ein- und Ausgabelemente über Steckbuchsen und Kabel individuell miteinander verbunden werden können. Mehrere Eingabelemente können mit mehreren Ausgabelementen kombiniert werden. Dies ermöglicht ein Kombinieren von Effekten und Farben, das unter anderem zur Ausgabe von Mischfarben führt. Die Kinder können frei lernen, welche unterschiedliche Wirkung die Ein- und Ausgabelemente zueinander haben. Mit dem Einstecken der Kabel werden die feinmotorischen Fähigkeiten verbessert und elektronische und logische Zusammenhänge können erlernt werden. Durch das selbstständige Entscheiden, wie die Elemente durch die Kabel verbunden werden, bekommt das Kind eine besondere Selbstlernerfahrung, bei der Ursache und Wirkung nah zusammenhängen. Das unmittelbare Feedback fördert das Lernen und Verstehen.

Ebene 3 – Die Kabel nach Aufgaben stecken

In der dritten Ebene wechselt die Spiel-Lernerfahrung vom freien Spiel zum Spiel mit Vorgaben. Die Kinder erhalten Karten, auf denen Ausgabemuster der LEDs abgebildet sind, die sie mithilfe der Steckkabel nachbauen können. Die Kinder müssen die Kabel nun gezielt einsetzen und logisch kombinieren, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Damit die Bildkarten auch für Vorschulkinder, die noch nicht lesen können, nutzbar sind, werden die Karten mit reiner Bildsprache gestaltet, die möglichst selbsterklärend sein soll.

Ebene 4 – Interaktives Spiel zwischen Kindern und Erwachsenen

Für die vierte Ebene wird der Grundgedanke der dritten Ebene fortgeführt. Nun werden die Aufgaben jedoch nicht auf Karten abgebildet, sondern in eine Geschichte eingebettet. Mit einem ergänzenden Geschichten- oder Rätselbuch erhalten die Spieler_innen Informationen, die in Eingaben des e-Activity-Boards übersetzt werden müssen, um die Rätsel mithilfe des e-Activity-Boards zu lösen. Dafür ist vor allem bei Kleinkindern die Interaktion zwischen einem Erwachsenen und dem Kind erforderlich. Beiden Parteien soll ein gemeinsames, unterhaltsames und anspruchsvolles Spielerlebnis ermöglicht werden. Der Erwachsene liest die Geschichte vor und löst die Rätsel mit, während er sie mit dem Kind bespricht. Das Kind gibt dann die Verknüpfungen im e-Activity-Board ein. Je älter das Kind ist, desto mehr

kann es zur Lösung der Rätsel beitragen und den Transfer vom gehörten Wort bis zur Umsetzung der Aufgabe üben.

Ebene X – Weitere Ideen zur Nutzung des e-Activity-Boards

Die weiteren Ideen lösen sich von den bisherigen Gedanken und lernspielereischen Methoden für Kleinkinder. Das Interface des e-Activity-Boards kann zum Beispiel dazu genutzt werden, ein eigenständiges Arcade-Spiel aus dem e-Activity-Board zu entwickeln. Dabei können Reaktionsvermögen oder Geschicklichkeit die Anforderungen sein, um das Spiel zu meistern.

Außerdem kann das e-Activity-Board durch eine Öffnung der Programmierschnittstelle dazu genutzt werden, erste Programmiererfahrungen zu sammeln und ein eigenes Programm für die Belegung der Komponenten zu schreiben. Die vielfältigen Eingabelemente können angesteuert werden, um individuelle Interaktionen und Reaktionen der Ausgabeelemente zu ermöglichen.

3.5 ENTWICKLUNG DES DESIGNS

In diesem Abschnitt wird das e-Activity-Board mit seinen Funktionen, Elementen und dem Aussehen genau definiert, um die Grundlage für die Umsetzung zu schaffen. Dafür werden in jedem Abschnitt nacheinander die einzelnen Ebenen aufgeführt und aufbauend beschrieben, welche Inhalte für die jeweilige Ebene ergänzt werden.

3.5.1 *Aufbau und Funktionen*

Bei der Beschreibung des Aufbaus der Ebenen werden zunächst nur die Komponenten berücksichtigt, mit denen die Nutzer_innen bei der Bedienung in Kontakt kommen. Welche Komponenten zusätzlich im e-Activity-Board verbaut werden, wird jeweils im Abschnitt Backend und ausführlich im Kapitel 4 Umsetzung beschrieben.

Ebene 1

Das e-Activity-Board ist eine Kiste, die für den Prototyp die Größe von ca. 20 cm x 30 cm hat. Die Höhe der Kiste ist mit ca. 8 cm zunächst etwas großzügiger, damit beim Entwickeln, Prototypen und Bauen des e-Activity-Boards genügend Platz ist. Sollte eine weitere Iteration des Prototyps stattfinden, wird die Kiste an den tatsächlich benötigten Platz angepasst.

Im unteren Drittel der Oberseite der Kiste sind die Interaktionselemente platziert (siehe Abbildung 3.2). Dies sind fünf Elemente, die unterschiedlich z. B. durch Drehen, Drücken oder Schieben, bedient werden. Die unterschiedliche Bedienung soll zum einen die Kinder zum Entdecken anregen, die feinmotorischen Fähigkeiten stärken und den Impuls geben, unterschiedliche Output-Elemente zu nutzen. Bei der Anzahl der Interaktionselemente ist die Entscheidung auf fünf gefallen, weil es bereits mit dieser Anzahl eine

Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten gibt. Kinder können das gesamte Board überblicken und die einzelnen Funktionen erkunden, ohne dass die Informationsmenge überfordert.

Die Eingabeelemente sind vorhanden, um die Ausgabeelemente anzusteuern. Die primären Ausgabemodule sind fünf LED-Elemente mit RGB-LEDs, die sich in Anzahl und Anordnung der LEDs unterscheiden und an die Eingabeelemente angepasst sind. Die Ausgabeelemente sind über den Eingabeelementen im oberen Drittel der Oberseite der Kiste platziert.

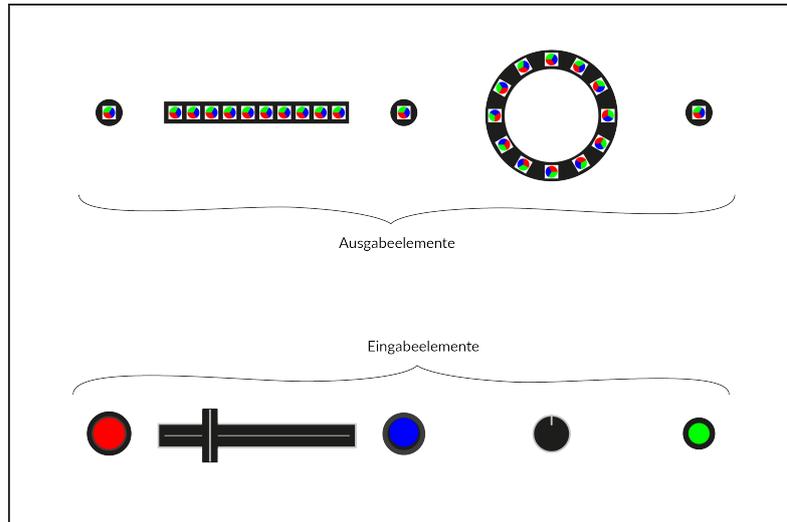


Abbildung 3.2: Anordnung der Ein- und Ausgabeelemente (eigene Abbildung).

Zusätzlich gibt es unterschiedliche akustische Ausgaben über einen integrierten Lautsprecher. Diese werden bei dem Betätigen eines Eingabeelements abgespielt und geben Rückmeldung über die korrekte Aktivierung des Elements.

Bei der Auswahl der Interaktionskomponenten wurden drei verschiedene Modularten gewählt, die sich in der Funktionalität unterscheiden und verschiedene Steuerungsaufgaben übernehmen:

1. Für das Steuern der Farben gibt es drei Bedienelemente, die aktiviert werden können. Jedes Element ist für das Aktivieren einer der Farben rot, grün oder blau zuständig und lässt das dazugehörige LED-Element in dieser Farbe leuchten.
2. Ein Bedienelement bewirkt eine Veränderung der Helligkeit der LEDs, die dem Element zugeordnet sind.
3. Ein Bedienelement übernimmt das Steuern der Anzahl der leuchtenden LEDs, die dem Element zugeordnet sind.

Ebene 2

Für die Umsetzung der zweiten Ebene werden zusätzliche Komponenten, Steckbuchsen und Kabel benötigt, mit denen sich die Ein- und Ausgabeelemente verknüpfen lassen. Die Steckbuchsen werden in einem separaten

Modul eingearbeitet, das zur Erweiterung auf die zweite Ebene auf das Basisboard gesteckt wird.

Über den Eingabeelementen gibt es dann jeweils zwei Buchsen und unter den Ausgabeelementen jeweils drei Buchsen für Kabelverbindungen (siehe Abbildung 3.3).

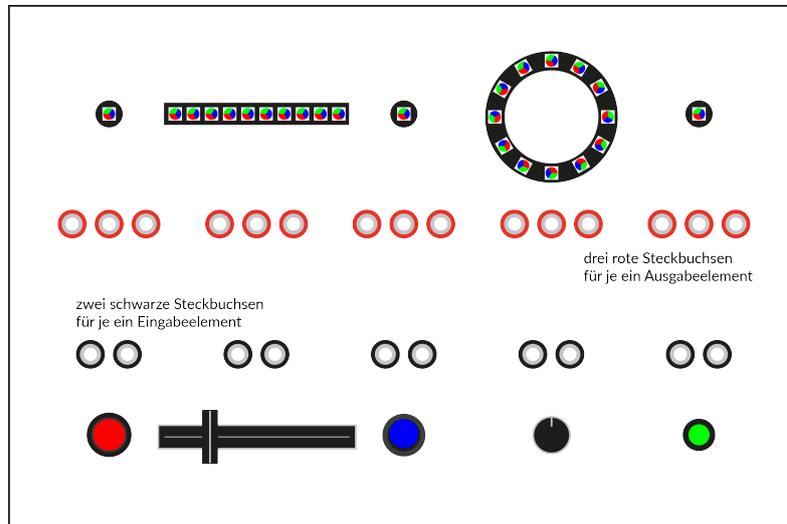


Abbildung 3.3: Anordnung der Steckbuchsen (eigene Abbildung).

Die Ausgabeelemente haben jeweils drei Buchsen, damit im Rahmen der additiven Farbmischung alle Farben gemischt werden oder Farbelemente zusätzlich mit anderen Reglern kombiniert werden können. Die Eingabeelemente erhalten nur zwei Buchsen, damit das e-Activity-Board nicht zu unübersichtlich wird. Das Kind wird durch die Begrenzung der Möglichkeiten aufgefordert, Entscheidungen zu treffen, wie die Elemente miteinander verbunden werden sollen. Um Elemente über die Buchsen zu verbinden, gibt es passende Kabel, die in je eine Buche eines Eingabe- und eines Ausgabeelements gesteckt werden müssen.

Ebene 3

Für die dritte Ebene werden der Aufbau und die Funktionen der zweiten Ebene weitergenutzt und um Karten mit Aufgaben zum Nachstecken ergänzt. Die Karten bilden LED-Symbole für die einzelnen LED-Elemente des e-Activity-Boards ab, sodass die LED-Symbole mit den tatsächlichen LEDs leicht verglichen werden können (siehe Abbildung 3.4). Auf diese Weise kann überprüft werden, ob die Aufgabe gelöst wurde. Die Karten liegen dem e-Activity-Board in einer separaten Kiste, in der ebenfalls die Kabel sind, bei.

Ebene 4

In der vierten Ebene ist das Lösen von Rätseln innerhalb von Geschichten möglich. Damit das e-Activity-Board korrekt auf Eingaben reagiert, ermög-

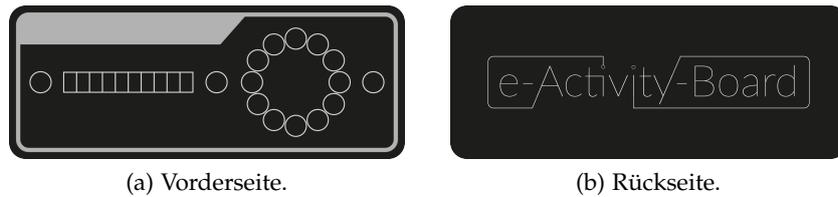


Abbildung 3.4: Vorlage für die Steckkarten (eigene Abbildung).

licht das e-Activity-Board das Auswählen bestimmter Geschichten oder Rätsel. Diese Auswahl wird seitlich an der Kiste angebracht, weil sie nach dem Aktivieren nicht mehr benötigt wird und daher nicht in die Hauptbenutzungsoberfläche des e-Activity-Boards eingebunden werden soll.

Ebene X

Für die weitere Umsetzung zum Beispiel von Spielen ist wie für Ebene vier eine Möglichkeit zum Auswählen eines Programms oder Modus notwendig. Für die Nutzung des e-Activity-Boards als Programmierboard ist darüber hinaus eine nach außen offene Programmierschnittstelle erforderlich, die ebenfalls seitlich an der Kiste angebracht ist.

Backend

Zusätzlich zu den Komponenten auf dem e-Activity-Board wird es an der Seite der Kiste einen Ein- und Ausschalter, einen Regler zum Einstellen der Lautstärke und eine Ladebuchse zum Aufladen des Akkus geben. In der Kiste wird eine Stromquelle zur Versorgung der elektronischen Komponenten und eine Recheneinheit verbaut, welche die Steuerung der Komponenten des e-Activity-Boards übernimmt.

3.5.2 *Auswahl der Materialien*

Das e-Activity-Board soll sich bereits äußerlich von anderen elektronischen Spielzeugen unterscheiden, daher wird als Hauptmaterial Holz eingesetzt. Dieses ist robust, langlebig und schadstoffarm und lässt sich durch subtraktive Fertigungsverfahren in die gewünschte Form bringen (vgl. Bühler et al., 2019, S. 56). Für die Eingabeelemente, Stekkabel und Steckbuchsen werden Komponenten der Mikroelektronik genutzt, ohne speziell für Kinder angepasst zu werden, damit sie elektronischen Komponenten aus dem Alltag so nah wie möglich kommen. Des Weiteren wird für die Abdeckung der LEDs ein lichtdurchlässiger Kunststoff benötigt, damit das Licht der LEDs nicht zu einer Gefährdung der Augen führen kann.

3.5.3 Auswahl der elektronischen Komponenten

Bei den elektronischen Komponenten kommen ausschließlich Komponenten der Mikroelektronik zum Einsatz. Um die gesetzten Ziele zu berücksichtigen, ist bei der Auswahl der Komponenten wichtig, dass alle Eingabeelemente haptisch ansteuerbar sind, und um vielfältig zu bleiben, dass jedes unterschiedlich funktioniert. Auf kontaktlose Elemente wie Abstands- oder Helligkeitssensoren wurde verzichtet, weil die Abstraktion von Ursache und Wirkung für die Zielgruppe sehr komplex und schwierig nachvollziehbar wäre.

Für die Auswahl der Komponenten wird in c't Make-Zeitschriften, im Arduino SensorKit X40 von joy-it und im Internet recherchiert und zum Teil durch Ausprobieren verschiedener Elemente eine Entscheidung getroffen (vgl. Joy-IT, 2016; Jenke, 2017, S. 76-77). Für die Entscheidung wurden die Handhabung, die Zuverlässigkeit in Soft- und Hardware und das ausgegebene Ergebnis der Komponenten berücksichtigt.

Ebene 1

Für das Steuern der Farben werden drei Schalter, die einen An- und einen Aus-Zustand haben, verwendet. Jeder Schalter ist in seiner Bedienung etwas unterschiedlich. Der rote Schalter ist ein Tastschalter, der seinen An-Zustand nur einnimmt, solange der Schalter gedrückt ist. Der blaue Schalter ist ein Kippschalter, der seinen Zustand beim Kippen ändert und dann beibehält. Der grüne Schalter ist ein Tastschalter, der beim Drücken einrastet und den neuen Zustand beibehält. Die unterschiedliche Bedienung der Schalter wurde bewusst ausgewählt, um mit unterschiedlichen Schaltern unterschiedliche Ausführungsformen zu fordern. Auch finden sich diese Elemente an technischen Alltagsgeräten wieder, welches einen Transfer in den Lebensalltag des Kindes ermöglicht. Das Kind kann selbst austesten und erfahren, welche Unterschiede bei den Schaltern bestehen, und seine eigenen Schlüsse daraus ziehen.

Die weiteren Bedienelemente sind ein lineares Potenziometer, das von links nach rechts bewegt werden kann und an jeder Seite einen Anschlagpunkt hat, und ein Drehencoder, welcher keinen Anfang und kein Ende hat und beliebig links und rechts herum gedreht werden kann. Diese Elemente wurden ausgewählt, weil sie sich in der Bewegung stark unterscheiden. Das lineare Potenziometer übernimmt die Steuerung der Helligkeit der LEDs. Mit dem Drehencoder kann die Anzahl der leuchtenden LEDs verändert werden (siehe Abbildung 3.5).

Bei der Auswahl der Elemente wird darauf geachtet, dass sie in Aussehen und Größe zueinander passen. Bei den Schaltern für das Einstellen der Farben wird berücksichtigt, dass die Schalter nach Möglichkeit bereits die passende Farbe rot, grün oder blau haben. Bei den beiden Reglern wird darauf geachtet, dass sie in der Farbgestaltung neutral sind.

An die Eingabelemente angepasst wird es fünf Ausgabeelemente in Form von RGB-LEDs des Typs WS2812b geben, die mit jeweils einem Eingabele-

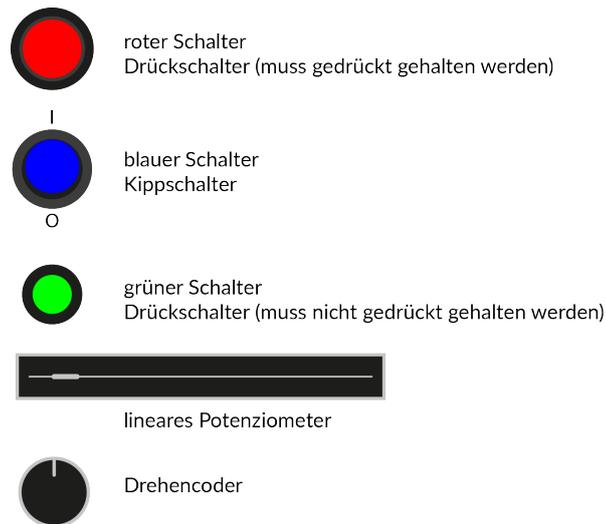


Abbildung 3.5: Auswahl der Eingabelemente (eigene Abbildung).

ment verbunden sind. Für die Schalter wird es je eine einzelne RGB-LED geben, für das lineare Potenziometer einen LED-Streifen mit zehn LEDs und für den Drehencoder einen LED-Kreis mit zwölf LEDs (siehe Abbildung 3.6).

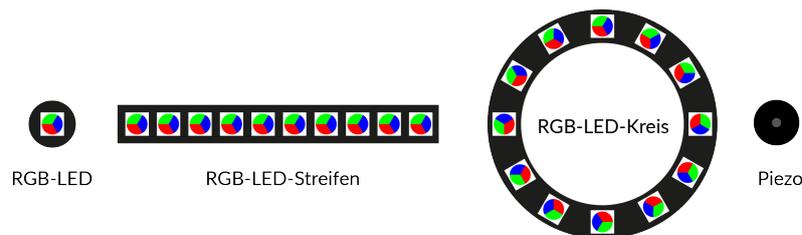


Abbildung 3.6: Auswahl der Ausgabeelemente (eigene Abbildung).

Die zehn LEDs beim LED-Streifen haben den Hintergrund, dass diese Anzeige z. B. eine Prozentanzeige darstellen kann und der Zahlenraum bis zehn für Kinder im Alter von 2-5 Jahren greifbar ist. Der LED-Kreis hat zwölf LEDs, damit mit diesen LEDs auch an die Uhr angelehnte Inhalte visualisiert werden können.

Diese zwei Entscheidungen sind besonders für die spätere Entwicklung der höheren Spiel- und Lernebenen bedeutend. Für die Ausgabe der Tonsignale beim Bedienen der Elemente wird ein kleiner Lautsprecher, ein Piezo, benötigt. Es können ebenfalls andere Lautsprecher verwendet werden, die einen Widerstand von acht Ohm haben. Beim Testen eines Lautsprecherpaars aus einem Bildschirm und eines Piezos waren die Klangergebnisse mit dem Piezo besser, weshalb die Wahl auf diesen fiel.

Weitere Eingabelemente, die durch ihre Haptik spannend sind, sind zum Beispiel das Drehrädchen einer Maus oder ein Sicherheitsschalter, bei dem zum Aktivieren zunächst eine Klappe geöffnet werden muss. Als Ausgabeelement wäre neben den LEDs zum Beispiel noch ein mechanischer Zähler interessant, der immer dann hochzählt, sobald ein Eingabelement bedient wird.

Ebene 2

Für die zweite Ebene werden die Steckbuchsen und -kabel benötigt. Wird ein Kabel zwischen zwei Buchsen gesteckt, schließt sich ein Stromkreis; eine Spannung wird abgenommen und ausgelesen, um zu ermitteln, zwischen welchen Elementen die Steckverbindung vorliegt (siehe Kapitel 4.3.4 *Steckbuchsen anschließen*). Dafür werden einpolige Kabellizen, Bananenstecker mit einem Durchmesser von 4 mm und die dazugehörigen Buchsen verwendet (siehe Abbildung 3.7). Die Stecker und Buchsen werden zwei Farben haben. Für die Buchsen der Eingabelemente werden schwarze Buchsen verwendet, für die der Ausgabelemente rote Buchsen. Diese Farbcodierung wird sich auch in den dazugehörigen Stechkabeln wiederfinden. Ergänzend wird eine zur Kabeldicke passende Textilummantelung ausgewählt, um die Haptik der Kabel zu verbessern.



Abbildung 3.7: Auswahl der Steckbuchsen (eigene Abbildung).

Ebene 3

Für die dritte Ebene werden keine weiteren elektronischen Komponenten benötigt.

Ebene 4

Für die vierte Ebene wird die Auswahlmöglichkeit für ein Programm – Geschichte oder Rätsel – gebraucht. Für die Auswahl dieses Elements gibt es mehrere Möglichkeiten. Bei den beiden Möglichkeiten, die vorgestellt werden, ist bereits berücksichtigt, dass sie selbstständig von Kindern bedient werden können. Die unterschiedlichen Auswahlmöglichkeiten werden kurz beschrieben und auf Basis der Implementierung und Bedienung bewertet.

Drehencoder mit Display oder LED-Feedback: Mit einem Drehencoder kann durch die unterschiedlichen Programme geklickt werden. Jedes Programm erhält dann eine Zahl, die über einen LED-Streifen oder ein Display visualisiert wird. Mit dem integrierten Tastschalter im Drehencoder kann die Auswahl bestätigt werden. Die Bedienung des Encoders ist für Kinder möglich, das Ablesen und Verknüpfen des richtigen Programms ist eher schwierig. Außerdem ist die Anzahl der Programme auf die Anzahl der LEDs begrenzt, damit eine eindeutige Zuordnung möglich ist.

Diese Variante hat den Vorteil, dass sie in der Umsetzung einfacher ist und das Auswahlelement fest mit der Kiste verbaut ist, sodass keine Komponenten verloren gehen können.

Karten mit NFC-Tags und NFC-Reader: Eine andere Möglichkeit wäre das Einbauen eines NFC-Readers in die Kiste. Dieser würde an der linken

Innenseite der Kiste angebracht werden, sodass von außen dieser markierten Stelle eine Karte mit NFC-Tag angehalten werden kann.

Jedes Programm – Rätsel oder Geschichte – würde eine Karte erhalten, auf der ein NFC-Tag ist. Die Karte würde in dem Geschichtenbuch einen Platz zum Einstecken bei der Geschichte bekommen und kann, wenn diese Geschichte aktiviert werden soll, an den NFC-Reader gehalten werden.

Der Vorteil dieser Variante ist, dass die Bedienung für Kinder, nachdem sie wissen, wo die Karten hingehalten werden müssen, sehr intuitiv ist. Die Karten können dem Programm entsprechend gestaltet werden und erhalten so einen Wiedererkennungswert für Kinder, sodass sie sich Programme gezielt eigenständig aussuchen können⁴ Für diese Umsetzung wird keine zusätzliche Ausgabe benötigt, weil die Karte bereits alle Informationen enthält, oder es kann als Feedback, dass das Programm bereit ist, ein bestimmtes Licht des Activity-Boards aufleuchten.

Der Nachteil hier ist, dass die Komplexität der Umsetzung nicht geklärt ist und dass die Karten verloren gehen können, da es Einzelteile sind, die nicht fest mit dem Buch oder dem e-Activity-Board verbunden sind.

Ebene X

Für die Auswahl von Spielen wird, wie für Ebene vier, eine Möglichkeit zum Auswählen eines Programms benötigt.

Um die Programmierschnittstelle offen zu gestalten, wird der Zugang zur USB-Buchse des Arduino benötigt, sodass ein USB-Kabel vom Activity-Board zum Computer gesteckt werden kann. Diese ermöglicht außerdem, dass nachträglich Softwareänderungen vorgenommen werden können, wenn die Software weiterentwickelt wird.

Backend

Die seitlich angebrachten Elemente sind ein Kippschalter zum Ein- und Ausschalten des e-Activity-Boards und ein Drehpotenziometer zum Einstellen der Lautstärke. Dieses eignet sich für das Einstellen der Lautstärke gut, weil es von anderen Geräten als Lautstärkeregler bekannt ist. Die Nutzung eines Potenziometers gegenüber des Encoders ermöglicht hier, dass ein haptisches Feedback über das Einstellen von ganz laut zu ganz leise vorhanden ist, wenn die Anschläge des Potenziometers erreicht sind. Zum Aufladen des Akkus wird ein Laderegler des Typs USB-C verwendet.

Für die technische Umsetzung werden ergänzend zu den sichtbaren Komponenten des e-Activity-Boards Komponenten benötigt, die im e-Activity-Board, das heißt in der Kiste, verbaut und für die Verknüpfung und Steuerung der Elemente zuständig sind. Als Recheneinheit, die das e-Activity-Board steuert, wird der Mikrocontroller Arduino verwendet. Mit diesem können unterschiedliche Ein- und Ausgabeelemente einfach ausgelesen und

⁴ Diese Art der Steuerung wurde sehr erfolgreich mit der Toniebox, einer Musikbox für Kinder, umgesetzt (vgl. tonies, o. J.).

angesteuert werden, er lässt sich einfach programmieren und hat einen geringen Stromverbrauch. Die Arduino-Hardware ist günstig und es kann bei Entwicklungsschwierigkeiten auf eine große Community zurückgegriffen werden, wodurch sich der Arduino besonders zum Erstellen von elektronischen Prototypen eignet (vgl. Galadima, 2014, S. 2). Als Lernplattform zum Programmieren, wie es bei dem e-Activity-Board möglich ist, eignet sich der Arduino, weil sowohl Hardware als auch Software OpenSource und frei zugänglich sind. Außerdem läuft die Arduino-Plattform auf vielen Betriebssystemen, unter anderem Microsoft, Linux und Mac OS X, was sicherstellt, dass es für das Programmieren keine zusätzlichen Anforderungen gibt (vgl. Galadima, 2014, S. 2).

Aufgrund einer Vielzahl von Pins, die ab der zweiten Ebene für die Steckverbindungen benötigt werden, wird auf den Arduino Mega zurückgegriffen, der über 16 analoge und 54 digitale Pins verfügt.

Zusätzlich wird eine Vielzahl von Kabeln, ein Breadboard (Steckbrett) und ein Lipo-Akku, der mit dem Laderegler geladen wird, benötigt. Mit den Kabeln werden die elektronischen Komponenten mit dem Arduino verbunden. Mit dem Akku wird die Stromversorgung der Komponenten gewährleistet; der Laderegler dient als Ladeelement für den Akku, sodass dieser mit einem handelsüblichen USB-C-Kabel und dazugehörigem Netzteil geladen werden kann.

3.5.4 *User Interface*

Mit dem User Interface wird die optische Ausgestaltung, die für die Benutzung des e-Activity-Boards wichtig ist, beschrieben. Dazu gehören sowohl die Ein- und Ausgabeelemente, die Elemente für die Umsetzung der Ebenen, die Farbgestaltung als auch Linien oder Grafikelemente, welche die Bedienung unterstützen. Die Gestaltung der Aufgabenkarten und des Geschichtenbuches ist ebenfalls Teil des User Interface. Um das User Interface abgestimmt auf die Zielgruppe zu gestalten, wird auf die Verwendung von Schriftelementen möglichst verzichtet und stattdessen eine Bildsprache verwendet.

Ebene 1

In der ersten Ebene gehören die fünf Bedienungselemente zu den wesentlichen Bestandteilen des User Interface. Die drei farbigen Schalter haben jeweils die Farbe, in der auch die LED leuchtet, wenn der Schalter aktiviert wird. Der Regler für den Drehencoder und das Potenziometer haben neutrale Farben – schwarz mit einer weißen/silbernen Linie. Die zugehörigen LED-Elemente leuchten bei der Benutzung weiß. Damit die Zugehörigkeit zwischen den Elementen deutlich wird, ist jedes Eingabeelement mit einer Linie mit dem dazugehörigen Ausgabeelement verbunden (siehe Abbildung 3.8). Der Schieberegler und der Drehencoder erhalten zusätzlich noch eine Skala, die die Funktionsweise der Regler unterstützen soll. Bei dem Schieberegler gibt es Linien, die immer länger werden und im 90-Grad-Winkel

zur Schieberichtung ausgerichtet sind. Diese sind nach rechts gehend länger und verdeutlichen, dass die Funktion nach rechts gehend stärker wird und nach links gehend schwächer. An dem Drehencoder gibt es zwölf Linien, die im gleichen Abstand zueinander strahlenförmig um den Regler angeordnet sind. Diese Linien geben eine Referenz zu den zwölf LEDs des LED-Kreises.

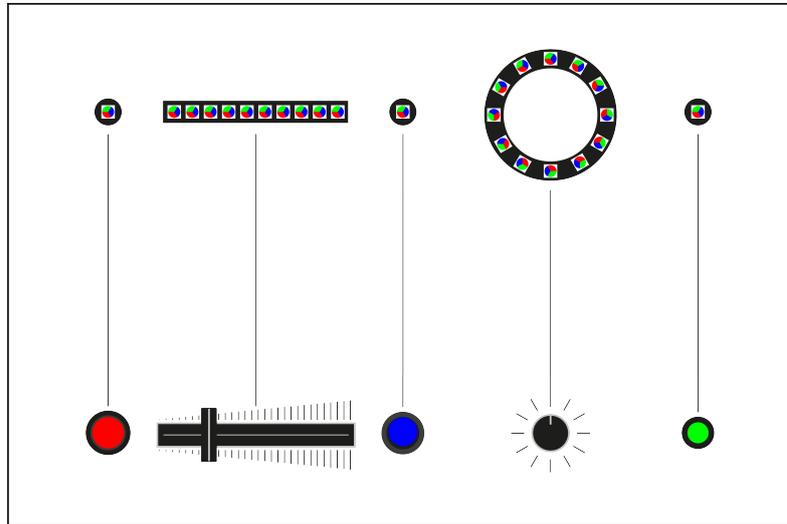


Abbildung 3.8: User Interface der ersten Ebene (eigene Abbildung).

Ebene 2

Für die zweite Ebene werden als zusätzliche Bedienelemente die Steckbuchsen und Steckkabel hinzukommen. Die Steckbuchsen haben zwei verschiedene Farben; die der Eingabelemente sind schwarz, die der Ausgabelemente rot. Diese Farben finden sich auch bei den Steckkabeln wieder. Die Steckkabel haben an jeder Seite einen Stecker, je einen roten und einen schwarzen. Die Farbgebung unterstützt, dass je ein Kabelende in eine Buchse eines Ein- und Ausgabelements gesteckt werden soll. Um die Zusammengehörigkeit zwischen Steckbuchsen und Elementen zu verdeutlichen, werden die Steckbuchsen, die zum gleichen Element gehören, umrandet und mit einer Linie mit dem Element verbunden (siehe Abbildung 3.9). Bei den Umrandungen wurde sich für Kästen mit abgerundeten Ecken entschieden, welche sich in weiteren Elementen wie den Aufgabenkarten für Ebene 3 und dem Logo für das e-Activity-Board wiederfinden.

Werden die beiden Grafiken mit und ohne grafische Unterstützung verglichen, wird deutlich, dass die Variante mit Linien die Oberfläche übersichtlicher macht und die Elemente *fixiert*. Auch wenn es keine aufwendige grafische Gestaltung ist, machen diese Linien einen großen Unterschied in der Struktur des e-Activity-Boards.

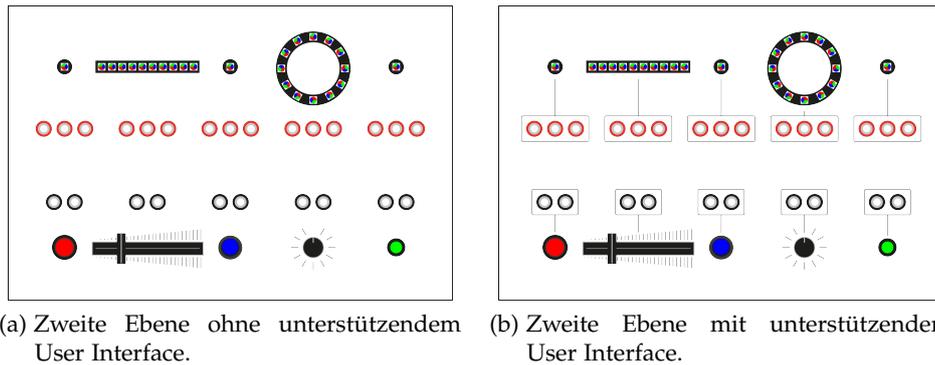


Abbildung 3.9: Vergleich der Gestaltung mit und ohne unterstützendem User Interface (eigene Abbildung).

Ebene 3

Für die Karten, auf denen Aufgaben zum Nachstecken abgebildet sind, wird eine grafische Übersicht entworfen, die für Kinder ohne Leseverständnis verständlich sein soll. Zur Einordnung unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade haben die Karten eine farbige Umrandung, die grün für einfache Aufgaben, gelb für mittlere und rot für schwere Aufgaben ist. Oben links gibt es noch einen farbigen Bereich, der die gleiche Farbe hat wie der Rahmen, auf dem Hinweise zur Aufgabe notiert werden können. Für die Aufgaben werden die einzelnen Felder eingefärbt, die dann von den Kindern nachgesteckt werden können. Die Karten ermöglichen eine Selbstkontrolle, da die Felder eins zu eins verglichen werden können.

Als Herausforderung bei der Entwicklung des User Interface Designs hat sich die Farbwahl für LEDs, die als nicht leuchtend dargestellt sind, und die Darstellung der LEDs, die mit dem Schieberegler gedimmt werden, herausgestellt. LEDs, die nicht leuchten, werden auf den Karten schwarz dargestellt. Dies wirkte auf dem zunächst weißen Hintergrund merkwürdig, weil die LED-Abdeckungen auf dem e-Activity-Board weiß sind. Die LEDs auf dem e-Activity-Board, die nicht leuchten, wirken somit zunächst weiß und nicht schwarz. Leuchten die ersten LEDs, wirken die Felder, die nicht leuchten, jedoch nicht mehr weiß, sondern eher dunkelgrau.

Diese Problematik wird gelöst, indem der Hintergrund der Karten in Schwarz umgekehrt wird. Dadurch wirken die Felder der LED-Elemente, wenn sie farbig oder weiß eingefärbt werden, leuchtend. LEDs, die nicht leuchten, werden in Schwarz auf schwarzem Untergrund dargestellt. Umrandet werden die LED-Felder mit einer hellgrauen Linie. Dies ist vor allem für die Gestaltung des LED-Streifens wichtig, damit die Felder abgezählt werden können, wenn eine bestimmte Anzahl der LEDs des Streifens weiß leuchten sollen (siehe Abbildung 3.10).

Soll bei den LEDs die Helligkeit über den Schieberegler verändert werden, wird das über Felder symbolisiert, die nicht vollständig ausgefüllt sind. Es gibt von Aus über An fünf verschiedene Helligkeitsstufen, die abgebildet werden können.

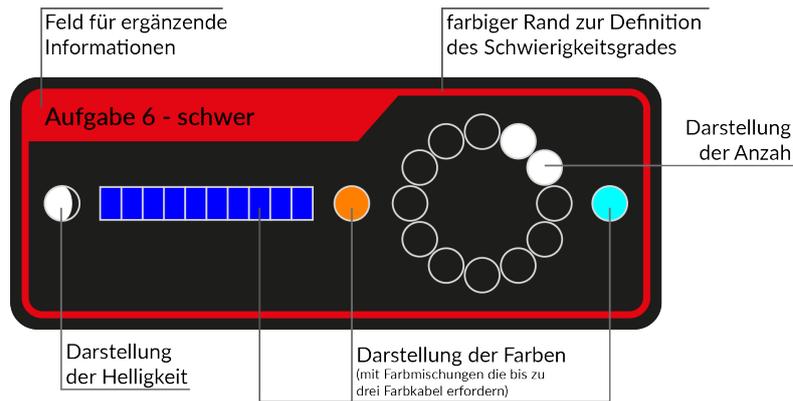


Abbildung 3.10: Übersicht der Gestaltung einer Steckkarte (eigene Abbildung).

An wird durch die Farbe, in der die LED leuchten soll, symbolisiert. *Aus* wird durch Schwarz symbolisiert. Soll eine LED gedimmt leuchten, wird dies über Mondformen, die den Kreis unterschiedlich stark füllen, dargestellt. Je höher der Farbanteil in dem Feld ist, desto heller soll der Regler eingestellt sein (siehe Abbildung 3.11).



Abbildung 3.11: Darstellung der Helligkeit der LEDs (eigene Abbildung).

Diese Darstellung ist nicht ganz intuitiv, aber es ist die beste Möglichkeit, die sich in der Entwicklung herausgestellt hat, die eindeutig und klar ist. Würde man hellere und dunklere Farben des Farbtons nehmen, wären diese sehr schwer zu unterscheiden.

Ebene 4

Für die vierte Ebene gibt es als zusätzliches Element das Rätsel- und Geschichtenbuch. Dieses wird so aufgebaut sein, dass ein Rätsel oder eine Geschichte abgedruckt ist und auf der nachfolgenden Seite die Karte mit dem NFC-Tag steckt. Die Gestaltung der Karten erhält sowohl einen Text mit einer Bezeichnung als auch eine eindeutige Visualisierung durch eine Grafik, damit Kinder die Karten unterscheiden können. Nachdem das Rätsel mit dem e-Activity-Board gelöst wurde, wird die Karte über den NFC-Tag gehalten und das e-Activity-Board gibt ein LED-Signal aus, ob die Aufgabe richtig gelöst wurde. Gegebenenfalls kann der NFC-Tag auch schon in der Ebene drei zum Überprüfen der Steckverbindungen genutzt werden. Dort wird die Karte dann nach dem Stecken über den Tag gehalten und es wird automatisch geprüft, ob alles richtig gesteckt wurde.

Ebene X

Für die Nutzung des e-Activity-Boards mit unterschiedlichen Spielen wird das Interface der Ebene 4 weiter genutzt, um die Spiele auszuwählen. Für

die Visualisierung der Programmiermöglichkeit gibt es an der Steckbuchse für den Arduino-Anschluss ein Programmiersymbol.

Backend

Für die generellen Bedienelemente, dem Ein- und Ausschalter, dem Lautstärkeregler und der Ladebuchse, die die Schnittstelle zum Backend bilden, gibt es ebenfalls Symbole zur visuellen Unterstützung des User Interface. An der Aufladebuchse gibt es ein kleines Batteriesymbol, der Ein- und Ausschalter wird ein I- und ein O-Symbol für *Ein* und *Aus* über bzw. unter dem Schalter haben. Zusätzlich wird er leuchten, wenn das e-Activity-Board eingeschaltet ist. Für den Lautstärkeregler gibt es eine Anzeige wie bei dem linearen Potenziometer, allerdings ringförmig um das Potenziometer angeordnet. Die Linien werden vom minimalen Anschlagpunkt bis zum maximalen Anschlagpunkt immer länger (siehe Abbildung 3.12).

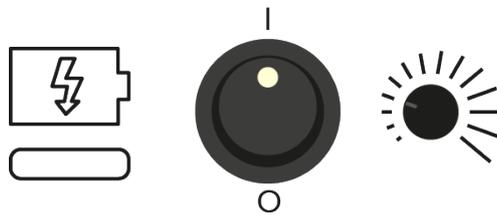


Abbildung 3.12: User Interface der seitlichen Bedienelemente (eigene Abbildung).

3.5.5 Visuelle Ausgabe

Da bei dem elektronischen Activity-Board kein klassischer Bildschirm zum Einsatz kommt, ist die visuelle Ausgabe auf die eingebauten Komponenten in Form von LEDs beschränkt.

Die primäre Farbgestaltung des e-Activity-Boards baut auf den Grundfarben der RGB-LEDs, rot, grün und blau, auf. Die drei Schalter nehmen jeweils eine dieser Farben ein. In der ersten Ebene wird die LED, die über einem farbigen Schalter liegt, in der Farbe des Schalters leuchten, wenn dieser gedrückt bzw. den Zustand *An* angenommen hat. Der LED-Streifen und der LED-Kreis werden in der ersten Ebene weiß leuchten und über die Schaltbewegung die Helligkeit bzw. die Anzahl der leuchtenden LEDs verändern. Diese leuchten zunächst weiß, weil ihnen über die Bewegungsregler keine Farbe zugeordnet ist.

In der zweiten Ebene, wenn das Stecken der Kabel hinzukommt, wird das Entdecken der additiven Farbmischung, die für die LEDs nativ ist, ermöglicht.

Beispiel: Wird ein Kabel von dem roten Schalter zu einer LED gesteckt, leuchtet die LED rot, wenn der Schalter gedrückt ist. Wird nun noch ein Kabel vom blauen Schalter zur gleichen LED gesteckt und beide Schalter werden gedrückt, leuchtet die LED pink.

Da bis zu drei Kabel in eine LED gesteckt werden können, ist die Farbmischung bis zu den Tertiärfarben möglich. Neben der Mischung der Farbe weiß, wenn von jedem Farbschalter ein Kabel zur gleichen LED gesteckt wird, ist es auch möglich, von einer Farbe zwei und einer anderen Farbe ein Kabel in eine LED zu stecken und so das Farbspektrum auf insgesamt 13 Farben zu erweitern (siehe Abbildung 3.13).

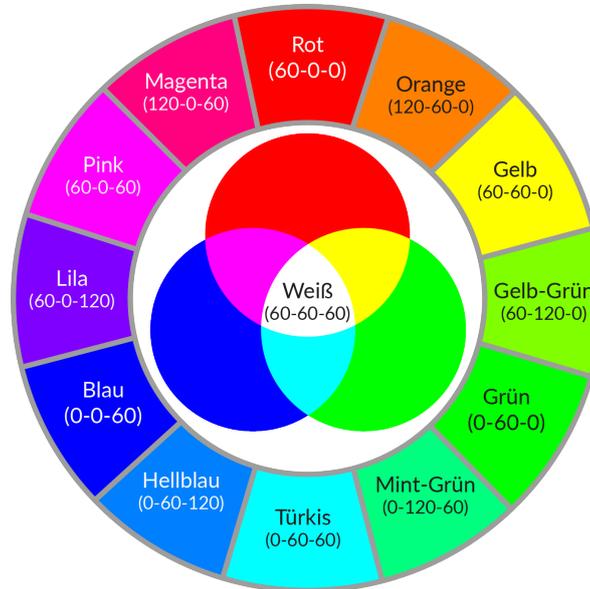


Abbildung 3.13: Visuelle Ausgaben der RGB-LEDs (eigene Abbildung).

Die RGB-Farben werden in Werten von 0 bis 255 für jede Farbe angegeben. Bei den LEDs bedeutet der Wert den Farbanteil, mit dem die LED leuchtet und hat Einfluss auf die Helligkeit. Da LEDs sehr hell leuchten, wenn jede Farbe mit 255 angesteuert wird, werden in der Umsetzung niedrigere Farbwerte genutzt. Für die Umsetzung des e-Activity-Boards wird die Mischung der Farben so gelöst, dass jedes eingesteckte Kabel von einer Farbe den gleichen Wert, z. B. 60, an die LED übergibt. Dadurch ergeben sich automatisch die Mischungen, wenn mehrere Kabel von Farbschaltern in einer LED ankommen.

Beispiel: Von dem roten Schalter werden zwei Kabel und von dem grünen Schalter wird ein Kabel zur gleichen LED gesteckt. Werden beide Schalter gedrückt, ergibt sich die Farbe Orange, da der Rotanteil doppelt so hoch ist wie der Grünanteil.

Die unterschiedlichen Schalter haben verschiedene Funktionen, die dann ab der zweiten Ebene beliebig miteinander kombiniert werden können. Da sich die Ausgabeelemente alle etwas unterscheiden, werden die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten und die dazugehörigen Ausgaben über die LEDs aufgeschlüsselt. Diese Übersicht dient ebenfalls als Grundlage für die spätere Programmierung (siehe Tabelle 3.1).

1. Die farbigen Schalter: Jedem Schalter ist eine Farbe zugeordnet. Wird ein farbiger Schalter gedrückt, leuchtet die LED in

der entsprechenden Farbe. Dies lässt sich auch auf den LED-Streifen und den LED-Kreis übertragen. Wird eine Farbe in eines dieser Elemente gesteckt, leuchten alle LEDs dieses Elements in der Farbe. Soll die Anzahl verändert werden, muss der Drehregler als zusätzliches Element eingesteckt werden.

2. Mit dem linearen Potenziometer kann die Helligkeit der LEDs verändert werden. Ist der Regler weiter rechts, leuchten die angeschlossenen LEDs heller. Ist der Regler weiter links, leuchten sie dunkler.
3. Der Drehencoder: Mit dem Drehencoder wird die Anzahl der leuchtenden LEDs des entsprechenden Elements gesteuert. Ist der Drehencoder mit einer einzelnen LED verbunden, geht diese kurz aus und es entsteht ein Blinkeffekt, wenn der Drehencoder gedreht wird.

Ist ein Element nur an den Schieberegler oder Drehencoder angeschlossen, leuchten die LEDs weiß.

Werden mehrere Kabel mit einem Element verbunden, werden die Effekte kombiniert. Werden zwei Kabel von einem Eingabeelement zu einem Ausgabeelement gesteckt, verdoppelt sich der Effekt. Bei den Farben bedeutet das, dass die ausgewählte Farbe doppelt so hell leuchtet, bei dem Drehencoder werden jeweils zwei LEDs mehr angehen und bei dem Helligkeitsregler wird die Grundhelligkeit und damit auch die Maximal-Helligkeit doppelt so hoch sein.

Eingabe- elemente X →	roter Tastschalter (muss gedrückt gehalten werden)	lineares Potenziometer	blauer Kippschalter	Drehencoder	grüner Tastschalter (muss nicht gedrückt gehalten werden)
Ausgabe- elemente Y ↓					
1. LED	LED leuchtet rot (60,0,0)	LED wird heller/dunkler 0-60 in der Farbe	LED leuchtet blau (0,0,60)	LED geht kurz aus - Blinkeffekt	LED leuchtet grün (0,60,0)
LED-Streifen	Alle LEDs vom Streifen leuchten rot (60,0,0)	LEDs werden heller/dunkler 0-60 in der Farbe	Alle LEDs vom Streifen leuchten blau (0,0,60)	LEDs gehen von links nach rechts an	Alle LEDs vom Streifen leuchten grün (0,60,0)
2. LED	LED leuchtet rot (60,0,0)	LED wird heller/dunkler 0-60 in der Farbe	LED leuchtet blau (0,0,60)	LED geht kurz aus - Blinkeffekt	LED leuchtet grün (0,60,0)
LED-Kreis	Alle LEDs vom Kreis leuchten rot (60,0,0)	LEDs werden heller/dunkler 0-60 in der Farbe	Alle LEDs vom Kreis leuchten blau (0,0,60)	LEDs werden von 0 bis 12 aufgefüllt	Alle LEDs vom Kreis leuchten grün (0,60,0)
3. LED	LED leuchtet rot (60,0,0)	LED wird heller/dunkler 0-60 in der Farbe	LED leuchtet blau (0,0,60)	LED geht kurz aus - Blinkeffekt	LED leuchtet grün (0,60,0)
Sound	C4, Dauer 200 mS	Frequenz von 50 bis 1000, Dauer 50 mS	C3, Dauer 200 mS	C3, Dauer 30 mS	C2, Dauer 200 mS

Tabelle 3.1: Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Ein- und Ausgabeelementen (eigene Tabelle).

3.5.6 *Auditive Ausgabe*

Ergänzend zu dem visuellen Feedback gibt es auditives Feedback, welches an die Betätigung der Eingabeelemente gekoppelt ist. Wird ein Schalter ge-

drückt und wechselt dabei auf den *Ein-Zustand*, der Drehschalter gedreht oder der Schieberegler bewegt, wird dies durch ein auditives Feedback unterstützt. Jeder Schalter erhält einen individuellen Sound, der ertönt, wenn das entsprechende Element aktiviert wird.

Bei den Schaltern und dem Drehregler wird der Ton in einer festgelegten Tonhöhe und -länge abgespielt, sobald der Impuls aktiviert wird. Der Schieberegler wird keine festgelegte Tonlänge und Tonhöhe haben. Bei dem Schieberegler wird während einer Veränderung permanent ein Ton abgespielt. Dieser wird höher, wenn sich der Regler nach rechts bewegt, und tiefer, wenn sich der Regler nach links bewegt. Diese Festlegung orientiert sich an Musikinstrumenten wie Klavieren oder Xylophonen, bei denen der Ton ebenfalls höher wird, je weiter rechts ein Ton gespielt wird.

Die generelle Lautstärke der Soundausgaben wird über das separate Potenziometer gesteuert, sodass sie an das Kind und die Spielsituation angepasst werden kann.

UMSETZUNG DES PROTOTYPS

Für die Umsetzung eines Prototyps für das e-Activity-Board erfolgt zunächst eine Abgrenzung des Umfangs, in dem das Konzept verwirklicht wird. Die Umsetzung der Hard- und Software des Prototyps werden dokumentiert. Im Anschluss werden die bei der Umsetzung entstandenen Herausforderungen und daraus hervorgehenden Änderungen beschrieben. Abbildung 4.1 zeigt den Prototyp, der während der Umsetzung des Konzepts entstanden ist.

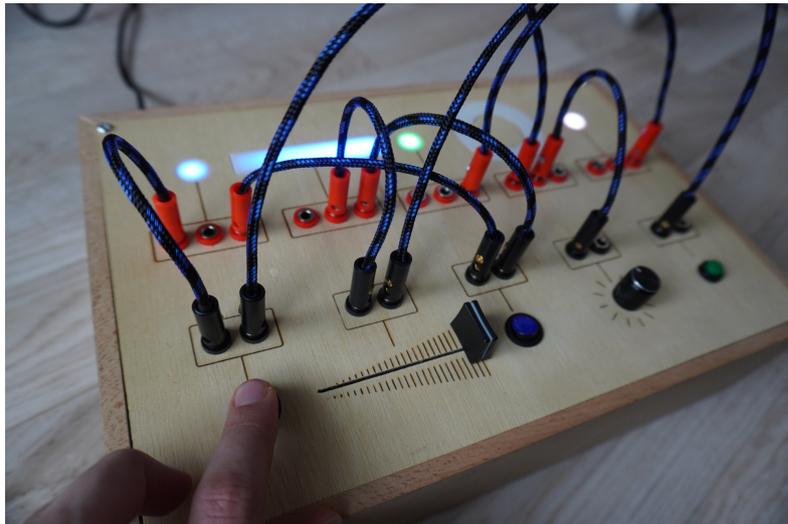


Abbildung 4.1: Prototyp des e-Activity-Boards (eigene Abbildung).

4.1 DEFINITION DES PROTOTYPS

Im Rahmen des Prototyps werden die erste bis dritte Ebene des e-Activity-Boards umgesetzt. Der Schwerpunkt liegt in der Umsetzung der Hardware, der Gestaltung der Kiste und der Programmierung der grundlegenden Softwarefunktionen. Auf eine modulare Umsetzung von der ersten auf die zweiten Ebene wird verzichtet, weil zunächst sowohl technisch als auch im Spiel mit Kindern getestet werden soll, ob die Grundidee funktioniert, bevor technische Optimierungen vorgenommen werden.

Die vierte Ebene und die ergänzenden Benutzungsmöglichkeiten werden im Rahmen des Prototyps nicht weiter berücksichtigt, da jedem Rätsel oder Spiel eine neue Konzeption zugrunde liegt, was den Rahmen der Arbeit übersteigt.

Um im Anschluss an die Entwicklung das e-Activity-Board und seine Prinzipien testen zu können, werden die ersten drei Ebenen vorausgesetzt. Da die Entwicklung des Prototyps durch die selbst entwickelte Hardware sehr

aufwendig ist, werden zum Teil Kompromisslösungen genutzt, die zum Beispiel das Design einschränken, dafür aber die Funktionalität erhöhen.

4.2 HARDWAREUMSETZUNG

Bei der Beschreibung der Umsetzung der Hardware wird zunächst auf die Elemente eingegangen, mit denen die Nutzer_innen bei der Bedienung des e-Activity-Boards in Kontakt kommen. Im nächsten Abschnitt, [4.3 Umsetzung mit Arduino](#), wird die Umsetzung der elektronischen Hardware ergänzt.

Die verschiedenen Elemente, die es im Bereich der Hardware umzusetzen gilt, lassen sich in vier Bereiche einteilen:

1. Elektronische Komponenten: Das Löten und Befestigen der elektronischen Komponenten.
2. Kiste: Das Vorbereiten der Kiste für die elektronischen Komponenten und die Umsetzung des User Interface auf dem e-Activity-Board.
3. Die Abdeckungen der LEDs.
4. Die Umsetzung der Steckkarten.

Bei der Umsetzung des e-Activity-Boards wird mehrfach auf den Snapmaker zurückgegriffen, der mit seinen drei Funktionen als 3D-Drucker, CNC-Fräse oder zur Lasergravur genutzt werden kann (vgl. Snapmaker EU, 2020). Diese Möglichkeiten nutzen zu können, ist im Rahmen der Prototypenstellung sehr hilfreich, weil ohne große Maschinen akkurate und hochwertige Ergebnisse umgesetzt werden können. Besonders der 3D-Drucker ist im Rahmen des Rapid-Prototypings als additives Fertigungsverfahren nützlich, weil fehlende Komponenten genau angepasst, gedruckt und ergänzt werden können (vgl. Bühler et al., 2019, S. 74).

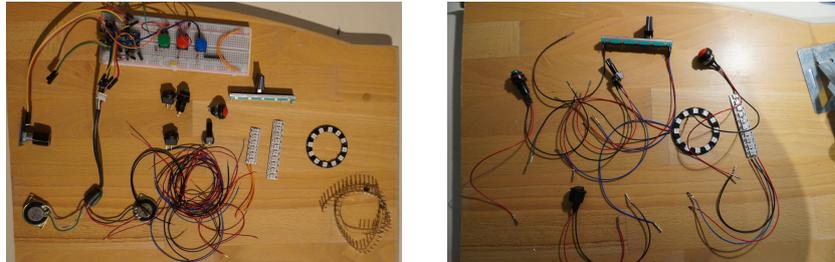
4.2.1 Elektronikkomponenten testen

Bevor der Bau des physischen e-Activity-Boards beginnt, werden alle im Rahmen der Konzeption ausgewählten Elektronikkomponenten auf die technische Funktionalität geprüft. Dafür wird jedes Element an den Arduino angeschlossen und das erste Programm mit den Funktionen aus dem Konzept geschrieben. Dieser erste Test ermöglicht es, Komponenten bereits frühzeitig auszutauschen, falls ihre Funktionen nicht dem Konzept entsprechend funktionieren. Auch Schwierigkeiten im Programmcode können frühzeitig erkannt werden, um alternative Programmlösungen oder Bauteile zu finden.

Die Umsetzung der Programmierung wird in diesem Abschnitt nicht weiter behandelt. Dies folgt im Abschnitt [4.4 Softwareumsetzung](#).

4.2.2 Elektronikkomponenten für den Einbau vorbereiten

Um die elektronischen Komponenten an den Arduino anzuschließen, muss jeder Kontakt der Komponente mit Kabeln versehen werden. Bei Elementen wie dem Drehencoder, welcher bereits auf einer Platine mit Steckbuchsen angebracht ist, werden diese Steckbuchsen genutzt und mit Steckkabeln die unterschiedlichen Verbindungen hergestellt (siehe Abbildung 4.2).



(a) Komponenten vor dem Löten.

(b) Komponenten nach dem Löten.

Abbildung 4.2: Vorbereiten der elektronischen Komponenten (eigene Abbildung).

An die übrigen Elemente wird an jedem Kontakt ein Kabel angebracht. Um später die Kabel unterscheiden zu können, wird für unterschiedliche Kontaktarten mit verschiedenfarbigen Kabeln gearbeitet. Dabei wird *schwarz* vorrangig für die Verbindung zu Ground, *rot* für die Verbindung zur Spannungsquelle und *blau* für die Verbindung zum Datenpin verwendet. Da einige Elemente den Strom über den Datenpin erhalten, kann die Farbcodierung nicht vollständig eingehalten werden. Damit die Verbindungen während des Arbeitens am Prototyp noch verändert werden können, bekommen alle Kabel einen kleinen Stecker angelötet, sodass die Komponenten mit kleinen Steckkabeln mit dem Arduino oder dem Breadboard verbunden werden können. Die Steckkabel und die Verwendung des Breadboards sind für die Umsetzung des ersten Prototyps hilfreich, weil Änderungen der Hardware mit einfachem Stecken umgesetzt werden können.

Sind die elektronischen Komponenten funktionsfähig, wird als nächstes das eigentliche Board – das Brett – benötigt, in das die elektronischen Elemente integriert werden. Damit die internen Kabel gut verstaut sind, wird das Board in die Oberseite einer Kiste integriert.

4.2.3 Kiste konstruieren

Die Kiste, in die das e-Activity-Board eingebaut wird, wird nach einer auf das Konzept angepassten Konstruktionszeichnung angefertigt. Das 3D-Modell und die Zeichnung für die Fertigung der Kiste werden in einem 3D-Programm, z. B. Autodesk Inventor konstruiert.

Die Kiste besteht aus einem Rahmen aus massivem Leimholz, der 316 mm lang, 216 mm breit und 80 mm hoch ist. In dem Rahmen ist jeweils oben

und unten eine Vertiefung von 6 mm gefräst, in die als Deckel und Boden der Kiste je eine 6 mm dicke Sperrholzplatte eingesetzt wird. Die Platte hat eine Größe von 200 mm x 300 mm (siehe Abbildung 4.3). Die obere Platte wird als *Board* für das e-Activity-Board genutzt, in das die elektronischen Komponenten eingebettet werden.

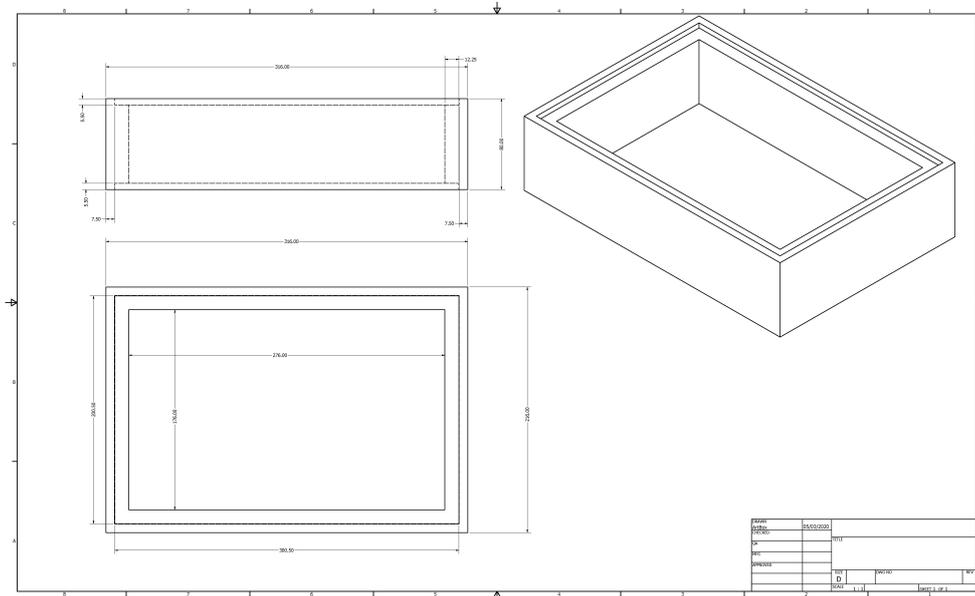


Abbildung 4.3: Konstruktionszeichnung zur Kiste des e-Activity-Boards (eigene Abbildung).

Die Holzplatten werden in der Prototypentwicklung mit Schrauben an der Kiste befestigt. Dies ermöglicht ein einfaches Öffnen der Kiste, falls Elemente in der Kiste verändert werden müssen. Damit sich die Schrauben gut lösen und wieder befestigen lassen, werden Gewindeschrauben genutzt. Als Gegenstück werden Eindrehmuttern in den inneren Ecken der Kiste versenkt, in welche sich die Gewindeschrauben einschrauben lassen.

Wird der Prototyp weiterentwickelt, wird eine Verleimung der Deckplatten angestrebt, um sichtbare Schrauben zu vermeiden. Für die Bodenplatte wird dann auf Schrauben umgestiegen, die sich ebenmäßig in der Platte versenken lassen. Das e-Activity-Board soll weiterhin die Möglichkeit haben, geöffnet zu werden, sodass technische Defekte repariert werden könnten.

In den nächsten Schritten geht es an die Bearbeitung der Deckplatte des e-Activity-Boards. Dafür wird aus der Konzeptionsvorlage eine Bohrvorlage erstellt, auf der die Mittelpunkte für die Löcher und Vertiefungen eingezeichnet sind (siehe Abbildung 4.4). Diese werden auf die Holzplatte übertragen und für die Ausrichtung des Lasers, der Fräse und der Bohrer genutzt.

4.2.4 Interface anbringen

Das Interface, die grafischen Elemente zur Verdeutlichung der Zusammengehörigkeit der Elemente, wird mit einem Laser in die Deckplatte graviert.

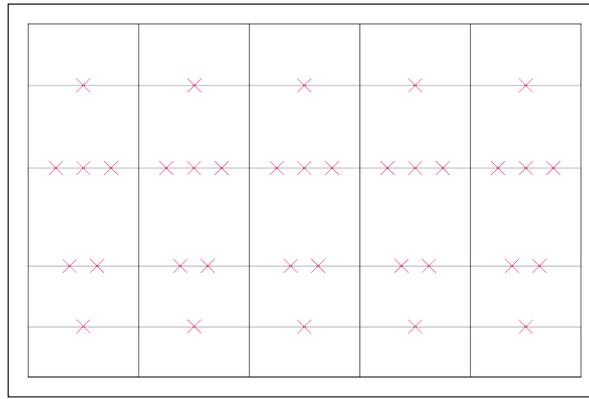
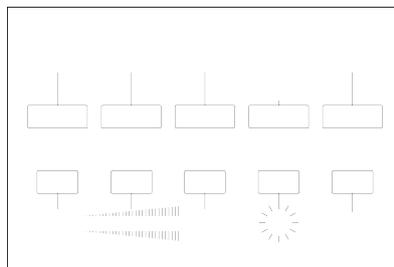
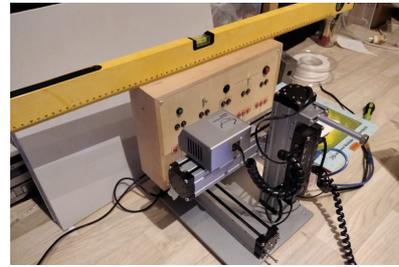


Abbildung 4.4: Mittelpunktmarkierungen der Komponenten (eigene Abbildung).

Dafür wird die in dem Konzept erstellte Vektordatei als .svg-Datei gespeichert und mit einem computergesteuerten Lasermodul in die Platine graviert (siehe Abbildung 4.5).



(a) Vektordatei des User Interface.



(b) Gravur mit dem Laser.

Abbildung 4.5: Interface mit dem Laser eingravieren (eigene Abbildung).

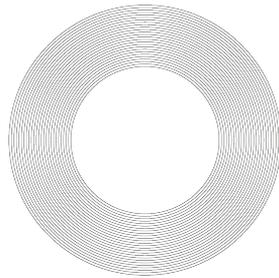
Dieser Schritt wurde während der Prototypenherstellung erst durchgeführt, nachdem die gesamte Hardware umgesetzt wurde, weil im Rahmen der Arbeit zunächst die Funktionalität im Vordergrund stand. Im Nachhinein hat sich herausgestellt, dass dieser Schritt am besten als erstes umgesetzt werden sollte, da die Mittelpunktmarkierungen zur Ausrichtung des Lasers nach dem Bohren nicht mehr vorhanden sind. Um dennoch ein präzises Ergebnis zu erhalten, wurden andere Hilfsmarkierungen zur Ausrichtung genutzt, was den Prozess jedoch erschwert hat.

4.2.5 Löcher bohren und Vertiefungen fräsen

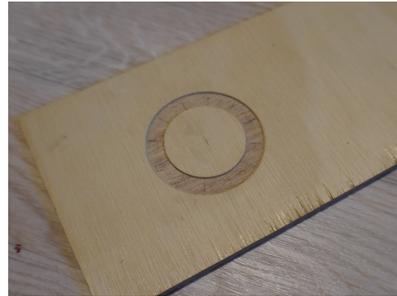
Für das Montieren der Elemente werden auf der Deckplatte und in der Kiste passende Löcher gebohrt und Vertiefungen gefräst.

Vor dem Bohren der Löcher für die elektronischen Komponenten werden im oberen Bereich, in dem die LEDs angebracht werden, Vertiefungen in die Platine gefräst. In diese werden die Abdeckungen für die LEDs eingelassen (mehr dazu im Abschnitt 4.2.7 LED-Abdeckungen). Mit der Vertiefung wird ermöglicht, dass die Abdeckungen mit der Platine abschließen; dadurch lassen

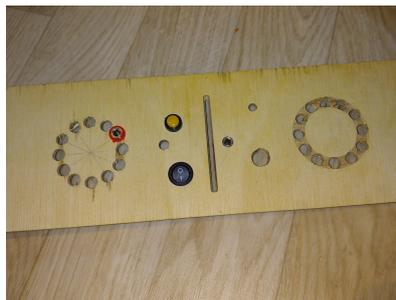
sie sich besser befestigen und es ergibt ein ebenmäßiges Erscheinungsbild. Die Vertiefungen werden mithilfe einer CNC-Fräse in die Platte gefräst. Dafür wird eine Zeichnung in einem Vektorprogramm, z. B. Adobe Illustrator, erstellt und als .svg-Datei abgespeichert. Um eine kreisförmige, flächige Aussparung zu erhalten, werden in der Zeichnung naeinanderliegende Kreise mit 1 mm Abstand zueinander gezeichnet (siehe Abbildung 4.6a). Mit der zweidimensionalen Zeichnung und der festgelegten Tiefe im Programm der CNC-Fräse wird die Aussparung gefräst (siehe Abbildung 4.6b).



(a) Vektordatei für das Fräsen der Vertiefung des LED-Kreises.



(b) Gefräste Vertiefung für die LED-Abdeckung im Probestück.



(c) Gebohrte Löcher im Probestück.



(d) Platte beim Bohren der Löcher.

Abbildung 4.6: Bohren und Fräsen der Löcher und Vertiefungen (eigene Abbildung).

Um Fehler in der finalen Platte zu vermeiden, wird das Fräsen und Bohren zunächst an einem Probestück getestet (siehe Abbildung 4.6c).

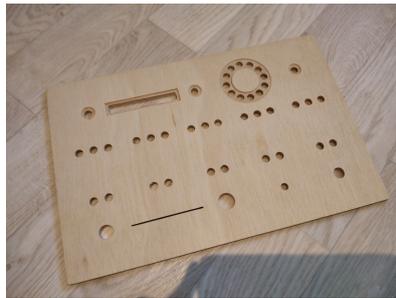
Im Anschluss an das Fräsen der Vertiefungen werden der Schlitz für das lineare Potenziometer und das Rechteck für den dazugehörigen LED-Streifen gefräst. Das Nutzen der CNC-Fräse bietet den Vorteil, dass die Größe genau festgelegt werden kann, das Ergebnis sehr genau wird und die gewünschte Form ohne eine Verbindung zum Rand in der Mitte des Holzes entfernt werden kann. Für das anschließende Bohren der 44 Löcher wird dennoch auf das klassische Bohren gesetzt, da es schneller umgesetzt werden kann und leiser ist (siehe Abbildung 4.6d).

Für jedes Ein- und Ausgabeelement werden unterschiedlich große Löcher gebraucht, um die Komponenten zu befestigen. Die Löcher, die für den Einbau der Komponenten benötigt werden, werden mithilfe der für die jeweilige Komponente passenden Bohrergröße gebohrt. Beim Bohren muss vor-

sichtig gearbeitet werden, da das verwendete Sperrholz zu starken Aufsplittungen tendiert und diese möglichst minimal gehalten werden sollen.

Für das Stromkabel und den Lautsprecher wird zusätzlich an der Seite der Kiste jeweils ein Loch angebracht. Nach dem Bohren und Fräsen werden alle Vertiefungen und Löcher mit Schleifpapier abgeschliffen, damit die Oberflächen glatt sind und keine Verletzungsgefahr bieten.

Die Holzkiste und das Brett sind damit fertig für das Einbauen der Komponenten vorbereitet (siehe Abbildung 4.7).



(a) Fertige Oberseite mit Löchern und Vertiefungen.



(b) Kiste mit Oberseite.

Abbildung 4.7: Fertige Oberseite mit Löchern und Vertiefungen in der Kiste (eigene Abbildung).

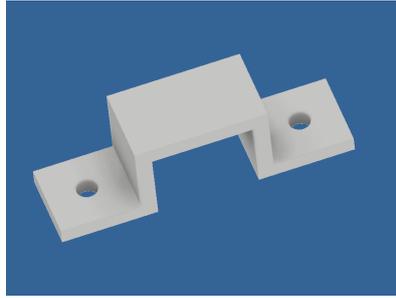
4.2.6 Befestigen der Bauteile an der Kiste

Die mit Kabeln vorbereiteten Komponenten werden an der Platte angebracht. Die Knöpfe und die Steckbuchsen, die eine integrierte Schraub- oder Steckverbindung haben, werden mit dieser an den dafür vorgesehenen Löchern befestigt.

Die übrigen Elemente werden von unten in die entsprechenden Löcher gesteckt und mit kleinen Holzschrauben an der Unterseite der Platte fixiert. Für die Befestigung wird sich gegen Kleben und für Schrauben entschieden, weil Schrauben eine sichere Fixierung gewährleisten, aber trotzdem die Möglichkeit bieten, dass Teile ausgetauscht werden könnten.

Bei dem Drehencoder werden zum Befestigen die Löcher genommen, die in der Platine sind, auf der der Drehencoder verbaut ist. Da zwischen der Platine und der Platte ein Abstand besteht, der dazu führen würde, dass der Drehencoder schief festgeschraubt wird, wird dieser mit Abstandshaltern überbrückt.

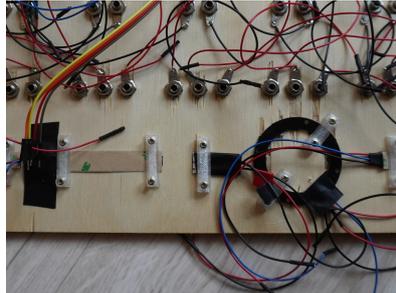
Die anderen Elemente, die keine direkte Befestigungsmöglichkeit bieten, erhalten kleine Bügel, die auf das Teil gesteckt und am Brett festgeschraubt werden (siehe Abbildung 4.8). Für die Abstandhalter und Bügel werden die Bauteile ausgemessen und passende 3D-Modelle für jedes Bauteil konstruiert. Die 3D-Modelle werden in einem 3D-Programm, z. B. Autodesk Inventor erstellt und mit einem 3D-Drucker gedruckt.



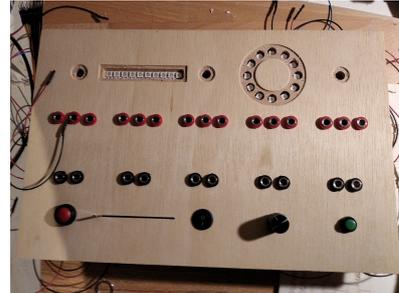
(a) 3D-Modell für den Halter des Schiebepotenzio- meters.



(b) 3D-Drucker beim Drucken der Hal- ter.



(c) Befestigung der Komponenten mit den gedruckten Haltern.



(d) Platte nach dem Befestigen der Bauteile.

Abbildung 4.8: Befestigen der Bauteile an der Kiste (eigene Abbildung).

4.2.7 LED-Abdeckungen

Für die LEDs soll es zum Schutz der Augen eine Abdeckung mit einem lichtdurchlässigen Material geben. Dafür wurden unterschiedliche Materialien bereits vor dem Bohren und Fräsen getestet, da die Auswahl des Materials Einfluss auf die Verarbeitung der Oberseite des e-Activity-Boards nimmt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgt die Gegenüberstellung in diesem Abschnitt.

Bei der Auswahl des Materials ist wichtig, dass selbst nach der Abdeckung der LEDs die Farben richtig dargestellt werden und es eine Möglichkeit gibt, die Abdeckung optisch ansprechend in das e-Activity-Board zu integrieren.

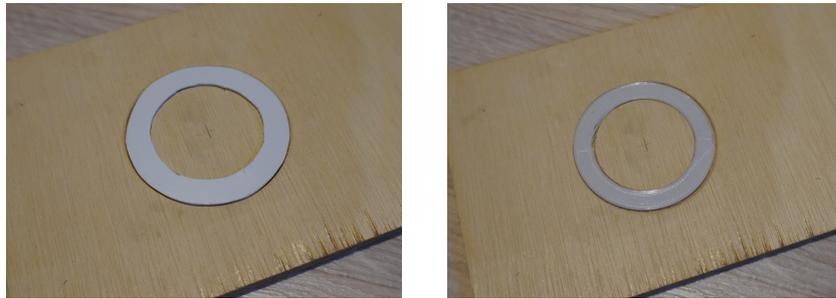
Folgende Materialien werden getestet und untersucht:

1. Eine sehr dünne Holzschicht (0,2 mm). Die Holzschicht über der LED wird mit einer CNC-Fräse so weit abgetragen, dass eine 0,2 mm dicke Schicht des Holzes übrig bleibt. Dies hat den Vorteil, dass die LEDs verbaut werden können, ohne dass sie sich optisch absetzen. Sie würden dann vollständig unter dem Holz verschwinden. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass selbst bei dieser geringen Dicke des Holzes die Farben nicht getreu durchleuchten. Egal, welche Farbe angesteuert wird, scheint durch das Holz nur rotes Licht.

Die weiteren Tests erfolgen mit unterschiedlichen Kunststoffen, weil diese sich in die gewünschte Form bringen lassen, ein langlebiges Ergebnis liefern und ein sicheres Produkt für Kinder ermöglichen (vgl. Bühler et al., 2019, S. 50-51). Um den Kunststoffanteil so gering wie möglich zu halten, soll jedes LED-Element eine einzelne Abdeckung bekommen. Im Gegensatz zu einer Platte, die über allen LEDs montiert wird, gewährleistet dies, dass die LED-Elemente auch unterschieden werden können, wenn keine LED leuchtet.

2. Die nächste Idee besteht darin, ein mattes Plexiglas zu nutzen. Dieses Material ermöglicht eine hochwertige Optik, wird aber für den Prototyp aufgrund der schwierigen Weiterverarbeitung, da es nicht in die gewünschte Form gebracht werden kann, verworfen.
3. Da ein halbtransparentes Material, wie schon beim Plexiglas, zur Abschirmung des Lichts der LEDs sinnvoll erscheint, wird als nächstes ein 3D-Modell für die Abdeckung entworfen, um sie mit einem 3D-Drucker zu drucken. Dabei besteht zunächst die Idee, ein transparentes 3D-Druck-Material zu nutzen, da dieses beim Auftragen in Schichten zu einem milchigen Ergebnis führt. Das Problem mit diesem Material ist, dass die Herstellungsart des 3D-Drucks dazu führt, dass sich die Farben der LEDs aufspalten und kein schönes Farbergebnis zu sehen ist. Leuchten die LEDs in einer Mischfarbe wie zum Beispiel pink, wird diese durch das Material in die Einzelfarben blau und rot zerlegt und die Mischfarbe ist nicht mehr erkennbar. Da gerade das Mischen der Farben eine Kernkomponente des e-Activity-Boards ist, erscheint dieses Ergebnis nicht zufriedenstellend.
4. Im nächsten Schritt wird eine 1 mm dicke weiße Kunststoffplatte getestet. Da das Material bereits in der gewünschten Farbe und Dicke vorliegt, wird direkt die Lichtdurchlässigkeit erprobt. Das Licht der LEDs scheint gut durch, ohne zu blenden und die Mischfarben zu zerlegen. Bei diesem Material stellt sich das Problem heraus, dass es sich nicht gut in die richtige Form bringen lässt. Es ist zwar mit Schere und Messer bearbeitbar, jedoch nicht in angemessener Qualität (siehe Abbildung 4.9a).
5. Daher führt der Weg zurück zum 3D-Drucker, diesmal mit einem weißen Material. Das Ergebnis war sehr zufriedenstellend. Das Licht scheint wie gewünscht hell, aber nicht blendend hindurch und die Farben bleiben farbecht. Außerdem lässt sich das Material sehr akkurat einpassen. Mit einem 3D-Modell können millimetergenaue Abdeckungen gedruckt werden, sodass sie optimal an die gefrästen Vertiefungen im e-Activity-Board passen. Bei der Dicke des Materials

werden 1,2 mm genutzt, um genügend Stabilität und eine gute Lichtdurchlässigkeit zu haben (siehe Abbildung 4.9b).



(a) Test der LED-Abdeckung mit der weißen Kunststoffplatte. (b) Test der LED-Abdeckung mit weißem Material aus dem 3D-Drucker.

Abbildung 4.9: Tests der LED-Abdeckungen (eigene Abbildung).

Nach der Auswahl des Materials wird für jedes LED-Element eine passende Abdeckung mit dem 3D-Drucker gefertigt und anschließend in die gefräste Vertiefung geklebt (siehe Abbildung 4.10).

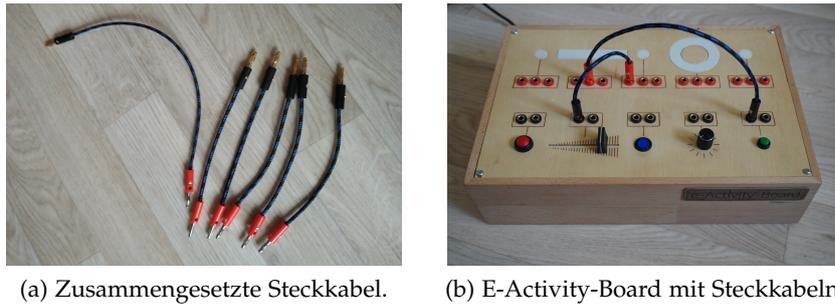


Abbildung 4.10: E-Activity-Board mit LED-Abdeckungen (eigene Abbildung).

4.2.8 Steckkabel zum Verbinden der Komponenten

Die Steckkabel bestehen aus einpoligen Kabeln, Bananensteckern und einem Textilschlauch, der das Kabel ummantelt, um eine schönere Haptik der Kabel zu erreichen.

Für die Zusammensetzung der Einzelteile werden die Kabelenden verzinkt, damit die einzelnen Fasern beim Anbringen des Textilschlauchs nicht



(a) Zusammengesetzte Steckkabel.

(b) E-Activity-Board mit Steckkabeln.

Abbildung 4.11: Steckkabel zum Verbinden der Komponenten (eigene Abbildung).

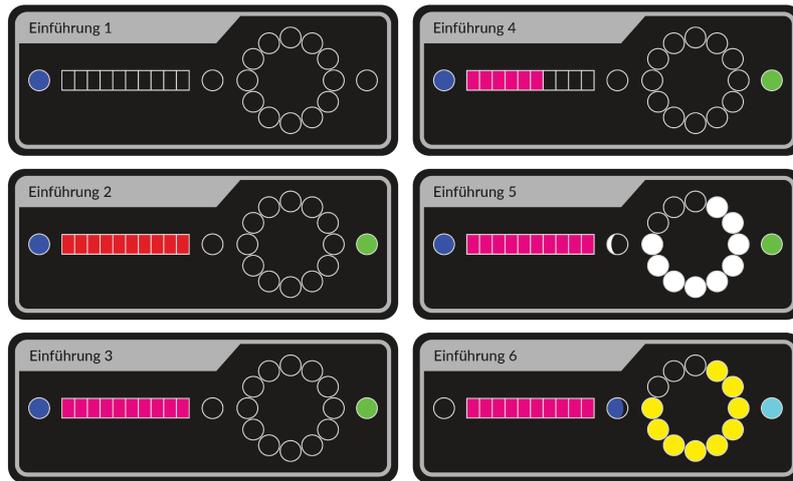
so leicht abbrechen. Die Enden des Textilschlauchs werden mit einem Feuerzeug versiegelt, damit sie nicht aufdröseln. Anschließend wird der Textilschlauch über das Kabel gesteckt. Der Übergang zwischen Kabel und Textilschlauch wird zur Fixierung mit einem Schrumpfschlauch verbunden. Der Textilschlauch neigt sonst dazu, sich nach innen zu ziehen. Anschließend wird an dem einen Ende ein roter Bananenstecker und an dem anderen ein schwarzer befestigt. Dafür werden die Kabelenden in die Buchse gesteckt und mit einer Schraube fixiert. Für den Prototyp werden fünf kurze Kabel mit einer Länge von 15 cm und drei lange Kabel mit einer Länge von 30 cm angefertigt (siehe Abbildung 4.11).

4.2.9 Karten zum Nachstecken

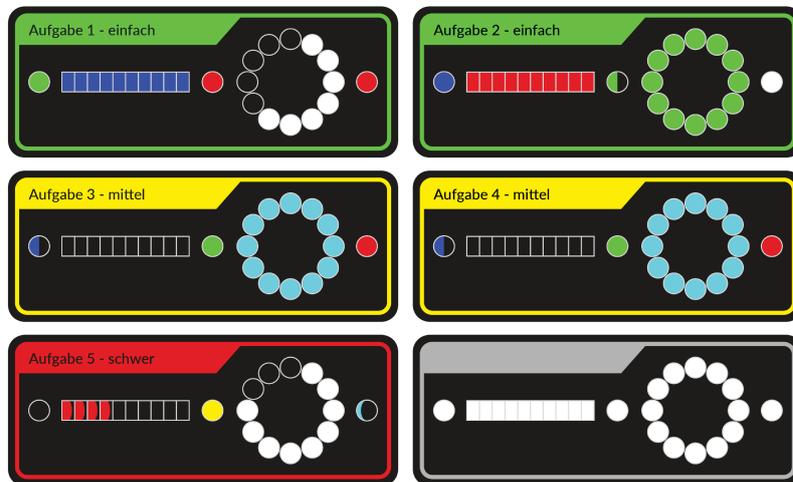
Die Karten zum Nachstecken werden in der angefertigten Vorlage umgesetzt, indem die Felder in den gewünschten Farben eingefärbt werden. Zunächst werden zwölf Karten entworfen. Mit sechs Karten wird eine Einführung in das Stecksystem gegeben; die Karten bauen aufeinander auf, sodass von einer zur nächsten Karte maximal zwei Kabel umgesteckt werden müssen (siehe Abbildung 4.12a).

Die sechs weiteren Karten werden so entworfen, dass jeweils zwei Karten der Kategorie einfach, mittel und schwer angehören (siehe Abbildung 4.12b).

Die Karten werden ausgedruckt, ausgeschnitten und zum Schutz laminiert (siehe Abbildung 4.12c). Ergänzend werden Blankokarten zur Verfügung gestellt, die ebenfalls laminiert und dann mit Filzstiften auf Alkoholbasis von den Nutzer_innen selbst gestaltet werden können. Dies ermöglicht Kindern, den Denkprozess umzukehren, Karten selbst zu gestalten und zu überprüfen, ob das Nachstecken der selbstgestalteten Karten möglich ist.



(a) Entwürfe der Einführungssteckkarten.



(b) Entwürfe für weitere Steckkarten und der Blankokarte.



(c) Gedruckte und laminierte Steckkarten.

Abbildung 4.12: Beispiellentwürfe für Steckkarten (eigene Abbildung).

4.3 HARDWAREUMSETZUNG MIT ARDUINO

Ist die Konstruktion der äußeren Hardware abgeschlossen, folgt im nächsten Schritt die Umsetzung der inneren Hardware, bei der die elektronischen Komponenten mit dem Arduino verbunden werden.

4.3.1 *Arduino*

Bei den Erklärungen zum Arduino werden vor allem die Inhalte betrachtet, die für die Entwicklung des Activity-Boards wichtig sind.

Arduino ist ein Paket aus einer Hardwarekomponente, einem Mikrocontroller und der Software Arduino IDE, mit der sich die Hardware programmieren lässt. Bei der Hardware gibt es neben dem originalen Arduino-Produkt eine Vielzahl von Mikrocontrollern, die technisch dem Arduino entsprechen oder sich ebenfalls mit der Arduino IDE programmieren lassen. Die Arduino-Familie eignet sich besonders dafür, eigene Ein- und Ausgabelemente zu steuern (vgl. Badamasi, 2014, S. 1-2). Mit unterschiedlichen Ein- und Ausgabelementen, die mit dem Arduino verknüpft werden, können so die unterschiedlichsten Projekte umgesetzt werden, die ohne einen zusätzlichen Computer oder Bildschirm eigenständig funktionieren. Lediglich zum Aufspielen eines Programmes wird ein Computer benötigt. In der Entwicklungsumgebung für den Arduino, die kostenlos heruntergeladen werden kann, werden die Programme in „einer speziell angepassten Version der Sprache C“ programmiert und dann vom Compiler übersetzt (vgl. Jänisch und Donges, 2017, S. 9). Mittels einer USB-Schnittstelle wird das Programm auf den Arduino übertragen und kann dann ausgeführt werden.

In der Familie der Mikrocontrollerboards Arduino gibt es unterschiedliche Varianten, die sich im verbauten Chip, den zur Verfügung stehenden Pins und der Größe unterscheiden. Je nach Projekt kann individuell der passende Mikrocontroller ausgewählt werden (vgl. Jänisch und Donges, 2017, S. 223-224).

Der **Arduino Uno** wird auch als Einsteiger-Board bezeichnet; dieser ist am weitesten verbreitet und ermöglicht über die angelöteten Buchsen für die Steckkabel einen schnellen Einstieg und eine gute Übersicht (vgl. Badamasi, 2014, S. 1). Mit seinen 14 digitalen Pins und 6 analogen Pins kann eine Vielzahl von Projekten umgesetzt werden. Über einen USB-B Anschluss wird der Arduino zur Datenübertragung an den PC angeschlossen. Die Stromversorgung kann entweder über den USB-Anschluss (5 Volt) erfolgen oder über den separaten Netzstecker mit einem Netzteil von 7-12 Volt. Der Arduino hat eine Größe von 68,6 x 53,3 mm.

Der **Arduino Nano** ist deutlich kleiner als das vorher beschriebene Modell. Mit den Maßen von 45 x 18 mm ist er nur ca. ein Viertel so groß, wobei er die gleiche Anzahl an digitalen Pins und mit 8 analogen Pins sogar zwei mehr hat als der Arduino Uno. Gerade für Projekte mit wenig Platz eignet sich der Arduino Nano besonders gut. Die Stromversorgung und Datenübertragung wird bei dem Arduino Nano über einen Mini-USB-Anschluss gewährleistet.

Der **Arduino Mega** ist, wie es der Name schon vermuten lässt, größer. Der Aufbau ähnelt dem Arduino Uno. Er ist jedoch mit den Maßen 101,6 X 53,3 mm 33 mm länger als der Arduino Uno und bietet mit seinen 54 digitalen Pins und 16 analogen Pins viele Pins zur Steuerung von Ein- und Ausgabelementen.

Zwei weitere Mikrocontroller, die als Beispiel noch erwähnt werden, sind der **ATtiny** und der **Esp8266**. Beide Mikrocontroller sind keine Arduinos, gehören aber zur Arduino-Familie und können ebenfalls mit der IDE programmiert werden. Der **ATtiny** zeichnet sich besonders durch seine kleine Größe (knapp 1 x 1 cm) aus, hat dafür aber nur zwei digitale Pins. Der **Esp8266** hat ebenfalls nur zwei digitale Pins, überzeugt aber durch das integrierte WLAN-Modul. Beide haben keinen direkten USB-Anschluss und müssen zur Programmübertragung in ein extra Programmierboard gesteckt oder an einen Arduino angeschlossen werden. Im Gegensatz zum Arduino verfügen diese Modelle über keine integrierte USB-Buchse zur Stromversorgung, sondern eine Spannung von 3,3 Volt muss direkt an die entsprechenden Pins angelegt werden.

Da für die Umsetzung der ersten beiden Ebenen des e-Activity-Boards 11 analoge und 11 digitale Pins benötigt werden, wird für den Prototyp der Arduino Mega genutzt und referenziert. Dieser wird im Folgenden nur noch Arduino genannt.

4.3.2 *Unterschiedliche Pins des Arduino Mega*

Für die weitere Entwicklung und Verbindung der Komponenten mit dem Arduino ist entscheidend zu wissen, wie der Arduino aufgebaut ist und welche unterschiedlichen Pins zum Auslesen und Ansteuern von Ein- und Ausgabelementen benötigt werden (siehe Abbildung 4.13). Nachfolgend wird vor allem auf die Pins eingegangen, die für die weitere Entwicklung des e-Activity-Boards relevant sind.

Digitale Pins messen einen Spannungswert, der entweder 0 oder 5 Volt sein kann. Sie werden zum Ansteuern und Auslesen benötigt, wenn die Ein- und Ausgabelemente nur zwei Zustände einnehmen können. Ist das Ein- oder Ausgabelement auf *an* gestellt, werden 5 Volt übergeben; ist es *aus*, werden 0 Volt übergeben. Die digitalen Pins sind die Pins 0 - 54.

Analoge Pins messen bei Eingabelementen einen Spannungswert, der zwischen 0 und 5 Volt liegt. Dieser wird durch einen 8-Bit-analog-zu-digital-Konverter in einen Wertebereich von 0 bis 1023 umgewandelt. Analoge Pins können nur Spannungen auslesen. Sollen unterschiedliche Spannungen ausgegeben werden, erfolgt dies über eine Simulation über die digitalen PWM-Pins. Die analogen Pins sind die Pins A0 - A15.

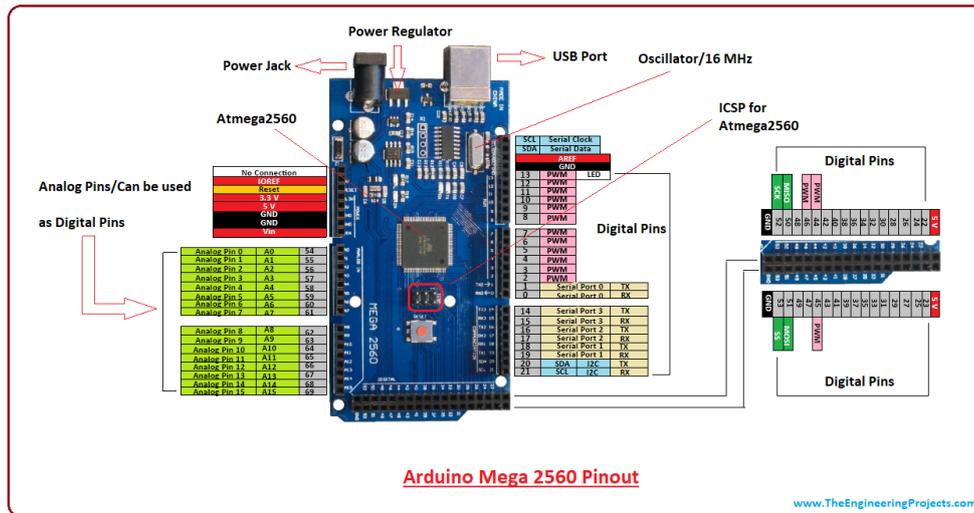


Abbildung 4.13: Arduino Mega Pinout (Aqeel, 2018).

PWM⁵-Pins übermitteln Impulse, die unterschiedliche Längen für *An* und *Aus*-Werte mitgeben. Diese Zeiträume sind so kurz, dass sie fürs menschliche Auge nicht sichtbar sind. Darüber lässt sich zum Beispiel die Helligkeit von LEDs steuern, indem die LEDs so schnell *an*- und *ausgemacht* werden, dass sich die Helligkeit der LEDs für den Menschen verändert. Die PWM-Pins sind die digitalen Pins 2-13 und 44-46.

Interrupt-Pins sind digitale Pins, die eine höhere Priorität haben und „ermöglichen, dass Prozesse automatisch ablaufen und dazu beitragen, Ablaufprobleme zu lösen“ (vgl. Arduino.cc, 2021). Die Interrupt-Pins können Eingaben erfassen, ohne dass sie in der Hauptfunktion des Programms an der Reihe sein müssen. Bei der Umsetzung des e-Activity-Boards ist das für die Umsetzung des Drehencoders notwendig, damit jede Eingabe des Drehencoders erfasst wird. Der Arduino Mega hat 6 Interrupt-Pins, die auf digitalen Pins 2-3 und 18-21 liegen.

Für die Stromversorgung der Elemente hat der Arduino Pins, die für unterschiedliche Komponenten **5 Volt** oder **3,3 Volt** ausgeben können. Für die Erdung der Komponenten hat der Arduino mehrere **Ground-Pins (GND)**.

Zur Unterscheidung der Pins ist die Funktion mit Abkürzungen auf die Platine des Arduinos gedruckt.

4.3.3 Elektronikkomponenten anschließen

Die Elektronikkomponenten werden im Rahmen des Prototyps mit Steckkabeln direkt mit dem Arduino oder einem Breadboard verbunden. Das Breadboard ermöglicht ein Zusammenführen von Kabeln oder die Zwischenschaltung eines Widerstandes und gewährleistet ein Ausprobieren und Verändern der Schaltungen ohne Lötvorgänge.

5 Pulsweitenmodulation

Die Eingabelemente werden je nach Typ unterschiedlich mit dem Arduino verbunden. Digitale Eingabelemente, die als Rückgabewert nur *Ein* oder *Aus* übermitteln, werden an digitale Pins angeschlossen. Die drei Schalter, die je zwei Schalterstellungen haben, werden nach der gleichen Vorgehensweise an den Arduino angeschlossen. Die Schalter haben zwei Kontakte. Einer der Kontakte wird mit der *Spannungsversorgung*, dem 5 Volt Pin des Arduinos, verbunden; der zweite Kontakt wird mit einem 10 kOhm Widerstand an *Ground* angeschlossen. Der Widerstand sorgt dafür, dass die Spannung wieder abgebaut werden kann, wenn der Schalter in den *Aus*-Zustand wechselt. Zusätzlich geht von diesem Kontakt ausgehend ein zweites Kabel in einen digitalen Pin, der liest, ob eine Spannung anliegt. Die Pins für die Schalter werden, wie der Abbildung 4.14 zu entnehmen ist, wie folgt zugeordnet. Der rote Schalter ist mit dem digitalen Pin 22 verbunden, der blaue Schalter mit dem Pin 26 und der grüne Schalter mit dem Pin 30.

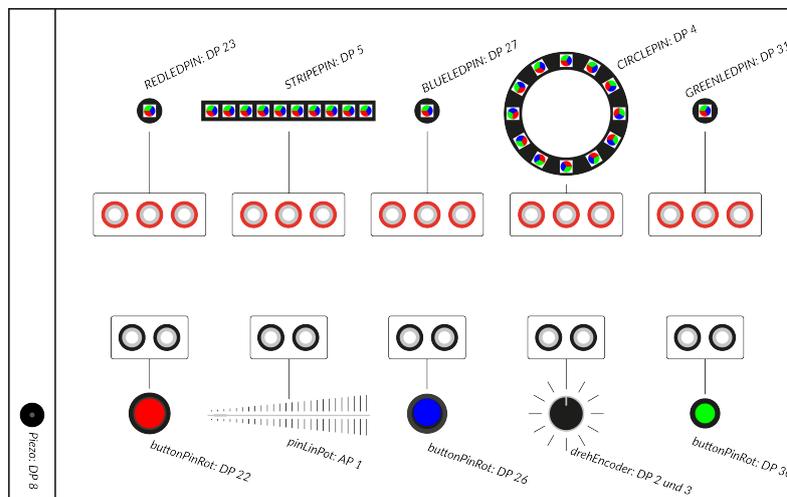


Abbildung 4.14: Übersicht der Pinbelegung der Ein- und Ausgabelemente (eigene Abbildung).

Der Drehencoder (KY-040) wird ebenfalls über digitale Pins ausgelesen. Der Drehencoder hat fünf Kontakte, wovon für das Auslesen der Drehbewegung vier benötigt werden. Mit dem fünften Pin kann der integrierte Tastschalter des Moduls ausgelesen werden. Da er in der Umsetzung nicht verwendet wird, wird auf ihn nicht weiter eingegangen.

Der Pin *CLK* (Serial Clock) und der Pin *DT* (Data) werden als Datenpins für das Auslesen der Drehbewegung benötigt. Der *+Pin* wird mit der *Spannungsversorgung* verbunden; der *GND-Pin* mit *Ground* des Arduinos. Für das korrekte Auslesen des Drehencoders ist wichtig, dass die beiden Datenpins an Interrupt-Pins des Arduinos liegen. In dieser Umsetzung werden der Pin 2 für *Data* und Pin 3 für *Serial Clock* genutzt.

Das letzte Eingabelement ist der Schieberegler, ein lineares Potenziometer. Dies ist ein analoges Eingabelement, welches nicht nur zwei, sondern 1024 Werte zurückgibt. In dem linearen Potenziometer ist ein Metall als Widerstand verbaut. Wird der Schieberegler bewegt, verändert sich die gemessene Spannung. Je mehr Länge des Widerstands zwischen der Abnahme der

Spannung liegt, desto kleiner wird der Wert, der vom Arduino ausgelesen wird.

Das lineare Potenziometer hat zwei mal drei Kontakte. Eines der Sets wird an den Arduino angeschlossen und ausgelesen. Das zweite Set kann zum Beispiel direkt mit einem Lautsprecher verbunden werden, ohne dass es zuvor vom Arduino ausgewertet wird. Die Kontakte werden, wie der Abbildung 4.15a zu entnehmen ist, mit *Ground (GND)*, der *Spannungsversorgung (VCC)* und dem analogen Pin *A1 (DT)* des Arduinos verbunden.



Abbildung 4.15: Visualisierung der Pinbelegung einzelner Komponenten (eigene Abbildung).

Für die visuelle Ausgabe werden die fünf LED-Elemente angeschlossen. Durch die Verwendung der LEDs WS2812 muss nicht jede LED über einen einzelnen Pin angeschlossen werden, sondern der LED-Streifen und der LED-Kreis können jeweils über einen Pin gesteuert werden. Die LEDs haben einen Dateneingangspin und einen Datenausgangspin, über den Daten an die nachfolgenden LEDs weitergegeben werden können (siehe Abbildung 4.15b). Der Dateneingangspin der ersten LED eines Elements wird mit einem digitalen Pin des Arduinos verbunden. Die anderen beiden Kontakte werden mit der *Spannungsversorgung* und *Ground* verbunden. Bei dem LED-Streifen und dem LED-Kreis, die mehr als eine LED haben, werden die LEDs hintereinander an den Kontakten *Ground*, *5 Volt* und *Daten-In* an *Daten-Out* zusammengelötet. Werden bereits fertige LED-Streifen oder Kreise genutzt, sind diese Verbindungen schon im Bauteil gegeben. Die LED, die mit dem roten Knopf verbunden ist, ist am digitalen Pin 23, die mit dem blauen Knopf verbunden ist, an Pin 27 und die letzte Einzel-LED an Pin 31. Der LED-Streifen ist an Pin 5 und der LED-Kreis an Pin 4 angeschlossen.

Ergänzend zu dem visuellen Feedback gibt ein Piezo akustisches Feedback. Dieser hat einen Kontakt für die *Spannungsversorgung* und einen *Ground-Kontakt*. Der *Ground-Kontakt* wird mit *Ground* des Arduinos verbunden. Der Kontakt für die *Spannungsversorgung* kann direkt an einem digitalen Pin angeschlossen werden. In dieser Umsetzung wird zwischen den Pin und den Piezo noch ein Drehpotenziometer angeschlossen, welches es ermöglicht, die Lautstärke zu verändern. Die Lautstärke verändert sich beim Drehen des Potenziometers nur im letzten Drittel des Drehbereichs, weil in den ersten zwei Dritteln der Widerstand des Potenziometers so groß ist, dass kein Ton zu hören ist. Deshalb ist das Drehpotenziometer in dieser Prototypumsetzung für die Anwender_innen nicht zugänglich, sondern verbleibt nach dem Einstellen der passenden Lautstärke in der Kiste des e-Activity-Boards. Das Drehpotenziometer hat wie das lineare Potenziometer

drei Kontakte. Der Datenpin wird mit dem *+Pin* des Piezos, der *Ground-Pin* mit Ground des Piezos und der *VCC* mit einem digitalen Pin (Pin 8) des Arduinos verbunden.

4.3.4 Steckbuchsen anschließen

Für die Umsetzung der individuellen Kombination der Ein- und Ausgabeelementen werden die angebrachten Steckbuchsen mit dem Arduino verbunden. Die Verbindungen zum Arduino müssen so hergestellt werden, dass mit dem Arduino ausgelesen werden kann, welches Eingabeelement mit welchem Ausgabeelement verbunden ist.

Umgesetzt wird dies mit Stromkreisläufen, die geschlossen werden, wenn ein Kabel zwischen ein Eingabe- und ein Ausgabeelement gesteckt wird. Zur Unterscheidung der Elemente bekommt jedes Ausgabeelement einen individuellen Vorwiderstand, der zwischen die Verbindung zur *Spannungsversorgung* und der Steckbuchsen des Elementes geschaltet wird. Beim Auslesen der Spannung unterscheidet sich diese je nach Vorwiderstand und ermöglicht eine eindeutige Zuordnung der Steckverbindung. Um die Spannung auszulesen, wird jede Buchse eines Eingabeelements mit einem analogen Pin des Arduinos verbunden. Zusätzlich wird mit einem 10 kOhm Widerstand die Verbindung zu *Ground* hergestellt (siehe Abbildung 4.16). Der 10 kOhm Widerstand dient als Pulldownwiderstand und lässt die Spannung abfallen, wenn die Verbindung gelöst wird.

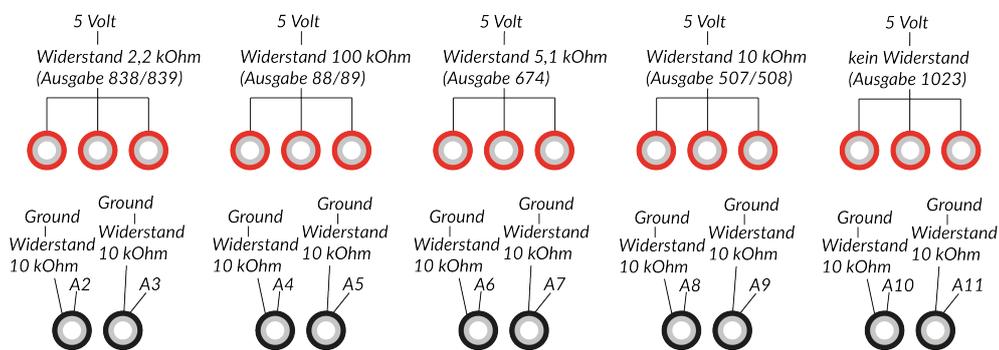


Abbildung 4.16: Übersicht der Pinbelegung der Steckbuchsen (eigene Abbildung).

Wird ein Kabel zwischen eine Eingabebuchse und eine Ausgabebuchse gesteckt, wird der Stromkreis geschlossen und der Arduino liest die Spannung, die durch den vorgeschalteten Widerstand entsteht, aus.

Für die Umsetzung mit fünf Ausgabeelementen werden fünf unterschiedliche Spannungen benötigt, die ausgelesen werden können. Die Auswahl der Widerstände wird durch ein Script, welches die Ausgabewerte der einzelnen Widerstände anzeigt, getestet. Da der Pulldownwiderstand 10 kOhm groß ist, müssen auch die Widerstände, die die unterschiedlichen Spannungen erzeugen, in dieser Größenordnung liegen, weil sich die Spannung zwischen den beiden Widerständen aufteilt. Liegt der Widerstand einer Steckbuchse bei 10 kOhm, ist der ausgegebene Wert ca. 511, also die Hälfte des Spek-

trums, das ausgegeben werden kann. Für die Steckbuchsen werden nach Ausmessen der Werte die Widerstände 3,2 kOhm, 100 kOhm, 5,1 kOhm und 10 kOhm verwendet. Die drei Steckbuchsen des letzten Elements werden ohne Widerstand direkt mit 5 Volt verbunden. Daraus ergeben sich folgende analog gemessene Werte, die der Arduino ausliest.

- Kein Widerstand: Ausgabe ca. 1023
- Widerstand mit 3,2 kOhm: Ausgabe ca. 770
- Widerstand mit 5,1 kOhm: Ausgabe ca. 674
- Widerstand mit 10 kOhm: Ausgabe ca. 511
- Widerstand mit 100 kOhm: Ausgabe ca. 88

Bei der Auswahl der Widerstände ist es wichtig, dass die Werte nicht zu nah beieinander liegen, weil die Werte leichte Schwankungen aufweisen. Unterscheiden sich die Werte stark, ermöglicht eine Eingrenzung in einen Wertebereich die spätere Zuordnung im Programm.

Durch die dicken Steckkabel, die auf dem e-Activity-Board gesteckt sind, werden die unterschiedlichen Stromkreisläufe geschlossen und jedes Eingabeelement prüft über den analogen Pin, wie viel Spannung fließt. Nachdem die Spannung erfasst ist, wird über das Programm geregelt, was mit welchem Ausgabeelement passiert und an die Ausgabeelemente übermittelt: Die LEDs leuchten!

4.3.5 Stromversorgung des Arduinos

Damit das e-Activity-Board betrieben werden kann, ist die Stromversorgung des Arduinos erforderlich. Die im Konzept geplante Variante mit einem Schalter zum Einschalten, dem Akku und dem Laderegler lässt sich mit den zur Verfügung stehenden technischen Mitteln nicht umsetzen, weil das Seitenholz der Kiste zu dick ist, um für den Schalter und den Laderegler ein passendes Loch zu fertigen.

Daher soll die Stromversorgung zunächst über das USB-Kabel des Arduinos erfolgen. Diese Umsetzung hat den Vorteil, dass die Programmierschnittstelle für die weitere Umsetzung des Prototyps offen bleibt, auch wenn die Kiste des e-Activity-Boards geschlossen wird. Um den Stecker von außen in den Arduino zu stecken, wird ein seitliches Loch benötigt, das so groß ist, dass der Stecker vom USB-Typ-B hindurch passt. Das stellte sich das Problem dieser Umsetzung dar. Aufgrund der Größe des USB-B-Steckers hätte ein Loch mit 20 mm Durchmesser gebohrt werden müssen. Von dieser Umsetzung wird aufgrund der optischen Ansprüche Abstand genommen, weil die Lochgröße nur benötigt wird, um den Stecker hindurch zu stecken; nach dem Einstecken des Steckers würde lediglich das Kabel mit 4 mm Durchmesser in diesem Loch liegen. In einer professionellen Fertigung könnte durch

den Einsatz anderer Holzstärken und Holzbearbeitungsmöglichkeiten dieses optisch ansprechender gelöst werden, wenn eine Öffnung, die genau für die USB-B-Buchse passt, aus dem Holz herausgearbeitet wird.

Eine weitere Überlegung war es, nicht den USB-Anschluss für die Stromversorgung zu nutzen, sondern die Buchse des Arduinos für die externe Stromversorgung. Dieser Stecker ist klein und rund und könnte daher durch ein gebohrtes Loch gesteckt werden. Es gibt jedoch zwei Nachteile, die gegen diese Lösung sprechen. Zum einen wird für die externe Stromversorgung ein Netzteil mit 7-12 Volt benötigt, welches einen direkten Zugang zur Steckdose bei der Nutzung des e-Activity-Boards erforderlich machen würde. Dies ist für die Anwendung des e-Activity-Boards unpraktisch, da die Mobilität des e-Activity-Boards dadurch eingeschränkt wird. Außerdem bietet diese Möglichkeit keinen Zugang zur Programmierschnittstelle und Änderungen an der Software können nur erfolgen, wenn das e-Activity-Board offen ist. Das ist gerade für den ersten Prototyp unpraktisch, da die Kiste trotz eingerichteter Hardware geöffnet werden muss, um Softwareänderungen vorzunehmen.

Um die Programmierschnittstelle offen zu lassen und das e-Activity-Board mobil einsetzen zu können, wird das Problem vorerst so gelöst, dass die Stromversorgung über ein USB-Kabel gewährleistet wird. Zum Umgehen des oben genannten Problems, wird ein USB-Kabel mit einem USB-Typ-A-Stecker verwendet, welches an einer Seite des Kabels keinen Stecker hat. Für die Dicke des Kabels wird ein Loch gebohrt, sodass das Kabelende in die Kiste gesteckt werden kann. Anschließend wird ein USB-B-Stecker angelötet.

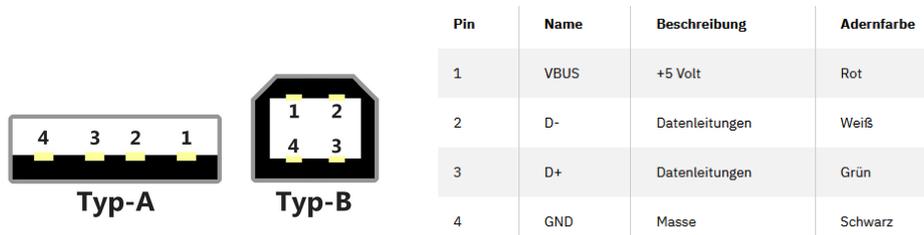


Abbildung 4.17: Pinout USB-Typ-A und USB-Typ-B (vgl. Kolkman, 2018).

Das fertige Kabel kann nun mit der USB-Buchse des Arduinos verbunden werden. Das andere Ende kann entweder für die Programmierung in einen PC oder für die Stromversorgung in ein 5-Volt-Netzteil bzw. eine Powerbank gesteckt werden. Diese Lösung ist zwar für eine professionelle Umsetzung nicht optimal, für die aktuellen Möglichkeiten und Einsatzzwecke jedoch der beste Kompromiss, weil die Programmierschnittstelle zugänglich und das e-Activity-Board mobil bleibt. Der einzige Nachteil hierbei ist, dass eine zusätzliche Komponente, der Netzstecker oder der externe Akku, für den Betrieb benötigt wird.

4.4 SOFTWAREUMSETZUNG

Die Software wird in der Arduino IDE geschrieben, kompiliert und auf den Arduino geladen. Sie verknüpft die Hardwarekomponenten und steuert die Funktionen, die ausgeführt werden sollen.

4.4.1 Allgemeiner Programmaufbau

Die Arduino Programme *Sketches* haben einen klar definierten Aufbau. Im ersten Teil können globale Variablen und die Belegung von Pins definiert werden. In diesem Abschnitt werden auch Bezugsdateien oder Bibliotheken, auf die im Programm zugegriffen wird, eingebunden (vgl. Jänisch und Donges, 2017, S. 195-200).

Danach beginnt das Programm mit der *setup-Funktion*. Diese Funktion wird, sobald das Programm startet, einmal ausgeführt. Es kann in diesem Abschnitt festgelegt werden, mit welchen Pins In- oder Outpotelemente verknüpft sind. Bestimmte Elemente erfordern ein Startsignal, welches in der *setup-Funktion* gegeben wird.

Die zweite vordefinierte Funktion ist die *loop-Funktion*. Die *loop-Funktion* ist der Kernbestandteil des Programms und wird, wie der Name impliziert, wiederholt ausgeführt, bis das Programm durch einen Befehl beendet oder das Gerät vom Strom getrennt wird. Nach der *loop-Funktion* können eigene Funktionen definiert werden, die eine Strukturierung und Vereinfachung des Programms ermöglichen.

Arduino erlaubt das Einbinden von Dateien oder Bibliotheken. Programm-inhalte oder Referenzen werden ausgelagert, können aber im Programm über den Zugriff auf die Bibliothek verwendet werden. Die Gestaltung der Programminhalte wird damit übersichtlicher und es kann auf Inhalte zurückgegriffen werden, die bereits von Dritten erfolgreich erstellt wurden.

Über den bereitgestellten *SerialMonitor* lassen sich bei Arduino mit dem Befehl *Serial.print* Werte ausgeben. Dies wird zur Unterstützung bei der Programmierung genutzt, um zu sehen, welche Werte an bestimmten Programmstellen entstehen. Darüber können Fehler im Programm schnell gefunden und die Funktionen angepasst werden.

4.4.2 Programmierung

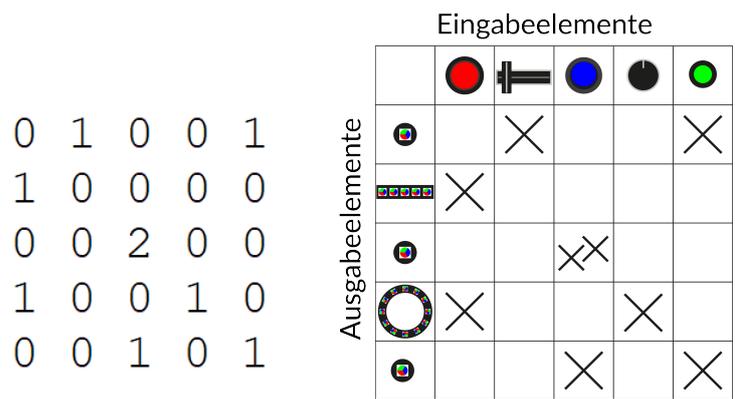
Parallel zur Hardwareumsetzung werden die ersten Tests in der Programmierung durchgeführt. Dafür wird zunächst mit Beispielpogrammen der einzelnen Komponenten gearbeitet, um die grundsätzliche Funktionsweise des Elements zu verstehen. Anschließend wird der Code der Konzeption entsprechend Schritt für Schritt umgesetzt, sodass die Elemente die gewünschten Funktionen ausführen.

Für die Umsetzung des Programms werden drei externe Bibliotheken verwendet, die nach dem Herunterladen im Programm hinterlegt werden:

- Für die Ansteuerung der LED-Streifen wird die Bibliothek *Adafruit_NeoPixel* (GitHub, 2020),
- für eine optimierte Nutzung des Drehencoders wird die Bibliothek *Encoder* (GitHub, 2016) und
- für das vereinfachte Ansteuern der Töne wird die Bibliothek *Notes* (GitHub, 2012) verwendet.

Nach der Definition der Variablen im *Sketch*, der Zuordnung der Pinbelegungen und der Initialisierung der LEDs im *setup*, ist das Programm so aufgebaut, dass zunächst in *CheckChanges* geprüft wird, ob sich der Status eines Bedienelements verändert hat. Dafür werden die aktuellen Werte abgefragt und in dem Array *currentValues* gespeichert. Dieses wird mit dem Array *displayedValues* verglichen, in dem die alten Werte gespeichert sind. Im Array *displayedValues* sind die Werte gespeichert, die die aktuelle Ausgabe definieren und momentan auf dem e-Activity-Board sichtbar sind. Gibt es für einen Wert eine Veränderung, wird dieser in dem Array *displayedValues* überschrieben und in der Variable *inputChanges* wird gespeichert, bei welchem Element die Veränderung stattgefunden hat.

Wenn eine Veränderung der Input-Elemente stattgefunden hat, wird mit den Funktionen *CheckKables* überprüft, zwischen welchen Steckbuchsen Verbindungen bestehen. In *GetOutputElements* werden die durch die Widerstände erzeugten unterschiedlichen Spannungen ausgelesen und ermöglichen eine eindeutige Zuordnung der Steckverbindungen, die dann als Zahl in der 5x5-Matrix *connections* gespeichert werden. In X-Richtung sind die Eingabelemente, in Y-Richtung die Ausgabelemente erfasst. Die Werte der Matrix können 0 für keine Verbindung, 1 für eine Verbindung oder 2 für zwei Verbindungen annehmen (siehe Abbildung: 4.18).



(a) Beispielmatrix *connections*. (b) Visualisierung der Beispielmatrix.

Abbildung 4.18: Beispielmatrix *connections* und Visualisierung der Beispielmatrix (eigene Abbildung).

Nach dem Schreiben der Matrix wird geprüft, ob **keine** Kabelverbindungen vorliegen. Liegt keine Kabelverbindung vor, werden die Matrixwerte in

der Diagonalen von oben links nach unten rechts auf 1 gesetzt. Dies simuliert den Effekt, als wenn zwischen jedem Eingabeelement und dem darüber liegenden Ausgabeelement eine Kabelverbindung bestünde und ermöglicht, dass für die erste Ebene keine Kabel gesteckt werden müssen.

Mit Hilfe der in der Matrix gespeicherten Werte werden die LED-Elemente angesteuert und gesetzt. LEDs werden neu gesetzt, wenn sich der Status eines Eingabelements verändert. Verändert sich der Status eines Eingabelementes, werden alle LED-Elemente neu gesetzt, die mit diesem Eingabelement verbunden sind. Dafür werden der Status des Eingabelements aus der Variable *displayedValues* und die bestehenden Kabelverbindungen von den LED-Elementen zu dem Eingabelement aus der Matrix *connections* gelesen. Je nachdem, wie der Status des Eingabelements ist und mit welchen Bedienelementen das LED-Element verbunden ist, werden die Farbe, die Helligkeit und bei dem LED-Streifen und dem LED-Kreis die Anzahl der LEDs verändert.

Die Ansteuerung der LEDs erfolgt über die *NeoPixel-Library* mit dem Befehl *setPixelColor*.

Verändert sich ein Eingabelement, wird über die Funktion *MakeSound* die Audioausgabe gesteuert. Für die Wiedergabe des Sounds wird eine Bibliothek genutzt, die Frequenzen in Töne der Tonleiter übersetzt, welche dann referenziert wird. Für die Wiedergabe des Tons wird auf die Arduinofunktion *tone* aufgebaut, in welcher der Pin des Piezos, die Tonhöhe und die Länge des Tons in Millisekunden definiert werden.

Dieser gesamte Ablauf wird innerhalb der *loop-Funktion* mit einer Verzögerung (*delay*) von 20 Millisekunden, also 50 mal pro Sekunde ausgeführt. Die Verzögerung verhindert ein übermäßig häufiges Durchlaufen des loops, welches zu Fehlern der Aktionen führen kann.

4.5 HERAUSFORDERUNGEN UND FEHLERQUELLEN

Auf die entstandenen Herausforderungen während der Umsetzung des Prototyps und die erarbeiteten Lösungen zur Behebung der Fehlerquellen wird in diesem Abschnitt eingegangen.

4.5.1 Aufteilung der Spannung bei den Steckbuchsen

Bei der Programmierung der Steckverbindungen hat sich herausgestellt, dass mit der oben beschriebenen Verkabelung das Abnehmen der richtigen Spannungen nicht möglich ist. Werden bei dieser Verkabelung zwei Steckkabel mit einem Ausgabeelement verbunden, teilt sich die Spannung des Widerstands. Werden also mehrere Kabel gesteckt, halbiert sich der ausgegebene Wert, der vom Arduino ausgelesen wird. Dies führt dazu, dass kein Ausgabeelement oder ein falsches Ausgabeelement aktiviert wird. Der Stromkreislauf wird aus diesem Grund angepasst, indem es nicht einen Widerstand für die drei Steckbuchsen gibt, sondern jede der drei Verbindungen einen eigenen Widerstand in der entsprechenden Größe erhält (siehe Abbildung 4.19).

Das verhindert, dass sich die Spannung bei mehreren Kabeln teilt, und ermöglicht, dass die richtigen Elemente aktiviert werden.

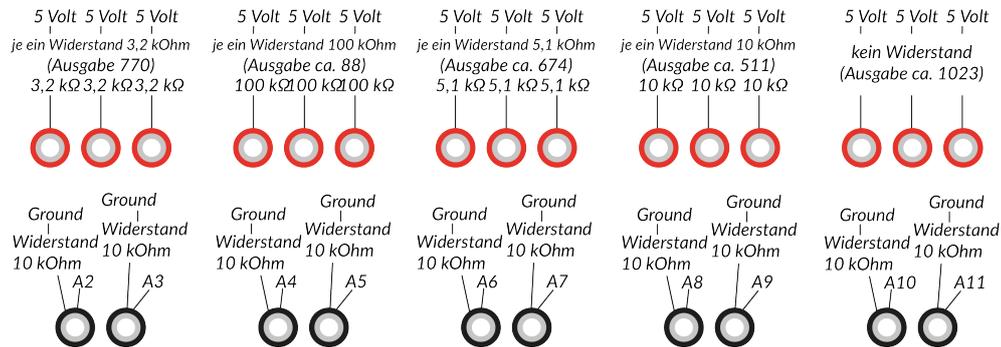


Abbildung 4.19: Überarbeitete Übersicht der Pinbelegung der Steckbuchsen (eigene Abbildung).

4.5.2 Hardware und Software beim Drehencoder

Für die Programmierung des Drehencoders wird, nachdem die native Ansteuerung nicht fehlerfrei funktioniert hat, auf eine Bibliothek zurückgegriffen. Bei der direkten Ansteuerung kam es zu Fehlern bei der Übertragung, sodass nicht jeder Klick des Encoders übertragen wurde. Um dieses Problem zu beheben, wird sowohl die Nutzung der Interrupt-Pins empfohlen, da diese auch außerhalb der direkten Ansteuerung des Pins Signale empfangen können, als auch die Nutzung der Bibliothek *Encoder*, die eine zuverlässige Nutzung des Drehencoders ermöglicht. Nach Anpassung der Hardware auf die Interrupt-Pins und der Verwendung der Bibliothek funktionierte der Drehencoder fehlerfrei und konnte im e-Activity-Board weiter eingesetzt werden.

4.5.3 Flackern der LEDs bei der Benutzung

Während der Entwicklung hat sich herausgestellt, dass die LEDs gelb-weiß flackern. Da das Flackern besonders auftrat, wenn bereits viele LEDs leuchteten, kam die Vermutung auf, dass die Stromversorgung unzureichend ist.

Werden zu viele LEDs direkt über den Arduino mit Strom gespeist, kann der Arduino nicht mehr genügend Spannung durchgeben, damit alle LEDs genug Strom bekommen. Um die LEDs direkt mit Strom zu versorgen, werden am USB-Kabel, das für die Stromversorgung genutzt wird, zusätzliche Kabel an die Kabel der *Spannungsquelle* und *Ground* gelötet. Das ermöglicht, den Strom, bevor er mit dem Stecker im Arduino ankommt, abzunehmen und die LEDs direkt mit Strom zu versorgen.

4.5.4 *Wackelkontakte bei den internen Steckverbindungen*

Der Prototyp mit Breadboard und Steckkabeln hat den Vorteil, dass Änderungen schnell und ohne wiederholtes An- und Ablöten der Kabelverbindungen vorgenommen werden können. Das ist besonders in dem Entwicklungsprozess eine Zeit- und Arbeitersparnis. Für die langfristige Benutzung des e-Activity-Boards ist diese Umsetzung jedoch fehlerbehaftet: Durch Bewegung der Kiste, die durch intensives Ausprobieren oder beim Transport der Kiste entstehen, passiert es bei der Vielzahl der Steckverbindungen schnell, dass sich einzelne Steckverbindungen lösen. Dies führt dazu, dass die Elemente aufgrund der Wackelkontakte nicht mehr richtig funktionieren.

Daher ist es in einem nächsten Schritt, sofern die Funktionalität der Hardware final ist, sinnvoll, die Steckverbindungen gegen Lötverbindungen auszutauschen, um Fehler durch Wackelkontakte zu verhindern.

Die Bewertung und Reflexion fokussiert sich auf die Bewertung des final entwickelten Prototyps des e-Activity-Boards. Primär sollte die Bewertung und Reflexion mittels einer Nutzer_innenstudie mit Kindern und Eltern der Zielgruppe durchgeführt werden, um herauszufinden, ob das e-Activity-Board für Kinder funktioniert und sie die Handhabung verstehen.

Aufgrund der aktuell vorliegenden Kontaktbeschränkungen kann diese Studie nicht durchgeführt werden. Dennoch wird die ursprünglich geplante Durchführung der Studie im Folgenden beschrieben, um die Grundlage für eine spätere Umsetzung zu erarbeiten.

Als alternative Evaluationsmethode wird eine Umfrage entworfen, die von Mitarbeiter_innen pädagogischer Einrichtungen beantwortet werden, um ein inhaltliches Feedback zum e-Activity-Board zu erhalten. Dies ermöglicht eine ergänzende Bewertung darüber, in welchem Rahmen Kinder auch außerhalb der häuslichen Spielumgebung einen Zugang zum e-Activity-Board erhalten können. Die Durchführung und Ergebnisse der Umfrage werden in Abschnitt [5.2 Umfrage](#) beschrieben und ausgewertet.

Im letzten Teil des Abschnitts wird es eine Selbstreflexion zum Prototyp geben, die auf die Handhabung und mögliche Schwierigkeiten eingeht, die bei der Benutzung entstehen können. Da das e-Activity-Board nicht von Kindern oder pädagogischen Einrichtungen getestet werden kann, ist dies zu diesem Zeitpunkt die einzige Möglichkeit, Feedback zur Handhabung zu integrieren.

5.1 ANWENDUNGSSTUDIE

Für die Anwendungsstudie bekommen die Kinder im Alter der Zielgruppe die Möglichkeit, das e-Activity-Board nach ihren Vorstellungen zu testen. Die Kinder werden beim Spielen beobachtet und mit einem Impulsinterview begleitet. Dieses eignet sich insbesondere bei der qualitativen Forschung mit Kindern, weil kurze Impulsfragen helfen, das Gespräch zu lenken und die Kinder bei der Benutzung des e-Activity-Boards zu begleiten (vgl. Hunger et al., [2019](#), S. 177).

5.1.1 Vorbereitung

Der zunächst wichtigste Aspekt, der untersucht werden soll, ist die Handhabbarkeit und der Mehrwert, der für die Kinder entsteht. Zentrale Fragen dabei sind:

- Verstehen die Kinder, wie sie das e-Activity-Board bedienen und benutzen können?

- Brauchen die Kinder Unterstützung bei der Benutzung?
- Wie verändert sich das Nutzungsverhalten in Abhängigkeit des Alters des Kindes?
- In welcher Altersspanne haben Kinder Zugang zum Activity-Board?
- Haben Kinder Spaß und können sie etwas lernen?
- Ab welchem Alter wird die zweite und dritte Ebene interessant?

Um diese Fragen zu untersuchen, wird das Activity-Board mit Kindern unterschiedlichen Alters getestet. Da im Rahmen dieser Arbeit zunächst getestet werden soll, ob das ausgearbeitete Konzept grundsätzlich funktioniert, wird die Versuchspersonengruppe auf eine Anzahl von ca. zehn Kindern festgelegt, die im Alter zwischen zwei und fünf Jahren liegen sollten. Die Altersvorgabe ist für die ersten Tests keine strenge Vorgabe; ein Alter bis sieben Jahren ist für die ersten Tests nicht ausgeschlossen, weil ältere Kinder oftmals besser in der Lage sind, auf Fragen zu reagieren oder Probleme in der Handhabung zu beschreiben (vgl. Hunger et al., 2019, S. 174). Ebenfalls kann damit untersucht werden, wo die tatsächliche Altersgrenze und Zielgruppe des e-Activity-Boards liegt.

Für die Durchführung des Tests wird eine ruhige Umgebung geschaffen, bei der möglichst nur das Kind, die beobachtende, versuchsbegleitende Person und je nach Alter des Kindes, ein Elternteil anwesend ist. Die versuchsbegleitende Person stellt sich vor und beginnt zunächst ein Gespräch mit zwei bis drei Fragen an das Kind, z. B. nach dem Namen, Alter und den Interessen des Kindes. Dies dient der Auflockerung der Situation.

Im Anschluss wird dem Kind erzählt, was nun auf es zukommt. Es darf das Spielzeug ausprobieren, erzählen, wie es das Spielzeug findet und jederzeit Fragen stellen.

Die Aufgabe der versuchsbegleitenden Person besteht darin, das Kind in seiner Aktion zu beobachten und bei Fragen zu begleiten. Auch die Fragen der Kinder sind Teil der Beobachtung und können im Anschluss Aufschluss über Probleme in der Handhabung oder dem Design liefern. Wird von dem Kind selbst wenig Feedback gegeben, kann das Interview mit Impulsfragen, z. B. „Weißt du, wie die Elemente funktionieren?“ unterstützt werden.

Kommt das Kind mit der ersten Ebene des e-Activity-Boards gut zurecht, erhält es die ergänzenden Kabel für die zweite Ebene und kann dann erneut das e-Activity-Board ausprobieren und bespielen. Ist auch diese Ebene für das Kind verständlich und das Kind bereit für weitere Tests, werden die Steckkarten zum Ausprobieren ergänzt. Da das e-Activity-Board als Lernspielzeug zum selbstregulierten Lernen eingesetzt werden soll, erfolgen diese Tests mit möglichst wenig Eingriff und Erklärung von außen und genug Zeit, um dem Kind eigenständige Erfahrungen zu ermöglichen.

Besonders soll darauf geachtet werden, wie das Kind mit dem Activity-Board umgeht und ob es sich auf die eigenständige Erfahrung einlässt. Funktionieren die Sachen so, wie es sich das Kind intuitiv vorstellt, oder reagiert es überrascht auf bestimmte Ergebnisse?

Der Zeitraum des Ausprobierens des e-Activity-Boards ist von 5-10 Minuten bei kleineren Kindern (2-3 Jahre), die vor allem die erste Ebene testen, bis hin zu 10-20 Minuten für die älteren Kinder (4-5 Jahre) geplant, die auch die zweite und dritte Ebene testen. Dies ist zunächst ein Richtwert und wird an die individuelle Konzentrationsdauer der Kinder angepasst. Jedes Kind hat die Möglichkeit, die Dauer der Nutzung selbst zu bestimmen. Die Dauer der Beschäftigung mit dem e-Activity-Board wird mit einer Uhr gemessen, um ergänzend zu den Beobachtungen sehen zu können, wie lange das e-Activity-Board ein Interesse bei den Kindern wecken kann.

Zum Abschluss des Tests werden Fragen gestellt, die je nach Alter des Kindes von dem Kind beantwortet werden. Sofern die Kinder es benennen können, ist es sehr spannend zu erfahren, was ihnen gut gefallen hat oder was sie sich anders wünschen würden. Zum Beispiel: Was ist das Beste an diesem Spielzeug? Hast du Lust nochmal damit zu spielen? Gibt es noch etwas, mit dem ich das Spielzeug noch besser machen könnte? Was gefällt dir nicht an dem Spielzeug?

Das Activity-Board ist für Kinder und sollte daher auch durch Kinderaugen bewertet werden, um beurteilen zu können, ob das geplante Konzept für Kinder zugänglich ist.

5.1.2 Umsetzung

Für die Umsetzung der Studie wird ein Treffen mit Kindern der Zielgruppe arrangiert. Die Eltern erhalten im Vorhinein einen Informationsbogen, in dem sie über die Studie und die Anonymisierung der Daten, aufgeklärt werden. Ergänzend können sie eine Einverständniserklärung darüber geben, dass Bilder des Kindes im Rahmen dieser Arbeit veröffentlicht werden dürfen. Zum Schutz des Kindes wird bei den Fotos darauf geachtet, dass das Kind nicht frontal fotografiert wird bzw. dass das Gesicht im Nachhinein unkenntlich gemacht wird.

Aufgrund der Kontaktbeschränkungen, die durch das Coronavirus von Dezember 2020 bis März 2021 in Deutschland gelten, kann die Anwendungsstudie mit Kindern nicht umgesetzt werden. Sofern einzelne Testläufe stattfinden können, werden diese als Orientierung für die Bewertung genutzt.

5.2 UMFRAGE

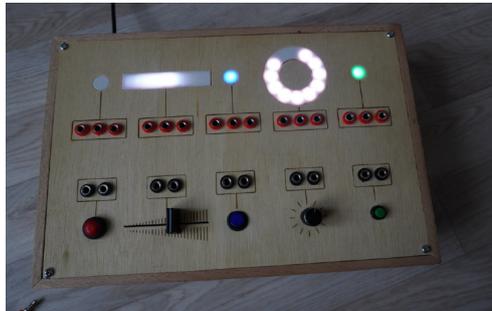
Stattdessen erfolgt eine Bewertung des e-Activity-Boards durch Fachkräfte aus pädagogischen Bildungseinrichtungen. Diese wird aufgrund der Kontaktbeschränkungen auf Distanz durchgeführt. Dafür werden Informationen, die die Funktionen, das Aussehen und die Intentionen des Activity-Boards

beschreiben sowie ein Video des aktuellen Prototyps als Grundlage bereitstellt, um das anschließende Beantworten von Fragen zu ermöglichen.

Bei den Fragen wird sowohl auf den Hintergrund der Fachkraft eingegangen als auch auf das Konzept des e-Activity-Boards und wie es im Alltag mit Kindern der Institution eingesetzt werden kann. Die Befragung unterschiedlicher Institutionen soll eine Untersuchung ermöglichen, in welchen Lernumgebungen das e-Activity-Board Verwendung finden kann.

5.2.1 Vorbereitung

Für die Umsetzung der Befragung wird zunächst ein Informationsblatt (siehe Anhang) erstellt, welches das e-Activity-Board präsentiert (siehe Abbildung 5.1; Anhang A.1). Die einzelnen Ebenen werden jeweils mit einem Bild und einer Beschreibung erklärt. Damit die Probanden ein genaueres Bild des e-Activity-Boards erhalten, wird ergänzend ein kurzes Demonstrationsvideo bereitgestellt, das das e-Activity-Board in Aktion zeigt ([Link zum Video: https://youtu.be/OgPPauPEogY](https://youtu.be/OgPPauPEogY)).



In der **ersten Ebene** lernen die Kinder im freien Spiel die verschiedenen Ein- und Ausgabeelemente kennen und erfahren, welche Wirkung welches Eingabeelement auf das entsprechende Ausgabeelement hat. Die Schalter und Regler werden bedient und das dazugehörige LED-Element leuchtet auf. Bei den farbigen Knöpfen zeigt die LED die jeweilige Farbe, bei dem Schieberegler und dem Drehregler leuchten die LEDs weiß und verändern ihre Anzahl bzw. Helligkeit.

Abbildung 5.1: Ausschnitt aus dem Informationsblatt zum e-Activity-Board (eigene Abbildung).

Im nächsten Schritt werden Fragen erarbeitet und ein Umfrageformular erstellt. Um zunächst Hintergrundinformationen zur ausfüllenden Person zu erhalten, wird mit Fragen über die Einrichtung begonnen. Dann wird die Umfrage mit Fragen zum e-Activity-Board und dem möglichen Umgang mit diesem in der Einrichtung fortgeführt. Der Fragebogen wird mit offenen Fragen gestaltet, um Antworten nicht schon vorab einzugrenzen und freie Antworten zu ermöglichen, die Ideen für die weitere Umsetzung liefern.

Fragen:

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)
2. Wie alt sind die Kinder, mit denen du arbeitest?
3. Passt das Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?
4. Für welche Altersspanne, denkst du, ist das Board interessant?

5. Wie würde das Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?
6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?
7. Was gefällt dir gut an dem Board?
8. Wo wünschst du dir Verbesserungen?

Die Informationen zum e-Activity-Board, der Link zum Video und die Umfrage werden in einem PDF-Dokument zusammengefasst. Auf der ersten Seite sind die Informationen und der Link zum Video, auf der zweiten Seite die Umfrage. Die Umfrage wird als ausfüllbares PDF-Dokument bereitgestellt, sodass es nach dem Lesen der Informationen direkt ausgefüllt werden kann.

Für die Bewertung durch Bildungseinrichtungen werden vier unterschiedliche Arten von Institutionen angesprochen, die mit Kindern arbeiten und für die das e-Activity-Board (aus der Beurteilung von außen) interessant sein kann. Dabei werden nicht nur Institutionen der primären Zielgruppe kontaktiert. Im Gespräch mit einer Erzieherin einer Sonderschule hat sich ergeben, dass besonders haptische Anwendungen und Lichtfeedback bei bestimmten Einschränkungen das Lernen unterstützen können.

Folgende Bildungseinrichtungen werden angesprochen:

1. Kindergärten mit freiem Lernkonzept, Montessori-Kindergärten
2. Schulen mit freiem Lernkonzept
3. Sonderschulen, Schulen mit besonderer inklusiver Förderung
4. Erlebnismuseen für Kinder, Museen mit technischem Schwerpunkt

5.2.2 *Umsetzung*

Für die Durchführung der Umfrage wird die vorbereitete Umfrage an 14 Mitarbeiter_innen der oben genannten Bildungseinrichtungen geschickt.

Für die Bearbeitung der Umfrage wird darum gebeten, zunächst die Informationen zu lesen und das Video anzuschauen, um nachfolgend die Fragen des Fragebogens zu beantworten und zurückzusenden.

5.2.3 *Auswertung*

Zur Auswertung der Umfrage werden Zitate der Antworten aus dem Fragebogen genutzt. Diese werden durch Anführungszeichen kenntlich gemacht, weil die Auswertung innerhalb der Gruppierung nach Institutionen anonymisiert erfolgt.

Im Rahmen der Umfrage wurde der Fragebogen achtmal ausgefüllt. Darunter waren je eine Bewertung eines Kindergartens und einer freien Schule, vier Bewertungen von Lehrer_innen oder Erzieher_innen einer Sonderschule/Förderschule und zwei Bewertungen von Erlebnismuseen. Die vollständigen Umfrageergebnisse können in Anhang B eingesehen werden.

Die Auswertung der Umfrage hat ergeben, dass das e-Activity-Board im Rahmen aller Einrichtungen Verwendung finden könnte, wobei sich die Verwendung je nach Alter und Entwicklungsstand unterscheidet. Als Altersspanne, für die das Board interessant ist, wird von ca. 1,5 Jahren bis ins Erwachsenenalter alles genannt; die Altersspanne ab 5 Jahren bis 9 Jahren (Vorschulalter und Grundschulalter) findet die höchste Überschneidung. Im Bereich der Sonderpädagogik wird die Altersspanne eher etwas später, ab 9 Jahren bis ins Erwachsenenalter, eingestuft.

Bei der Frage nach der Verwendung und dem Einsatz des e-Activity-Boards werden viele Aspekte erwähnt, die auch im Zuge dieser Arbeit als Ziele für das e-Activity-Board formuliert wurden. Dabei werden Begriffe wie „frei arbeiten“, „eigene Erfahrungen sammeln“, „interaktiv“, „Feinmotorik“, aber auch „Förderung des technischen Interesses“ oder „logisches Denken“ mehrfach als positive Beurteilungen zum e-Activity-Board genannt.

Darüber hinaus kommen besonders aus den Rückmeldungen der Sonderschulpädagog_innen weitere Elemente, die mit dem e-Activity-Board unterstützt werden können. Zum Beispiel die „Sehförderung (Low Vision) durch hohe Kontraste (Licht)“, das Üben „(geplanter) Verknüpfungen, Kombinationen und Überkreuzen der Körpermitte“ und die „Vorbereitung auf die Arbeit in einer Werkstatt für Menschen mit einer Behinderung, in welcher es auch z. B. elektronische Arbeiten gibt“.

Besonders dieses Feedback zeigt deutlich, dass über die bereits erstellte Konzeption hinaus weiteres Potenzial im e-Activity-Board steckt und die Zielgruppen systematisch erweitert oder Aspekte auf spezielle Zielgruppen angepasst werden können.

Durch die Rückmeldung aus unterschiedlichen Institutionen wird deutlich, dass sich die detaillierten Anforderungen an das e-Activity-Board unterscheiden.

Für die Nutzung in einer Schule wäre zum Beispiel besonders wichtig, dass das e-Activity-Board portabel eingesetzt werden kann (die Größe passend für einen Arbeitsplatz und der Betrieb mit Akku möglich ist), die mechanischen Schalter nicht zu laut sind und der Ton über Kopfhörer abgespielt werden kann, damit die anderen Kinder der Klasse nicht gestört werden.

Für die Arbeit mit behinderten Kindern, die motorische Schwierigkeiten haben, wären Ein- und Ausgabeelemente besser, die größer und gerade bei den Schaltern leichter in der Bedienung sind. Auch eine rutschsichere Befestigung am Tisch oder der Wand könnte die Bedienung in diesem Bereich unterstützen.

Soll das e-Activity-Board im Rahmen einer Ausstellung Platz finden, wären zum Beispiel größere Elemente wünschenswert und das Material der Kiste müsste beschichtet und widerstandsfähig sein.

Die Struktur des Boards wird einerseits positiv hervorgehoben, weil es keine „Ablenker oder Distraktoren“ gibt und die „Anzahl von Funktionen in Menge und Form übersichtlich sind, aber dennoch sehr unterschiedlich“. Andererseits wird das Design in der kombinierten Umsetzung von Ebene eins und zwei als „überfordernd“ beschrieben. Außerdem wird in zwei Fragebögen der Aspekt angesprochen, inwiefern es für Kinder verständlich ist, dass in der ersten Ebene die Elemente ohne Kabelverbindungen funktionieren und in der zweiten Ebene nur die Elemente, die mit Kabeln verbunden sind. Beiden Aspekten könnte die modulare Trennung von der ersten und zweiten Ebene entgegenwirken, weil zunächst die Fokussierung auf kleinere Aspekte möglich ist und das Stecken der Kabel durch die Veränderung mit einem neuen Modul eine logische Trennung der Bedienbarkeit ermöglicht.

Positiv hervorgehoben wird, dass die unterschiedlichen Ebenen ein gezieltes Anpassen des Schwierigkeitsgrades ermöglichen. Auch das „schlichte Design“, die Umsetzung mit der Kiste aus Holz und die „haptischen Elemente“ werden als ansprechend beurteilt.

Darüber hinaus wird mehrmals erwähnt, dass für eine genauere Beurteilung ein Ausprobieren des e-Activity-Boards stattfinden muss. Das soll sobald wie möglich nachgeholt werden, kann aber nicht mehr im Rahmen dieser Masterarbeit stattfinden und dokumentiert werden.

Im Anschluss an die Umfrage hat die *Phänomenta Lüdenscheid* das e-Activity-Board besonders positiv beurteilt, nach Abschluss der Masterarbeit einen weiteren Kontakt angeboten und ist für eine an das Museum angepasste Umsetzung des e-Activity-Boards offen.

5.3 EIGENE REFLEXION

Im Rahmen der Entwicklung wird das e-Activity-Board immer wieder selbst und mit der eigenen 2-jährigen Tochter getestet. Im Rahmen dieser Reflexion geht es nicht um die Anpassung der technischen Umsetzung, sondern um die Bedienung und die Handhabung des e-Activity-Boards.

Ebene 1 – Komponenten kennenlernen und entdecken

Die Benutzung der Bedienelemente war für sie schnell eingänglich und ohne große Herausforderungen möglich. Das Ausprobieren und Entdecken machte ihr Spaß und alle Komponenten wurden ausgiebig getestet. Anfangs stellte sich die Benutzung des Kippschalters als eine Herausforderung dar; der Schalter ist schwergängig in der Bedienung und die Richtung, in die gedrückt werden muss, verändert sich.

Ebene 2 – Neue Kombinationen mit Kabeln stecken

Das Stecken der Kabel war besonders anfangs schwergängig, weil die Bananenstecker, als sie neue waren, viel Spannkraft hatten und sich dadurch schwergängiger stecken ließen. Daher war es für sie anfangs nur möglich, die Kabel selbstständig in die Buchsen reinzustecken. Für das Herausziehen der Kabel war eine Unterstützung durch eine erwachsene Begleitperson notwendig. Für die weitere Entwicklung sollen für die Steckverbindungen andere Kabel und Stecker, z. B. Klinkenstecker, getestet werden. Diese haben den Vorteil, dass der Kontakt nicht über Federelemente hergestellt wird, sondern über Ringe, die einrasten. Dadurch lassen sie sich leichter einstecken und herausziehen.

Positiv ist aufgefallen, dass bei der Benutzung sehr schnell klar war, dass das rote Kabelende in eine rote und das schwarze Kabelende in eine schwarze Buchse gesteckt werden soll, was darauf hindeutet, dass das User Interface mit den verschiedenfarbigen Buchsen dabei unterstützt, dass je ein Kabelende in ein Eingabe- und Ausgabeelement gesteckt wird.

Die zweite Ebene konnte zwar nicht komplett eigenständig bespielt werden, ein gemeinsames Spielen und Entdecken wird aber positiv angenommen. Mit wiederholtem Ausprobieren stiegen die eigenen Vorstellungen des Kindes, dass bestimmte Elemente bestimmte Eigenschaften erhalten sollten, was dann im gemeinsamen Spielen umgesetzt wird.

Ebene 3 – Die Kabel nach Aufgaben stecken

Die dritte Ebene ist in diesem Alter nicht händelbar und testbar gewesen.

FAZIT UND AUSBLICK

Mit dieser Arbeit wird die Entwicklung eines e-Activity-Boards für Kinder von der Erarbeitung der theoretischen Grundlage, der Entwicklung des Konzepts bis zur Umsetzung eines funktionalen Prototyps und der anschließenden Evaluation des Prototyps begleitet.

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

In der Grundlagenanalyse wurde auf die in der Problemidentifikation herausgearbeitete Zielgruppe Kleinkinder eingegangen und erarbeitet, wie sich Kinder entwickeln und welche Rolle das Spielen und Lernen darin einnehmen. Das freie Spielen ist ein zentrales Element der kindlichen Entwicklung und des Lernens und sollte mit Spielzeugen unterstützt und angeregt werden. Außerdem wurden Spiele und Spielzeuge, die einen ähnlichen Ansatz wie das e-Activity-Board verfolgen, untersucht und verglichen. Bei der Untersuchung hat sich ergeben, dass bereits elektronische Activity-Boards auf dem Markt vorhanden sind, diese aber kein individuelles Stecken von Kabeln und Kombinieren von Elementen ermöglichen. Spielzeuge mit diesen Anforderungen sind im Rahmen von elektronischen Experimentierkästen erst für ältere Kinder zugänglich.

Mit diesen Grundlagen wurden zentrale Ziele gesetzt, welche die Basis für die Konzeption und Umsetzung des e-Activity-Board darstellen:

- Selbstlernerfahrung ermöglichen
- Multisensuelles Design einsetzen
- Elektronische Komponenten für Kleinkinder aufbereiten
- Logisches Verständnis fördern
- Spielzeug entwerfen, das mitwächst
- Interaktion zwischen Kindern und Erwachsenen anregen

Um die Einhaltung der Ziele zu ermöglichen, wurde ein modulares Konzept entwickelt, das durch unterschiedliche Spielebenen eine entwicklungs-gerechte Spielerfahrung über einen längeren Zeitraum ermöglicht. Die Spielebenen werden von der Beschreibung der Funktionen über die Auswahl der Komponenten bis zum anzuwendenden Design beschrieben und bilden die Grundlage der Umsetzung. Ein Kernelement der Konzeption ist die Farbgestaltung des e-Activity-Boards, die auf den Grundfarben der additiven Farbmischung Rot, Grün und Blau aufbaut und durch gezieltes Kombinieren der

Kabel die Farbmischung bis zur tertiären Ebene (und damit die Abbildung von bis zu 13 Farben) ermöglicht.

Die Umsetzung erfolgt in einer reduzierten Form des Konzepts als funktionaler Prototyp der ersten bis zur dritten Ebene, bei dem auf ein modulares System der Ebenen verzichtet wird. Bei der Umsetzung wird sowohl die äußere Hardware, mit der die Nutzer_innen in Kontakt kommen, als auch die innere Hardware, die in Kombination mit der entwickelten Software die Steuerung des Boards übernimmt, umgesetzt und dokumentiert.

Mit dem erfolgreich umgesetzten Prototyp wurde ein Produktinformationsblatt und ein Demonstrationsvideo erstellt, um eine externe Beurteilung zur Entwicklung zu erhalten. In einer Befragung mit pädagogischen Einrichtungen wurde Feedback zu der Handhabung und Funktionalität des e-Activity-Boards und den möglichen Einsatzgebieten erhoben.

6.2 FAZIT

Im Rahmen der Masterarbeit ist ein e-Activity-Board entstanden, das Kleinkindern einen sicheren Zugang zum Entdecken und Verstehen elektronischer Zusammenhänge ermöglicht, durch die Umsetzung verschiedener Lernebenen das Interesse über einen längeren Zeitraum weckt und durch individuelle Kombinationsmöglichkeiten das logische Verständnis fördert.

Auch die weiteren Ziele – die Ermöglichung der Selbstlernerfahrung, der Einsatz des multisensuellen Designs und die Anregung der Interaktionsmöglichkeiten zwischen Kindern und Eltern – konnten bei der Entwicklung eingehalten werden. Die Selbstlernerfahrung wird durch die Möglichkeit, das Board eigenständig zu erkunden, in Kombination mit dem unmittelbaren Feedback gewährleistet. Das multisensuelle Design wird durch den Einsatz verschiedener haptischer Elemente zur Eingabe und unterschiedlicher Ausgabelemente, die sowohl optisch als auch akustisch sind, gewährleistet. Das multisensuelle Design wird darüber hinaus durch den Einsatz unterschiedlicher Materialien in der Verarbeitung unterstützt.

Die Interaktionsmöglichkeit zwischen Eltern und Kindern ist durch die vierte Ebene konzeptionell vorgesehen. Da diese Ebene nicht umgesetzt wurde und ein Testen mit Kindern und Eltern bisher nicht möglich war, kann dieses Ziel nicht weiter beurteilt werden.

Die Ergebnisse der durchgeführten Umfrage unterstützen, dass die formulierten Ziele mit der Erarbeitung des Konzepts und der Umsetzung eingehalten wurden. Das erarbeitete Konzept wurde als stimmig und logisch nachvollziehbar bewertet und es hat sich durch die Umfrage sogar eine mögliche Erweiterung der Zielgruppe für den Einsatz mit älteren Kindern und Kindern mit besonderem Förderbedarf ergeben. Kritikpunkte, die aktuell bei dem e-Activity-Board bestehen, sind zum einen die technischen Schwierigkeiten, die durch die Wackelkontakte der Steckverbindungen entstehen. Diese sollen sobald wie möglich und bevor ein Testen mit Kindern stattfindet, durch Lötverbindungen ausgetauscht werden. Zum anderen ist ohne die Durchführung der Tests unklar, wie gut die Handhabung des e-Activity-

Boards verstanden wird. In der Umfrage wurde als eventuelle Verständnisschwierigkeit bei Kindern der Übergang von der ersten zur zweiten Ebene genannt. Bei Kindern könnte die Frage aufkommen, warum das e-Activity-Board in der ersten Ebene ohne Kabel funktioniert, in der zweiten Ebene aber für alle Elemente Verbindungen notwendig sind, auch wenn sie zuvor ohne Kabel funktionell verbunden waren. Welche Komplikationen wirklich aufkommen würden, kann erst durch einen ausgiebigen Test mit Kindern unterschiedlichen Alters geklärt werden.

6.3 AUSBLICK

Für die weitere Nutzung des e-Activity-Boards ist zunächst die technische Stabilisierung erforderlich. Mit der überarbeiteten Version sollen die bereits geplanten Tests durchgeführt werden, um mögliche Schwachstellen anzupassen. Dafür soll sowohl der geplante Test mit Kindern der Zielgruppe durchgeführt werden, als auch mit älteren Kindern und Kindern mit besonderem Förderbedarf. Die unterschiedlichen Tests sollen ermöglichen, Schwachstellen in der Bedienung herauszufiltern und die besonderen Anforderungen, die sich durch unterschiedliche Einsatzgebiete ergeben, genauer zu differenzieren.

Auf Basis der Ergebnisse wird das Konzept für die Entwicklung eines zweiten Prototyps angepasst, der für Ausstellungen genutzt werden kann und als Prototyp für einen möglichen Vertrieb in Kleinserie dienen kann.

Phänomenta Lüdenscheid

Die Umfrage zum e-Activity-Board wurde an unterschiedliche *Mitmachmuseen* in Deutschland gesendet. Besonders positiv war die Rückmeldung der *Phänomenta Lüdenscheid*, die mit Rücksendung der Umfrage ein „in Kontakt bleiben“ angeboten hat. Eine Zusammenarbeit wurde für die Umsetzung der Tests angeboten, indem das e-Activity-Board von den Besucher_innen der *Phänomenta* getestet werden kann. Außerdem wurde Interesse an dem Konzept bekundet und ein weiterer Austausch angestrebt, in dem die Anforderungen für ein Ausstellungsexponat und wie es in das Konzept der *Phänomenta Lüdenscheid* passt, besprochen werden kann.

Die Entwicklung eines Ausstellungsexponats ist besonders spannend, weil bereits eine Ausfertigung des e-Activity-Boards vielen Menschen den Zugang zu dem e-Activity-Board ermöglicht.

Kunstinstallation

Eine weitere Idee, die während der Entwicklung des e-Activity-Boards entstand, ist die Umsetzung als Ausstellungsexponat in Form einer Rauminstallation. Ergänzend zu den bereits entwickelten Funktionen des e-Activity-Boards soll das visuelle und akustische Feedback durch eine Lichtprojektion und eine dreidimensionale Soundprojektion erweitert werden. Die Licht- und Soundprojektion würde dafür mit einem Lifecode in *Processing* umge-

setzt werden, sodass auf die Eingaben des e-Activity-Boards mit der Projektion reagiert wird, aber auch kleinste Spannungsunterschiede, die durch Bewegungen im Raum oder beim Einstecken der Kabel entstehen, in die Projektion einfließen können.

Spielen macht Schule

Spielen macht Schule ist eine Initiative, die vom Verein *Mehr Zeit für Kinder e. V.* und dem *Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL)* gegründet wurde und von den Kultusministerien der Länder unterstützt wird (vgl. *Mehr Zeit für Kinder e. V.*, 2018). Es geht bei dem Projekt darum, Spielen mehr in das Schulgeschehen, besonders in Grundschulen, einzubinden. Sowohl das Spielen in Betreuungsangeboten als auch im Unterricht soll gefördert werden. Schulen werden mit Spielzeug ausgestattet, das durch die ZNL nach bestimmten Kriterien bewertet wird. Dazu gehören Fragen wie: „Profitieren die Kinder von dem Spiel? [...] Profitiert die Schule von dem Spiel? [...] Ist es ein Spiel, das nicht zwingend auf eine Nutzungsbedingung festgelegt ist?“ (vgl. Hauber und Zander, 2020, S. 187). Außerdem werden Fragen nach Qualität, erforderlichen Hygienemaßnahmen und Verbrauchsmaterialien, die es für den Schulalltag untauglich machen könnten, gestellt (vgl. Hauber und Zander, 2020, S. 187). Da das e-Activity-Board aus eigener Beurteilung diese Kriterien erfüllt, ist eine Aufbereitung der Produktinformationen geplant, um das e-Activity-Board bei der ZNL einzureichen und weiteres Feedback zu erhalten.

LITERATUR

- Ayres, A. J. (1992). *Bausteine der kindlichen Entwicklung: Die Bedeutung der Integration der Sinne für die Entwicklung des Kindes* (2. Aufl.). Springer.
- Badamasi, Y. A. (2014). The working principle of an Arduino. *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICECCO.2014.6997578>
- Bredel, U., Fuhrhop, N. & Noack, C. (2017). *Wie Kinder lesen und schreiben lernen* (2. überarbeitete Auflage). Narr Francke Attempto.
- Bühler, P., Schlaich, P., Sinner, D., Stauss, A. & Stauss, T. (2019). *Produktdesign: Konzeption - Entwurf - Technologie*. Springer Vieweg.
- Farber, M. (2014). *Gamify Your Classroom: A Field Guide to Game-Based Learning*. Peter Lang.
- Flitner, A. (2002). *Spielen - Lernen: Praxis und Deutung des Kinderspiels* (11. Aufl, Bd. 109 : Pädagogik). Beltz.
- Galadima, A. A. (2014). Arduino as a learning tool. *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICECCO.2014.6997577>
- Hauber, M. & Zander, A. (2020). Spielen macht Schule – spielend zum Lernerfolg. In V. Mehringer & W. Waburg (Hrsg.), *Spielzeug, Spiele und Spielen* (S. 175–195). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29933-0_10
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Q.*, 28(1), 75–105.
- Hunger, I., Zander, B., Zweigert, M. & Schwark, C. P. (2019). Impulsinterviews mit Kindern im Kindergartenalter – praktische Entwicklung und methodologische Einordnung einer Datenerhebungsmethode. In F. Hartnack (Hrsg.), *Qualitative Forschung mit Kindern* (S. 169–192). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24564-1_6
- Jänisch, R. & Donges, J. (2017). *Mach was mit Arduino! Einsteigen und durchstarten mit Drum Machine, Roboterauto und Co*. Hanser.
- Jenke, P. (2017). Kinderkasse: Make: Family. *c't Make*, 02, 73–84.
- Joy-IT. (2016). *SensorKit X40*. Verfügbar 25. Februar 2021 unter https://joy-it.net/files/files/Produkte/SEN-KitX40/SENSORKIT_X40_FUER_EINPLATINEN_COMPUTER-2.pdf
- Kainka, B. (2014). *Lernpaket Elektronik*. Franzis.
- Kettler, C. & Kauffeld, S. (2019). Game-based Learning. In S. Kauffeld & J. Othmer (Hrsg.), *Handbuch Innovative Lehre* (S. 249–253). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22797-5_18
- Largo, R. H. (2003). *Babyjahre: Die frühkindliche Entwicklung aus biologischer Sicht* (Aktualisierte Neuausg., 6. Aufl., Bd. 3319). Piper.

- Macklin, C. & Sharp, J. (2016). *Games, design and play: A detailed approach to iterative game design*. Addison-Wesley.
- Mehringner, V. & Waburg, W. (2020). Das Projekt SAKEF – Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Spielzeugbewertung und Spielzeugauswahl. In V. Mehringner & W. Waburg (Hrsg.), *Spielzeug, Spiele und Spielen* (S. 15–36). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29933-0_2
- Montessori, M. (1965). *Grundlagen meiner Pädagogik*. Herder.
- Montessori, M. (1972). *Das kreative Kind: Der absorbierende Geist*. Herder.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Gengler, C. E., Rossi, M., Hui, W., Virtanen, V. & Bragge, J. (2006). The design science research process. A model for producing and presenting information systems research. *Proceedings of the first international conference on design science research in information*, 83–106.
- Petzold, H. G. (1983). *Puppen und Puppenspiel in der Psychotherapie: Mit Kindern, Erwachsenen und alten Menschen* (Bd. Nr. 55). Pfeiffer.
- Pohl, G. (2014). *Kindheit - aufs Spiel gesetzt*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-54316-6>
- Retter, H. (1989). *Spielzeug: Handbuch zur Geschichte u. Pädagogik d. Spielmittel* ([Sonderausg.]). Beltz.
- Salen, K. & Zimmerman, E. (2006). *The Game Design Reader: A Rules of Play Anthology*. MIT PRESS.
- Schell, J. (2020). *The art of game design: A book of lenses* (3rd edition). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Sosa, A. V. (2016). Association of the Type of Toy Used During Play With the Quantity and Quality of Parent-Infant Communication. *JAMA pediatrics*, 170(2), 132–137. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.3753>
- Speck-Hamdan, A. (2014). Wie Kinder lernen: Vom Entstehen der Welt in den Köpfen der Kinder. *TELEVIZION*, 17(1), 4–9.
- Stieglitz, S. (2017). Enterprise Gamification – Vorgehen und Anwendung. In S. Strahringer & C. Leyh (Hrsg.), *Gamification und Serious Games* (S. 3–13). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16742-4_1
- Theisen, M. R. (2017). *Wissenschaftliches Arbeiten: Erfolgreich bei Bachelor- und Masterarbeit* (17., aktualisierte und bearbeitete Auflage). Franz Vahlen. <https://doi.org/10.15358/9783800653836>
- Thiele, R. (2020). Spielend lernen. Was macht ein gutes Lernspiel aus? In V. Mehringner & W. Waburg (Hrsg.), *Spielzeug, Spiele und Spielen* (S. 143–155). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29933-0_8
- Upton, B. (2015). *The Aesthetic of Play*. MIT PRESS.
- Wild, R. (1986). *Erziehung zum Sein*. Arbor Verlag.

INTERNETQUELLEN

- Aqeel, A. (2018). Introduction to Arduino Mega 2560. Verfügbar 21. Februar 2021 unter <https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-mega-2560.html>
- BZgA. (2014). Entwicklung im Wechselspiel von Anlagen, Anregung und Erfahrungen: kindergesundheit-info.de. Verfügbar 13. Februar 2021 unter <https://www.kindergesundheit-info.de/themen/entwicklung/entwicklungsschritte/entwicklungsgrundlagen/>
- Daher, J. (2021). 10 Ideen, um Spiele in deinen Unterricht zu integrieren: Schule | Serious Games | Digitales Lernen. Verfügbar 20. Februar 2021 unter <https://www.youtube.com/watch?v=OoCTdUoxvUM>
- DVSI. (2018). Spielzeugsicherheit: Schnurlängen EN 71-1: 5.4. Verfügbar 20. Februar 2021 unter https://www.dvsi.de/images/Spielzeugsicherheit_Schnurl%C3%A4ngen_EN71-1_5.4.pdf
- Erzieherin Ausbildung. (2015). Fachwissen: Was können Kinder in welchem Alter? Entwicklungsübersicht. Verfügbar 13. Februar 2021 unter <https://www.erzieherin-ausbildung.de/praxis/fachpraktische-hilfe-fachtexte/fachwissen-was-koennen-kinder-welchem-alter>
- Hochschule Darmstadt. (2021). Hochschule Darmstadt Thesis Template. Verfügbar 2. März 2021 unter <https://www.overleaf.com/latex/templates/hochschule-darmstadt-thesis-template/qrxwckstfkyk>
- Hüther, G. & Stern, A. (2021). Welche Geschenke brauchen unsere Kinder? Verfügbar 14. Februar 2021 unter https://www.spielundzukunft.de/de-de/de_DE/cat/BEIM-SPIELEN-8211/Spielen-8212/Rund-ums-Spielen-10627/content/blog-5014504/welche-geschenke-brauchen-unsere-kinder-98896
- Jiménez, F. (2015). Was Forscher zu elektronischem Spielzeug sagen. Verfügbar 14. Februar 2021 unter <https://www.welt.de/gesundheit/psychologie/article150337100/Was-die-Forschung-zu-elektronischem-Spielzeug-sagt.html>
- Kolkmann, T. (2018). USB-Anschluss: Pinbelegung von USB A, B, C und Micro-USB. Verfügbar 4. März 2021 unter <https://www.giga.de/downloads/microsoft-windows/tipps/usb-anschluss-farben-stecker-bedeutung-und-erklaerung/>
- Lentz, S. (2018). DIN EN 71-1 Sicherheit von Spielzeug: Teil 1: Mechanische und physikalische Eigenschaften; Deutsche Fassung EN 71-1:2014+A1:2018. Verfügbar 16. Februar 2021 unter <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nasg/veroeffentlichungen/wdc-beuth:din21:296101058>
- Mehr Zeit für Kinder e. V. (2018). Spielen macht Schule: Bildungsinitiative zur Förderung des Spielens. Verfügbar unter <https://www.spielen-macht-schule.de/>

- Niebuhr, J. (2018). Warum Eltern nie wirklich mitspielen. Verfügbar 14. Februar 2021 unter <https://blogs.faz.net/schlaflos/2018/08/09/warum-eltern-nie-wirklich-mitspielen-315/>
- Regierung Mittelfranken. (2020). Welche gesetzlichen Vorgaben gibt es für Spielzeug? Verfügbar 16. Februar 2021 unter https://www.vis.bayern.de/produktsicherheit/ueberwachung/spielzeug_gesetz_vorgaben.htm
- Snapmaker EU. (2020). Snapmaker Original 3-in-1 3D-Drucker. Verfügbar 23. Februar 2021 unter <https://eu.snapmaker.com/de/collections/snapmaker-original/products/3-in-1-3d-printer>
- Statista. (2020). Umsatz mit Spielen und Spielwaren in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2020 (in Millionen Euro). Verfügbar 28. Januar 2021 unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/495597/umfrage/marktvolumen-im-segment-spiele-und-spielwaren-in-deutschland/>
- stiftungNetz. (2021). Entwicklung 3-Jähriges Kind. Verfügbar 13. Februar 2021 unter <https://www.stiftungnetz.ch/entwicklung-3-jaehriges-kind/>
- Wizard of the Coast. (2021). D&D for Beginners: Dungeons & Dragons. Verfügbar 15. Februar 2021 unter <https://dnd.wizards.com/get-started>

SPIELE UND SPIELZEUG

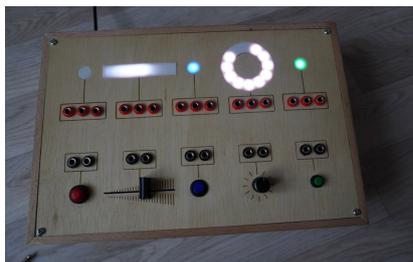
- Buki (Hg.) (o. J.). *Electronic Expert*.
- BusyboardhappyHome (Hg.) (o. J.). *Travel Busy Board: Natural Wood Activity Board, Fine Motor Board, Special Needs Toy, Toddler Travel Sensory Board, Occupational Therapy Gift*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter <https://www.etsy.com/de/listing/949296578/travel-busy-board-natural-wood-activity>
- CodeParade (Hg.) (2019). *Building a Tactile Button-Box for a Toddler*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter https://www.youtube.com/watch?v=Q6AQm_XgJX8&feature=emb_rel_pause
- Filimundus AB (Hg.) (2020). *BRIO World - Eisenbahn*.
- Funduino. (o. J.). *Learning Cube für Arduino*. Verfügbar 20. Februar 2021 unter <https://funduino.de/funduino-cube>
- Geek Detour (Hg.) (2018). *DIY Busy Board: Light Switch Box Toy for Toddlers - Sensory Box/Activity Board for kids*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter <https://www.youtube.com/watch?v=hmvxms9eO5E>
- Haba (Hg.) (2008). *Meine ersten Spiele – Farben & Formen*.
- KiddyBussyToys (Hg.) (o. J.). *Sensory Busy Board With Lights*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter https://www.etsy.com/de/listing/775885750/sensorisch-beschäftigt-board-mit?ref=shop_home_feat_2
- Kosmos (Hg.) (2015). *WAS IST WAS Trumpfspiel Dinosaurier*.
- Kosmos (Hg.) (2019). *Easy Elektro - Light: Elektrotechnik verstehen – ganz ohne Kabelgewirr*.
- MaxiBabyToys (Hg.) (o. J.). *Busy board for toddler*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter <https://www.etsy.com/de/listing/733370433/beschäftigt-board-fur-kleinkind-custom>
- Melissa & Doug (Hg.) (2021). *Melissa & Doug® Kinder Holzspielbrett mit Verschlüssen*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter https://www.jako-o.com/de_DE/melissa-doug-kinder-holzspielbrett-mit-verschluessen-328362
- MyQuietKid (Hg.) (o. J.). *Quiet Book*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter <https://www.amazon.de/MyQuietKid-Stoffbuch-Book-Motorikspielzeug-interaktiven-Geschenk/dp/B07B4WZ5T5>
- PRIMO Toys (Hg.) (2016). *Cubetto*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter <https://www.primotoys.com/cubetto/>
- tonies. (o. J.). *Tonies® - die Hörfiguren: Die Idee - ganz einfach hörspielen!* Verfügbar 21. Februar 2021 unter <https://tonies.de/die-idee/>
- vtech (Hg.) (o. J. a). *Entdeckerwürfel*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter <https://www.vtech.de/vtechbaby/entdeckerwuerfel>
- vtech (Hg.) (o. J. b). *Spiel- und Laufwagen*. Verfügbar 19. Februar 2021 unter <https://www.vtech.de/vtechbaby/spiel-und-laufwagen>

Teil II

ANHANG

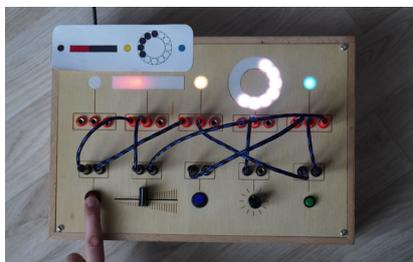
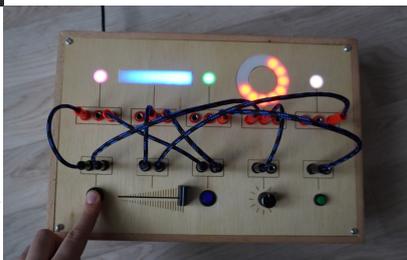
INFORMATIONSBLATT ZUR UMFRAGE

Das **E-Activity-Board** ist ein Lernspielzeug für Kinder, welches einen sicheren Rahmen bietet, elektronische Bausteine kennenzulernen, zu entdecken und auszuprobieren. Das multisensuelle Design bietet neben den unterschiedlichen haptischen Elementen, die sich in Form, Farbe und Beschaffenheit unterscheiden, sowohl akustisches als auch visuelles Feedback. Mit den verschiedenen Spiel- und Lernebenen können Kinder ihrem Alter und ihren Fähigkeiten entsprechend mit dem Board spielen und ihre eigenen Lernerfahrungen im Bezug auf elektronische Zusammenhänge und der Wirkung von Aktion und Reaktion machen.



In der **ersten Ebene** lernen die Kinder im freien Spiel die verschiedenen Ein- und Ausgabeelemente kennen und erfahren, welche Wirkung welches Eingabeelement auf das entsprechende Ausgabeelement hat. Die Schalter und Regler werden bedient und das dazugehörige LED-Element leuchtet auf. Bei den farbigen Knöpfen zeigt die LED die jeweilige Farbe, bei dem Schieberegler und dem Drehregler leuchten die LEDs weiß und verändern ihre Anzahl bzw. Helligkeit.

In der **zweiten Ebene** steigt die individuelle Interaktion. Die Kinder können mithilfe von Steckkabeln die verschiedenen Elemente beliebig miteinander verbinden. So leuchtet bei dem Drücken des roten Knopfes nicht mehr die erste LED rot sondern die mit dem Knopf verbundenen Elemente geben die rote Farbe wider. Im Weiteren ist es dadurch möglich zwei Farben bei dem gleichen Ausgabeelement zu aktivieren und es entsteht eine Mischfarbe. Die Kinder können hier ihre feinmotorischen Fähigkeiten und das logische Verständnis weiter entwickeln und lernen erste Zusammenhänge der additiven Farbmischung.



In der **dritten Ebene** wechselt die Spiel-Lernerfahrung vom freien Spiel zum Spiel mit Regeln und Vorgaben. Die Kinder erhalten Kärtchen, auf denen ein Ausgabemuster der LEDs abgebildet ist, welches sie nachbauen können. Die Kinder müssen die Kabel nun gezielt einsetzen, um das gewünschte Ergebnis zu erreichen. Die Schwierigkeit kann hier erhöht werden, indem der Einsatz der zur Verfügung stehenden Kabel für die Aufgabe limitiert wird.

Die **vierte Ebene** führt die Gedanken der dritten Ebenen weiter. Die Aufgabe ist es, wieder eine bestimmte Leucht-kombination zu erreichen. In diesem Fall ist die Aufgabe jedoch in eine Rätselgeschichte verpackt. Die Rätselgeschichte kann je nach Alter des Kindes alleine oder mit den Eltern/einem Erwachsenen gelöst werden. Diese Ebenen soll eine Zusammenspielmöglichkeit zwischen Kindern und Erwachsenen ermöglichen, die für beide Parteien anspruchsvoll ist. Die Lösung des Rätsels gibt Aufschluss darüber, wie die Geschichte weiter geht.

* Diese Ebene ist bisher rein konzeptionell und noch nicht in die Umsetzung eingeschlossen.

Ergänzend zu den hier stehenden Informationen zum Activity-Board, führt der nachfolgende zu einem kurzen Demovideo des Activity-Boards, welches die Handhabung und Funktionsweise veranschaulicht.

<https://youtu.be/OgPPauPEogY>

Abbildung A.1: Informationen zum e-Activity-Board (eigene Abbildung).

UMFRAGEERGEBNISSE DER EINZELNEN TEILNEHMER_INNEN

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.

Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)

Kindergarten - montessorieorientiert

2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?

3-7 Jahre

3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?

Ja, da es den Kindern ermöglicht eigene Erfahrungen zu sammeln, Verknüpfungen zu erkennen und sich damit (nach Anleitung) selbst zu beschäftigen, Lernerfahrungen zu sammeln.

4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?

2-9 Jahre

5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?

Als Angebot aufgestellt werden (mit einer Begleitung, die beobachtet und eingreifen kann) - gegebenenfalls eine Einführung geben kann und in die Aufgaben einführen kann

6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?

Neugier und Experimentierfreude, Konzentration, Kombinieren lernen, Feinmotorik, Selbstbestimmtes/selbständiges Lernen, erstes technisches Verständnis (später vielleicht keine Angst vor Physik :-))

7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)

unterschiedliche, aber doch übersichtlich (in Menge und Form) Anzahl von Angeboten (Funktionen) - Holz als Kontrast (ansprechend)

8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?

Müsste ich erst mit den Kindern ausprobieren um zu merken, ob es verständlich (nachvollziehbar) ist, Z.B. ob die Frage kommt: wieso brauche ich am Anfang kein Kabel und es leuchtet trotzdem?

Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.

Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.

Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.1: Umfrageergebnis 1.

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.

Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)

KiGa+Schule (Klassen 1-10) Freie Einrichtung mit freiem, selbstbestimmten Lernen.

2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?

3-18 Jahre

3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?

Passt. Es kann frei gearbeitet werden. Es lädt zum Ausprobieren ein. Die Aufgabenkärtchen kommen eher als Herausforderung als als Aufgabe herüber. Die Aufgaben in Geschichten wären noch mal spannend. Es scheint mir robust zu sein und kann nicht so leicht "kaputtgespielt" werden.

4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?

Grundschulalter. Evtl. auch jüngere Kinder. Ältere nur dann, wenn sie keine Vorerfahrung haben und es niemand gibt, der es als "uncoll" deklariert...

5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?

Zur freien Verfügung stellen. U.U. einmal vorstellen... Im KiGa wäre eine klassische Montessorie-Präsentation ganz angemessen...

6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?

Neugierde, Herausfinden wollen, logisch denken... und: Wir haben keine Lernziele...!

7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)

s.o.

8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?

Das könnte ich vielleicht sagen, wenn wir es einmal ausprobiert haben...

Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.

Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.

Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.2: Umfrageergebnis 2.

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.

Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)

Sonderschule

2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?

5-19 Jahre

3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?

Ja, da wir sowohl sehbehinderte Kinder, als auch Kinder mit einer geistiger Behinderung haben

4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?

ab ca. 1,5 Jahren und dann je nach Entwicklungsalter und Einsatz bis ins erwachsenen Alter

5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?

Es kann sowohl in einer Freispiel-/lern-Phase, als auch gut in der Einzelförderung eingesetzt werden, je nach Lernzielsetzung des Kindes.

6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?

- Förderung der Feinmotorik,
- Selbstwirksamkeit durch Handlung und direkte Reaktion,
- Sehförderung (Low Vision) durch hohe Kontraste (Licht)

7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)

- Die Größe, man kann das Gerät problemlos an einem Arbeitsplatz nutzen
- Der Lernansatz ist gut steigerbar, durch die verschiedenen Funktionen
- es lädt zum Ausprobieren ein, hat einen hohen Aufforderungscharakter

8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?

- In der Arbeit mit körperbehinderten Menschen könnte ich mir auch gut deutlich größere Knöpfe und Lichter vorstellen, die leichtgängig sind
- Eine passende Kiste für die Kabel, die evtl. sogar direkt am Gerät ist, wäre praktisch

Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.

Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.

Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.3: Umfrageergebnis 3.

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.
Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)
Förderzentrum Schwerpunkt Geistige Entwicklung
 2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?
Meine Klasse: 14-18, an der Schule ist aber alles vertreten
 3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?
Ja.
Es stellt eine weitere Möglichkeit der Vorbereitung auf die Arbeit in einer Werkstatt für Menschen mit einer Behinderung, in welcher es auch z.B. elektronische Arbeiten gibt.
 4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?
Wenn ich in meinem Bereich der Sonderpädagogik bleibe, ist dieses Gerät für alle Altersstufen interessant. Jeweils mit einem anderen Nutzen.
 5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?
Immer unterschiedlich. Für ältere und fitte Kinder zur Vorbereitung auf die Werkstatt, für Jüngere fitte als Nachbuaufgabe (Level 3) oder für Jüngere, um den Umgang mit Knöpfen etc. zu erproben.
 6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?
"Ich kann verschiedene Bedienelemente zielgerichtet bedienen" oder
"Ich kann verschie
 7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)
Schlichtes Design, keine Ablenker oder Distraktoren. Alles ist klar geordnet. Das ist super!
 8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?
Bedienelemente könnten größer sein, gerade für Menschen, die (noch) Schwierigkeiten in der Motorik haben. Vielleicht eine Möglichkeit, Elemente wegzunehmen oder dazu zu nehmen. Um die Schwierigkeit zu erhöhen oder einen Fokus setzen zu können.
Eine Möglichkeit, es fest am Tisch (z.B. durch Gumminoppen oder Rahmen) oder an der Wand zu befestigen.
- Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.
Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.

Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.4: Umfrageergebnis 4.

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.

Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)

Frderschule G und M in RLP, Bereich der körper- und geistigbehinderten Schüler

2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?

Zwischen 6 und 19 Jahren, hauptsächlich mit der Mittelstufe - 4 bis 6 Schulbesuchsjahr

3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?

Ja, würde es. Die Ebene 1 passt sicherlich auf viele Schüler, die gerne experimentieren. Ebene 3 und 4 sind wiederum sehr komplex für mein Klientel und wird nicht von vielen bedient werden können.

4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?

Ich denke, dass ab dem 4. Schulbesuchsjahr bis zur 8./9. Klasse an unserer Einrichtung Interesse besteht könnte. Ist nur nicht immer von der aktuellen Klassenzusammensetzung abhängig. Für Regelbereich kann ich da leider nichts zu sagen, da für B. mit das einsehbar ist.

5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?

Im Rahmen des Gesamtunterrichtes (vergleichbar mit Sachunterricht an der Grundschule) für alle und dann eher in der eins zu eins Betreuung.

6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?

Technisches Interesse
Farben / Formen
Ursache / Wirkung
Auge-Hand-Koordination

7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)

Ich mag die Idee, die dahinter steckt, die Förderziele die damit verbunden sind.

8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?

Das Aussehen ist denke ich für meinen Bereich etwas befordernd, da es sehr viele verschiedene Möglichkeiten des Ausprobierens gibt, es ist sehr komplex. Eine abgespeckte Version zusätzlich finde ich gut, dann kann man im Anschluss das größere Board einführen.

Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.

Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.

Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.5: Umfrageergebnis 5.

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.

Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)
Gemeinschaftsschule (Klasse 7-10), Inklusion (u.a. Förderbedarf geistige Entwicklung)
 2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?
12-17
 3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?
Bin unsicher. Im Rahmen selbstständiger Arbeit oder Selbstlernen evtl. Vielleicht auch in Physik beim Thema Strom? Mir würde gerade sonst kein Themenbereich im regulären Stundenplan einfallen, wo es "passen" würde.
 4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?
nicht pauschal zu sagen, erstes rumprobieren wäre auch für "meine" Jugendlichen cool, aber ob sie den "bliss" hätten, sich da mit Aufgaben dran zu setzen bin ich unsicher. K. me. wohl sehr auf die Neigungen des Kindes an.
 5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?
Ich denke am ehesten in der Freiarbeit.
 6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?
als erstes Ursache-Wirkung (über den Punkt sind die Kids bei uns definitiv immer hinaus). (geplante) Verknüpfungen, Kombinationen. Auch Feinmotorik (Stecker stecken) und berühren der Kreispermitte. Handlungsplanung.
 7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)
direkte akustische, visuelle und vermutlich auch haptische Rückmeldung, wenn man die Knöpfe/Regler nutzt (nicht zb wie beim Smartphone wo man nie weiß ob es "genommen" wurde)
 8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?
Im ersten Schritt leuchten die Leds auf wenn man die Regler/Schalter benutzt. In der zweiten Ebene verbindest du aber zb nicht nur die Farbe "blau" mit dem Kreis sondern AUCH den Regler der den Kreis in Schritt 1 ohne Kabel reguliert hat. Funktioniert das Regulieren nur mit Kabel, sobald Kabel angeschlossen sind? Es hat mich irritiert, dass ein Kabel zwischen dem Drehschalter und dem Kreis gesteckt wurde.
- Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.
- Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.
- Ich bräuchte unbedingt eine Steckdosen unabhängige Stromversorgung (Akku) und einen Kopfhöreranschluss. Bei den Knöpfen zum Drücken würde ich mir leiseres klicken wünschen. --> so würde es definitiv im gemeinsamen Unterricht die anderen stören/ablenken.
- Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.6: Umfrageergebnis 6.

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.
Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)

Erlebnismuseum

2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?

Kinder ab ca. 5 Jahren

3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?

Es passt als Spielelement oder als Exponat ins Thema Technik/Mechanik/Logik/. Das Exponat müsste dann in GROSS als Station bei uns zur Verfügung stehen.

4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?

Da wir alle Altersgruppen ansprechen, soll es auch für alle interessant sein.

5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?

Kinder sowie Erwachsene probieren und forschen frei und nach ihrem Interesse aus. Es gibt weder Vorgaben noch zeitliche Regeln. Interaktion miteinander und kurze Handlungsanregungen helfen zu verstehen. Das ist der Grundsatz unserer Ausstellung und Einrichtung. Genau so sollte es sich auch mit der Nutzung des E-Activity-Boards als Exponat verhalten.

6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?

Neugier wird geweckt; Ketten bilden / Logisches Denken; Farblehre; Physik/Mechanik/Stromkreisläufe;

7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)

Die Funktionen und die Möglichkeit die Schwierigkeitsstufen / Vertiefungsebenen an die Kinder anzupassen. Optional die Aufgabenkarten, die es zu lösen gilt.

8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?

Die Größe der Knöpfe sowie des Kastens. Das Material des Kastens müsste angepasst werden bzw beschichtet sein. Zudem könnte der akustische Aspekt im nächsten Schritt mit einfließen.

Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.

Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.

Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.7: Umfrageergebnis 7.

Fragebogen zum E-Activity-Board

Bitte lies dir zuerst die Informationen zum E-Activity-Board durch und beantworte dann die nachfolgenden Fragen.

Die Antworten werden vertraulich und anonymisiert behandelt und nur für die Auswertung und Veröffentlichung in dieser Masterarbeit verwendet.

1. In was für einer Einrichtung arbeitest du? (z.B. Krippe, Schule, Montessori...)

Mitmachmuseum

2. Wie alt sind die Kinder mit denen du arbeitest?

ab 4 Jahren bis zum Jugendlichen

3. Passt das E-Activity-Board in eure Einrichtung? Warum/Warum nicht?

Ja, es ist interaktiv zu bedienen, wie alle unsere Objekte innerhalb einer Ausstellung.

4. Für welche Altersspanne denkst du ist das Board interessant?

ab 7/8 Jahren

5. Wie würde das E-Activity-Board in eurer Bildungseinrichtung eingesetzt werden?

In einer bestimmten Station. Zur Zeit haben wir eine Ausstellung zum Thema Gehirn laufen. Da spielen z.B. Kombinations - Übungen dieser Art eine Rolle.

6. Was denkst du, welche Lernziele der Kinder mit dem Board unterstützt werden können?

- Koordination
- assoziatives /zusammenhängendes Denken und Handeln

7. Was gefällt dir gut an dem Board, warum? (z.B. Aussehen, Funktionen, ...)

- es scheint haptisch gut aufgebaut / gegliedert zu sein
- sieht ansprechend aus
- fordert zum anfassen und be-greifen auf - weckt die Neugierde
- es hat Schwierigkeitsgrade...Kinder entscheiden selber, welchen Level sie bedienen wollen.

8. Wo wünschst du dir Verbesserungen, warum?

- dafür müsste ich das Board selber ausprobieren dürfen

Ich bin mit dem Projekt in der Entwicklung, daher bin ich für jegliches Feedback offen und freue mich über eine Rückmeldung.

Du möchtest noch etwas sagen, was bis hierhin keinen Platz gefunden hat, dann schreibe es gerne hier hin.

Vielen Dank für deine Unterstützung.

Abbildung B.8: Umfrageergebnis 8.

Elektronische Gegenstände mit Schaltern, Reglern und Kabeln sind täglicher Bestandteil im Leben von Kleinkindern. Oftmals sind sie an Geräten so verbaut, dass Kleinkinder sie aufgrund der Sicherheit oder der Gefahr, dass etwas kaputt geht, nicht benutzen sollen. Kleinkinder lernen durch Nachahmung, selbst Ausprobieren und Entdecken, daher wollen sie die Geräte der Erwachsenen ebenfalls selbst benutzen und die Funktionen erfahren.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Spielzeug zu entwerfen, das Kindern in einer sicheren Umgebung das Entdecken und Verstehen elektronischer Zusammenhänge ermöglicht, welches das Interesse über einen längeren Zeitraum weckt und das logische Verständnis fördert.