

Zum Nacherfinden.
Konzepte und Materialien für Unterricht und Lehre

Konstruktion und Fertigung eines Fledermausdetektors

Gestaltungsgrundlage für die Initiierung immersiver Lernerfahrungen
mittels Gamification im Technik-Unterricht

Jochen Pfeifer^{1,*},
Ann-Katrin Krebs² & Hannes Helmut Nepper¹

¹ Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

² Leuphana Universität Lüneburg

Kontakt: Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd,

Institut für Bildung, Beruf und Technik,

Abteilung Technik,

Oberbettringerstr. 200,

73525 Schwäbisch Gmünd

jochen.pfeifer@ph-gmuend.de

Zusammenfassung: Um Schüler*innen ein besseres Verständnis für Fledermäuse zu vermitteln und gleichzeitig den Artenschutz heimischer Säugetiere zu fördern, wurde ein Fledermausdetektor zur Fertigung im technikbezogenen Unterricht entwickelt. Der B@t-Detektor kombiniert im Technikunterricht fächerübergreifende Aspekte aus der Biologie und Physik mit Gamification-Elementen, um das Interesse an und das Verständnis für Fledermäuse(n) bei Lernenden zu fördern. In der Lehrkräfteausbildung wird durch die Integration dieses Detektors in didaktische Seminare angehenden Lehrkräften eine praxisnahe und interaktive Möglichkeit vorgestellt, die Erfassung und Analyse von Fledermausaktivitäten zu erleben. Die Gamification-Elemente sind angelehnt an ein GamePad und geben neben den in Hörschall umgewandelten Fledermausrufen auch optische und haptische Signale. Diese innovative Herangehensweise unterstützt nicht nur die fachwissenschaftliche Wissensvermittlung, sondern fördert auch die Entwicklung didaktischer Fähigkeiten und die Anwendung moderner Technologie im Bildungsbereich. Der Fledermausdetektor dient somit als wertvolles Werkzeug, um zukünftige Lehrkräfte auf eine interaktive und praxisorientierte Unterrichtsgestaltung vorzubereiten. In diesem Beitrag wird die Konstruktion des Fledermausdetektors mittels Maker-Werkzeugen vorgestellt und ein Einblick in die derzeitige Forschung zum Einsatz des Detektors in Hochschulseminaren gewährt. Ziel ist es, auf Basis empirischer Daten den aktiven Einsatz in der Schule bestmöglich vorzubereiten.

Schlagwörter: Fächerübergreifender Unterricht; Fledermausdetektor; Gamification; Maker Education



Dieses Werk ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-SA 4.0 (Weitergabe unter gleichen Bedingungen). Diese Lizenz gilt nur für das Originalmaterial. Alle gekennzeichneten Fremdinhalte (z.B. Abbildungen, Fotos, Tabellen, Zitate etc.) sind von der CC-Lizenz ausgenommen. Für deren Wiederverwendung ist es ggf. erforderlich, weitere Nutzungsgenehmigungen beim jeweiligen Rechteinhaber einzuholen. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>

1 Einleitung/Hinführung zum Material

Fledermäuse (Microchiroptera) gehören zur Ordnung der Fledertiere (Chiroptera) und sind die einzigen Säugetiere, die als sogenannte Handflügler den aktiven Ruderflug nutzen, um sich in ihrer Umwelt fortzubewegen (Niethammer & Krapp, 2011). Die Orientierung in der Nacht erfolgt über Echoortung und umfasst dabei die räumliche Orientierung, Erkennung des Habitats sowie Detektion, Lokalisation und Klassifikation möglicher Futterquellen mittels Ultraschalls (Dietz et al., 2016). Dabei erzeugen die Tiere Laute jenseits des menschlichen Hörbereichs, der von etwa 16 Hz bis 20.000 Hz reicht. Bei 20.000 Hz fängt der Frequenzbereich von Fledermausrufen an. Die Tiere geben über das Zusammenziehen ihrer Kehlkopfmuskulatur sehr hohe Laute von sich, die nur mit technischen Hilfsmitteln in hörbare Knack- und Knatterlaute umgewandelt werden können. Die ausgesandten Ultraschallwellen werden als Echo reflektiert, sobald sie auf Objekte wie Futtermittel oder Hindernisse in der unmittelbaren Umgebung treffen. Die Interpretation der so reflektierten Schallwellen gibt der Fledermaus Informationen über Art, Größe und Entfernung des Objektes (vgl. Abb. 1).

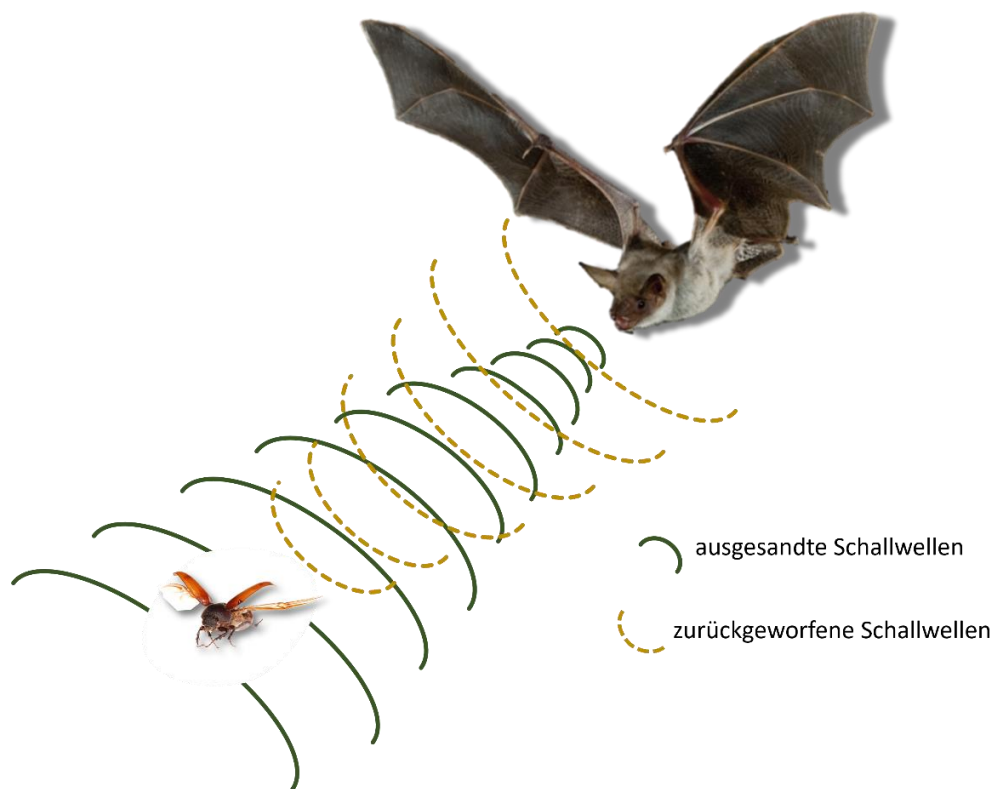


Abbildung 1: Modellhafte Darstellung der Echoortung der Fledermaus: Die Fledermaus sendet Ultraschalllaute je nach Art über Mund und/oder Nase aus. Diese Ultraschallwellen werden vom Objekt, z.B. einem Insekt, bei Auftreffen zurückgeworfen. Ultraschallwellen werden von der Fledermaus über die Ohren wahrgenommen und enthalten Informationen zu Abstand, Größe, Geschwindigkeit und Beschaffenheit des Objekts. (Grafik zusammengestellt von Ann-Katrin Krebs)

Möchte man nun im Sinne eines situierten Lernens (u.a. Law & Wong, 1996; Nepper, 2019) den fliegenden Säugetieren „folgen“ und ihnen bspw. akustisch lauschen, so müssen die Ultraschalllaute für den menschlichen Hörbereich umgewandelt werden. Um

nicht nur die Ultraschalllaute in Hörschall umzuwandeln, sondern hier auch noch weitere Signalquellen zu nutzen, wurde ein neues Artefakt entwickelt, um zusätzlich optische und haptische Signale passend zur Umwandlung auszugeben. Hierzu wurde ein Detektor als Gamepad¹ in Fledermaus-Form entwickelt, dessen Fertigung im Folgenden erläutert wird. Diese kann mit modernen Maker-Werkzeugen im Technikunterricht realisiert werden. Das fertige Artefakt bietet Lernenden für anschließende (fächerübergreifende) Unterrichtssequenzen ein geeignetes Hilfsmittel, um ein besseres Verständnis für die Lebensweise und Bedeutung von Fledermäusen zu bekommen, und legt damit gleichzeitig die Grundlage für eine Artenschutzsensibilisierung gegenüber heimischen Säugetieren.

Zunächst wird ein didaktischer Kommentar aus Sicht der Verfasser*innen gegeben, in dem der fächerübergreifende Ansatz dargestellt und eine Kontextualisierung des Themas Fledermaus mit anderen Fächern vorgenommen wird (Kap. 2). Anschließend folgt eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise, die der Nachnutzung im eigenen Lehrkontext dient (Kap. 3). In Kapitel 4 wird der didaktische Zugang des Beitrags theoretisch eingeordnet. Abschließend werden Adaptionmöglichkeiten der Fertigung des Artefakts präsentiert und Erfahrungen mit der Fertigung in hochschulischen Seminaren dargelegt (Kap. 5).

2 Didaktischer Kommentar

Unter fachdidaktischen Gesichtspunkten eignet sich die Fledermaus als rahmengebendes und fächerübergreifendes Thema im naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht. Neben ihrer interessanten Lebensweise² können zu den Fächern Biologie und Sachunterricht ergänzend ebenso die Fächer Physik (z.B. Schwingungen und Wellen) und Technik (z.B. Konstruktion, Fertigung und Design von technischen Hilfsmitteln) thematisiert werden. Auch in Erweiterung in die geisteswissenschaftlichen Fachbereiche, wie Deutsch (z.B. *Dracula* als Roman), Musik (z.B. Filmmusik bei *Batman*-Verfilmungen) und Geschichte (z.B. Tiere und Tierversuche während des Zweiten Weltkriegs), können Fledermäuse themengebend sein, um die Rolle der Tiere in unterschiedlichen Bereichen zu kontextualisieren (vertiefend hierzu z.B. Suhr, 2023: *Konzepte einer MINT-Didaktik. Fachdidaktische Analyse und Versuch einer Synthese*).

Um die oben genannten, teils komplexen Themen besser (be-)greifbar zu machen, setzen wir auf Gamification-Elemente, also spieltypische Elemente aus dem Bereich Zubehör für Konsolen- und Computerspiele, um den Lerngegenstand flow-typisch („[...] das selbstreflexionsfreie Aufgehen in einer glatt laufenden Tätigkeit, die man trotz hoher Anforderungen noch unter Kontrolle hat“ (Rheinberg & Vollmeyer, 2004, S. 164)) für die Schüler*innen erfahrbar zu machen (nähere Erläuterungen dazu finden sich in Kap. 4).

Gängige Detektoren wandeln den Ultraschall der Fledermäuse in hörbaren Schall um. Dabei fehlt den Detektoren jedoch häufig ein motivierender und inklusiver Einbezug von Schüler*innen. Durch die Adaption mit weiteren Signalausgaben und die optische Umwandlung in ein Gamepad hat der B@t-Detektor das Potenzial, mittels analoger Gamification das Interesse und die Motivation von vielen Lernenden für ihre Umwelt und den Artenschutz zu steigern. Dabei gibt bereits die Form Aufschluss über die Anwendung, selbst wenn der Detektor über die Wintermonate im Regal steht. Die Druck- und Drehschalter laden dazu ein, das Gerät in die Hand zu nehmen und zu nutzen. Da die Lernenden am Fertigungsprozess beteiligt sind und die einzelnen Schritte von Einzelbauteilen

¹ Ein Gamepad ist ein Eingabegerät zum Steuern von Computer- und Videospielen. Typischerweise werden über Taster oder Druckschalter grundlegende Funktionen des Spiels und die Bewegungen des Spielcharakters gesteuert. Einige Gamepads nutzen auch zusätzliche Funktionen, wie bspw. ein Vibrationsfeedback, um Spieler*innen möglichst real in die virtuelle Welt eintauchen zu lassen.

² U.a. ist die Fledermaus das einzige aktiv fliegende Säugetier, ist nachtaktiv, hält Winterschlaf und schläft kopfüber.

hin zum fertigen B@t-Detektor nachverfolgen können, werden bei der Fertigung auch noch wertvolle technische und handwerkliche Kompetenzen gefördert.

Mit einer an die Fertigung anschließenden Fledermauswanderung kann das selbstgefertigte Produkt ab April bis Ende Oktober eines Jahres in der Dämmerung und in den Abendstunden zur Detektion von Fledermäusen und ihren Ultraschalllauten genutzt werden. Auch für nicht belebte Schallquellen wie Schlüsselklimmern und den Abrieb von Fahrradreifen kann der Detektor genutzt werden. Durch die zu- und wegschaltbare Vibration sowie die invertierten LEDs, die bei Signalausgabe „flackern“, werden analoge Gamification-Elemente und Artenschutzsensibilisierung für ein nachhaltiges Lernen zusammengeführt.

Der Ansatz des fächerübergreifenden Unterrichts wird im interdisziplinären Forschungsprojekt „Digi’B@ts“³ gebündelt. Für verschiedene Unterrichtsszenarien soll im Projekt untersucht werden, ob und, wenn ja, inwiefern sich die Artenkenntnis von heimischer Flora und Fauna mit Hilfe von Gamification (weiter-)entwickeln lässt. Dabei liegt der Fokus auf dem Einsatz von Gamification-Elementen während Exkursionen, auf der Einbettung sozioökonomischer Aspekte (Schulz, 2011) in den Unterricht sowie auf der Förderung von ICT Literacy⁴ zum gezielten Abruf von sachkundigen, technischen, digitalen und ethischen Informationen (Becker et al., 2020; Krebs, 2020; Lestari & Prasetyo, 2019; Nerdel & von Kotzebue, 2020). Bezogen auf den Fledermausdetektor ist angedacht, die Konstruktions- und Fertigungsprozesse von Lernenden hinsichtlich Flow-Erlebens, Motivation und Anstrengungsbereitschaft im technikbezogenen Unterricht zu untersuchen. Die Daten werden, bezogen auf Praxistauglichkeit und die geplante didaktische Anwendung, mittels Expert*innen-Interviews abgeglichen. Ziel ist es, die Wirksamkeit der unterrichtlichen Handlungssequenzen zu analysieren. Diese werden wiederum als Grundlage für die empirische Forschung zur Artenschutzsensibilisierung genutzt.

In der technikdidaktischen Umsetzung ist vordergründig die Intention, kontextorientiert und sinnstiftend ein technisches Artefakt anzufertigen, das im weiteren Verlauf auch in anderen Fächern und Unterrichtssettings Anwendung finden kann. Die Schaltung des hier entwickelten Fledermausdetektors (B@t-Detektor) wurde so angepasst, dass ein fächerübergreifender Einsatz über alle Schularten hinweg möglich ist. Dabei werden inklusive Aspekte im weiteren und engeren Begriffsverständnis (Abels & Stinken-Rösner, 2020; Brodesser et al., 2020; Budde et al., 2016; Fühner et al., 2022; Mattes, 2018) integriert. Einer dieser Aspekte ist die Notwendigkeit eines technischen Hilfsmittels für alle (weites Inklusionsverständnis), um Ultraschall in Hörschall umzuwandeln. Dabei wird das Material im Verlauf des Forschungsprojekts „Digi’B@ts“ so auf- und vorbereitet, dass „alle Menschen, die sich in verschiedenen Diversitätsdimensionen voneinander unterscheiden, an Gesellschaft, Kultur und Bildung gleichberechtigt partizipieren können“ (Abels & Stinken-Rösner, 2020, S. 7). Ergänzend werden optische und haptische Signale bei der Fledermausdetektion ausgegeben, um so auch bei Seh- und Hörbeeinträchtigung (enges Inklusionsverständnis) die Signale wahrnehmen zu können (vgl. Kap. 3.2: Schaltplan B@t-Detektor).

Das Gehäuse wird dabei in Form einer Gamepad-Fledermaus konstruiert. In diesem Beitrag wird für die Fertigung die Kosy-Isolationsfräsmaschine mit dem Programm NCCAD (MAXcomputer) genutzt (wahlweise wäre dies aber auch für den 3D-Drucker oder den Lasercutter möglich). Handlungsleitend sind dabei: (1) ein möglichst einfacher

³ Weitere Informationen auf der Projektwebsite <https://www.digibats.de/>.

⁴ ICT Literacy (Information and Communication Technology Literacy) bezeichnet die Fähigkeit, digitale Technologien, Kommunikationswerkzeuge und Netzwerke effektiv zu nutzen, um Informationen zu finden, zu bewerten, zu erstellen und zu kommunizieren. Diese Kompetenz umfasst das Verständnis und die Anwendung von Software, digitalen Medien und Internetressourcen sowie die Fähigkeit, kritisch mit digitalen Inhalten umzugehen und ethisch korrekt zu handeln. ICT Literacy ist entscheidend für den Umgang mit den Anforderungen der modernen Informationsgesellschaft, da sie die Grundlage für eine erfolgreiche Nutzung von Technologien in Bildung, Beruf und Alltag bildet (International ICT Literacy Panel, 2002).

und fehlertoleranter Aufbau, (2) die Nutzung von Normteilen, (3) verschiedene Positionierungshilfen für den Aufbau, (4) die Reduktion von Einzelteilen sowie (5) einheitliche Materialstärke und Werkzeugdurchmesser.

Für die Schulpraxis, insbesondere um das Artefakt in größerer Stückzahl zeitökonomisch zu fertigen, gilt außerdem, dass die Rüstzeit (Werkzeugwechsel, Z-Achsen-Abgleich) auf ein Minimum reduziert wird. Hierfür sollte die Konstruktion idealerweise für den Einsatz einer minimalen Anzahl von Werkzeugen ausgelegt sein. Im besten Fall könnte der Werkzeugwechsel komplett vermieden werden, wenn bspw. nur ein Werkzeugdurchmesser verwendet wird. Im vorliegenden Fall wird einheitlich ein 3mm-Fräser (Dreischneider) verwendet. Dadurch können sowohl der Vorschub als auch die Teilzustellung maximiert werden.

3 Das Material

3.1 Gehäusekonstruktion B@t-Detektor

Allgemein gilt, dass die größte Bauhöhe der einzubauenden Bauteile die minimale Höhe des späteren Gehäuses bestimmt. Eine Reduzierung der Bauhöhe kann dabei bspw. durch Aussparungen in der Grund- und Deckenplatte erreicht werden. Bereits bei dieser Überlegung können eine Vorauswahl der verwendeten Halbzeuge und die Minimierung der Einzellagen erfolgen. Da mit einem runden Fräser keine innenliegenden Ecken gefertigt werden können, müssen derartige Konturen konstruktiv (bspw. durch Anschluss an eine Folgekontur bzw. Erweiterung der Konstruktion in einer Dimension) oder fertigungstechnisch (z.B. durch Bohrungen an den Ecken) nachgearbeitet werden. Um Bauteile im Gehäuse zu fixieren, können verschiedene Wege eingeschlagen werden. Bauteile mit Verschraubungen benötigen entsprechende Ausschnitte für Schrauben oder (Überwurf-) Muttern. Bauteile ohne genau definierte Fixierungspunkte erfordern eine andere Herangehensweise, vor allem wenn das Bauteil größere Toleranzen aufweist. Runde Bauteile können meist in zwei Dimensionen mit Spiel geführt und in einer Dimension gespannt werden. Ebenso ist es möglich, sie in zwei Dimensionen zu spannen und die dritte Dimension außer Acht zu lassen. Dazu wird im Optimalfall die Elastizität des verwendeten Materials genutzt.

Zu Beginn des Konstruktionsprozesses werden alle einzubauenden Bauteile entsprechend ihrer Kontur gezeichnet und innerhalb der geplanten Außenkontur des Gehäuses ohne Kollisionen angeordnet (vgl. Abb. 2 auf der folgenden Seite). Je nach Artefakt können dabei bereits Symmetrien genutzt werden, um die Konstruktion zu vereinfachen. Bedien- und Anzeigeelemente sowie alle weiteren Durchbrüche müssen aus ästhetischen Gründen besonders beachtet werden.

Die Bereiche zwischen den Bauteilen und der Außenkontur können nun für Verbindungselemente in Z-Richtung (u.a. Schrauben, Muttern, Dübel) sowie für Spannelemente in XY-Richtung (u.a. integrierte Federn, offene Bohrungen/Ausschnitte) genutzt werden. Die Verbindungen in Z-Richtung sollten eher am Rand der Außenkontur platziert werden, da diese alle Lagen des Gehäuses betreffen und damit die spätere Leitungsführung stark einschränken. Spannelemente (u.a. Federn) müssen sich bei der Klemmung in einer Dimension als Antagonist zur Gegenseite abstützen können. Offene Bohrungen und Ausschnitte hingegen üben kaum Einfluss auf die Konturen aus und wirken eher lokal (vgl. Abb. 3 auf der folgenden Seite).

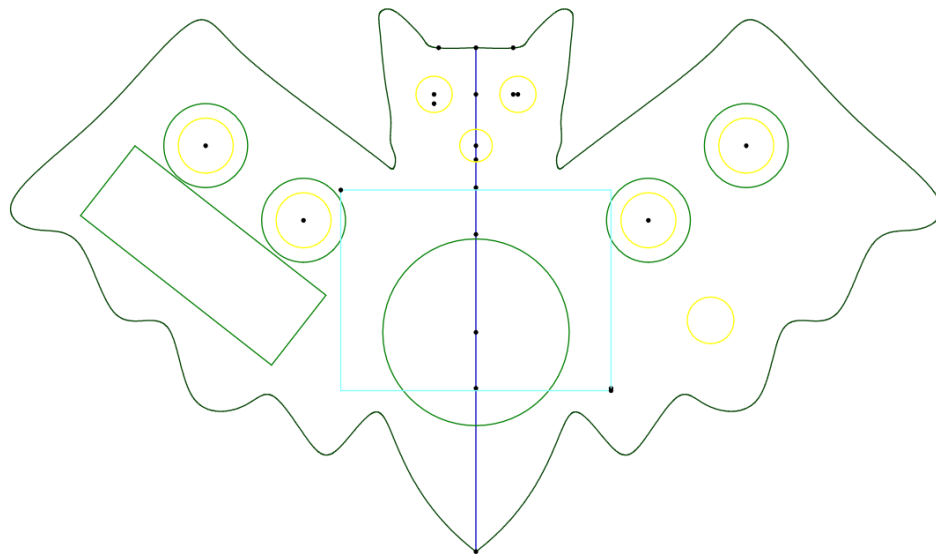


Abbildung 2: Einzeichnen der Konturen für Bedien- und Anzeigeelemente (eigene Darstellung)

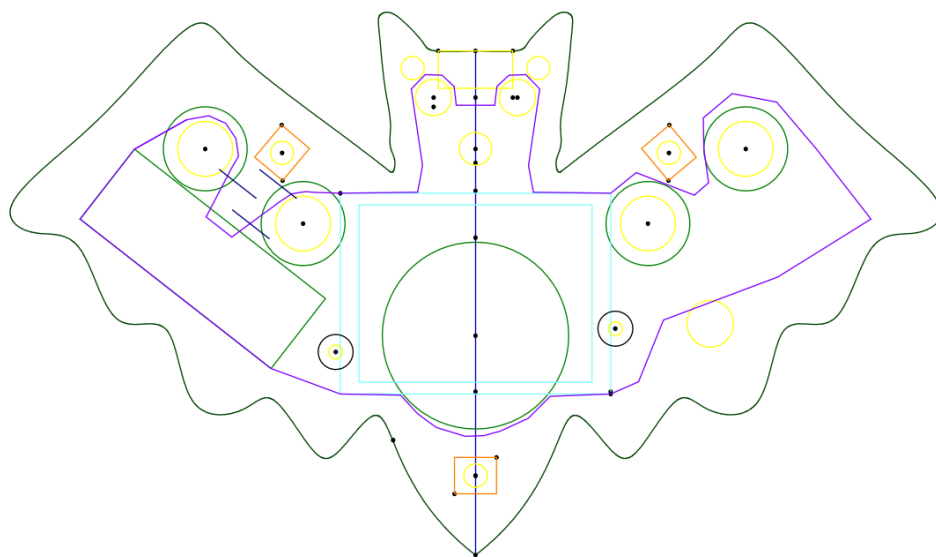


Abbildung 3: Einzeichnen der Konturen für Verbindungs- und Spannelemente (eigene Darstellung)

Um die nötige Dimensionierung des Gehäuseinneren in Z-Richtung zu erhalten, müssen entsprechend der größten Bauteile in dieser Dimension Distanzlagen eingebaut werden. Ihre Innenkontur darf die Bauteile im Gehäuse nicht schneiden und ergibt zusammen mit der Außenkontur die Wandstärke des Gehäuses. Wird ein Bauteil in XY-Richtung durch ein Spannelement gehalten, so sollten die Distanzlagen diesem als Antagonist ein Gegenlager bilden. Bohrungen und Ausschnitte zur Klemmung von Bauteilen können durch die Innenkontur der Distanzlagen geöffnet werden, um Bauteile mit größeren Toleranzen ohne unnötige Kräfte klemmen zu können (vgl. Abb. 4 auf der folgenden Seite).

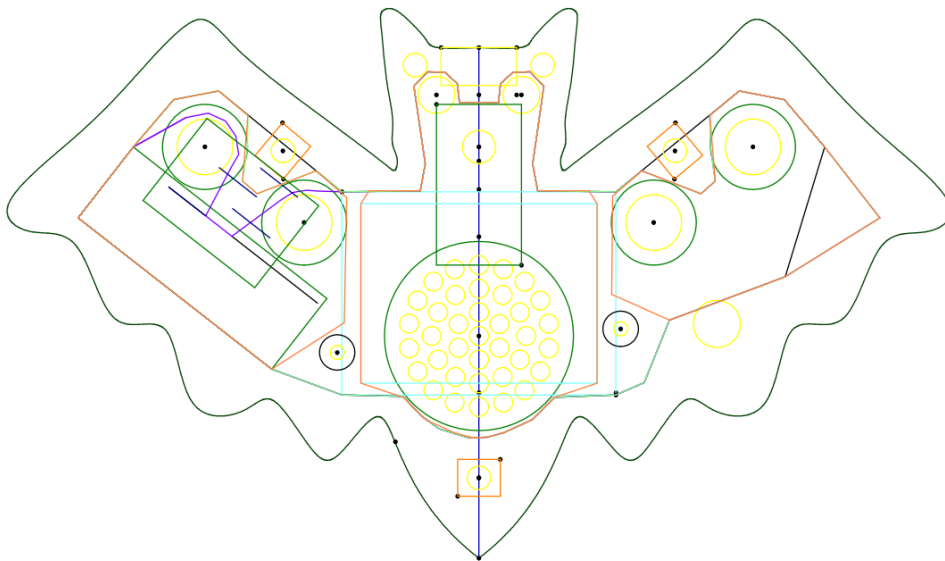


Abbildung 4: Einzeichnen der Konturen für die Distanzlagen (eigene Darstellung)

Bauteile im Deckel oder Boden des Gehäuses können durch einfache Ausschnitte integriert werden. In der Z-Achse integrierte Bauteile benötigen also, sofern diese nicht rechteckig sind und parallel zur Grund- und Deckfläche eingebaut werden, eine separate Halteplatte. Da diese in der Dicke durch das Halbzeug definiert ist, müssen über alle betroffenen Lagen des Gehäuses hinweg entsprechende rechteckige Ausschnitte gesetzt werden. Natürlich muss auch hierbei die Kontur des Fräsers beachtet werden und müssen ggf. Bohrungen an den Ecken gesetzt werden (vgl. Abb. 5).

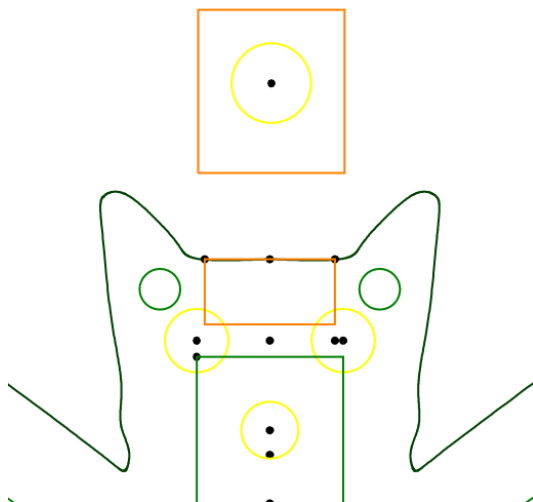


Abbildung 5: Einzeichnen von Ausschnitten am Gehäuse (eigene Darstellung)

Die letzte Lage des Gehäuses kann genutzt werden, um weiteren Platz für die eingebauten Bauteile in Form von Sacklöchern oder Vertiefungen zu schaffen. Bohrungen für durchgehende Verschraubungen müssen natürlich beibehalten werden (vgl. Abb. 6).

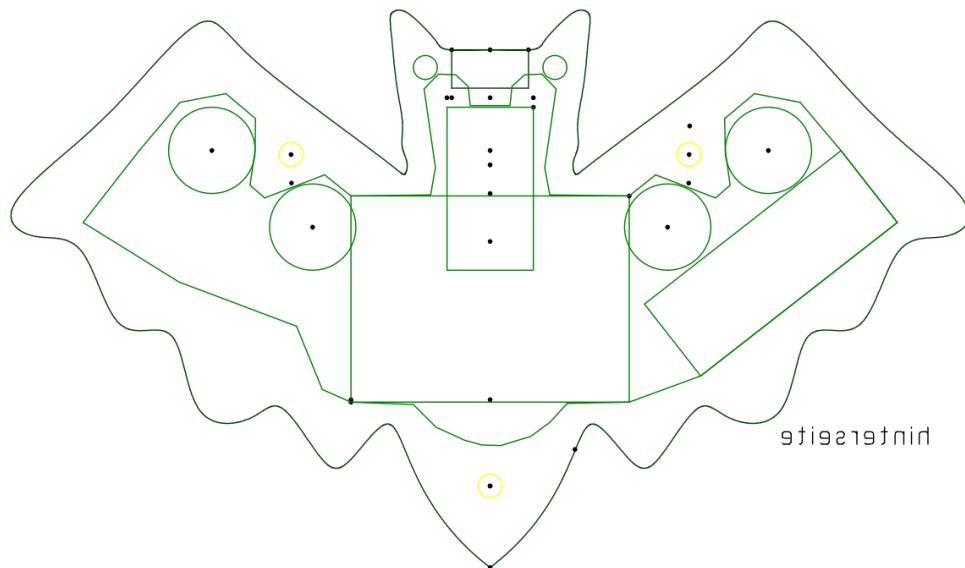


Abbildung 6: Einzeichnen von Sacklöchern und Vertiefungen (eigene Darstellung)

Nachdem alle Schritte durchlaufen wurden, wird die komplette Zeichnung entsprechend der Anzahl der Lagen kopiert. Dann werden in den einzelnen Lagen die nicht relevanten Linien gelöscht oder besser in einen inaktiven Zustand (Doku-Layer, Layer ohne Technologiedaten) geändert. Den relevanten Lagen werden im Anschluss die Fräsdaten (Technologien) zugewiesen. Dabei sollte von innen nach außen vorgegangen werden. Kleinere Ausschnitte können als Sackloch ausgeführt werden. Dies erhöht zwar die Fräszeit und vermindert die Standzeit, verhindert aber ein Verklemmen des ausgeschnittenen Teils und oft auch den dadurch ausgelösten Abbruch des Werkzeugs (vgl. Abb. 7).

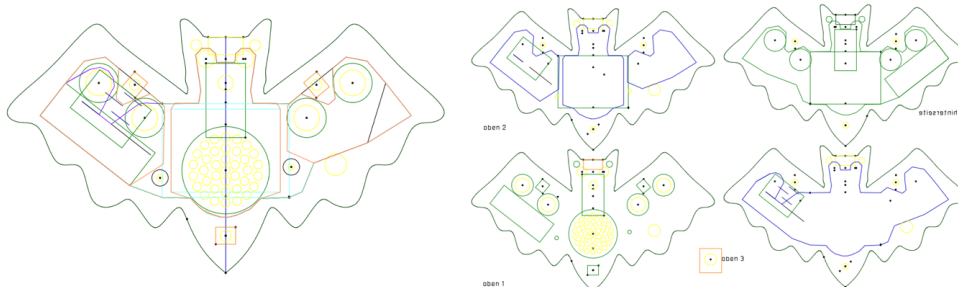


Abbildung 7: Kopieren der unterschiedlichen Lagen (eigene Darstellung)

Wichtige Aspekte für eine erste Optimierung des Prototyps nach der Fertigung sind (1) die Reduktion des Materialverbrauchs, (2) die Minimierung der Fertigungszeit sowie (3) ein zeiteffizientes Ein- und Ausspannen an der Kosy-Isolationsfräse. Durch eine optimierte Anordnung der Zeichnungsteile auf dem Material kann eine Reduktion des Materialeinsatzes erzielt werden. Dabei muss die mögliche Bearbeitungsfläche der Kosy-Isolationsfräse beachtet und wenn nötig die Fertigungsdatei geteilt werden. Die Bearbeitungszeit kann durch eine Erhöhung des Vorschubs oder durch die Verringerung der Teilzustellung erfolgen. Da sich die beiden Maßnahmen widerstreben, muss je nach Material ein geeigneter Kompromiss gefunden werden. Die Standzeit des Werkzeugs ist in diesem Kontext ein weiterer Faktor, der in Balance mit der Bearbeitungszeit gehalten

werden muss. Unnötige Werkzeugwechsel führen zu Zeitverlust und erhöhen die Kosten für den Fertigungsprozess. Eine für kleine Produktionsserien mit händischer (und entsprechend ungenauer) Vorbereitung sinnvolle Einspannung des Materials sind Schraubverbindungen zum Koordinatentisch in Kombination mit einer Schablone für die Verschraubungen. So kann das Material grob von Hand zugeschnitten und dennoch passend positioniert werden. Für kleine Serien genügt die Fixierung mit Holzschrauben auf einer zuvor geplanten Auflage aus einer Holzfaserplatte (MDF). Bei größeren Produktionsserien können metrische Schrauben in Kombination mit Einschraubmuttern genutzt werden (vgl. Abb. 8).

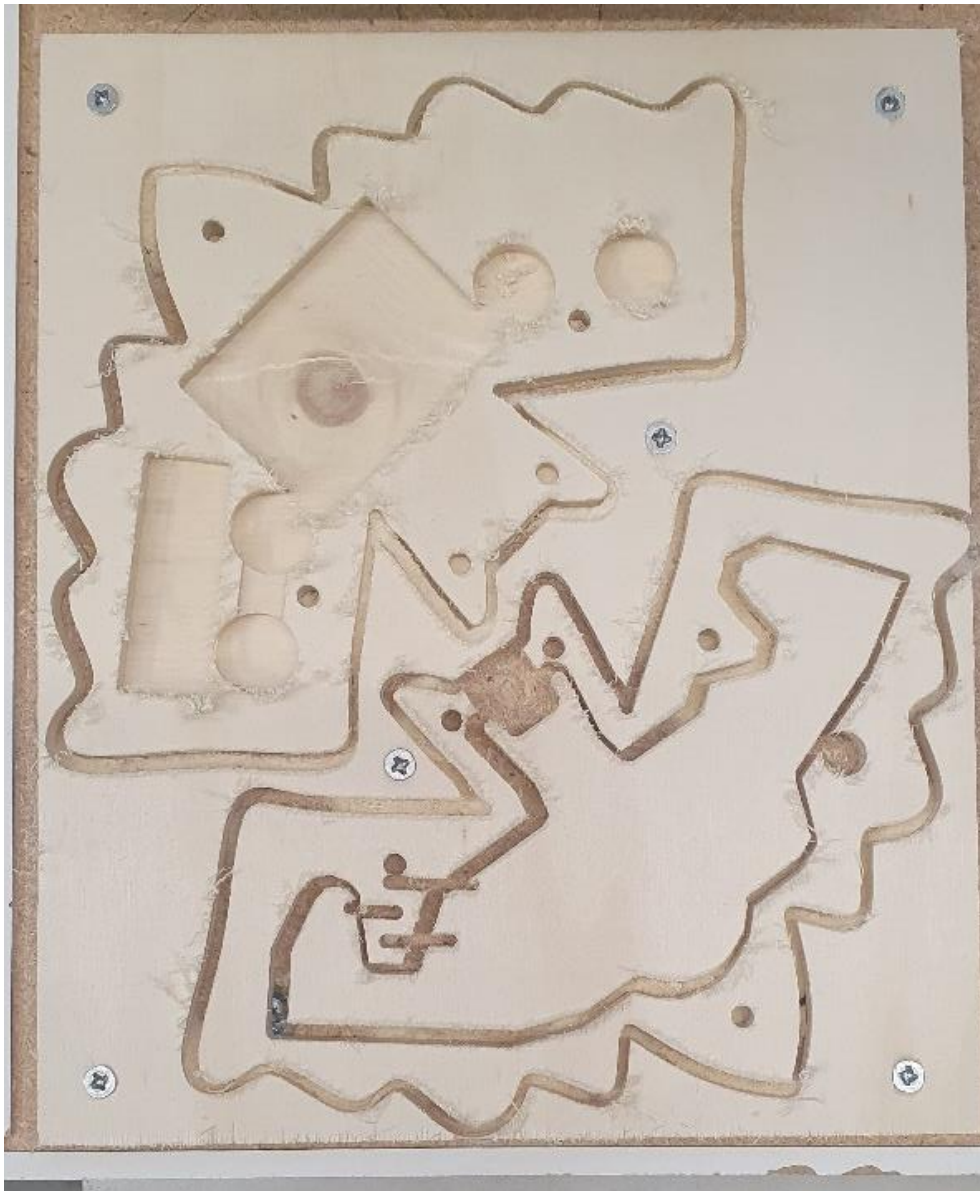


Abbildung 8: Fixierung mit Holzschrauben auf einer zuvor geplanten Auflage aus MDF (eigene Darstellung)

3.2 Schaltplan B@t-Detektor2

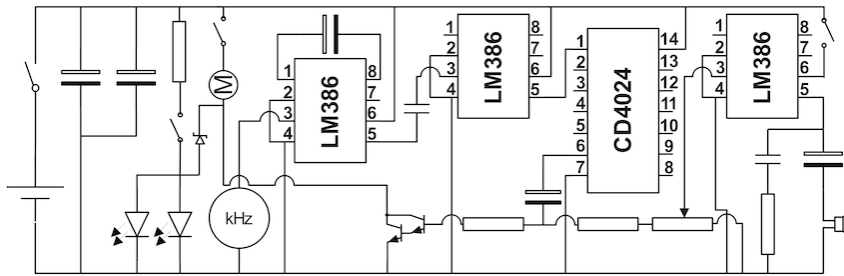


Abbildung 9: Schaltplan des B@t-Detektors (adaptiert und verändert nach <https://t1p.de/90xsa>)

Die Signaleingabe erfolgt über einen Ultraschallsensor (Mikrofon). Über den Audioverstärker LM386 wird das ankommende Signal 200-fach verstärkt und über einen Kondensator an den zweiten Audioverstärker LM386 übergeben, der es wiederum um das 20-fache verstärkt. Der folgende Frequenzteiler CD4024 verringert die Frequenz des Signals um den Faktor 16 und übergibt dieses per Kondensator an einen weiteren LM386-Audioverstärker. Dieser steuert den Lautsprecher an und leitet das Signal über einen Darlington-Transistor weiter. Hierüber werden im Takt des Signals die Vibrationsmotoren geschaltet und die beiden LEDs durch die Überbrückung mit der Schottky-Diode ausgeschaltet (vgl. Abb. 9).

Bei der Fledermausdetektion bedeutet dies konkret: Wenn die Lernenden während einer Fledermaus-Exkursion die Ultraschalllaute über das Mikrofon „einfangen“, beginnen die Augen der Fledermaus im Takt der umgewandelten Laute zu flackern, und über die Vibrationsmotoren wird zeitgleich ein haptisches Feedback zur hör- und sichtbaren Signalausgabe ausgegeben.

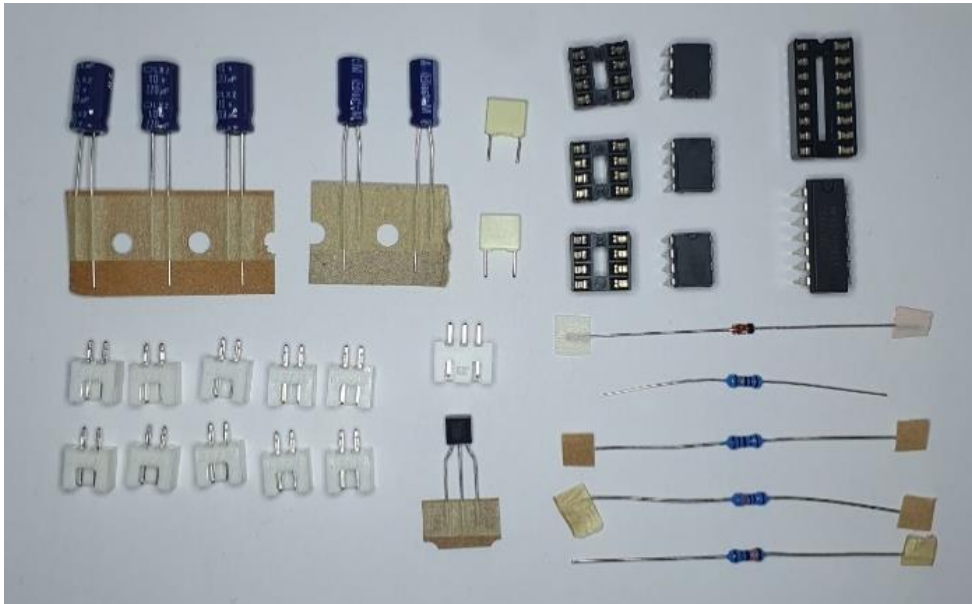


Abbildung 10: Benötigte Bauteile für die Platine des B@t-Detektor (eigene Darstellung)

3.3 Fertigungsplan Platine

Tabelle 1: Benötigte Bauteile und Werkzeuge zur Fertigung der Platine

Stückliste (Menge)	Benötigte Werkzeuge
<ul style="list-style-type: none"> • Widerstand (1x 10Ω; 1x 1kΩ; 1x 3,3kΩ; 1x 180kΩ) • IC-Sockel 8-polig (DIP8-Sockel) (3x) • IC-Sockel 14-polig (DIP14-Sockel) (1x) • IC LM386 (3x) • IC CD4024 (1x) • NPN-Transistor BC517 (1x) • Elektrolytkondensator (3x 220μF, 2x10μF) • Folienkondensator (2x 47nF) • Schottky-Diode BAT 85 (1x) • Darlington-Transistor BC 517 (1x) • JST XH 3-Pin Buchse (1x) • JST XH 2-Pin Buchse (10x) • Lötzinn (1x) 	<ul style="list-style-type: none"> • LötKolben (inkl. LötKolbenhalter, Lötrauchabsaugung, Lötthilfe, Lötswamm, Lötzinn) • Entlötpumpe • Seitenschneider • Schwamm • Gummiband

Für einen strukturierten Aufbau wird die Platine⁵ beginnend mit den flachen Bauteilen bestückt. So ist beim Lötvorgang eine Fixierung der Komponenten von der Bestückungsseite her möglich. Um den Überblick zu behalten und möglichst leicht an die neuen Bauteile (vgl. Abb. 10 auf der vorhergehenden Seite) heranzukommen, werden nach jedem Lötvorgang die überstehenden Drähte abgeschnitten. Damit die Bauteile wie gewünscht an der richtigen Position bleiben, können die Drähte auf der Verbindungsseite leicht nach außen gebogen werden. Bauteile mit kurzen Anschlüssen müssen von der Bestückungsseite her fixiert werden. Dies kann bspw. durch Auflegen einer kleinen Platte vor dem Wenden der Platine erfolgen. Eine weitere Möglichkeit gegen ein „Wandern“ der Komponenten ist die Fixierung mit einem Schwamm und einem Gummiband (vgl. Tab. 1). So können auch Bauteile unterschiedlicher Höhe zusammen verlötet werden. Die Lötthilfe („Dritte Hand“) kann ebenfalls zum Beschweren der Platine genutzt werden (vgl. Abb. 11).

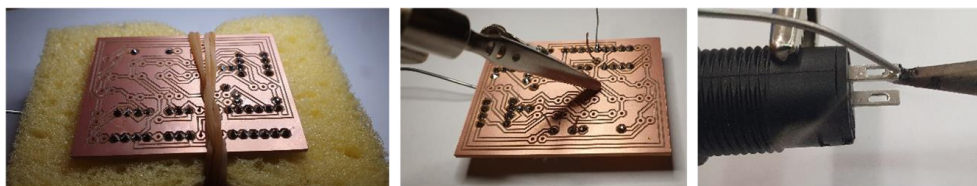


Abbildung 11: Hilfsmittel für den strukturierten Aufbau der Platine (eigene Darstellung)

Die im Gehäuse verbauten Komponenten (vgl. Abb. 12 auf der folgenden Seite sowie Kap. 3.4: Fertigungsplan des Gehäuseprototypen) werden nach dem Einbau mit den entsprechenden Buchsen verbunden; daher ist bei der Verkabelung auf die richtige Polung zu achten.

⁵ Eine ausführliche Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Fertigung der Platine mit der Kosy-Isolationsfräse und NCCAD9 findet sich z.B. unter https://youtu.be/FRsDOOFp_t8.

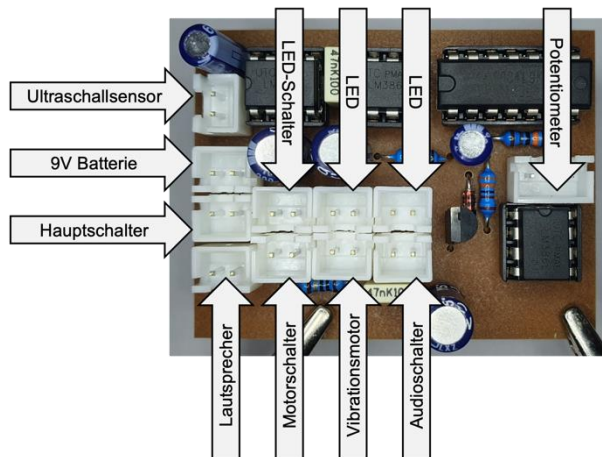


Abbildung 12: Beschreibung der Anschlüsse (eigene Darstellung)

Schritt 1 (Widerstände und Schottky-Diode): Im ersten Schritt wird die Platine mit den Widerständen (10Ω , $1k\Omega$, $3,3k\Omega$, $180k\Omega$) und der Schottky-Diode BAT 85 bestückt. Anschließend wird die Platine gewendet, und die jeweiligen Bauteile werden auf der Verbindungsseite verlötet. Die überstehenden Drähte werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten (vgl. Abb. 13).

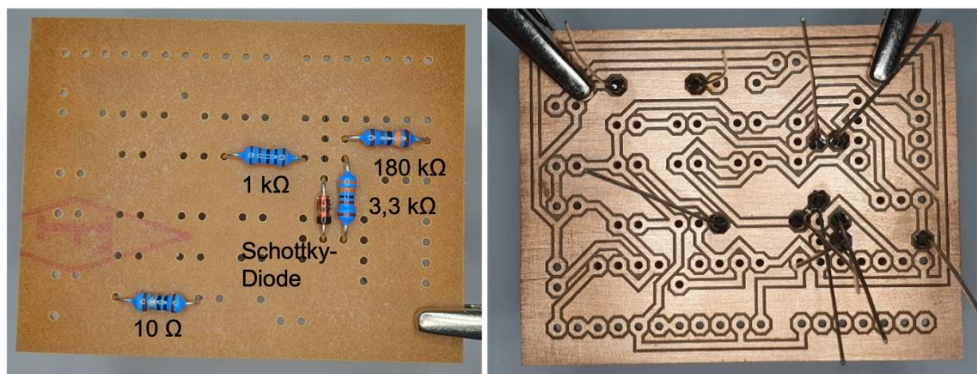


Abbildung 13: Widerstände und Schottky-Diode (eigene Darstellung)

Schritt 2 (DIP-Sockel): Im zweiten Schritt wird die Platine mit den drei DIP8-Sockeln und dem DIP14-Sockel bestückt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Einbuchtung der Sockel in die richtige Richtung zeigt. Anschließend wird die Platine gewendet, und die Bauteile werden auf der Verbindungsseite verlötet. Die überstehenden Drähte werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten (vgl. Abb. 14).

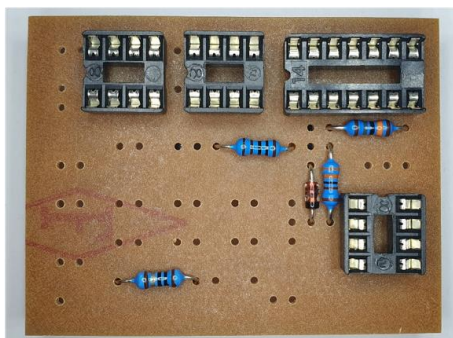


Abbildung 14: DIP-Sockel (eigene Darstellung)

Schritt 3 (Folienkondensatoren): Im dritten Schritt wird die Platine mit den beiden Folienkondensatoren (47nF) bestückt. Anschließend wird die Platine gewendet, und die Bauteile werden auf der Verbindungsseite verlötet. Die überstehenden Drähte werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten (vgl. Abb. 15).

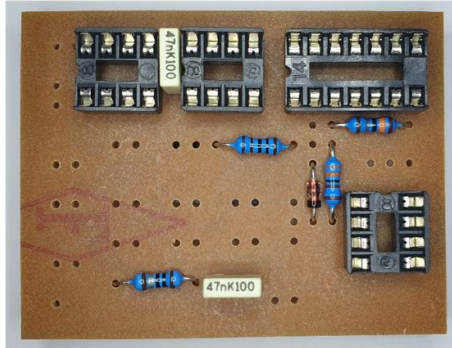


Abbildung 15: Folienkondensator (eigene Darstellung)

Schritt 4 (Buchsen): Im vierten Schritt wird die Platine mit den zehn 2-poligen JST-XH-Buchsen und mit der 3-poligen JSTH-XH-Buchse bestückt. Anschließend wird die Platine gewendet, und die Bauteile werden auf der Verbindungsseite verlötet. Die überstehenden Drähte werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten (vgl. Abb. 16).

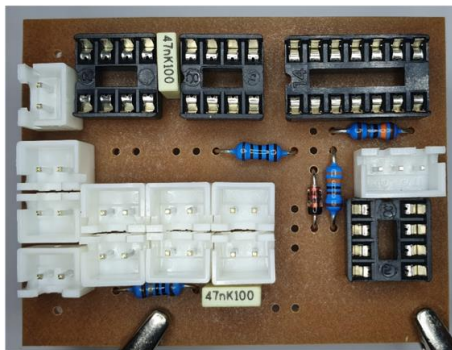


Abbildung 16: Buchsen (eigene Darstellung)

Schritt 5 (Darlington-Transistor): Im fünften Schritt wird die Platine mit dem Darlington-Transistor (BC 517) bestückt. Hierbei muss auf die Einbaurichtung geachtet werden. Anschließend wird die Platine gewendet, und die Bauteile werden auf der Verbindungsseite verlötet. Die überstehenden Drähte werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten (vgl. Abb. 17).

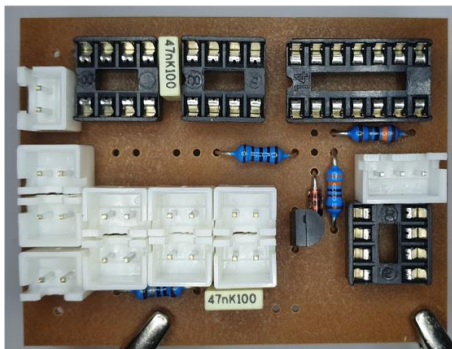


Abbildung 17: Darlington-Transistor (eigene Darstellung)

Schritt 6 (Elektrolytkondensatoren und IC-Bausteine): Im sechsten Schritt wird die Platine mit den insgesamt fünf Elektrolytkondensatoren (3x 220 μ F, 2x 10 μ F) bestückt, und die IC-Bausteine (3x IC LM386, 1x IC CD4024) werden in die jeweiligen Fassungen gesteckt. Hierbei ist auf die Polung der Komponenten zu achten. Anschließend wird die Platine gewendet, und die Elektrolytkondensatoren werden auf der Verbindungsseite verlötet. Die überstehenden Drähte werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten (vgl. Abb. 18).

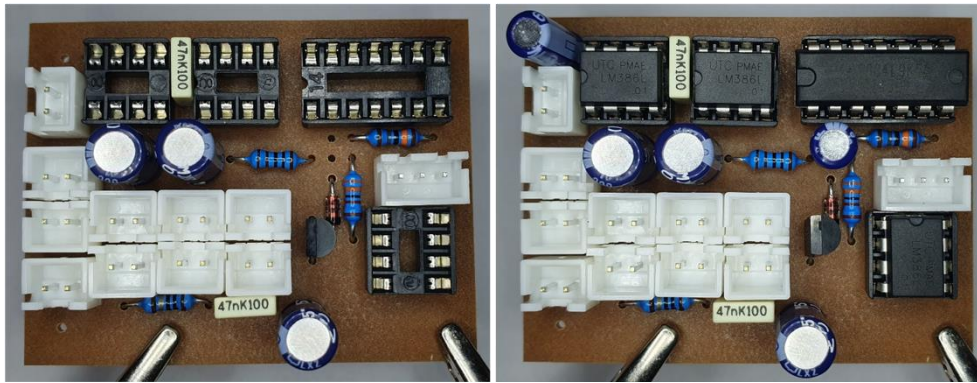


Abbildung 18: Elektrolytkondensator und IC-Bausteine (eigene Darstellung)

3.4 Fertigungsplan des Gehäuseprototypen

Tabelle 2: Benötigte Bauteile und Werkzeuge zur Fertigung des Gehäuses (eigene Darstellung)

Stückliste (Menge)	Benötigte Werkzeuge
<ul style="list-style-type: none"> • Druckschalter TS-425A (4x) • Ultraschallsensor MUS-40E (1x) • Vibrationsmotor 10x2,6mm 3V (2x) • M5-Mutter (3x) • Holzdübel 5x25mm (2x) • Holzleim (1x) • Lötzinn (1x) • Schrumpfschlauch 2mm (4x) • Schrumpfschlauch 4mm (2x) • Panheadschraube 4x10mm (2x) • Linsenkopfschraube M5x25mm (3x) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kleiner Schlosserhammer • Schleifleine (120er-Körnung) • Lineal • Abisolierzange • LötKolben • Lötthilfe („Dritte Hand“) • Lötrauchabsaugung • Seitenschneider • Feuerzeug • Kreuzschlitzschraubendreher PZ2

Schritt 1 (Vorbereitung der Gehäuseteile): Im ersten Schritt werden alle Gehäuseteile einzeln verschliffen. Hierzu werden Schleifleinen, Schleifpapier oder Schleiffließ mit einer möglichst feinen Körnung verwendet (etwa 120er-Körnung) (vgl. Abb. 19 auf der folgenden Seite).



Abbildung 19: Vorbereitung der Gehäuseteile (eigene Darstellung)

Schritt 2 (Zusammenbau der Gehäuseteile): Im zweiten Schritt wird zunächst das Gewinde der M5-Mutter durch Eindrehen einer Schraube überprüft. Anschließend wird die M5-Mutter unter Zuhilfenahme einer M5-Schraube und eines Hammers in Gehäuseteil 1 eingesetzt. In die „Ohren“ der Fledermaus werden unter Zuhilfenahme eines Hammers 5x25mm-Holzdübel als Montagehilfe eingesetzt. Diese dienen der sicheren Positionierung der Folgeteile (vgl. Abb. 20).

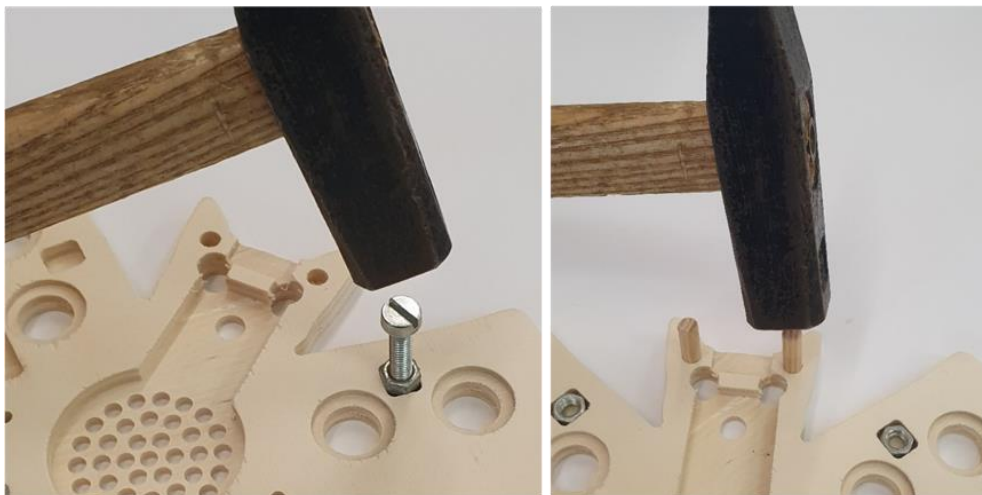


Abbildung 20: Einsetzen der M5-Mutter und der 5x25mm-Holzdübel (eigene Darstellung)

Gehäuseteil 2 wird dünn mit Holzleim eingestrichen. Anschließend wird der überschüssige Leim abgewischt und Gehäuseteil 2 auf Gehäuseteil 1 aufgesetzt. Eine weitere M5-Schraube hilft bei der Positionierung. Analog dazu werden Gehäuseteil 3 dünn mit Holzleim eingestrichen, der überschüssige Leim abgewischt und Gehäuseteil 3 auf die bereits verleimten Gehäuseteile 1 und 2 aufgesetzt. Eine weitere M5-Schraube hilft bei der Positionierung (vgl. Abb. 21 auf der folgenden Seite).

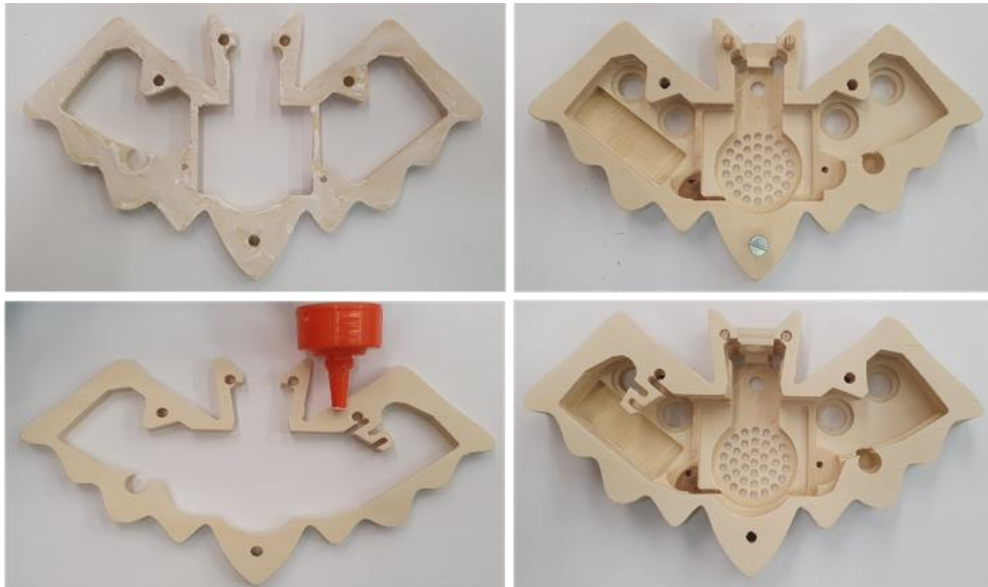


Abbildung 21: Verleimen der Gehäuseteile 1, 2 und 3 (Trocknungszeit etwa 15–20 Minuten) (eigene Darstellung)

Die Halterung des Ultraschallempfängers wird dünn mit Leim bestrichen und so in die bereits verleimten Gehäuseteile 1, 2 und 3 eingesetzt, dass das Montageloch nach oben versetzt ist. Nach Abbinden des Leims kann die Kontaktseite flach liegend unter Zuhilfenahme eines Schleifpapiers plan geschliffen werden (etwa 120er-Körnung). Das fertige Gehäuse (ohne den Gehäusedeckel) wird ebenfalls nochmals verschliffen (vgl. Abb. 22).



Abbildung 22: Einleimen der Halterung für den Ultraschallempfänger (Trocknungszeit etwa 15–20 Minuten) (eigene Darstellung)

Schritt 3 (Vorbereiten der Komponenten für das Gehäuse): Die Kabel zum Anschluss der Komponenten werden mit einem Seitenschneider auf die entsprechenden Längen gekürzt (vgl. Tab. 3 sowie Abb. 23 auf der folgenden Seite). Gemessen wird immer vom Beginn des Steckers.

Tabelle 3: Kabellängen (eigene Darstellung)

Komponenten (Anzahl)	Kabellänge in mm
LEDs (2x)	140
Ultraschallempfänger (1x)	140
Potentiometer (1x)	100
Vibrationsmotor (1x)	100

Komponenten (Anzahl)	Kabellänge in mm
Lautsprecher (1x)	60
Batterie (bis Clip) (1x)	110
Hauptschalter (1x)	100
LED-Schalter (1x)	110
Motorschalter (1x)	70
Lautsprecherschalter (1x)	90



Abbildung 23: Komponenten mit entsprechenden Anschlusskabeln (eigene Darstellung)

Die Kabelenden werden auf einer Länge von 5mm abisoliert, verdreht und vorverzinkt (dabei gilt: Bauteil erhitzen, Lot am Bauteil schmelzen). Anschließend werden die Bauteile (vgl. Tab. 2 auf S. 75) mit den Steckern verbunden (vgl. Abb. 23 von links nach rechts):

- **Druckschalter:** Die vier Druckschalter werden mit den entsprechenden Anschlusskabeln (Hauptschalter, LED-Schalter, Motorschalter, Lautsprecherschalter; Tab. 3) verlötet.
- **Vibrationsmotoren:** Beide Vibrationsmotoren werden aufeinander geklebt und deren Kabel auf 40mm gekürzt. Über das Verlöten der Verbindungskabel von rot nach schwarz (blau) werden beide Vibrationsmotoren in Reihe geschaltet und die Verbindung mit einem Stück Schrumpfschlauch isoliert. Die beiden verbleibenden Enden werden mit dem Anschlusskabel (Tab. 3) verlötet. Über alle drei Verbindungen wird ein Stück Schrumpfschlauch geschoben und verschrumpft. Dadurch entsteht eine Entlastung für die drei Lötstellen, und die dünnen Kabel der Vibrationsmotoren werden vor einem Unterbruch geschützt.
- **LEDs:** Die beiden LEDs werden vor dem Lötvorgang in ihre Halterung aus Neopren eingeschoben und anschließen mit den entsprechenden Anschlusskabeln verlötet. Es ist auf die Polung zu achten.
- **Potentiometer:** Das Potentiometer wird mit dem entsprechenden Anschlusskabel verlötet. Es ist darauf zu achten, dass der Mittelabgriff (weißes Kabel) an der richtigen Stelle sitzt. Mit einem Seitenschneider muss außerdem die Verdrehsicherung (Nippel) des Potentiometers entfernt werden.

- *Batterie-Clip*: Der Batterie-Clip und das zugehörige Anschlusskabel werden beide auf die richtige Länge gekürzt. Anschließend werden zwei Schumpfschläuche über die Kabel gezogen und die Kabel verlötet. Nach dem Lötvorgang werden die Verbindungen über die Lötstellen geschoben und verschrumpft.
- *Ultraschallempfänger*: Der Ultraschallempfänger wird mit dem entsprechenden Anschlusskabel verlötet.
- *Lautsprecher*: Der Lautsprecher wird mit den entsprechenden Anschlusskabeln verlötet. Es ist auf die Polung zu achten.

Schritt 4 (Einbau der Komponenten in das Gehäuse): Der Lautsprecher und das Potentiometer werden in die Aussparungen gesetzt und mithilfe der Unterlegscheibe und der Flachmutter am Gehäuse verschraubt. Die Bohrung für den Ultraschallsensor wird vorsichtig mit einer Rundfeile erweitert, bis der Sensor mit leichtem Druck händisch eingeschoben werden kann (vgl. Abb. 24).

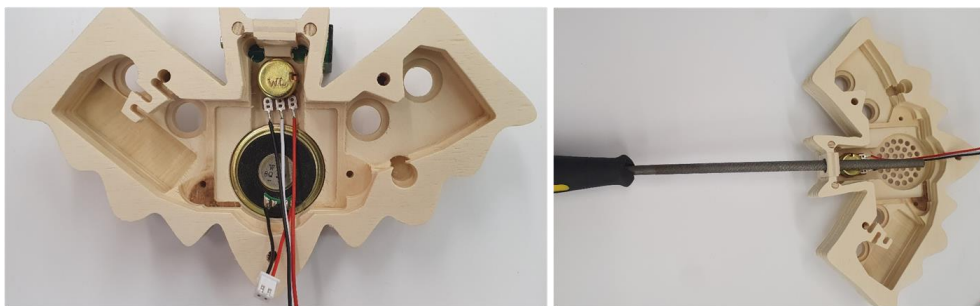


Abbildung 24: Einsetzen des Lautspechters, Potentiometers (links) und Ultraschallsensors (rechts) (eigene Darstellung)

Anschließend werden die LEDs in die vorgesehenen Bohrungen eingesetzt; dabei sollten die Kabel der LEDs auf der rechten Seite des Ausschnitts für den Lautsprecher austreten. Auf der linken Seite folgen das Potentiometer- und Ultraschallsensorkabel. Nun ist genug Platz, um die Platine (vgl. Kap. 3.3: Fertigungsplan Platine) einzusetzen, mit zwei 4x10mm-Linsenkopfschrauben zu verschrauben und die entsprechenden Stecker in die Buchsen zu stecken (vgl. Abb. 25).

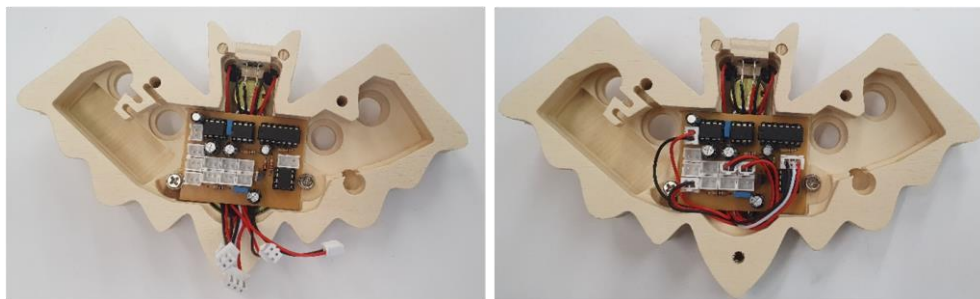


Abbildung 25: Einsetzen der Platine und Verkabelung von Lautsprecher, Potentiometer und Ultraschallsensor (eigene Darstellung)

Es folgen das Einsetzen der Druckschalter (LED-Schalter, Motorschalter, Hauptschalter, Lautsprecherschalter) in die dafür vorgesehenen Bohrungen sowie die Verschraubung der Schalter an der Innenseite des Gehäuses und deren Verkabelung (vgl. Abb. 26 auf der folgenden Seite).

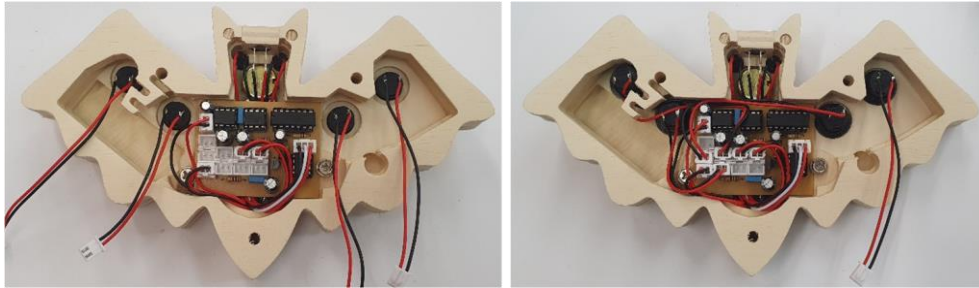


Abbildung 26: Einsetzen der Druckschalter und Verkabelung von Haupt-, LED-, Motor- und Lautsprecherschalter (Bestückung von links nach rechts) (eigene Darstellung)

Die Vibrationsmotoren werden in die dafür vorgesehene Aussparung unten rechts gedrückt und verkabelt (vgl. Abb. 27).

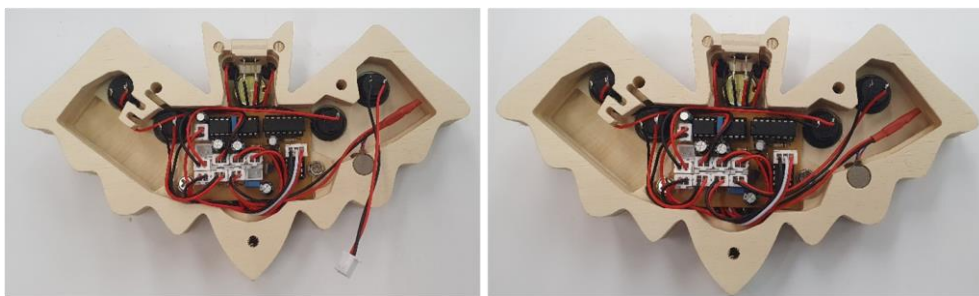


Abbildung 27: Einsetzen der Vibrationsmotoren und deren Verkabelung (Bestückung und Verkabelung von links nach rechts) (eigene Darstellung)

Für die Stromversorgung fehlt nun noch die 9V-Batterie, welche in die vorgesehene Aussparung gedrückt und verkabelt wird (vgl. Abb. 28).

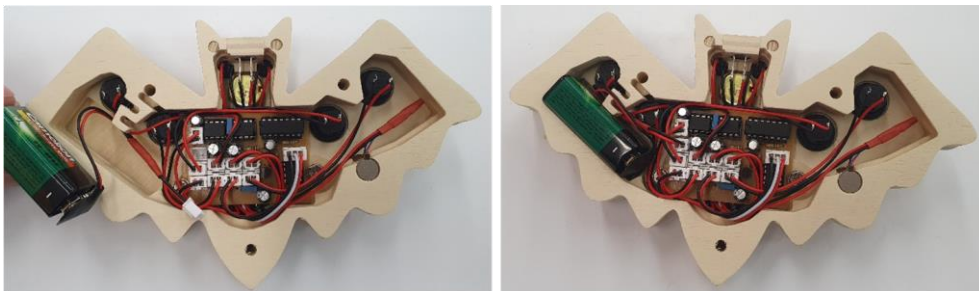


Abbildung 28: Einsetzen der Batterie und deren Verkabelung

Für einen ersten Funktionstest wird der Gehäusedeckel mit 5x25mm-Linsenkopfschrauben mit dem Gehäuse verschraubt (vgl. Abb. 29 auf der folgenden Seite).



Abbildung 29: Fertige Gamepad-Fledermaus (eigene Darstellung)

4 Theoretischer Hintergrund

Gamification

Gamification bezeichnet die Anwendung spieltypischer Elemente wie Punkte, Ranglisten, Belohnungen oder Herausforderungen in nicht-spielerischen Kontexten, um das Engagement und die Motivation der Teilnehmenden zu steigern. Durch die spielerische Gestaltung von Aufgaben werden Nutzer*innen motiviert, aktiv und mit Freude zu lernen oder bestimmte Ziele zu erreichen.

Analoge Gamification bezieht sich auf die Anwendung von Gamification-Prinzipien in einem physischen, nicht-digitalen Umfeld. Dies kann z.B. durch Brettspiele, Karten, Rollenspiele oder interaktive Lernumgebungen geschehen, in denen Spielmechanismen genutzt werden, um den Lernprozess oder die Zusammenarbeit zu fördern, ohne den Einsatz von digitalen Technologien (Mee Mee et al., 2021, 2022; Rao et al., 2022; Wartig & Stinken-Rösner, 2024).

Immersives Lernen

Immersives Lernen ist eine Methode, die es Lernenden ermöglicht, in eine vollständig realitätsnahe oder fiktive Umgebung einzutauchen, in der sie durch direkte Erfahrung und Interaktion lernen können. Dies kann durch Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) oder andere medienbasierte Ansätze erfolgen. Ziel ist es, das Lernen durch intensives Erleben und die emotionale Beteiligung zu vertiefen.

Immersives Lernen durch analoge Gamification kombiniert die intensive Einbindung von Lernenden in eine realitätsnahe oder fiktive Umgebung mit spielerischen, nicht-digitalen Elementen. Dabei werden Lernende in physische Lernumgebungen oder Szenarien eingebettet, die durch analoge Spielelemente wie Rollenspiele, Simulationen oder kreative Projekte gestaltet sind. Diese Umgebung fördert das aktive, handlungsorientierte Lernen, indem sie den Lernprozess spannend und interaktiv macht. Durch das Eintauchen in solche analogen, spielerisch gestalteten Szenarien wird das Lernen intensiver und nachhaltiger, da es sowohl emotionale als auch kognitive Beteiligung der Lernenden erfordert (Schön et al., 2016; Tarantini, 2021; Wölfel, 2023).

Flow-Erleben

Flow-Erleben beschreibt einen Zustand, in dem eine Person vollständig in eine Aufgabe vertieft ist, dabei ein hohes Maß an Konzentration und Freude empfindet und das Zeitgefühl verliert. Dieser Zustand wird häufig durch ein Gleichgewicht zwischen den Anforderungen der Aufgabe und den Fähigkeiten des Einzelnen erreicht und ist besonders förderlich für effektives Lernen und hohe Leistungsfähigkeit (Csikszentmihalyi, 2009; Oliveira et al., 2022; Rheinberg et al., 2003).

Maker Education

Maker Education ist ein Bildungsansatz, der das praktische, handlungsorientierte Lernen durch kreative Projekte und die Arbeit in sogenannten „Makerspaces“ fördert. Lernende entwickeln dabei durch das Experimentieren mit Werkzeugen, Materialien und Technologien neue Fähigkeiten und setzen Ideen in greifbare Ergebnisse um. Dieser Ansatz betont Selbstbestimmung, Problemlösung und kollaboratives Lernen (Blikstein et al., 2023; Hsu et al., 2017; Meißner, 2022; Stilz et al., 2020).

Situiertes Lernen

Situiertes Lernen basiert auf der Idee, dass Wissen am besten in dem Kontext erworben wird, in dem es später angewendet werden soll. Lernende entwickeln Fähigkeiten und Wissen durch direkte Erfahrungen in realitätsnahen Situationen oder durch authentische Aufgaben. Dieser Ansatz betont die Bedeutung von sozialer Interaktion und der Verbindung von Theorie und Praxis im Lernprozess (Rank et al., 2012; Scharnhorst, 2001; Schmohl, 2021).

5 Erfahrungen: Erste Pilotierung und Adaptierung vom technischen Artefakt hin zum Einsatz in der (Hoch-)Schule

Das im Beitrag beschriebene Vorgehen eignet sich zur Fertigung als technisches Artefakt im Technikunterricht, um hier sowohl Holz- und Lötarbeiten als auch die Einbindung von modernen Maker-Werkzeugen im Unterricht zu adressieren. Im Hinblick darauf, dass es nicht in allen Bundesländern Technik als Fach gibt, können hier Adaptionen im Fertigungsprozess vorgenommen werden, um den Einsatz in der Schule möglichst barrierearm zu gestalten.

Der B@t-Detektor soll von der Primarstufe bis zur höheren Sekundarstufe 1 eingesetzt werden. Verwirklicht wird dies durch Scaffolding⁶ und durch folgende Adaptionmöglichkeiten:

1. *Drei Versionen der Bausätze* werden realisiert. Schulen können zukünftig auf vorgefertigte oder teilweise montierte Bausätze zurückgreifen, die nur einfache Werkzeuge wie Schraubendreher oder Zangen erfordern. Diese Bausätze reduzieren die Notwendigkeit von schwerem Gerät, während die Schüler*innen dennoch das technische Konzept und die Funktionsweise des Artefakts erlernen. Für die Primarstufe ist hierzu eine vollmontierte Platine, auf der nichts mehr gelötet

⁶ „Scaffolding“ ist ein pädagogisches Konzept, das die gezielte Unterstützung von Lernenden während ihres Lernprozesses beschreibt. Der Begriff leitet sich von dem englischen Wort für „Gerüst“ ab und bezieht sich auf die temporäre Hilfe, die Lehrkräfte oder erfahrenere Peers bieten, um die Lernenden beim Erreichen eines höheren Verständnisses oder der Bewältigung von Aufgaben zu unterstützen. Diese Unterstützung wird schrittweise zurückgenommen, sobald die Lernenden zunehmend in der Lage sind, die Aufgabe eigenständig zu bewältigen. Scaffolding hilft, den Lernprozess zu strukturieren und Lernende in ihrem eigenen Tempo zum Erfolg zu führen.

werden muss, in Entwicklung. Lediglich die Bauteile selbst sind noch zu bearbeiten; so müssen Kabel an Schalter gelötet werden und am Ende die Bauteile nach Anleitung auf die Platine gesteckt werden. Für die niedrige Sek 1 (Klassen 5–7) können erste leichte Löterfahrungen auch mit Platinenlötgeräten gemacht werden, indem größere Bauteile wie Kondensatoren und Widerstände aufgelötet werden. So kann der präzisere Umgang mit LötKolben und Werkzeugen geübt werden. Für erfahrene Lernende (Klassen 8–10) wird die Platine unbestückt angeboten werden, und alle Lötunkte müssen selbst gesetzt werden. Für jede Version wird es diverse Anleitungen (Bild, Bild+Text, Bild+Text+Vorlesefunktion) geben und ebenso eine Schritt-für-Schritt-Videoanleitung.

Für Design und Adaptionen des Gehäuses können

2. *digitale Simulationen und Modelle* genutzt werden. Anstelle der physischen Herstellung können Lehrkräfte digitale Werkzeuge wie CAD-Software oder Simulationen einsetzen, um das Artefakt virtuell zu erstellen und zu testen. So können Schüler*innen das Design und die Funktionsweise verstehen, ohne physische Materialien zu benötigen.

Des Weiteren kann durch die

3. *Verwendung von einfacheren Materialien* die Zugänglichkeit für Lehrende und Lernende erhöht werden. Anstelle von komplexen oder schwer zu bearbeitenden Materialien können alternative, schulgerechtere Materialien verwendet werden, die leichter zu handhaben sind. Dies könnten Karton, Holz, Kunststoff oder 3D-Drucke sein, die mit einfacheren Werkzeugen bearbeitet werden können.

Die Arbeit mit einem LötKolben erfordert Konzentration und Zeit. Daher kann die Arbeit am Detektor auch in ein

4. *modulares Lernkonzept* überführt werden. Hier wird der Lernprozess dann in kleinere, modulare Einheiten aufgeteilt, bei denen Schüler*innen jeweils an einem spezifischen Teil des Projekts arbeiten, das mit den verfügbaren Ressourcen in der Schule machbar ist. Anschließend werden die einzelnen Teile zu einem Gesamtkonzept zusammengefügt.

Diese Ansätze ermöglichen es, zukünftig auch Lernprozesse für komplexe technische Konzepte im schulischen Kontext zu initiieren, ohne dass eine vollständige Werkstatt vorhanden sein muss. Die Schüler*innen erhalten dennoch ein tiefes Verständnis der Materie, indem sie durch kreative und praktische Methoden an das Thema herangeführt werden.

In der Pilotierung des Bausatzes wurde mit unbestückten Platinen, also mit der Version für die erfahrene Sek 1, gearbeitet und das Vorgehen mit einer entsprechenden Schritt-für-Schritt-Anleitung mit Detailbildern angeleitet. Dazu haben sowohl Studierende als auch Mitarbeitende an den beiden Standorten Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd und Leuphana Universität Lüneburg den B@t-Detektor angefertigt und Feedback auf das Vorgehen, die Anleitung und den Gamification-Aspekt der Anwendung gegeben. Ebenso wurde das Potenzial eingeschätzt, wie der Einsatz in der Schule gelingen kann. Das beschriebene Vorgehen wurde mit unterschiedlicher Ausstattung simuliert; so wurde in Schwäbisch Gmünd der B@t-Detektor mit Technik-Lehramtsstudierenden ($n = 8$) so angefertigt, wie hier in diesem Beitrag beschrieben.

Die Technikstudierenden in Schwäbisch Gmünd gaben im Anschluss an die Fertigung in einer Gruppendiskussion Feedback. Alle Studierenden können sich gut vorstellen, den Detektor in ihrem zukünftigen Technikunterricht anzufertigen, u.a.:

Ich denke, dass das Projekt in der Schule auf jeden Fall gut umsetzbar ist. Ich bin überzeugt, dass man es so gestalten und anpassen kann, dass es auf verschiedenen Niveaus gut funktioniert. Dadurch wird es für die Schüler nicht nur machbar, sondern auch zu einem wirklich einzigartigen Projekt (P8).

Allerdings ist es aus ihrer Sicht wichtig, ausreichend Zeit für die Wiederholung elektrotechnischer Grundlagen, für die detaillierte Besprechung des Schaltplans und gegebenenfalls für eine systematische Fehlersuche auf der Platine einzuplanen. Problematisch und zeitaufwendig werden insbesondere die Lötarbeiten an der Platine angesehen:

Am Anfang war es für mich auch ziemlich schwierig, da ich schon eine Weile nicht mehr gelötet hatte. Die Arbeit war extrem fein und anspruchsvoll, was mir anfangs wirklich schwerfiel. Ich kann mir gut vorstellen, dass Schülerinnen und Schüler schnell die Motivation verlieren könnten, wenn ein gewisses Frustrationslevel erreicht wird. Dadurch lässt die Konzentration nach, was die Arbeit noch schwieriger macht. So ging es mir zumindest am Anfang. Aber sobald man ein bisschen Übung hat und in den Flow kommt, wird es natürlich besser (P4).

Positiv und motivierend werden die verschiedenen Gamification-Elemente gesehen:

Man könnte jedoch diskutieren, ob nicht die Suche selbst das eigentliche Spiel ist – also weniger das Finden der Fledermaus, sondern vielmehr der Weg dorthin. Es erinnert ein wenig an Pokémon Go, das damals sehr populär war. In diesem Fall wäre es ähnlich, nur mit einem realeren Bezug, da man tatsächlich draußen unterwegs ist und nach Fledermäusen sucht. Ich finde, das ist ein guter Vergleich: eine Art Pokémon Go, aber für Fledermäuse und mit einem stärkeren Bezug zur realen Natur (P6).

In Lüneburg wurde auf die technische Anfertigung des Gehäuses aus Holz verzichtet und stattdessen das Gehäuse aus dem 3D-Drucker hergestellt und verwendet. Zudem wurde eine Adaption der Anleitung vorgenommen. Die Proband*innen ($n = 25$) in Lüneburg haben im Rahmen einer Lötwerkstatt den Detektor angefertigt und hatten wenig bis keine Lötterfahrung. Am Ende der Lötwerkstatt füllten die Teilnehmenden einen Feedbackbogen aus.

In der qualitativen Auswertung der Feedbackbögen wurde deutlich, dass die Aufgabe in der Version für die höhere Sek 1 anspruchsvoll ist und die Anleitungen sehr kleinschrittig sein müssen. Die Anleitung, ergänzt mit Text und Hinweispfeilen auf bestimmte Bauteile, muss kleinschrittig und qualitativ hochwertig fotografiert sein. Vorgänge müssen präzise formuliert und gut sichtbar sein, damit Laien auch im eigenen Lerntempo arbeiten können. Dabei ist es zudem wichtig, Bauteile immer genau zu benennen und keine Abkürzungen zu verwenden.

Der Zeitaspekt des Lötens der Bauteile selbst liegt bei unerfahrenen Personen bei etwa 180 Minuten. Das Lötens der Platine liegt je nach Erfahrung des*der Lötenden ebenfalls bei 180 Minuten. Insgesamt können das Lötens der Bauteile, das vollständige Lötens der Platine und der Einbau in das 3D-gedruckte Gehäuse entsprechend auf ca. 360 Minuten +/- 90 Minuten zusammengefasst werden.

Die Anleitung wurde mehrmals überarbeitet, und die Instruktionen für das Lötens der Bauteile und die Anleitung des Lötens der Platine wurden getrennt, um eine Überforderung zu verringern. So können die beiden Löteneinheiten je nach Schwierigkeit und Angabe der Erfahrung durch Lernende differenziert und noch weiter aufgeteilt werden.

Das Lötens der Bauteile wurde hierbei als einfacher wahrgenommen als das Lötens der Platine selbst. Gerade von Personen, die selten bis nie gelötet haben, wurde das Lötens der Bauteile als Übung wahrgenommen und als Kennenlernen des LötKolbens sowie des Umgangs mit Lötzinn. Empfohlen wird hier, um die gelöteten Bauteile zu testen, eine fertige Platine zur Verfügung zu stellen, sodass von den Personen selbst getestet werden kann, ob die Bauteile richtig mit den Kabeln der Steckverbindungen verlötet wurden.

Literatur und Internetquellen

- Abels, S. & Stinken-Rösner, L. (2020). Diversitätsgerechte und digitale Lehre Chance oder Widerspruch? *Bulletin / Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden – VSH*, 46 (3/4), 39–46. <https://pub.uni-bielefeld.de/record/2968081>
- Becker, S., Meßinger-Koppelt, J. & Thyssen, C. (Hrsg.). (2020). *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*. Joachim Herz Stiftung.
- Blikstein, P., Davis, R., Rosenbaum, L.F., Zheng, Y., Bender, S., Halverson, E., Keune, A., Martin, L., Pepler, K., Murphy, C.T., Vossoughi, S., Worsley, M.A., Yankova, N. & Hooper, P. (2023). The Future of Maker Education. In *Proceedings of the 17th International Conference of the Learning Sciences – ICLS 2023*. <https://media.tum.ub.tum.de/1742407>
- Brodesser, E., Frohn, J., Welskop, N., Liebsch, A.-C., Moser, V. & Pech, D. (2020). *Inklusionsorientierte Lehr-Lern-Bausteine für die Hochschullehre. Ein Konzept zur Professionalisierung zukünftiger Lehrkräfte. Eine Begründung durch Praxisbezug, Theorie und Methodik*. Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:19012>
- Budde, J., Heynold, B. & Offen, S. (2016). Diversität und Inklusion: Forschungsmethodische und -methodologische Perspektiven am Beispiel Bildungslandschaften. In M. Ottersbach, A. Platte & L. Rosen (Hrsg.), *Soziale Ungleichheiten als Herausforderung für inklusive Bildung* (S. 103–130). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13494-5_7
- Csikszentmihalyi, M. (2009). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Nachdr. (Harper Perennial Modern Classics). Harper & Row.
- Dietz, C., Nill, D. & von Helversen, O. (2016). *Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas: Biologie, Kennzeichen, Gefährdung* (Kosmos – Naturführer). Kosmos.
- Fühner, L., Ferreira González, L., Weck, H., Pusch, A. & Abels, S. (2022). Das NinU-Raster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts für Lehramtsstudierende. In A. Schröter, M. Kortmann, S. Schulze, K. Kempfer, S. Anderson, G. Sevdiren, J. Bartz & C. Kreutchen (Hrsg.), *Inklusion in der Lehramtsausbildung – Lerngegenstände, Interaktionen und Prozesse* (S. 63–78). Waxmann.
- Hsu, Y.-C., Baldwin, S. & Ching, Y.-H. (2017). Learning through Making and Maker Education. *TechTrends*, 61 (6), 589–594. <https://doi.org/10.1007/s11528-017-0172-6>
- International ICT Literacy Panel. (2002). *ETS Report of the International ICT Literacy Panel*. https://www.ets.org/research/policy_research_reports/publications/report/2002/cjik.html
- Krebs, A.-K. (2020). „Programmieren und die Fledermaus“ – Verknüpfung von Alltagsbezügen mit Digitalisierung und Technik im MINT-Unterricht. In S. Kruse, H.-J. Wahner & L. Windelband (Hrsg.), *Der Mensch in einer digitalen Welt: Kreativitätsfördernder MINT-Unterricht mit Berufsorientierung* (S. 21–22). KlettMINT.
- Law, L.-C. & Wong, K.-M.P. (1996). Expertise und Instructional Design. In H. Gruber & A. Ziegler (Hrsg.), *Expertiseforschung* (S. 115–147). VS. https://doi.org/10.1007/978-3-663-12111-4_7
- Lestari, D. & Prasetyo, Z.K. (2019). A Review on ICT Literacy in Science Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233 12097. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1233/1/012097>
- Mattes, W. (2018). *Methoden für den Unterricht: Kompakte Übersichten für Lehrende und Lernende*. Schöningh.

- Mee Mee, R.W., Pek, L.S., Von, W.Y., Abd Ghani, K., Tengku Shahdan, T.S., Ismail, M.R. & Rao, Y.S. (2021). A Conceptual Model of Analogue Gamification to Enhance Learners' Motivation and Attitude. *International Journal of Language Education*, 5 (2), 40. <https://doi.org/10.26858/ijole.v5i2.18229>
- Mee Mee, R.W., Rao, Y.S., Pek, L.S., Ghani, K.A., Von, W.Y., Ismail, M.R. & Shahdan, T.S.T. (2022). Gamifying Education for Classroom Engagement in Primary Schools. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 11 (3), 1360. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i3.21918>
- Meißner, S. (2022). Maker-Literacy. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, (Jahrbuch Medienpädagogik 18: Ästhetik – Digitalität – Macht), 291–305. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb18/2022.02.28.X>
- Nepper, H.H. (2019). *Die situierte Fehlersuche an elektronischen Schaltungen im Anschluss an den Cognitive Apprenticeship Ansatz* (Beiträge zur Technikdidaktik, Bd. 5). Logos.
- Nerdel, C. & von Kotzebue, L. (2020). Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Aufgaben für die Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66 (2), 159–173. <https://doi.org/10.25656/01:25789>
- Niethammer, J. & Krapp, F. (2011). *Die Fledermäuse Europas. Ein umfassendes Handbuch zur Biologie, Verbreitung und Bestimmung*. AULA.
- Oliveira, W., Hamari, J., Joaquim, S., Toda, A.M., Palomino, P.T., Vassileva, J. & Isotani, S. (2022). The Effects of Personalized Gamification on Students' Flow Experience, Motivation, and Enjoyment. *Smart Learning Environments*, 9 (1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00194-x>
- Rank, A., Gebauer, S., Hartinger, A. & Fölling-Albers, M. (2012). Situiertes Lernen in der Lehrerfortbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 5, 180–199. <https://doi.org/10.25656/01:14737>
- Rao, Y.S., Mee Mee, R.W., Ghani, K.A., Pek, L.S., Von, W.Y., Ismail, M.R. & Shahdan, T.S.T. (2022). Gamification in Education for Sustainable Development. In H.H. Kamaruddin, T.D.N.M. Kamaruddin, T.D.N.S. Yaacob, M.A.M. Kamal & K.F. Ne'matullah (Hrsg.), *Reimagining Resilient Sustainability: An Integrated Effort in Research, Practices & Education*, vol 3. *European Proceedings of Multidisciplinary Sciences* (S. 155–162). European Publisher. <https://doi.org/10.15405/epms.2022.10.15>
- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2004). Flow-Erleben bei der Arbeit und in der Freizeit. In J. Wegge & K.-H. Schmidt (Hrsg.), *Förderung von Arbeitsmotivation und Gesundheit in Organisationen* (Motivationsforschung, Bd. 21) (S. 163–180). Hogrefe.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). *Die Erfassung des Flow-Erlebens*. <https://publishup.uni-potsdam.de/frontdoor/index/index/docId/551>
- Scharnhorst, U. (2001). Anchored Instruction: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. *Swiss Journal of Educational Research*, 23 (3), 471–492. <https://doi.org/10.24452/sjer.23.3.4615>
- Schmohl, T. (2021). Situiertes Lernen. In T. Schmohl (Hrsg.), *Hochschulbildung. Handbuch Transdisziplinäre Didaktik* (S. 301–312). transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839455654-028>
- Schön, S., Ebner, M. & Schön, M. (2016). *Verschmelzung von digitalen und analogen Lehr- und Lernformaten* (Arbeitspapier Nr. 25). Edition Stifterverband – Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege mbH. https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_Nr25_Verschmelzung_Digitale_Analoge_Lernformate.pdf
- Schulz, M. (Hrsg.). (2011). *Stuttgarter Projektergebnisse zum Thema technisch-naturwissenschaftliche Wissensvermittlung an Kinder und Jugendliche* (Stuttgarter Bei-

- träge zur Risiko- und Nachhaltigkeitsforschung, Bd. 22). Institut für Sozialwissenschaften, Abt. für Technik- und Umweltsoziologie. <https://doi.org/10.18419/opus-5553>
- Stilz, M., Ebner, M. & Schön, S. (2020). Maker Education. Grundlagen der werkstattorientierten digitalen Bildung in der Schule und Entwicklungen zur Professionalisierung der Lehrkräfte. In M. Rothland & S. Herrlinger (Hrsg.), *Digital?! Perspektiven der Digitalisierung für den Lehrerberuf und die Lehrerbildung* (S. 143–159). Waxmann.
- Suhr, D. (2023). *Konzepte einer MINT-Didaktik. Fachdidaktische Analyse und Versuch einer Synthese*. Babara Budrich. <https://doi.org/10.2307/j.ctv33p9ztn>
- Tarantini, E. (2021). *Immersives Lernen in der Lehrerbildung. Reflexionsprozesse mit Virtual Reality-Technologie gestalten*. <https://www.alexandria.unisg.ch/handle/20.500.14171/110775>
- Wartig, B. & Stinken-Rösner, L. (2024). Level up! – Digital Gamification im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. https://www.researchgate.net/profile/Lisa-Stinken-Roesner/publication/381297278_Level_up_-Digital_Gamification_im_naturwissenschaftlichen_Sachunterricht/links/6666d28ede777205a31fabfc/Level-up-Digital-Gamification-im-naturwissenschaftlichen-Sachunterricht
- Wölfel, M. (2023). Immersives Lernen. In M. Wölfel (Hrsg.), *Lehrbuch. Immersive virtuelle Realität: Grundlagen, Technologien, Anwendungen* (S. 323–335). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66908-2_13

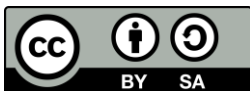
Beitragsinformationen

Zitationshinweis:

Pfeifer, J., Krebs, A.-K. & Nepper, H.H. (2024). Konstruktion und Fertigung eines Fledermausdetektors. Gestaltungsgrundlage für die Initiierung immersiver Lernerfahrungen mittels Gamification im Technik-Unterricht. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 6 (1), 62–88. <https://doi.org/10.11576/dimawe-7468>

Online verfügbar: 21.10.2024

ISSN: 2629–5598



Dieses Werk ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-SA 4.0 (Weitergabe unter gleichen Bedingungen). Diese Lizenz gilt nur für das Originalmaterial. Alle gekennzeichneten Fremdinhalte (z.B. Abbildungen, Fotos, Tabellen, Zitate etc.) sind von der CC-Lizenz ausgenommen. Für deren Wiederverwendung ist es ggf. erforderlich, weitere Nutzungsgenehmigungen beim jeweiligen Rechteinhaber einzuholen. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>