



## **Exposé zur Masterarbeit**

# **Wirksamkeitsanalyse eines Schülerlabors**

Johannes Freyer

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik  
Betreuer Prof. Dr. Gerd Gidion

24.02.2022

## Tabellenverzeichnis

1	Prozessbezogene Kompetenzen ‚Entwicklung und Konstruktion‘ . . . . .	5
2	Literaturrecherche . . . . .	6
3	Wissensklassen der Lehrinhalte . . . . .	9

## Abbildungsverzeichnis

1	Taxonomietabelle . . . . .	9
2	Elemente des Schülerlabors . . . . .	10
3	SimuBox . . . . .	11
4	3-D Model der Lehrmaschine . . . . .	12
5	Handlungen des Schülerlabors . . . . .	13
6	Vorläufige Gliederung . . . . .	15

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Forschungsfeld</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Recherche und Forschung</b>	<b>6</b>
2.1	Literaturrecherche . . . . .	6
2.2	Stand der Forschung . . . . .	7
2.3	Forschungslücke und Hypothese . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Konzept</b>	<b>8</b>
3.1	Pädagogische Grundlagen . . . . .	8
3.2	Elemente des Schülerlabors . . . . .	10
3.2.1	Elektrische Maschine . . . . .	10
3.2.2	Leistungselektronik und Vorstufe . . . . .	10
3.2.3	Simulationsbox (SimuBox) . . . . .	11
3.2.4	Lehrmaterial . . . . .	12
3.3	Konzeptioneller Ablauf . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Wissenschaftliches Verfahren</b>	<b>14</b>
4.1	Datenerhebung . . . . .	14
4.2	Statistisches Vorgehen . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Vorläufige Gliederung</b>	<b>15</b>
	<b>Literatur</b>	<b>16</b>

# 1 Forschungsfeld

Mit der Einführung des Faches Naturwissenschaft und Technik wurden Ansätze geschaffen, um fächerübergreifende Inhalte zu behandeln und zu lehren. Schülerlabore sind eine Möglichkeit, um praktische Anwendung mit theoretischen Inhalten zu verknüpfen.

*„Im NwT-Unterricht bearbeiten die Schülerinnen und Schüler Probleme und Fragestellungen aus verschiedenen Handlungsfeldern und entwickeln dabei besonders kreative Lösungsansätze. In diesem Zusammenhang lernen sie, ihre Vorkenntnisse aus den Naturwissenschaften zu vernetzen und gezielt zu vertiefen. Sie erwerben Grundlagen verschiedener technischer Disziplinen und stärken ihre Vorstellungskraft bei der Erforschung von Prozessen und der Entwicklung und Konstruktion von Prototypen.“ [9]*

Erstmalig wurde das Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) 2007/2008 landesweit für die Klassen 8, 9 und 10 jeweils 4-stündig als Kernfach eingeführt. Ab dem Bildungsplan 2016 wird das Fach NwT dreistündig als Basisfach im Rahmen eines Schulversuchs in der Kursstufe am Gymnasium angeboten. Das zu prüfende Schülerlabor richtet sich nach dem Bildungsplan 2016 der Kursstufe am Gymnasium mit dem Fokus auf den prozessbezogenen Kompetenzen ‚Entwicklung und Konstruktion‘ [3].

Der baden-württembergische Bildungsplan für das Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) beschreibt die prozessbezogenen Kompetenzen unter dem Punkt ‚Entwicklung und Konstruktion‘ wie folgt: *„Die Schülerinnen und Schüler lernen im Bereich ‚Entwicklung und Konstruktion‘ diejenigen techniktypischen Denk- und Handlungsweisen kennen, die mit der Entwicklung, Konstruktion und Fertigung technischer Produkte verbunden sind. Insbesondere geht es bei der Klärung eines technischen Problems um systematisches Vorgehen bei der Suche nach Lösungsmöglichkeiten. Entwicklung und Konstruktion führen zu einer meist modellhaften Realisierung von Funktionseinheiten und schließlich zu einer kritischen Prüfung, Bewertung und Optimierung der Lösung. Kennzeichnend ist hier die enge Verknüpfung von theoretischer Durchdringung mit praktischer Realisierung.“ [7, S.7]*

Das Schülerlabor wird auf den Bereich 2.2 ‚Entwicklung und Konstruktion‘ [3] des Lehrplans NwT für die Kursstufe Klassen 11/12 (Basisfach) angewendet. Die Durchführung findet an einem technischen Gymnasium statt. Das Forschungsfeld bewegt sich im Bereich der inhaltsbezogenen Kompetenzen für die Klassen 11/12 als Basisfach (3.3.1.1 Systeme und Pro-

zesse, 3.3.2.2 Elektrische Antriebstechnik und 3.3.4.1 Messen, Steuern, Regeln). Die inhaltlichen Kompetenzen werden durch Anwendung der prozessbezogenen Inhalte des Bereichs ‚Entwicklung und Konstruktion‘ [2] vermittelt. Der/Die Lernende soll die in Tabelle 1 gelisteten prozessbezogenen Kompetenzen erlernen, wobei die prozessbezogenen Kompetenzen das ‚Wie wird es gemacht‘ und die inhaltsbezogenen Kompetenzen das ‚Was wird gemacht‘ beschreiben. Die prozessbezogenen Kompetenzen geben das übergeordnete Lernziel vor, während die inhaltsbezogenen Kompetenzen den Bereich der Durchführung definieren [3].

Prozessbezogene Kompetenzen:

Planen

- 
- ein Problem analysieren und auf lösbare Teilprobleme zurückzuführen
  - die Lösung eines technischen Problem durch Kombinieren von Teillösungen entwickeln
- 

Optimieren

- 
- die Funktionsweise technischer Probleme analysieren
  - technische Optimierungsansätze entwickeln
- 

[7, S.11]

Tabelle 1: Prozessbezogene Kompetenzen ‚Entwicklung und Konstruktion‘

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

3.3.1.1 Systeme und Prozesse [7, S.14]

Systeme mittels systemtheoretischer Ansätze analysieren und erläutern (zum Beispiel bei Forschungsvorhaben, Maschinen, Regelungssystemen, Kommunikationssystemen)

3.3.2.2 Elektrische Antriebstechnik [7, S.18]

die Funktionsweise verschiedener elektrischer Antriebe (zum Beispiel bürstenbehafteter und bürstenloser Gleichstrommotor, Getriebe-, Servo- und Schrittmotor) beschreiben und diese in einem Projekt passend auswählen

3.3.4.1 Messen, Steuern, Regeln [7, S.21]

Sensorgesteuerte oder geregelte Systeme (zum Beispiel unter Verwendung eines Mikrocontrollers oder einer Speicherprogrammierbaren Steuerung) entwickeln und realisieren

## 2 Recherche und Forschung

### 2.1 Literaturrecherche

Überblick der durchgeführten Wirksamkeitsuntersuchungen für verschiedene Arten von Schülerlaboren.

Autor	Schwerpunkt	Design/Eigenschaften
Franz-Josef Scharfenberg (2005) [10]	Empirische Untersuchung	Erfassung der Akzeptanz, des Wissenserwerbs und des Interesses
Guderian (2008) [4]	Zusammenfassung der Forschung in Deutschland	Erfassung der Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche
Heike Itzek-Greulich (2014) [6]	Empirische Untersuchung bereits durchgeführten Studien	Motivationalen Wirkungen von Schülerlaboren

Tabelle 2: Literaturrecherche

## **2.2 Stand der Forschung**

Studienübergreifend ist erkennbar, dass die Heterogenität der Schülerlabore ein Problem darstellt die Wirksamkeit zu erfassen und zu messen. Nach Guderian sind kurzfristig positive Effekte bezüglich der intrinsischen Motivation zu messen, welche auf lange Zeit wieder abschwächen [4, S. 3]. Guderian und Itzek-Greulich beschreiben das Schülerlabor als außerschulischen Lernort. Itzek-Greulich klassifiziert Schülerlabor als klassische Schülerlabore, Schülerforschungszentren und Lehr-Lern-Labore unterteilt [6, S.14]. In der Dissertation von Heike Itzek-Greulich 2014 wird eine empirische Untersuchung der kognitiven und motivationalen Wirkungen von Lehr-Lernarrangements im naturwissenschaftlichen Bereich behandelt. Im Vorfeld wurden 9 wissenschaftliche Studien im Bereich Wirksamkeitsanalyse von Schülerlaboren untersucht. Nach Aussage von Itzek-Greulich ist studienübergreifend erkennbar, dass die untersuchten Schülerlabore das Interesse von Schülern kurzzeitig bis mittelfristig steigern [6, S.18]. So ist eine Förderung des Interesses und der Motivation erkennbar, sich auf naturwissenschaftliche Fächer einzulassen. Es wurde erwiesen, dass der erzielte Effekt nicht nachhaltig ist und nach kurzer Zeit nachlässt [6, S.22]. Eine Möglichkeit diesem Umstand entgegenzusteuern ist die Einbindung der Schülerlabore in den Unterricht [6, S.25]. Itzek-Greulich untersucht die Auswirkungen einer stärkeren Integration von Schülerlaboren in den Unterricht in Bezug auf die Lernleistung, Leistungsmotivation und dem Interesse [6, S.26]. Hierzu werden im Rahmen der WiSS (Wirksamkeit Schule-Schülerlabor) Studie, von Itzek-Greulich, drei Studien ausgewertet. Es wird zwischen den Varianten Labor, Schule und Labor+Schule unterschieden [6, S.4]. Das Ergebnis der WiSS Studie ist nicht einheitlich. Durch die heterogenen Variationen der vorhandenen Labore kann keine richtungsweisende Handlungsempfehlung zur Gestaltung von Laborbesuchen getroffen werden.

## **2.3 Forschungslücke und Hypothese**

Bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Arbeit werden Schülerlabore als außerschulische Lernorte bezeichnet. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Schülerlabor in den Unterrichtsverlauf integriert. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass es möglich ist, die curricularen Inhalte anhand der Bearbeitung des Schülerlabors zu vermitteln. Hierzu werden die behandelten Inhalte des Schülerlabors im direkten Anschluss mittels eines schriftlichen Tests abgefragt, ausgewertet und analysiert.

## **3 Konzept**

### **3.1 Pädagogische Grundlagen**

Die Basis des Schülerlabors bildet das Modell der vollständigen Handlung nach Pütz 1995 (Pütz 1995 zitiert nach [5, S.50]). Es wird darauf eingegangen was eine vollständige Handlung auszeichnet und wie diese auf ein Schülerlabor angewendet werden kann. Das Prinzip der vollständigen Handlung beinhaltet fünf Schritte.

1. Informieren
2. Planen
3. Durchführen
4. Bewerten
5. Reflektieren

Das Schülerlabor wird in drei aufeinander folgende vollständige Handlungen aufgeteilt. Um die drei vollständigen Handlungen zu klassifizieren, wird die Lernzieltaxonomie nach Bloom [2, S.31] angewendet. Die Wissensklassen der Taxonomie Tabelle werden in Tabelle 3 beschrieben. Die einzelnen Wissensklassen sind jeweils in sechs Stufen unterteilt, siehe Abbildung 1. Der Handlungsraum des Schülerlabors befindet sich in der sachlichen Wissensklasse und agiert dabei in den drei Bereichen Erinnern, Verstehen und Anwenden.

Wissensklassen der Lehrinhalte nach *Lorin et al.* [1, S.27]

A. Sachlich	Isolierte Informationen, spezifische Details von einzelnen Elementen
B. Konzeptuell	Modellwissen, prinzipielle Informationen über Theorien
C. Prozedural	„Wann wird was getan“, Anwendung von Techniken und Algorithmen
D. Metakognitiv	Eigenständige selbstbestimmte Zielfindung

Tabelle 3: Wissensklassen der Lehrinhalte

**THE TAXONOMY TABLE**

THE KNOWLEDGE DIMENSION	THE COGNITIVE PROCESS DIMENSION					
	1. REMEMBER	2. UNDERSTAND	3. APPLY	4. ANALYZE	5. EVALUATE	6. CREATE
A. FACTUAL KNOWLEDGE						
B. CONCEPTUAL KNOWLEDGE						
C. PROCEDURAL KNOWLEDGE						
D. META-COGNITIVE KNOWLEDGE						

Abbildung 1: Taxonomietabelle

## 3.2 Elemente des Schülerlabors

Im Rahmen des Schülerlabors wird eine software-basierte Steuerung einer elektrischen Maschine entwickelt. Der Schülerlaboraufbau besteht aus einer zweisträngigen permanenterregten Synchronmaschine, vier IGBT Halbbrücken, einer Vorstufe zur Leistungselektronik, 20 Arduino Mikrocontrollern mit Adaptern und 20 Simulationsplatinen der H-Brückenschaltung.

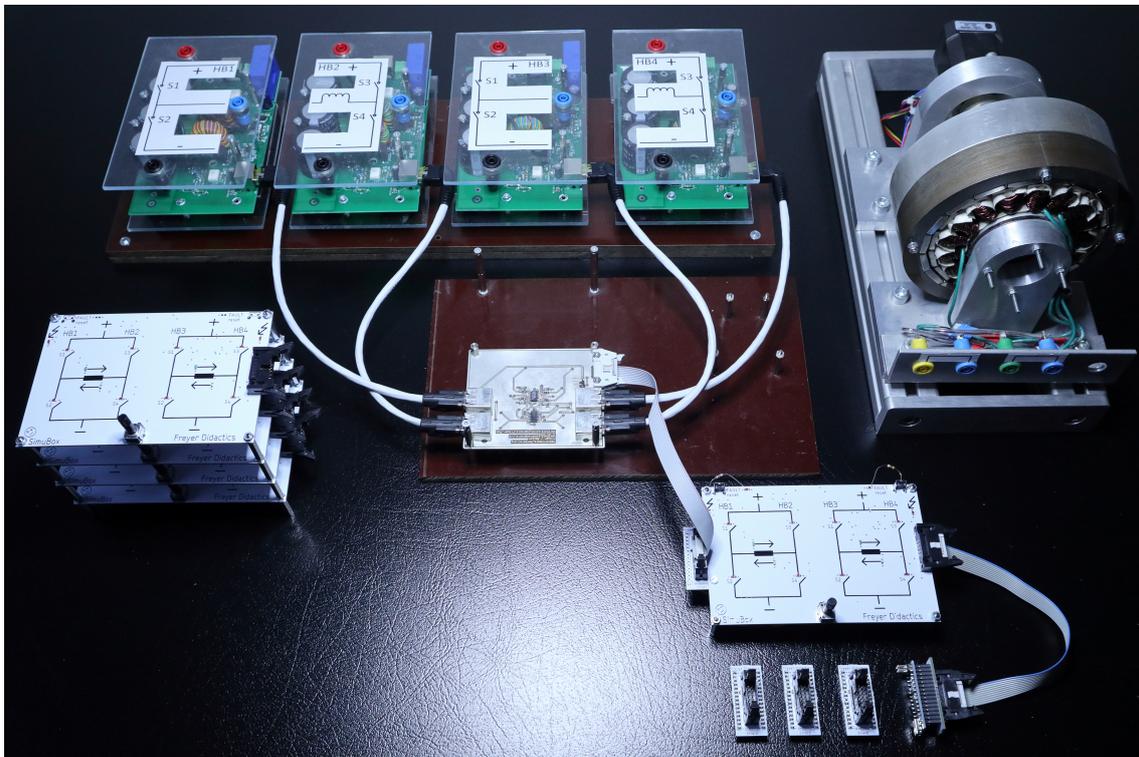


Abbildung 2: Elemente des Schülerlabors

### 3.2.1 Elektrische Maschine

Das Schülerlabor wird an einer offenen zweisträngigen Synchronmaschine durchgeführt. Durch die offene Bauweise der Maschine ermöglicht sie auch ein visuelles Verständnis ihrer Funktionsweise.

### 3.2.2 Leistungselektronik und Vorstufe

Um die Maschinen zu betreiben, werden zwei H-Brückenschaltungen verwendet. Diese bestehen aus vier IGBT-Halbbrücken. Je zwei Halbbrücken ergeben eine H-Brücke, welche jeweils einen Strang der Maschine bestromen. Eine IGBT H-Brücke verfügt über vier ansteuerbare

Transistoren. Die Vorstufe der Leistungselektronik bewirkt, dass immer ein diagonal liegendes Transistorenpaar gleichzeitig angesteuert wird, was der Bestromung von einem Strang der Maschine entspricht.

### 3.2.3 Simulationsbox (SimuBox)

Die Maschine und die Leistungselektronik sind pro Schülerlabor einmal vorhanden. Die Simulationsbox ist beliebig oft vorhanden, je nach Anzahl der Lernenden. Die SimuBox bildet die Arbeitsfläche des Schülerlabors. Wie bei der Vorstufe werden auch bei der SimuBox jeweils zwei diagonal gegenüber liegende Transistoren gleichzeitig angesteuert. Die Ansteuerung der Transistoren wird durch das Aufblinken einer LED simuliert. Mithilfe der Arduino IDE (integrated development environment) programmiert der\*die Lernende die Motorsteuerung. Die Leistungselektronik wird an die SimuBox angeschlossen, das ermöglicht eine direkte Ansteuerung der Maschine mit der an der SimuBox programmierten Steuerung. Ebenfalls verfügt die SimuBox über einen Kurzschlussindikator, welcher vermittelt, ob durch die Programmierung ein Kurzschluss der Leistungselektronik entsteht. Dieser Mechanismus ermöglicht dem\*der Lernenden eine eigenständige Überprüfung seiner\*ihrer Arbeit.

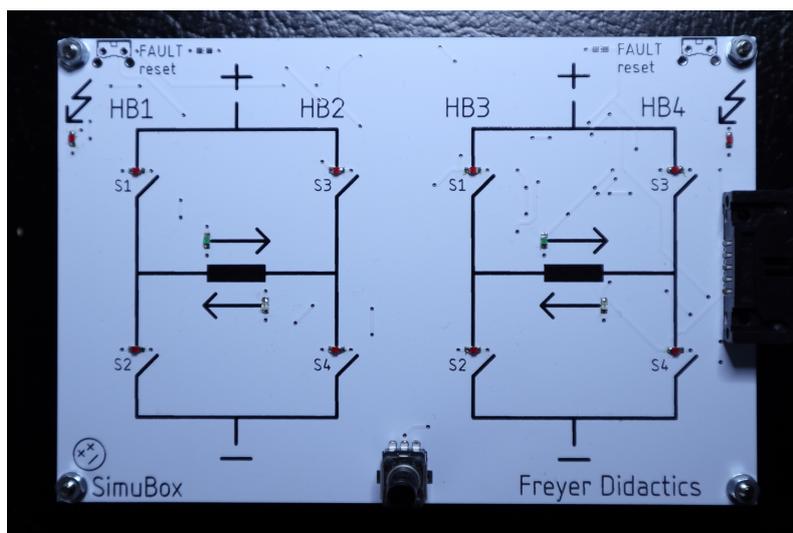


Abbildung 3: SimuBox

### 3.2.4 Lehrmaterial

Die Durchführung des Schülerlabors wird anhand eines PDF-Skripts angeleitet. Alle Unterlagen sind über die Website <https://www.Freyer-didactics.de> abrufbar. Neben der PDF-Anleitung sind interaktive Lehrvideos über die Website abspielbar, in welchen animierte 3-D Modelle des Schülerlabors verwendet werden, um die Funktionsweise der Doppel-H-Brückenschaltung in Verbindung mit der elektrischen Maschine anschaulich zu erläutern. Die Lehrvideos arbeiten mit einem H5P Overlay, dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, während der Videos Inhalte abzufragen und zu beschreiben.

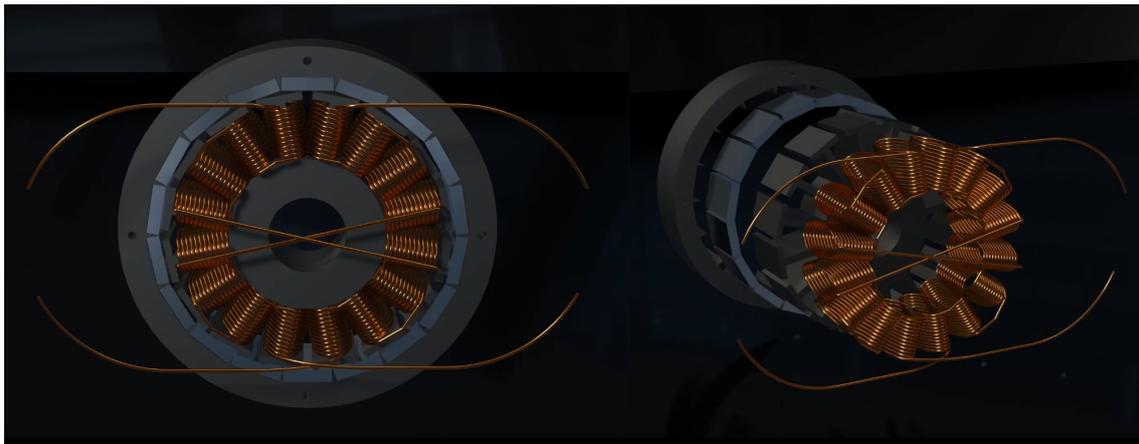


Abbildung 4: 3-D Model der Lehrmaschine

### 3.3 Konzeptioneller Ablauf

Durch die Vorgabe der bloomschen Lernzieltaxonomie ist das Schülerlabor in drei aufeinanderfolgende Handlungen aufgeteilt, Erinnern, Verstehen und Anwenden. Die curriculare Vorgabe des Faches NWT in der Kursstufe (Klasse 11/12) beschreibt die prozessbezogenen Kompetenzen des Bereichs ‚Entwicklung und Konstruktion‘ nach Tabelle 1. Diese Kompetenzen werden auf die drei Handlungsbereiche aufgeteilt. Abbildung 5 beschreibt die Aufteilung der prozessbezogenen Kompetenzen des Bereichs ‚Entwicklung und Konstruktion‘ auf die drei aufeinanderfolgenden Handlungen des Schülerlabors.

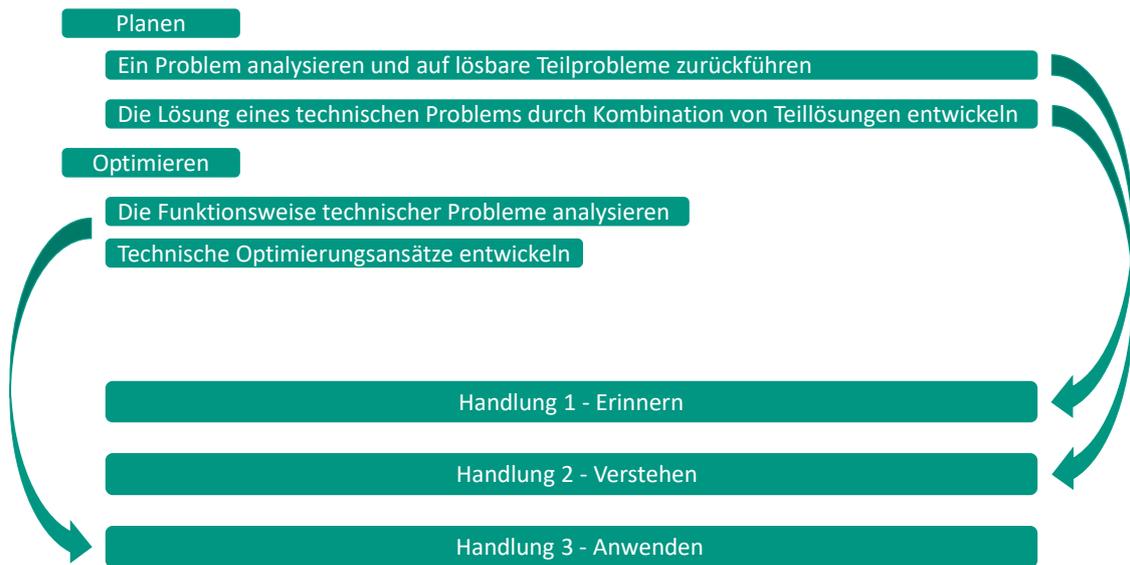


Abbildung 5: Handlungen des Schülerlabors

## **4 Wissenschaftliches Verfahren**

### **4.1 Datenerhebung**

Die Datenerhebung findet direkt nach Durchführung des Schülerlabors statt. Nach Beendigung des Schülerlabors werden die behandelten Inhalte mithilfe eines schriftlichen Tests erfasst. Die Probandenanzahl wird durch die Anzahl der SimuBox-Platinen vorgegeben. Es sind 20 Platinen vorhanden. Nach Absolvierung eines Durchlaufs stehen 20 Datensätze zur Verfügung.

### **4.2 Statistisches Vorgehen**

Anschließend an die Datenerhebung werden die Datensätze ausgewertet. Mithilfe der Trennschärfe wird die Verbindung der Antworten des Folgetests zu den curricularen Laborinhalte untersucht. Die Trennschärfe ist ein Werkzeug der Statistik, welches eine qualitative Einschätzung der abgefragten Inhalte ermöglicht. Geht die Trennschärfe gegen 0 oder ist sie negative, muss man davon ausgehen, dass die Antworten des Folgetests in keinem Bezug zu den behandelten Inhalten des Schülerlabors stehen. Befindet sich die Trennschärfe in einem positiven Bereich, größer als 50%, ist es möglich, die Lernenden in zwei Gruppen zu unterteilen. Es wird zwischen 'fähigen' und 'blockierten' Schülern unterschieden [8, S.38-39]. Um die Hypothese zu beweisen, dass das in den Unterricht integrierte Schülerlabor in der Lage ist, die curricularen Inhalte zu vermitteln, muss die Trennschärfe in einem Bereich liegen, welche eine weitere Analyse der Daten ermöglicht. Ist dies nicht gegeben, hat die Durchführung des Schülerlabors keinerlei Auswirkung auf die Resultate der abgefragten Inhalte des Folgetests.

## 5 Vorläufige Gliederung

- 1) Einleitung und Rahmen der Arbeit
  - a. Ausgangssituation und Zielsetzung
  - b. Struktur der Arbeit
- 2) Stand der Forschung
  - a. Begriffsbestimmung
    - i. Schülerlabor
    - ii. Informelles Lernen
    - iii. Handlungsorientierter Unterricht
    - iv. Lernzieltaxonomie
  - b. Forschungsfeld
  - c. Vorgängerarbeiten
  - d. Forschungslücke
- 3) Hypothesenbildung
  - a. Wissenserwerb
- 4) Methodisches Vorgehen
  - a. Untersuchungsdesign
  - b. Datensätze
  - c. Datenerfassung
  - d. Prüfungsstatistik
  - e. Gütekriterien
  - f. Test zum Wissenserwerb
    - i. Testkonstruktion
    - ii. Untersuchungstechnische Analyse
- 5) Elemente des Schülerlabors
  - a. Hardware
  - b. Software
  - c. Verwendete Medien
  - d. Lernerfläche
- 6) Curricularer Inhalt
  - a. Fächerbezogenen Inhalte des Schülerlabors
    - i. Systeme und Prozesse
    - ii. Elektrische Antriebstechnik
    - iii. Messen, Steuern, Regeln
    - iv. Einbindung der Inhalte in das Schülerlabor
- 7) Einbindung des Schülerlabors in den Unterricht
  - a. Durchführungsort
  - b. Umgebungsaufbau
  - c. Implementierung in den Unterricht
  - d. Zeitmanagement
- 8) Diskussion
- 9) Ergebnis
  - a. Überprüfung der Hypothesen
    - i. Wissenserwerb
  - b. Ausblick auf mögliche Folgeuntersuchungen

Abbildung 6: Vorläufige Gliederung

## Literatur

- [1] Lorin W Anderson, Benjamin Samuel Bloom u. a. *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman, 2001.
- [2] bildungsplaene-bw.de. *Naturwissenschaft und Technik (NwT) – Prozessbezogene Kompetenzen*. Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL). Entwicklung und Konstruktion. März 2021. URL: <http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/2128165/6549077/6549097/3135543/3219218/5566704/5453177/5621058/5620976>.
- [3] bildungsplaene-bw.de. *Naturwissenschaft und Technik (NwT) – Schulversuch Basisfach in der Kursstufe*. Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL). März 2021. URL: <http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/NWTBFO>.
- [4] Pascal Guderian und Burkhard Priemer. *Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche - eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland*. Universitätsstrsse 150, 44801 Bochum: Ruhr-Universität Bochum, 2008.
- [5] Herbert Gudjons. *Handlungsorientiert lehren und lernen: Schüleraktivierung-Selbsttätigkeit-Projektarbeit*. Julius Klinkhardt, 2014.
- [6] Heike Itzek-Greulich. *Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht - empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen Wirkungen eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements*. Universität Tübingen: Universitätsbibliothek Tübingen, 2014.
- [7] Jugend und Sport Baden-Württemberg Ministerium für Kultus. "Naturwissenschaft und Technik (NwT) –Schulversuch Basisfach in der Kursstufe". In: *Bildungspläne 2016 Gymnasium* (2020). URL: [http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/BP2016BW/ALLG/GYM/NWTBFO/bildungsplan\\_BP2016BW\\_ALLG\\_GYM\\_NWTBFO.pdf](http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/BP2016BW/ALLG/GYM/NWTBFO/bildungsplan_BP2016BW_ALLG_GYM_NWTBFO.pdf).
- [8] Prof. Dr. Roloff. *Schriftliche Prüfungenstellen und auswerten -methodisch, effektiv, objektiv*. Hochschule Offenburg. 2012.
- [9] rp.baden-wuerttemberg.de. *Allgemeine Informationen zum Fach NwT*. Regierungspräsidium Stuttgart Pressestelle. März 2021. URL: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rps/impressum/>.

- [10] Franz-Josef Scharfenberg. *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor - empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse ; (am Beispiel des Demonstrationslabors Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth mit Schülern aus dem Biologie-Leistungskurs des Gymnasiums)*. Freiburg i.B., 2005.