Wie arbeiten Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht der 6. Klasse mit schwankenden, unsicheren Daten aus Messungen und Schätzungen?

How do sixth-grade students deal with fluctuating measurement data and measurement uncertainties from experiments and estimations?

– Masterarbeit –

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Education (M. Ed.)

von

Pauline Helene Berend ([redacted]) und Julia Henriette Paul ([redacted])

Erstprüfer: Prof. Dr. Burkhard Priemer

Zweitprüfer: Prof. Dr. Detlef Pech

Eingereicht am 08.11.2024 in Berlin

Humboldt Universität zu Berlin

Kultur-, Sozial- und Bildungswissenschaftliche Fakultät

Institut für Erziehungswissenschaften

Lehramt an Grundschulen für die Fächer Deutsch, Mathematik und Sachunterricht (Schwerpunkt: Naturwissenschaften)

Inhalt

1. Einleitung – Pauline Berend und Julia Paul ____ 4

2. Theoretischer Hintergrund – Pauline Berend und Julia Paul ____ 5

2.1 Definition von Messunsicherheiten – Pauline Berend ____ 5

2.1.1 vorliegende Definitionen – Pauline Berend ____ 5

2.1.2 eigene Definition – Pauline Berend ____ 7

2.2 Typ-A- und Typ-B-Messunsicherheit – Julia Paul ____ 7

2.3 Sachstrukturmodell nach Hellwig – Pauline Berend ____ 10

2.3.1 Erste Dimension: Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten – Pauline Berend ____ 11

2.3.2 Zweite Dimension: Einfluss auf das Messwesen – Pauline Berend ____ 13

2.3.3 Dritte Dimension: Erfassung von Messunsicherheiten - Pauline Berend ____ 14

2.3.4 Vierte Dimension: Aussagekraft von Messunsicherheiten – Pauline Berend ____ 16

2.3.5 Natascha Schenkes Verkürzung des Sachstrukturmodells – Pauline Berend ____ 18

2.4 Basismodelle nach Oser und Baeriswyl – Pauline Berend ____ 21

2.4.1 Basismodell Lernen durch Eigenerfahrung – Pauline Berend ____ 24

2.4.2 Basismodell Konzeptbildung – Pauline Berend ____ 26

2.4.3 Basismodell Problemlösen – Pauline Berend ____ 29

2.5 Stand der Forschung von Messunsicherheiten – Julia Paul ____ 31

2.5.1 Schüler*innenvorstellungen – Julia Paul ____ 34

2.5.2 Unterrichtliche Herausforderungen – Julia Paul ____ 43

2.5.3 Möglichkeiten zum Umgang mit Messunsicherheiten im Unterricht – Pauline Berend ____ 48

2.6 Relevanz des Themas – Julia Paul ____ 51

2.6.1 Relevanz im Alltag – Julia Paul ____ 52

2.6.2 Relevanz im Rahmenlehrplan – Julia Paul ____ 53

3. Zielsetzung der Arbeit – Julia Paul ____ 58

4. Vorstellung der Lernumgebung – Pauline Berend ____ 62

4.1 Basismodelle in dieser Arbeit – Pauline Berend ____ 65

5. Methodik – Pauline Berend und Julia Paul ____ 66

5.1 Stichprobenbeschreibung – Pauline Berend und Julia Paul ____ 66

5.2 Reflexionen – Pauline Berend ____ 67

5.3 induktives kodieren – Julia Paul ____ 67

5.4 Methodik der ersten Reflexion – Julia Paul ____ 68

5.5 Methodik der zweiten Reflexion – Pauline Berend ____ 71

5.6 Methodik der dritten Reflexion – Julia Paul ____ 73

5.7 Methodik der vierten Reflexion – Pauline Berend ____ 74
5.8 Methodik der fünften Reflexion – Pauline Berend ____ 76
6. Auswertung – Pauline Berend und Julia Paul ____ 76
6.1 Auswertung der ersten Reflexion – Julia Paul ____ 77
6.2 Auswertung der zweiten Reflexion – Pauline Berend ____ 78
6.3. Auswertung der dritten Reflexion – Julia Paul ____ 81
6.4 Auswertung der vierten Reflexion – Pauline Berend ____ 83
6.5 Auswertung der fünften Reflexion – Pauline Berend und Julia Paul ____ 89
7. Diskussion – Julia Paul ____ 92
7.1 Diskussion der ersten Reflexion – Julia Paul ____ 92
7.2 Diskussion der zweiten Reflexion – Pauline Berend ____ 94
7.3 Diskussion der dritten Reflexion – Julia Paul ____ 95
7.4 Diskussion der vierten Reflexion – Pauline Berend ____ 96
7.5 Diskussion der fünften Reflexion – Pauline Berend ____ 97
7.6 Übergeordnete Reflexion – Pauline Berend und Julia Paul ____ 98
8. Fazit – Pauline Berend und Julia Paul ____ 117
9. Ausblick – Pauline Berend und Julia Paul ____ 120
10. Literaturverzeichnis ____ 122
11. Abbildungsverzeichnis ____ 124
12. Tabellenverzeichnis ____ 125
13. Anhang ____ 126
13.1 überarbeitete Lernumgebung ____ 127
13.2 Abschriften Gruppe A – Julia Paul ____ 142
13.3 Abschriften Gruppe B – Pauline Berend ____ 150
13.4 Kodierleitfaden ____ 160
13.5 kodierte Ergebnisse ____ 168
14. Selbstständigkeitserklärung ____ 172

1. Einleitung – Pauline Berend und Julia Paul

Julia Paul:

Wie groß werden Sonnenblumen? Wie hoch ist der Fernsehturm? Überall in unserem Alltag begegnen uns Informationen und Daten, mit denen wir arbeiten müssen. Ob wir uns nun einen Podcast anhören, eine Zeitung lesen oder uns auf TikTok anschauen, was im Moment angesagt ist. In jedem Moment unseres Lebens setzen wir uns mit Informationen und Daten auseinander. Doch wie begegnen unsere Schüler*innen dieser Vielzahl von Informationen und Daten? Wie bereitet man sie darauf vor, sich mit Situationen kritisch auseinanderzusetzen und daraus das Wichtigste für sich selbst abzuleiten? Daten sind allgegenwärtig und Teil unseres Alltags. An diesem Punkt sollte der Unterricht in der Schule ansetzen. Bereits in der ersten bis vierten Klasse im Rahmen des Sachunterrichts könnten sich Kinder mit Daten und Informationen beschäftigen. Im Rahmen des Unterrichts kann auch thematisiert werden, wie eigene Ergebnisse erarbeitet und diese in der Gruppe diskutiert werden. Später im naturwissenschaftlichen Unterricht in der fünften und sechsten Klasse können die Schüler*innen mit spezielleren und komplexeren Datensätzen konfrontiert werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass Kompetenzen für den Umgang mit Daten bereits in den ersten Schuljahren erworben wurden. In den ersten vier Jahren sollen Kinder im Sachunterricht lernen, wie sie methodisch vorgehen und sich mit den für sie wichtigen Informationen auseinandersetzen und selbstgestellte Fragestellungen beantworten. Dann bietet sich ihnen die Möglichkeit, im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sich mit Messunsicherheiten auseinanderzusetzen. Ein Thema, das in einem schulischen Kontext vollkommen neuartig für sie erscheinen wird. Das System Schule gibt vor, dass es nur richtige und falsche Antworten gibt. Dann wird allerdings von Kindern verlangt, sich mit Informationen und Daten auseinandersetzen, die dem System Schule nicht entsprechen. Der einzig ‚wahre' Wert ist nicht vorhanden. Im Rahmen von Experimenten einer Lernumgebung in dieser Masterarbeit sollen die Schüler*innen Daten erheben, mit Messunsicherheiten umgehen, diese einordnen und für sich sinnvoll auswählen und bewerten. Welche möglichen Unsicherheiten sie in ihrer Berechnung oder ihrer Auseinandersetzung mit dem Datensatz zu berücksichtigen haben, müssen sie selbstständig und reflektiert erarbeiten, um nachhaltig davon profitieren zu können.

Pauline Berend:

Diese Arbeit möchte sich daher mit der Fragestellung auseinandersetzen, wie Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht mit Daten aus Messungen und Schätzungen umgehen.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in folgende Teile: Zunächst wird eine theoretische Einordung zu dem Thema Messunsicherheiten mit den dazugehörigen Aspekten gegeben. Grundlage dieser Arbeit ist eine von Natascha Schenke im Rahmen ihrer Masterarbeit erstellte Lernumgebung. Die für diese Arbeit angepasste Lernumgebung wird anschließend beschrieben und begründet. Im nächsten Teil der Arbeit werden Ergebnisse dargestellt, die auf Grundlage eines selbst erstellten Codier-Leitfadens eingeordnet wurden. Die abschließende Diskussion sowie Fazit beantworten schlussendlich die Fragestellung.

2. Theoretischer Hintergrund – Pauline Berend und Julia Paul

Der Abschnitt dieser Arbeit befasst sich mit den theoretischen Grundlagen des Forschungsvorhabens. Zunächst werden Definitionen und die Teilaspekte von Messunsicherheiten und eine für diese Arbeit verwendete Definition gegeben. Anschließend daran wird zwischen Typ A- und Typ B-Messunsicherheiten unterschieden. In diesem Teil wird auch auf das Sachstrukturmodell nach Hellwig (2012) eingegangen, sowie die Veränderungen des Modells durch Natascha Schenke. Außerdem wird der aktuelle Stand der Forschung zu Messunsicherheiten präsentiert. Daran anschließend wird die Relevanz des Themas beleuchtet. In diesem Zusammenhang werden Schüler*innen-Vorstellungen aus dem Bereich Physik hervorgebracht und jene die besondere Relevanz für die Fragestellung haben. Abschließend wird in einer Zielsetzung dargelegt, welche Ziele die Inhalte der Lernumgebung im Gegensatz zu der vorhandenen Lernumgebung von Natascha Schenke verfolgen. In diesem Kontext wird die gesamte Theorie in Bezug auf die Fragestellung gesetzt. Daraus ergibt sich ein Anteil an theoretischem Grundlagenwissen zum Thema als auch theoretische Aspekte zur Arbeit mit Messunsicherheiten und Erstellung einer Lernumgebung.

2.1 Definition von Messunsicherheiten – Pauline Berend

Zunächst soll der Begriff Messunsicherheiten definiert werden. Nach einer Zusammenfassung von Teilaspekten und Merkmalen von Messunsicherheiten werden die für diese Arbeit relevanten Teilaspekte dargelegt.

2.1.1 vorliegende Definitionen – Pauline Berend

In der Literatur sind verschiedene Definitionen zu Messunsicherheiten zu finden, sodass im Folgenden einige Teilaspekte und Merkmale von Messunsicherheiten vorgestellt werden.

Eine erste Beschreibung lautet wie folgt:

> Mit jeder Messung − in Forschung oder Schule − sind Unsicherheiten verbunden. In diesem Zusammenhang ist der verbreitete Begriff des „Messfehlers“ missverständlich und u. E. zu vermeiden, da es sich nicht um die nachlässige Bedienung eines Gerätes,

> das Drücken eines falschen Knopfes oder die fehlerhafte Notiz eines Messwertes handelt (siehe z. B. GUM, 2008, Heinicke, S., 2012). Gemeint sind vielmehr Unsicherheiten, die per se bei jedem Messprozess auftreten, wie die stets vorhandene Begrenztheit der Präzision der verwendeten Geräte, z. B. bedingt durch die endliche Anzahl an Nachkommastellen auf einer Stoppuhr oder den Innenwiderstand eines Strommessgerätes. Messunsicherheiten sind deshalb nichts Schlechtes oder Fehlerhaftes, sondern stellen einen Qualitätskennwert dar, um die Aussagekraft eines Experimentes zu charakterisieren. (Kok et al., 2020, S. 293)

Aus dieser Definition geht hervor, dass jede Messung eine Unsicherheit aufweist, die nicht als Fehler verstanden werden sollte. Als eine Quelle von Messunsicherheit weisen die Autoren beispielsweise die Präzision von Messgeräten auf, die man nicht beeinflussen kann (Kok et al., 2020). Messunsicherheiten beschreiben daher keinen Fehler, sondern sind eine Möglichkeit, die Qualität eines Experiments zu beschrieben. In weiteren Definitionen wird auf dieses Merkmal von Messunsicherheiten weiter Bezug genommen.

> Doch ohne Messunsicherheiten wäre jede (natur)wissenschaftliche Arbeit ohne Aussagekraft. Ergebnisse könnten nicht mit Hypothesen oder Vergleichswerten verglichen werden. Man könnte nicht einmal schlüssig behaupten, ob zwei Messwerte gleich oder verschieden sind. Messunsicherheiten sind wichtige Informationsträger. Sie sagen aus, wie sehr man einem Ergebnis vertrauen darf, wie präzise und/oder wie richtig es gemessen wurde. Ohne diese Information ist keine Interpretation von empirischen Daten gerechtfertigt. (Nagel, 2021, S. 7)

Auch hier wird deutlich, dass Messunsicherheiten ein Qualitätsmerkmal von Messungen bzw. Experimenten darstellt. Messunsicherheiten helfen bei der Beurteilung der Präzision von Messergebnissen. Hellwig und Heinicke (2020) beschreiben weiter, dass Messunsicherheiten unerlässlich sind, um jeden Messwert sinnvoll und vollumfänglich zu interpretieren. Aussagen über Verlässlichkeit und die Genauigkeit von Messwerten werden über Messunsicherheiten getätigt (Hellwig & Heinicke, 2020, S. 28). Die Autorinnen beschreiben, dass zur Bestimmung von Messunsicherheiten alle, „über die Messung vorliegenden Informationen berücksichtigt und verrechnet“ (Hellwig & Heinicke, 2020, S. 28) werden müssen. Dadurch ist eine Messunsicherheit immer eine bekannte Größe. Ein Messfehler bzw. eine Messabweichung hingegen beschreibt „die Abweichung des gemessenen Wertes vom Wert der Messgröße. Da dieser Wert in aller Regel unbekannt ist, handelt es sich beim Messfehler um eine nicht kennbare Größe.“ (Hellwig & Heinicke, 2020, S. 28)

Eine Gemeinsamkeit aller Definitionsansätze zeigt sich darin, dass alle Ansätze das Vorhandensein von Messunsicherheiten in jeder Messung beschreiben. Diese sind keine Fehler, sondern sind als ein Qualitätsmerkmal von Experimenten zu verstehen und sind unerlässlich im Umgang mit Daten. Messunsicherheiten geben an, in welchem Intervall alle Werte für die Messung liegen und wie präzise diese ist.

2.1.2 eigene Definition – Pauline Berend

Damit in dieser Arbeit eine einheitliche Definition für den Begriff ‚Messunsicherheit' verwendet werden kann, gilt diese Zusammenfassung der Literaturdefinitionen:

Messunsicherheiten sind Bestandteil jeder Messung bzw. jedes Schritts eines Experiments. Die Kenntnis dieser ist unerlässlich bei der Beurteilung und Interpretation von Ergebnissen einer Messung. Bei Experimenten kann es nie nur einen wahren Wert geben. Vielmehr beschreiben Messunsicherheiten, in welchem Intervall alle realistischen Werte für die Messung liegen und wie präzise diese ist. Unter Messunsicherheiten wird vordergründig nicht das menschliche Versagen als Einflussfaktor auf die Präzision von Messergebnissen verstanden, sondern beschreibt Einflussfaktoren wie beispielsweise die Ungenauigkeit von Messgeräten.

2.2 Typ-A- und Typ-B-Messunsicherheit – Julia Paul

Nagel (2021) setzte sich mit den Unterschieden zwischen Fehlern und Unsicherheiten auseinander und diskutierte die Diskrepanz zwischen vermeidbaren Fehlern und unvermeidbaren Unsicherheiten. Wobei zu bedenken ist, dass „der wahre Wert niemals bekannt sein kann" (Nagel, 2021, S. 8). Nagel (2021) unterschied dabei zwischen groben Fehlern, systematischen Fehlern und Messunsicherheiten und unterteilte diese in Typ-A und Typ-B.

„Grobe Fehler sind Abweichungen von einem Referenzwert (z. B. Eichnormal), die nicht mehr korrigierbar sind, wie etwa Fehlüberlegung, Bedienungsfehler und/oder Ablesefehler bei Messgeräten, Rechenfehler, falsche Datenauswertungen, etc." (Nagel, 2021, S. 8)

Systematische Fehler wurden nach Nagel (2021) wie folgt definiert:

> Systematische Fehler sind in Betrag und Richtung bekannte Abweichungen von einem Referenzwert (z. B. Eichnormal), die sich bei gewollten Veränderungen der Messbedingungen gesetzmäßig. Wird ein systematischer Fehler entdeckt, können die Messwerte korrigiert werden, sodass diese dem wahren Wert systematisch näherkommen. Z. B. ein Kalibrierfehler eines Drucksensors wird durch Vergleich mit einem Quecksilbermanometer (Toricellibarometer) entdeckt und korrigiert. (Nagel, 2021, S. 8)

Nagel bediente sich des Begriffs des systematischen Fehlers, der im österreichischen Sprachgebrauch verwendet wird. Im deutschen Sprachgebrauch werden die Begriffe ‚systematische Abweichung' oder ‚Effekt' verwendet. Beide können jedoch synonym verwendet werden.

> Systematische Abweichungen können ihre Ursache in allen bei der Messung beteiligten Elementen haben […]. Eine wichtige Aufgabe besteht darin, Quellen von Abweichungen, die das Ergebnis unrichtig machen, zu erkennen und durch geeignete Messverfahren auszuschalten bzw. klein zu halten. Um zum Beispiel zu erreichen, dass bei der Messung elektrischer Spannungen kein Strom fließt, kann eine Kompensationsschaltung verwendet werden. (Bornath & Walter, 2020, S. 6)

Weiter wurde der Begriff ‚systematische Messabweichung' in diesem Zusammenhang benannt:

> Der Begriff systematische Messabweichung beinhaltet, dass die Abweichung reproduzierbar ist, nach Vorzeichen und Betrag. Häufig ist eine systematische Abweichung schwer erkennbar. In einigen Fällen ist sie korrigierbar. Wenn wir Kenntnis von einer systematischen Abweichung der gemessenen von der physikalischen Messgröße – die durch die Theorie oder ein Modell der Messung definiert ist – haben, können wir eine Korrektur des Messwertes durchführen. (Bornath & Walter, 2020, S. 6)

Diese Darstellung diente dem Gesamtverständnis durch unterschiedliche Bezeichnungen im Sprachgebrauch zweier Länder.

Messunsicherheiten beschrieb Nagel (2021) als unvermeidbar und griff zwei Typen von Messunsicherheiten auf, die unterschiedliche Methoden zum Ermitteln von Messunsicherheiten beschreiben.

„Die Messunsicherheiten Typ-A werden mit der Methode der Statistik induktiv bestimmt" (Nagel, 2021, S. 8). Dies geschieht, indem mehrere Werte erhoben werden und über mathematische Wahrscheinlichkeitsverteilung, um eine Annährung an den wahren Wert und eine entsprechende Streuung zu erhalten (Nagel, 2021). Zur Berechnung des Streumusters beschrieb Nagel: „Der Streuparameter für wissenschaftliche Messreihen mit hinreichend großem Stichprobenumfang ist die (Typ-A)-Messunsicherheit (,,uncertainty''), die auch als Standardabweichung des Mittelwertes bekannt ist." (Nagel, 2021, S. 8)

Messunsicherheiten des Typ-B werden mit anderen Methoden als der Statistik deduktiv bestimmt (Nagel, 2021, S. 8). „Bereits eine einzelne Messung besitzt eine Messunsicherheit, die von der Herstellung, Funktionsweise und Beschaffenheit des Messgerätes abgeleitet werden kann. Sie ist quasi „miteingebaut" (Nagel, 2021, S. 8).

Nagel (2021) zählte in diesem Zusammenhang drei Unsicherheiten dieser Art auf:

- die Eichunsicherheit
- die Linearitätsunsicherheit und
- die Digitalitätsunsicherheit.

Die Eichunsicherheit definiert sich aus dem Begriff der Eichung oder Kalibrierung und beschreibt somit eine Abgleichung mit einer Eichnorm. Jedoch ergibt sich aus dieser Angleichung und dem wahren Wert, der auch bei Herstellerangaben eines Messgeräts angegeben wird, eine Unsicherheit des jeweiligen Geräts. Daraus folgt nun, dass „jedes Messgerät (außer Zählgeräte) […] über eine Skala [verfügt], um einen zu messenden Wert mit einem bekannten, der auf eben dieser Skala verzeichnet ist, zu vergleichen“ (Nagel, 2021, S. 9). Nagel (2021) beschrieb die Differenz zwischen einem wahren Wert und dem Messergebnis wie folgt: „Diese Unsicherheit rührt daher, dass eine unbekannte Abweichung zwischen dem Eichnormal und dem wahren Wert existiert, von der bestenfalls der Betrag, niemals aber die Richtung, bestimmt werden kann.“ (Nagel, 2021, S. 9).

Die Linearitätsunsicherheit sagt etwas über die Skala des Messgeräts aus. Fehler von Herstellern sind somit nicht auszuschließen, wie zum Beispiel, dass „verschiedenen Abschnitten der Skala unterschiedlich weit voneinander entfernt liegen.“ (Nagel, 2021, S. 9)

Zuletzt vermittelte Nagel (2021) die Digitalisierungsunsicherheit, die auch als Skalen- oder Ableseunsicherheit benannt wird. Die Unsicherheit wird als Entscheidung des Benutzers definiert. In diesem Fall muss vom Ableser entschieden werden, welcher Wert genutzt wird, wenn dieser zwischen zwei Skalenteilen liegt (Nagel, 2021).

Diese drei Unsicherheiten sollten von Herstellern angegeben werden und können somit beim Messen von Werten verwendet werden. Anderenfalls kann davon ausgegangen werden, dass diese vom Hersteller berücksichtigt wurden (Nagel, 2021).

> „Es gibt also keine wissenschaftlich relevanten Messwerte oder Datenpunkte ohne Angabe einer Messunsicherheit. Sie gibt uns den Vertrauensbereich an und macht Daten erst vergleichbar. Messunsicherheiten können in ihrem Betrag bestmöglich abgeschätzt bzw. bestimmt werden, die Richtung einer „Abweichung" vom wahren Wert bleibt jedoch stets unbekannt (sonst wäre diese ja als systematischer Fehler korrigierbar).“ (Nagel, 2021, S. 9)

2.3 Sachstrukturmodell nach Hellwig – Pauline Berend

Eine Thematisierung von Messunsicherheiten im Zusammenhang mit Messungen scheint unumgänglich zu sein. Jedoch kommt diese Thematisierung in Grundschulen oft nicht vor, sondern wird im Hochschulkontext deutlich häufiger aufgegriffen. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule bzw. Sekundarstufe I gilt es zu klären, welche Inhalte bei der Betrachtung von Messunsicherheiten in den jeweiligen Jahrgangsstufen möglich sind. Es ist notwendig, dass Schüler*innen einen kritischen Umgang mit experimentell erhobenen Daten erlernen (Hellwig, 2012). Damit „sich ein adäquates Verständnis über Messunsicherheiten auf [dem] Niveau [der Schüler*innen] beschreiben lässt, […] [entwickelte Hellwig] diesbezüglich einen normativen und inhaltlich validen Erwartungshorizont für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I“ (Hellwig, 2012, S. 2). Hellwig (2012) entwickelte ein Modell, das zunächst das fachliche Verständnis über Messunsicherheiten vollständig und strukturiert darstellt. In diesem Schritt erfolgte dadurch eine genaue Analyse des Themenfeldes Messunsicherheiten. Dieses entwickelte Modell ist jedoch in dieser Form nicht für den Physikunterricht geeignet, sondern sollte zunächst im Hochschulkontext eingesetzt werden. Im nächsten Schritt wurde das Modell von Hellwig (2012) didaktisch reduziert und auf die Inhalte und die Bedürfnisse der Schüler*innen der Sekundarstufe I angepasst. Ziel war es, „den angestrebten Erwartungshorizont zu erhalten.“ (Hellwig, 2012, S. 2)

Das Sachstrukturmodell umfasst vier Dimensionen des adäquaten Umgangs mit Messunsicherheiten, die den Schülern und Schülerinnen das Thema näher bringen sollen (Hellwig, 2012).

1. Dimension

Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten

2. Dimension

Einfluss von Messunsicherheiten auf das Messwesen

3. Dimension

Erfassung von Messunsicherheiten

4. Dimension

Aussagekraft von Messunsicherheiten

2.3.1 Erste Dimension: Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten – Pauline Berend

<table>
<tr><th colspan="3">Erste Dimension: Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Ursache der Messunsicherheit</td><td colspan="2">Endlichkeit von Darstellungen</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Einflussgrößen</td><td>Rückwirkung der Messanordnung</td></tr>
<tr><td>Umwelteinflüsse</td></tr>
<tr><td>Unvollkommenheit der Messgeräte</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mathematische Operationen</td></tr>
<tr><td colspan="3">Faktor „Mensch“</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Unterscheidung zwischen Messunsicherheit und Messabweichung</td><td rowspan="2">Definition und Eigenschaften der Messabweichungen</td><td>Systematische Messabweichungen</td></tr>
<tr><td>Zufällige Messabweichungen</td></tr>
<tr><td colspan="2">Definition und Eigenschaften der Messunsicherheit</td></tr>
</table>

Abbildung 1: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 1

Die oben dargestellte Abbildung verdeutlicht die erste Dimension. Die grün hinterlegten Aspekte wurden vollständig in das Sachstrukturmodell übernommen, während die gelb hinterlegten Aspekte vereinfacht wurden, um sie in der Sekundarstufe I zu verwenden. Alle Aspekte, die rot hinterlegt sind, wurden bei der Reduktion für die Sekundarstufe I nicht in das Modell übernommen. Bei den weiteren Dimensionen des Modells folgt die Farbgebung demselben Konzept.

In der ersten Dimension wird zwischen den Konzepten ‚Ursache der Messunsicherheit‘ und ‚Unterscheidung zwischen Messunsicherheit und Messabweichung‘ unterschieden (Hellwig, 2012). Im Rahmen dieser Dimension sollen Schüler*innen lernen, dass jede Messung Unsicherheiten aufweist (Hellwig, 2012).

Zunächst gilt es zu erläutern, dass jedes Messgerät eine Endlichkeit der Darstellung besitzt. Sowohl analoge als auch digitale Messgeräte können Messungen nur bis zu einem bestimmten Grad durchführen und darstellen. Auch wenn die Messungen mit sehr präzisen Messinstrumenten dargestellt wurden, besitzen diese eine Endlichkeit in der Darstellung (Hellwig, 2012). Weiterhin sollen die Schüler*innen lernen, dass es neben den Messgrößen weitere Größen gibt, die die Messung beeinflussen können. Als Einflussgrößen können beispielsweise Umwelteinflüsse, wie die Temperatur oder Schmutz, genannt werden (Hellwig, 2012).

Auch Messgeräte und ihre Umgebung können einen Einfluss auf die Messergebnisse haben. Es ist nicht möglich, jede Einflussgröße zu kennen, den Einfluss dieser auf das Messergebnis einschätzen und diese Einflussgrößen korrigieren zu können (Hellwig, 2012). Zusätzlich können mathematische Operationen die Messwerte beeinflussen. Darunter zählen beispielsweise „das Runden von Zahlenwerten“ (Hellwig, 2012, S. 172). Dieser Punkt wurde im Sachstrukturmodell von Hellwig (2012) zwar übernommen, aber für die Sekundarstufe I vereinfacht.

Als letzten Punkt für Ursachen von Messunsicherheiten nannte Hellwig (2012) den Faktor ‚Mensch‘, der einen Einfluss auf die untersuchten Messgrößen hat.

> So können Mängel bezüglich der Strategie (z. B. unpassende Wahl des Messprinzips oder der Vorgehensweise), der Handhabung (z. B. Unsachgemäße Bedienung von Geräten, mangelnde Sorgfalt), der Beobachtung (z. B. Irrtümer beim Ablesen von Anzeigen, Verzählen, ungünstige Wahl des Messbereichs) und der Auswertung (z. B. Verrechnen) auftreten. (Hellwig, 2012, S. 172)

Zusätzlich können die Erwartungen und Erfahrungen des Experimentierenden Einfluss auf die Messunsicherheiten nehmen (Hellwig, 2012).

Innerhalb der ersten Dimension thematisierte Hellwig (2012) zudem die Unterscheidung zwischen Messunsicherheit und Messabweichung. Laut Hellwig sei es bedeutsam, beide Begriffe voneinander abzugrenzen. Messunsicherheiten beschreiben einen Wertebereich, in dem für die Messgröße ein Messwert zugeordnet werden kann. Die Messunsicherheit gibt somit eine Verlässlichkeit einer Messung und ihrer Ergebnisse an. Als Messabweichung bezeichnet man jedoch „die Differenz aus einem Messwert und einem entsprechenden Referenzwert“ (Hellwig, 2012, S. 173). Liegt ein Messergebnis zufällig nah am Referenzwert und besitzt dadurch eine kleine Messabweichung, kann die Unsicherheit trotzdem groß sein (Hellwig, 2012). Wenn ein Messergebnis trotz geringer Unsicherheit stark vom Referenzwert abweicht, sind bei der Messung vermutlich Einflussgrößen aufgetreten, die das Ergebnis systematisch beeinflusst haben (Hellwig, 2012). Hellwig (2012) gab an, dass systematische Messabweichungen oft nicht vollkommen zu verhindern sind, jedoch häufig verringert werden können. Neben den systematischen Messabweichungen können auch zufällige Messabweichungen auftreten. In der Reduktion des Sachstrukturmodells nahm Hellwig (2012) die zufälligen Messabweichungen aus dem Modell heraus.

2.3.2 Zweite Dimension: Einfluss auf das Messwesen – Pauline Berend

<table>
<tr><th colspan="3">Zweite Dimension: Einfluss auf das Messwesen</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Ziel der Messung</td><td colspan="2">Unkenntnis des „wahren“ Werts</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Anstreben einer angemessenen Messunsicherheit</td><td>Festlegen eines Höchstwerts für die Messunsicherheit</td></tr>
<tr><td>Anpassung des Messprozesses</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Ergebnis der Messung</td><td colspan="2">Mathematisches Modell der Auswertung</td></tr>
<tr><td colspan="2">Messergebnis als Zusammenfassung aller Informationen</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dokumentation von Messergebnissen</td></tr>
</table>

Abbildung 2: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 2

Die zweite Dimension gliedert sich in die Konzepte ‚Ziel der Messung' und ‚Ergebnis der Messung'. Ziel dieser Dimension ist es, dass Schüler*innen lernen, „inwiefern sich die Berücksichtigung von Messunsicherheiten auf den Messprozess selbst auswirkt“ (Glomski & Priemer, 2010, S. 3).

Das Konzept ‚Ziel der Messung' hängt stark mit der ersten Dimension ‚Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten' zusammen, da dort bereits thematisiert wurde, dass es niemals Ziel einer Messung ist, einen „wahren“ Wert als Messgröße zu ermitteln, da dies ein idealisiertes Konzept darstellt. Messunsicherheiten können im Rahmen einer Messung reduziert, jedoch nicht vollständig vermieden werden. „Es handelt sich beim „wahren“ Wert also um einen Grenzwert, dem sich ein Messergebnis mit abnehmender Messunsicherheit immer weiter nähert, ohne ihn jemals zu erreichen“ (Hellwig, 2012, S. 64). Ziel von Messungen sollte es also sein, „eine möglichst geringe Messunsicherheit zu erreichen“ (Hellwig, 2012, S. 174), um diesem Grenzwert so nahe wie möglich zu kommen. Im Vorfeld der Messungen sollten Überlegungen zum möglichen Ausmaß von Messunsicherheiten gemacht werden. Durch diese Überlegungen ist es möglich, einen Höchstwert für die Messunsicherheit festzulegen (Hellwig, 2012). Sind durch diese Überlegungen Einflussfaktoren bekannt, die die Messunsicherheit beeinflussen, können Anpassungen des Messprozesses vorgenommen werden (Hellwig, 2012). Dadurch kann die Unsicherheit für zukünftige Messungen reduziert werden.

Durch das Konzept ‚Ergebnis der Messung' sollen Schüler*innen lernen, „welche Informationen übermittelt werden müssen, um den Ausgang eines Experiments kommunizieren zu können“ (Hellwig, 2012, S. 65). Bei jeder Messung „ist eine Modellgleichung aufzustellen, mit der

die aufgenommenen Messwerte in das Messergebnis überführt, systematische Effekte korrigiert und die Unsicherheit des Ergebnisses ermittelt werden“ (Hellwig, 2012, S. 75). Das entstandene mathematische Modell zeigt somit einen Lösungsweg zum Messergebnis. „Das Messergebnis stellt die Menge von Größenwerten dar, die durch die Messung einer Messgröße zugewiesen werden können und fasst somit alle relevanten verfügbaren Informationen über die Messung zusammen“ (Hellwig, 2012, S. 174). Dadurch lässt sich ein für die Messgröße ermittelter Ergebniswert (z. B. der Mittelwert) in Verbindung mit der Unsicherheit darstellen (Hellwig, 2012). Ein Ergebnis lässt nur dann Aussagen zu, wenn sowohl der Ergebniswert als auch die damit verbundene Unsicherheit bekannt sind (Hellwig, 2012). Die Komponente ‚Dokumentation von Messunsicherheiten‘ vereinfachte Hellwig (2012) im Modell für die Sekundarstufe I. Die Dokumentation einer Messung sollte so gestaltet werden, dass jede Person den Messprozess und die Ergebnisse nachvollziehen kann. Dafür sollten alle bekannten Einflussgrößen und die Unsicherheit mit angegeben werden. Hellwig (2012) schlug vor, das Messergebnis in der Form Ergebniswert ± Messunsicherheit anzugeben.

2.3.3 Dritte Dimension: Erfassung von Messunsicherheiten - Pauline Berend

<table>
<tr><th colspan="4">Dritte Dimension: Erfassung von Messunsicherheiten</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Erfassung einer Unsicherheitskomponente bei direkter Messung</td><td rowspan="2">Aufstellen einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (Wdf)</td><td>Ermittlungsmethode A</td><td></td></tr>
<tr><td>Ermittlungsmethode B</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Analyse der Wdf</td><td>Form der Wdf</td><td></td></tr>
<tr><td>Ermittlung des Erwartungswerts
Ermittlung der Standardmessunsicherheit</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Freiheitsgrad</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Zusammensetzung der Messunsicherheit aus mehreren Komponenten</td><td colspan="3">Aufstellung einer Unsicherheitsbilanz</td></tr>
<tr><td>Fortpflanzung der Messunsicherheit</td><td>Schrittweise Bestimmung der Gesamtunsicherheit</td><td>Verschiedene Unsicherheitskomponenten einer direkt gemessen Größe</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Summe / Differenzen gemessener Größen</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6"></td><td rowspan="5"></td><td rowspan="4"></td><td>Produkte / Quotienten gemessener Größen</td></tr>
<tr><td>Summe / Differenz aus Messwert und exakter Zahl</td></tr>
<tr><td>Produkte / Quotienten aus Messwert und exakter Zahl</td></tr>
<tr><td>Beliebige vom Messwert abhängige Funktion</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ganzheitliche Bestimmung der Gesamtunsicherheit</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ermittlung der resultierenden Wdf</td></tr>
<tr><td colspan="3">Fortpflanzung im Falle korrelierter Einflussgrößen</td></tr>
<tr><td colspan="3">Freiheitsgrad eines Messergebnisses mit verschiedenen Unsicherheitskomponenten</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Erweiterte Messunsicherheit</td><td colspan="3">Wahl des Erweiterungsfaktors bei angenommener Normalverteilung</td></tr>
<tr><td colspan="3">Wahl des Erweiterungsfaktors bei anderen Wdf</td></tr>
</table>

Abbildung 3: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 3

Die dritte Dimension umfasst die Konzepte ‚Erfassung einer Unsicherheitskomponente bei direkter Messung', ‚Zusammensetzung der Messunsicherheit aus mehreren Komponenten' und ‚Erweiterte Messunsicherheit'. Ziel dieser Dimension ist es, dass Schüler*innen Methoden kennenlernen, die zeigen, wie Messunsicherheiten quantitativ erfasst werden (Glomski & Priemer, 2010). Mit Blick auf die Darstellung lässt sich erkennen, dass bei der Reduktion des Modells für die Sekundarstufe I viele Aspekte herausgenommen wurden.

Bei einer Messung kann die Unsicherheitskomponente durch zwei Methoden ermittelt werden, wobei beide Methoden für die Sekundarstufe I angepasst wurden. Nach der Ermittlungsmethode A wird die Messunsicherheit auf Basis „der Streuung mehrerer aufgenommener Messwerte ermittelt" (Hellwig, 2012, S. 177). In der Wissenschaft wird für die Bestimmung der Streuung die Standardabweichung genutzt. Bei der für die Sekundarstufe I reduzierten Methode werden die Abstände der einzelnen Messwerte zum Mittelwert betrachtet, wodurch sich dann der Betrag der maximalen Messunsicherheit abschätzen lässt (Hellwig, 2012). Diese Methode lässt sich jedoch nicht auf jede Messung anwenden, da nicht jede Messung nach

denselben Bedingungen wiederholt werden kann bzw. es nicht sinnvoll ist, diese zu wiederholen. Messinstrumente können nicht immer eine vollständige Streuung der Messwerte anzeigen. In diesem Fall werden alle bekannten Informationen ausgewertet, damit die Messunsicherheit abgeschätzt werden kann.

Im Konzept ‚Zusammensetzung der Messunsicherheit aus mehreren Komponenten' wurde der Faktor ‚Aufstellung einer Unsicherheitsbilanz' unverändert in das Modell übernommen. Wie bereits erläutert, sollen bei jeder Messung alle Einflussfaktoren auf die Unsicherheit genannt werden. Hellwig (2012) gab an, dass eine Angabe der Unsicherheitskomponenten öfter in Form einer Tabelle stattfindet. Laut Hellwig (2012) soll zusätzlich eingetragen werden, welche Art der Unsicherheit vorliegt (Typ A- oder Typ B-Messunsicherheit).

Zusätzlich können verschiedene einzelne Messgrößen für die Berechnung der Gesamtunsicherheit herangezogen werden (Hellwig, 2012). Innerhalb dieser Rechnungen kann sich dann die Unsicherheit weiter fortpflanzen. Die Berechnungen der Gesamtunsicherheit kann auch schrittweise erfolgen, wobei dies unter Umständen zu einer größeren Unsicherheit führen kann im Gegensatz zu einer ganzheitlichen Bestimmung (Hellwig, 2012). Bei der schrittweisen Berechnung wird für „jede Operation der entsprechenden Modellgleichung einzeln die fortgepflanzte Unsicherheit bestimmt, bis die resultierende Unsicherheit des Gesamtergebnisses erhalten wird" (Hellwig, 2012, S. 178). Die Unsicherheit vervielfältigt sich durch Summen, Differenzen, Produkte, Quotienten, Kehrwerte und Potenzen.

Weitere Aspekte der Komponente ‚Zusammensetzung der Messunsicherheit aus mehreren Komponenten' wurden im Sachstrukturmodell bei der Reduktion für die Sekundarstufe I nicht verwendet. Des Weiteren wurde die Komponente ‚Erweiterte Messunsicherheit' bei der Reduktion des Modells vollständig eliminiert (Hellwig, 2012).

2.3.4 Vierte Dimension: Aussagekraft von Messunsicherheiten – Pauline Berend

<table>
<tr><th colspan="4">Vierte Dimension: Aussagekraft von Messunsicherheiten</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Verlässlichkeit der Messung und ihres Ergebnisses</td><td colspan="3">Genauigkeit des Schätzwerts</td></tr>
<tr><td colspan="3">Grad des Vertrauens</td></tr>
<tr><td colspan="3">Rückschlüsse auf die Messung</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Vergleich von Messwerten</td><td rowspan="3">Vergleich eines Messergebnisses mit einem Referenzwert</td><td colspan="2">Verträglichkeit mit anderen Messergebnissen</td></tr>
<tr><td colspan="2">Messrichtigkeit</td></tr>
<tr><td>Messpräzision</td><td>Wiederholungspräzision</td></tr>
</table>

	Vergleiche innerhalb einer Messreihe		Vergleichspräzision
		Anomalie bzw. „Ausreißer“ in Messreihen	
Regression	Grafische Durchführung einer linearen Regression	Partielle Regression	
		„Ausreißer“ bei der Regression	
	Regression nach dem Prinzip der größten Wahrscheinlichkeit		

Abbildung 4: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 4

Die letzte Dimension des Sachstrukturmodells ‚Aussagekraft von Messunsicherheiten' setzt sich aus den drei Komponenten ‚Verlässlichkeit der Messung und ihres Ergebnisses', ‚Vergleich von Messwerten' und ‚Regression' zusammen. Die Abbildung zeigt, dass einige der einzelnen Aspekte bei der Reduktion des Modells rausgestrichen wurden.

Wird die Unsicherheit genauer betrachtet, „kann eine Einschätzung der Verlässlichkeit des Messergebnisses und der Güte der Messung getroffen werden“ (Hellwig, 2012, S. 183). Beispielsweise kann sie die die Anzahl der Stellen angeben, auf die das Ergebnis gerundet werden soll. Durch die Messunsicherheit kann demnach beurteilt werden, „bezüglich welcher Stellen eines angegebenen Ergebniswerts man sich tatsächlich sicher sein kann“ (Hellwig, 2012, S. 183). Der Bereich, der sich durch die Messunsicherheit um den Ergebniswert ergibt, enthält mit großer Wahrscheinlichkeit einen beliebigen für die Messgröße aufgenommenen Messwert. Mutmaßlich liegt auch der „wahre“ Wert in diesem Bereich.

Im Konzept ‚Vergleich von Messwerten' werden im Rahmen der Auswertung und Diskussion einer Messung und der dazugehörigen Ergebnisse Vergleiche zwischen den einzelnen Werten gezogen (Hellwig, 2012). In diesem Zusammenhang kann beurteilt werden, inwieweit das Messergebnis mit dem Referenzwert vereinbar ist (Hellwig, 2012). Wenn ein Messergebnis mit einem anderen Wert verglichen werden soll, kann es sich dabei um ein anderes Messergebnis oder einen theoretisch festgelegten Wert handeln. Sollen zwei Messergebnisse einer Messgröße miteinander verglichen werden, muss die Differenz der Ergebniswerte angeschaut werden (Hellwig, 2012). Allerdings können die Messergebnisse lediglich miteinander verglichen werden, wenn die Differenz kleiner als die Summe der Unsicherheiten ist. Dabei „existiert ein Bereich von Werten, die beiden Messergebnissen zugeordnet werden können“ (Hellwig, 2012, S. 184). Besonders hervorzuheben ist, dass für einen Vergleich der Messergebnisse diese nicht nach demselben Messprinzip gewonnen wurden. Werden Messungen immer wieder wiederholt, ist es bedeutsam zudem Anomalien im Messprozess zu thematisieren. Dazu zählt die Thematisierung von ‚Ausreißern' einer Messreihe.

Im letzten Konzept ‚Regression' soll untersucht werden, ob ein „mathematischer Zusammenhang zwischen gemessenen Größen vorliegt" (Hellwig, 2012, S. 80). Um eine lineare Regression grafisch durchzuführen, werden die „auf einen linearen Zusammenhang zu prüfenden Messergebnisse mit den dazugehörigen Unsicherheitsrechtecken in ein Koordinatensystem eingetragen" (Hellwig, 2012, S. 185). Dazu wird versucht eine steile und möglichst flache Gerade zu konstruieren, die alle Unsicherheitsrechtecke schneidet (Hellwig, 2012). „Die Gerade, deren Achsenabschnitt und Steigung genau zwischen denen beider derartig konstruierten Geraden liegt, entspricht der sinnvollsten Ausgleichsgeraden. Die damit verbundene Unsicherheit ergibt sich daraus, wie stark die Geraden mit maximaler und minimaler Steigung voneinander abweichen" (Hellwig, 2012, S. 186). Nicht immer kann eine Ausgleichsgerade konstruiert werden, die alle Unsicherheitsdreiecke schneidet und dadurch einige Messpunkte nicht erfasst (Hellwig, 2012). Das kann darauf hindeuten, dass eine Unsicherheit nicht groß genug gewählt wurde, wodurch es sinnvoll sein könnte, eine Messung zu wiederholen (Hellwig, 2012). Häufen sich Ausreißer in der Messreihe, auch nach einer Wiederholung, ist es möglich, dass kein linearer Zusammenhang zwischen den Messgrößen besteht. Zusätzlich kann hinterfragt werden, ob die Ausreißer systematischen Einflussgrößen unterliegen (Hellwig, 2012).

2.3.5 Natascha Schenkes Verkürzung des Sachstrukturmodells – Pauline Berend

Die durchgeführte Lernumgebung dieser Arbeit wurde von Natascha Schenke im Rahmen ihrer Masterarbeit entwickelt (Schenke, 2023) und durch Reflexionen für die Schüler*innen erweitert, auf die an späterer Stelle genauer eingegangen wird.

Für ihre Masterarbeit hat Schenke (2023) das bereits beschriebene und für die Sekundarstufe I reduzierte Sachstrukturmodell nach Hellwig (2012) weiter für die Primarstufe reduziert. Im Folgenden werden die einzelnen Dimensionen dieses weiter verkürzten Modells zusammengefasst.

Erste Dimension – Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten

Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten		
Ursachen der Messunsicherheit	Endlichkeit von Darstellungen	
	Einflussgrößen	Rückwirkung der Messanordnung
		Umwelteinflüsse
		Unvollkommenheit der Messgeräte
	Mathematische Operationen	
	Faktor "Mensch"	
Unterscheidung zwischen Messunsicherheit und Messabweichung	Definition und Eigenschaften der Messabweichung	Systematische Messabweichungen
		Zufällige Messabweichungen
	Definition und Eigenschaften der Messunsicherheit	

Abbildung 5: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 1, Schenke, 2023, S. 28

Bereits in der Primarstufe ist es unerlässlich, mit den Schülern und Schülerinnen ein Verständnis für Messunsicherheiten aufzubauen. Um die Existenz von Messunsicherheiten nachvollziehen zu können, müssen Schüler*innen Ursachen dieser kennen. Ziel der ersten Dimension sollte demnach der Lernerfolg der Schüler*innen sein, dass jede Messung eine Unsicherheit aufweist. Hierbei wurden die meisten Aspekte des Sachstrukturmodells auch für die Reduzierung für die Primarstufe übernommen.

Das Konzept ‚Ursachen von Messunsicherheiten' wurde in allen Aspekten für die Primarstufe übernommen. Der Aspekt ‚Endlichkeit von Darstellungen' (analog und digital) wird als ein entscheidender Faktor für das Verständnis von Ursache und Existenz von Messunsicherheiten beschrieben. Des Weiteren ist der Aspekt ‚Einflussgrößen' bedeutsam, um Kindern Gründe für Messunsicherheiten zu vermitteln. So sollten Umwelteinflüsse, wie beispielsweise die Umgebungstemperatur und die Unvollkommenheit der Messgeräte, sowie der menschliche Einfluss auf Messungen mit den Schülern und Schülerinnen thematisiert werden (Schenke, 2023). In diesem Konzept sollten zudem mathematische Operationen betrachtet werden. In der fünften und sechsten Jahrgangstufe kennen die Schüler*innen bereits gebrochene Zahlen, wodurch die Endlichkeit der Darstellung von Messergebnissen weiter thematisiert werden kann (Schenke, 2023). Mit dem mathematischen Verständnis können Schüler*innen weiterhin vertiefen, dass mathematische Operationen, wie das Runden von Dezimalzahlen, eine Ursache von Messunsicherheiten sein kann.

Schenkes Arbeit bezog sich auf den Rahmenlehrplan Naturwissenschaften (Jahrgangsstufe 5/6) der Länder Berlin und Brandenburg, nach dem Schüler*innen Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht durchführen sollen. Hierbei stellen Schüler*innen Hypothesen auf, die sie in einem anschließenden Experiment mit den Ergebnissen vergleichen sollen (Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg [LISUM], o. J.). Bei dem Vergleich der Ergebnisse kann ebenso ein Bezug zum Thema Messunsicherheiten hergestellt werden. Laut Schenke (2023) kann an diesem Punkt auch der Unterschied zwischen Messunsicherheiten und Messabweichungen thematisiert werden.

Zweite Dimension - Einfluss von Messunsicherheiten auf das Messwesen

Einfluss auf das Messwesen		
Ziel der Messung	Unkenntnis des "wahren" Werts	
	Anstreben einer angemessenen	Festlegen eines Höchstwerts für die Messunsicherheit
	Messunsicherheit	Anpassung des Messprozesses
Ergebnis der Messung	Mathematisches Modell der Auswertung	
	Messergebnis als Zusammenfassung aller Informationen	
	Dokumentation von Messergebnissen	

Abbildung 6: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 2, Schenke, 2023, S. 30

Ziel der zweiten Dimension ist es, den Schülern und Schülerinnen zu vermitteln, dass es niemals die eine Messgröße geben kann, die man versucht zu messen (Schenke, 2023). Schüler*innen sollen vielmehr lernen, dass es bei naturwissenschaftlichen Experimenten notwendig ist, wiederholte Messungen durchzuführen, damit der beste Wert der Messreihe ermittelt werden kann (Schenke, 2023).

In der zweiten Dimension wurde das Sachstrukturmodell in einigen Aspekten reduziert bzw. vereinfacht.

Zunächst ist erheblich, dass die Schüler*innen verstehen, dass es niemals eine einzige Messgröße sowie einen „wahren“ Wert geben kann (Schenke, 2023). In diesem Zusammenhang kann thematisiert werden, dass das Ziel einer naturwissenschaftlichen Messung das möglichst nahe Herantasten an die vermutete Messgröße ist (Schenke, 2023). Dafür sollte eine geringe Messunsicherheit angestrebt werden (Schenke, 2023). Für Schüler*innen der fünften und sechsten Klassenstufe sollte der Messprozess unter Umständen entsprechend angepasst werden.

In dieser Dimension sollen Schüler*innen verstehen, wie bedeutsam die Dokumentation von Messergebnissen und den einzelnen Schritten von Experimenten ist (Schenke, 2023).

Dritte Dimension - Erfassung von Messunsicherheiten

Erfassung von Messunsicherheiten			
Erfassung einer Unsicherheitskomponente bei direkter Messung	Aufstellen einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktio	Ermittlungsmethode A	
		Ermittlungsmethode B	
	Analyse der Wdf	Form der Wdf	
		Ermittlung des Erwartungswerts	
		Ermittlung der Standardmessunsicherheit	
	Freiheitsgrad		
Zusammensetzung der Messunsicherheit aus mehreren Komponenten	Aufstellung einer Unsicherheitsbilanz		
	Fortpflanzung der Messunsicherheit	Schrittweise Bestimmung der Gesamtunsicherheit	Verschiedene Unsicherheitskomponenten einer direkt gemessenen Größe
			Summen/ Differenzen gemessener Größen
			Produkte/ Quotienten gemessener Größen
			Summe/ Differenz aus Messwert und exakter Zahl
			Produkt/ Quotient aus Messwert und exakter Zahl
			Beliebige vom Messwert abhängige Funktion
		Ganzheitliche Bestimmung der Gesamtunsicherheit	
	Ermittlung der resultierenden Wdf		
	Fortpflanzung im Falle korrelierter Einflussgrößen		
	Freiheitsgrad eines Messergebnisses mit verschiedenen Unsicherheitskomponenten		
Erweiterte Messunsicherheit	Wahl des Erweiterungsfaktors bei angenommener Normalverteilung		
	Wahl des Erweiterungsfaktors bei anderen Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen (Wdf)		

Abbildung 7: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 3, Schenke, 2023, S. 31

In dieser Dimension sollte der Fokus für die Primarstufe darauf liegen, die Messunsicherheit vereinfacht zu berechnen und auszudrücken (Schenke, 2023). Hellwig (2012) stellte für die

Berechnung der Unsicherheit die Ermittlungsmethode A und B auf. Nach der Methode A, sollen die Schüler*innen eine Streuung der Messergebnisse um einen Bestwert ermitteln (Schenke, 2023). In der Methode B soll die Messunsicherheit der Messgeräte ermittelt werden (Schenke, 2023). Die Berechnung der Messunsicherheit wird zumeist über die Berechnung der Standardabweichung vorgenommen, die jedoch für die Primarstufe zu komplex ist. In dieser Arbeit wurden bereits mehrere Quantifizierungsmöglichkeiten der Messunsicherheit nach Kok und Priemer (2023) vorgestellt, die auf die fünfte und sechste Klasse übertragen werden können. Als reduzierte und vereinfachte Berechnungsmethoden eignen sich laut Schenke (2023) vor allem die Methoden ‚Maximalabstand' und ‚Ausschließen von Extremwerten'. In Schenkes Arbeit werden die Konzepte ‚Zusammensetzung der Messunsicherheit aus mehreren Komponenten' und ‚erweiterte Messunsicherheit' bei der Thematisierung in der Primarstufe ausgeschlossen.

Vierte Dimension – Aussagekraft von Messunsicherheiten

Aussagekraft			
Verlässlichkeit der Messung und ihres Ergebnisses	Genauigkeit des Schätzwerts		
	Grad des Vertrauens		
	Rückschlüsse auf die Messung		
Vergleich von Messwerten	Vergleich eines Messergebnisses mit einem Referenzwert	Verträglichkeit mit anderen Messergebnissen	
		Messrichtigkeit	
	Vergleiche innerhalb einer Messreihe	Messpräzision	Wiederholungspräzision
			Vergleichpräzision
		Anomalien bzw. "Ausreißer" in Messreihen	
Regression	Grafische Durchführung einer linearen Regression	Partielle Regression	
		"Ausreißer" bei der Regression	
	Regression nach dem Prinzip der größten Wahrscheinlichkeit		

Abbildung 8: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 4, Schenke, 2023, S. 33

Im Rahmen der vierten Dimension wurde sich ausschließlich auf das Konzept ‚Vergleich von Messwerten' beschränkt. Schüler*innen sollen verstehen, dass eine Abweichung eines Wertes von einem anderen Wert (meistens ein Referenzwert), nicht als Misslingen verstanden werden soll (Schenke, 2023). An dieser Stelle lässt sich ein Zusammenhang zur ersten Dimension herstellen, da mögliche Messabweichungen als Messunsicherheit definiert werden können und von der Verträglichkeit mit anderen Messwerten gesprochen werden kann. Diese Verträglichkeit kann eine Aussage darüber treffen, ob Messwerte miteinander vereinbar sind (Schenke, 2023). Auch sollte in dieser Dimension mit Schülern und Schülerinnen über einzelne Ausreißer bzw. Anomalien der Messreihe gesprochen werden. Es kann thematisiert werden, wie solche Ausreißer zustande kommen und wie mit diesen umgegangen werden kann (Schenke, 2023).

2.4 Basismodelle nach Oser und Baeriswyl – Pauline Berend

Bei der Entwicklung der Lernumgebung verwendete Schenke (2023) nicht nur das Sachstrukturmodell nach Hellwig (2012), sondern stützte die Entwicklung der Lernumgebung auch auf

die Basismodelle nach Oser und Baeriswyl. Die Autoren „nehmen in ihrer Theorie der Basismodelle an, dass Lernen in großen Gruppen nach wenigen, lernpsychologisch abgrenzbaren Grundmustern zu strukturieren ist“ (Krabbe et al., 2015, S. 12).

Diese Basismodelle dienen dazu, Lernprozesse im Unterricht so zu gestalten, dass sie systematisch auf die jeweiligen Lernziele abgestimmt sind und den Schülern und Schülerinnen eine effektive und nachhaltige Aneignung von Wissen ermöglichen. In ihrer Theorie unterscheiden Oser und Baeriswyl insgesamt zwölf Basismodelle. Für den Physikunterricht bzw. den naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule sind jedoch folgende drei Basismodelle von besonderer Bedeutung: ‚Lernen durch Eigenerfahrung‘, ‚Konzeptbildung‘ und ‚Problemlösen‘ (Krabbe et al., 2015).

Schenkes Masterarbeit (2023) wurde die Lernumgebung ebenfalls auf diesen drei Basismodellen aufgebaut. Bevor jedoch genauer auf diese drei spezifischen Modelle eingegangen wird, soll eine übergeordnete Einordnung der Basismodelle vorgenommen werden.

Die Basismodelle von Oser und Baeriswyl müssen nicht in einer festen Reihenfolge abgearbeitet werden (Krabbe et al., 2015). In einer Unterrichtseinheit können verschiedene Basismodelle parallel oder nacheinander laufen, doch dabei ist entscheidend, dass ein ausgewähltes Basismodell vollständig durchlaufen wird (Krabbe et al., 2015). Erst wenn ein Basismodell abgearbeitet wurde, kann zu einem weiteren Basismodell übergegangen werden (Krabbe et al., 2015). Dies bedeutet, dass innerhalb eines Basismodells keine Schritte übersprungen oder ausgelassen werden dürfen, da die schrittweise Abfolge der Lernprozesse zentral für den Lernerfolg ist (Krabbe et al., 2015).

Oeser unterscheidet bei der Planung von Unterricht „zwischen der Sichtstruktur (Sozialformen, Methoden, Unterrichtsstil, Medien, Kontrollformen usw.) und der lernpsychologischen Tiefenstruktur des Unterrichts. In diesem Zusammenhang spricht [Oeser] von den Choreografien des Unterrichts.“ (Krabbe et al., 2015, S. 14). Für den Unterricht bedeutet dies, dass die Lehrkraft im unterrichtlichen Handeln (Sichtstruktur) frei ist. Die oben genannten Elemente können je nach Präferenz der Lehrkraft an den Unterrichtsstil angepasst werden. Die Tiefenstruktur hingegen ist weniger flexibel und beschreibt die psychologischen Lernprozesse, die den Unterricht prägen. Die Lehrkraft muss sich an diese halten. Für den Erfolg des Unterrichts ist weniger die sichtbare Gestaltung entscheidend, sondern vielmehr „die unabdingbare Einhaltung der durch die (prozesstypabhängige) Handlungskette vorgegebenen funktionalen Schrittfolge“ (Krabbe et al., 2015, S. 14). Somit bietet das Konzept der Basismodelle einen klaren Rahmen, innerhalb dessen eine Lehrkraft den Unterricht individuell und

kreativ gestalten kann. Es ist jeder Lehrkraft möglich, die Basismodelle an ihre eigene Unterrichtspraxis und an die Bedürfnisse ihrer Schüler*innen anzupassen, solange die Schrittfolge der Basismodelle eingehalten wird (Krabbe et al., 2015).

Ein weiteres zentrales Merkmal der Basismodelle ist ihre Flexibilität in Bezug auf unterschiedliche Klassenstufen. Je nach Altersstufe und Lernstand kann der Unterricht auf unterschiedliche Weise angepasst werden. Auch wenn die zugrunde liegenden Lernprozesse (Tiefenstruktur) in allen Klassenstufen gleich bleiben, kann die äußere Gestaltung (Sichtstruktur) je nach Klassenstufe und Kontext angepasst werden (Krabbe et al., 2015). So lassen sich die Basismodelle nicht nur in der Sekundarstufe I und II anwenden, sondern auch in der Grundschule.

Die Planung des Unterrichts nach Basismodellen erfolgt in mehreren Schritten: Zunächst wird ein Hauptlernziel für die jeweilige Unterrichtsstunde festgelegt (Krabbe et al., 2015). Dieses Lernziel dient als Ausgangspunkt für die Wahl des passenden Basismodells (Krabbe et al., 2015). Für den naturwissenschaftlichen Unterricht stehen die drei bereits genannten Basismodelle ‚Lernen durch Eigenerfahrung', ‚Konzeptbildung' und ‚Problemlösen' im Vordergrund. Jedes dieser Modelle zielt auf eine andere Form des Wissensaufbaus ab. Im Basismodell ‚Lernen durch Eigenerfahrung' setzen sich die Lernenden aktiv mit dem Lerngegenstand auseinander und erwerben dabei individuelles, jedoch noch unstrukturiertes Wissen (Krabbe et al., 2015). Im Basismodell ‚Konzeptbildung' erlangen die Schüler*innen hochstrukturiertes Wissen, indem sie mithilfe eines Prototyps zentrale Begriffe und neue Konzepte kennenlernen (Krabbe et al., 2015). Im Basismodell ‚Problemlösen' entwickeln die Schüler*innen auf der Basis ihres Vorwissens neue Lösungsstrategien für konkrete Problemstellungen (Krabbe et al., 2015).

Nachdem das passende Basismodell ausgewählt wurde, erfolgt die Planung der einzelnen Unterrichtsschritte anhand der Handlungskettenschritte des jeweiligen Basismodells (Krabbe et al., 2015). Obwohl die Vollständigkeit eines Basismodells sichergestellt sein muss, ist es nicht zwingend erforderlich, alle Handlungskettenschritte in einer einzigen Unterrichtsstunde zu durchlaufen (Krabbe et al., 2015). Die Planung des Unterrichts sollte flexibel bleiben, sodass bei Bedarf ein Handlungskettenschritt wiederholt oder mit Einschüben versehen werden kann (Krabbe et al., 2015).

Es ist außerdem möglich, in bestimmten Fällen in das ursprünglich geplante Basismodell zu wechseln. Ein Grund für ein Abweichen könnte vorliegen, wenn die Schüler*innen (noch) nicht über die notwendigen Voraussetzungen verfügen, um den nächsten Handlungskettenschritt zu erreichen. In diesem Fall kann ein anderes Basismodell eingeschoben werden, das wiederum vollständig durchlaufen werden muss (Krabbe et al., 2015).

Im Folgenden wird nun detailliert auf die drei Basismodelle eingegangen, die im Physikunterricht und im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule von zentraler Bedeutung sind.

2.4.1 Basismodell Lernen durch Eigenerfahrung – Pauline Berend

Das Basismodell ‚Lernen durch Eigenerfahrung' betont die aktive und eigenständige Auseinandersetzung der Lernenden mit einem Lehrgegenstand (Krabbe et al., 2015). Im Mittelpunkt steht dabei die direkte, selbstständige Interaktion mit dem Lerninhalt (Krabbe et al., 2015). Das Basismodell soll den Lernenden ermöglichen, auf Grundlage eigener Erfahrungen Erkenntnisse zu gewinnen und diese zu reflektieren (Krabbe et al., 2015). In der Grundschule, insbesondere im naturwissenschaftlichen oder Physikunterricht, ist der Lerngegenstand meist ein physikalischer Aspekt (Krabbe et al., 2015). Diese aktive Auseinandersetzung erfolgt häufig in Form von Experimenten oder Beobachtungen (Krabbe et al., 2015). Dabei geht es nicht ausschließlich um das Durchführen der Experimente, sondern vor allem darum, die Erkenntnisse, die aus diesen praktischen Erfahrungen gewonnen wurden, zu interpretieren und zu analysieren (Krabbe et al., 2015).

Experimente werden in diesem Modell als wichtige Möglichkeit des Lernprozesses betrachtet (Krabbe et al., 2015). Krabbe et al. (2015) definierten, dass Experimente eine typische Form des Lernens durch Eigenerfahrung darstellen. Das bedeutet, durch die Durchführung eines Experiments können Schüler*innen eigenständig Erfahrungen sammeln, die sie anschließend reflektieren und ihren Wissensstand dadurch erweitern können (Krabbe et al., 2015). Diese Prozesse des Erfahrungslernens sind eng mit Problemlösungsprozessen und der Entwicklung von nützlichen Kompetenzen verbunden. Das Experiment dient hierbei nicht ausschließlich als Mittel zur Wissensaneignung, sondern auch als eine Möglichkeit, das eigene Handeln zu hinterfragen, Entscheidungen zu überprüfen und Lösungswege zu reflektieren.

Darüber hinaus können Aufgaben- oder Problemstellungen als Lerngegenstand genutzt werden (Krabbe et al., 2015). In diesem Fall stehen weniger die richtigen Lösungen im Vordergrund, sondern vielmehr die Reflexion der gemachten Erfahrungen während des Lösungsprozesses (Krabbe et al., 2015). Durch eine Reflexion können die Schüler*innen Revue passieren lassen, welche Schritte sie unternommen haben, wo eventuelle Schwierigkeiten aufgetreten sind und welche alternativen Vorgehensweisen in Zukunft möglich wären.

Jedoch können nicht alle Tätigkeiten im Unterricht als Lernen durch Eigenerfahrung verstanden werden (Krabbe et al., 2015). Einige Handlungen im Rahmen des Unterrichts, wie etwa das Ausführen von Sprech- oder Schreibhandlungen, zählen nur dann zum Erfahrungslernen, wenn diese mit einer bewussten Reflexion verbunden sind (Krabbe et al., 2015).

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Basismodells ist, dass die Lernenden primäre Erfahrungen mit dem Lerninhalt machen (Krabbe et al., 2015). Das Minimalziel des Modells besteht darin, dass Schüler*innen zunächst eigenständig und aktiv Erfahrungen sammeln, die für den weiteren Lernprozess von Bedeutung sind (Krabbe et al., 2015). Um diesen Prozess zu unterstützen, ist es notwendig, dass die Lernenden ein klares Ziel vor Augen haben und ihre Handlungsschritte zu einem gewissen Teil selbstständig planen (Krabbe et al., 2015). Dies fördert neben der Eigenverantwortung auch das kritische Denken, da die Lernenden aktiv im Lernprozess eingebunden sind.

Ein Experiment, das nach einer vorgegebenen Anleitung durchgeführt wird, bietet zwar eine Struktur, jedoch sollten zumindest einige Handlungsschritte von den Lernenden selbst entwickelt werden (Krabbe et al., 2015). Das bedeutet, dass die Schüler*innen dazu angeregt werden sollen, Entscheidungen eigenständig zu treffen und bestimmte Handlungen zu initiieren (Krabbe et al., 2015). Dies stärkt zusätzlich ihre Problemlösungsfähigkeit und fördert die Entwicklung eines tieferen Verständnisses des Lerninhalts.

Ein bedeutender Teil des Lernprozesses ist die Reflexion der gemachten Erfahrungen (Krabbe et al., 2015). Ausschließlich durch diese Reflexion können die Lernenden aus ihren Handlungen profitieren und die Ergebnisse ihrer Experimente oder Beobachtungen in einen größeren Kontext einordnen (Krabbe et al., 2015). Bereits während der Durchführung eines Experiments kann eine erste Reflexion stattfinden (Krabbe et al., 2015). Dabei sollten die Schüler*innen ihre Handlungen kritisch hinterfragen und bewerten. Eine umfassendere Reflexion ist vor dem Abschluss des Experiments nicht möglich, da erst dann Erfolge und Misserfolge deutlich werden (Krabbe et al., 2015). Die gemachten Erfahrungen sind zumeist an den jeweiligen Kontext gebunden und subjektiv geprägt (Krabbe et al., 2015).

Das Basismodell ‚Lernen durch Eigenerfahrung' verfolgt neben einem Minimalziel auch ein Maximalziel. „Die gemachte individuelle episodische Erfahrung muss einerseits mit dem eigenen Wissen verknüpft werden und andererseits mit den Erfahrungen anderer Personen verglichen werden, um die eigene Perspektive zu relativieren. Schließlich muss die Erfahrung noch hinsichtlich des Kontextes verallgemeinert werden" (Krabbe et al., 2015, S. 17). Für das Maximalziel müssen die Lernenden in der Lage sein, ihre subjektiven und kontextgebundenen Erlebnisse auf eine abstraktere Ebene zu übertragen und auf andere Kontexte anzuwenden.

Das Basismodell umfasst mehrere Handlungskettenschritte. Diese lauten:

1. **Planung der Handlungen**: Zu Beginn des Lernprozesses müssen die Lernenden ihre Handlungen planen und ein klares Ziel formulieren (Krabbe et al., 2015).

2. **Durchführung der Handlungen**: Im nächsten Schritt führen die Lernenden ihre geplanten Handlungen aus. Dies geschieht oft in Form von Experimenten, bei denen die Lernenden sich aktiv mit dem Lerninhalt auseinandersetzen (Krabbe et al., 2015).
3. **Konstruktion von Bedeutung**: Die während der Durchführung gemachten Erfahrungen müssen von den Lernenden interpretiert und in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden (Krabbe et al., 2015).
4. **Generalisierung der Erfahrung**: Nachdem die Bedeutung der individuellen Erfahrungen erfasst wurde, soll diese auf eine allgemeine Ebene gehoben und mit anderen Kontexten verknüpft werden (Krabbe et al., 2015).
5. **Reflexion von ähnlichen Erfahrungen**: Abschließend reflektieren die Lernenden ihre Erfahrungen und vergleichen sie mit ähnlichen Erfahrungen, die sie in der Vergangenheit erlangt haben. Dies festigt neu erworbenes Wissen und integriert es in den aktuellen Wissenstand (Krabbe et al., 2015).

Zusammenfassend zielt das Basismodell ‚Lernen durch Eigenerfahrung' darauf ab, die Schüler*innen durch aktive Auseinandersetzung mit einem spezifischen Lerninhalt zu eigenen Erfahrungen zu bringen. Diese Erfahrungen werden anschließend reflektiert, mit vergangenen verglichen und in einen größeren Kontext übertragen. Das neu erworbene Wissen soll flexibel und in verschiedenen Situationen angewendet werden (Krabbe et al., 2015).

2.4.2 Basismodell Konzeptbildung – Pauline Berend

Ein weiteres für den naturwissenschaftlichen Unterricht relevantes Modell ist das sogenannte Basismodell der ‚Konzeptbildung'. Dieses Modell spielt eine zentrale Rolle in der Vermittlung von Wissen und der Entwicklung kognitiver Strukturen (Krabbe et al., 2015). „Das Ziel von Konzeptbildung ist es, die kognitiven Strukturen zu erweitern, indem Begriffe oder Konzepte aufgebaut werden (Minimalziel) und die Fähigkeit zu erlangen, sie flexibel anzuwenden (Maximalziel)" (Krabbe et al., 2015, S. 17). Dabei umfasst das Basismodell neben einfachen Begriffen, wie beispielsweise den Namen einer Energieform, auch komplexere und umfassendere Konzepte, wie das Prinzip der Energieerhaltung (Krabbe et al., 2015). Ein wesentlicher Aspekt der Konzeptbildung besteht darin, bereits vorhandene Konzepte und neu erlernte Konzepte miteinander zu verknüpfen (Krabbe et al., 2015). Dadurch entsteht ein tieferes Verständnis, das den Lernenden ermöglicht, neues Wissen nicht isoliert, sondern in Verbindung mit vorhandenen Strukturen zu verstehen und zu nutzen (Krabbe et al., 2015). Das Vorwissen der Lernenden soll also genutzt, erweitert und auf andere Kontexte übertragen werden (Krabbe et al., 2015). Zusätzlich geht es bei dem Basismodell ‚Kon-

zeptbildung‘ um die Vermittlung von theoretischem Wissen sowie das Erlernen von Handlungsschemata und Operationen (Krabbe et al., 2015). Dies kann zum Beispiel den praktischen Umgang mit Messgeräten oder die Auswertung von Datensätzen umfassen (Krabbe et al. (2015)).

Ein weiterer zentraler Punkt dieses Basismodells ist, nicht nur Begriffe zu vermitteln, sondern ebenso durch die Einführung neuer Konzepte eine grundlegende Umstrukturierung und Erweiterung des Wissensstands der Lernenden zu erlangen (Krabbe et al., 2015). Die Begriffe selbst stehen daher nicht im Mittelpunkt, sondern dienen eher als Hilfsmittel, die für die eigentliche Zielerreichung erforderlich sind: die Bildung einer neuen, flexiblen Wissensstruktur (Krabbe et al., 2015). Wesentlich ist dabei, dass das neu erarbeitete Wissen im Rahmen des aktuellen Unterrichts oder der aktuellen Lerneinheit anwendbar ist und dennoch auf andere Kontexte übertragen werden kann (Krabbe et al., 2015).

Normalerweise wird der Prozess des Konzeptaufbaus von der Lehrperson angeleitet (Krabbe et al., 2015). Diese spielt in diesem Basismodell eine besondere Rolle, da die Lehrkraft als „Vertreterin der Gesellschaft bzw. der ‚scientific community‘ über das allgemein anerkannte Begriffssystem verfügt, während die Lernenden dieses System erst erarbeiten müssen“ (Krabbe et al., 2015, S. 17). Die Anleitung erfolgt dabei in der Regel mündlich oder schriftlich und orientiert sich an einem sogenannten Prototyp (Krabbe et al., 2015). Dieser Prototyp muss so gewählt werden, dass das neue Konzept prägnant und exemplarisch dargestellt wird und den Schülern und Schülerinnen als Orientierungshilfe im weiteren Unterrichtsverlauf dient (Krabbe et al., 2015). Im weiteren Verlauf des Lernprozesses kann der Prototyp bei Bedarf herangezogen werden, um das neu gelernte Konzept zu verdeutlichen und zu festigen (Krabbe et al., 2015).

Sobald dieser Prototyp eingeführt wurde, besteht der nächste Schritt darin, eine „abstraktere und verallgemeinerbare Begriffsstruktur aufzubauen“ (Krabbe et al., 2015, S. 17). Damit ist gemeint, dass die Lernenden nicht nur das konkrete Beispiel des Prototyps nachvollziehen, sondern darauf aufbauend in der Lage sein sollen, das zugrunde liegende Prinzip zu abstrahieren und auf eine Vielzahl von Situationen und Kontexte anzuwenden (Krabbe et al., 2015). Der Prototyp dient demnach als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer umfassenderen kognitiven Struktur, die über die konkrete Lernsituation hinausgeht (Krabbe et al., 2015).

Die Fähigkeit der Lernenden, den Prototyp nachzuvollziehen und das Wissen zu rekonstruieren, ist von zentraler Bedeutung für den Erfolg der Konzeptbildung (Krabbe et al., 2015). Dabei müssen die verschiedenen Teile, die bei der Konzeptbildung miteinander verknüpft werden, aus dem bereits vorhandenen Vorwissen der Lernenden stammen (Krabbe et al.,

2015). Nichtsdestotrotz stellt laut Krabbe et al. (2015) dieser Schritt nicht die Fähigkeit zur flexiblen Anwendung des neuen Konzepts dar. Um eine solche Flexibilität zu erreichen, müssen die Schüler*innen „das netzartige Wissenssystem kreuz und quer durchlaufen, was dem aktiven Umgang mit dem neuen Wissen entspricht“ (Krabbe et al., 2015, 17f.).

Der aktive Umgang mit dem neu erlernten Konzept ist entscheidend, da erst dadurch gewährleistet wird, dass das neue Wissen auch in anderen Kontexten erfolgreich angewendet werden kann (Krabbe et al., 2015). Dies geschieht vorzugsweise, indem die Lernenden das Konzept an einer möglichst großen Anzahl von Beispielen üben (Krabbe et al., 2015). Nur auf diesem Weg wird das neu erworbene Wissen fest verankert und kann in unterschiedlichen Situationen flexibel eingesetzt werden.

Um das Basismodell der Konzeptbildung erfolgreich umzusetzen, müssen verschiedene Handlungskettenschritte durchlaufen werden. Die Handlungskettenschritte reichen vom Vorwissen der Lernenden bis zur Anwendung des neuen Konzepts in verschiedenen Kontexten (Krabbe et al., 2015). Die Handlungskettenschritte lauten wie folgt:

1. **Bewusstmachung des Vorwissens**: Zu Beginn dieses Basismodells müssen sich die Schüler*innen ihres vorhandenen Wissens bewusstwerden. Dies ist notwendig, damit im Lernprozess neue Konzepte sinnvoll mit dem bestehenden Wissen verknüpft werden (Krabbe et al., 2015).
2. **Durcharbeiten eines Prototyps**: Der Prototyp dient als Beispiel für das neue Konzept. Die Lernenden müssen den Prototyp gründlich verstehen, um das zugrunde liegende Prinzip des Konzepts zu erfassen (Krabbe et al., 2015).
3. **Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts**: Nachdem der Prototyp bearbeitet wurde, sollen die zentralen Merkmale des neuen Konzepts identifiziert und beschrieben werden (Krabbe et al., 2015).
4. **Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept**: In diesem Schritt geht es darum, das neue Konzept in verschiedenen Kontexten anzuwenden und zu üben. Es muss von den Lernenden verinnerlicht werden, damit sie es flexibel einsetzen können (Krabbe et al., 2015).
5. **Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten**: Zuletzt sollen die Lernenden das neue Wissen auf andere Bereiche und Situationen übertragen, um die Anwendbarkeit dessen zu demonstrieren und zu festigen (Krabbe et al., 2015).

Diese Abfolge verdeutlicht, dass der Aufbau eines neuen Konzepts immer von einem konkreten Prototyp ausgeht, an dem das zugrunde liegende Schema exemplarisch entwickelt

wird (Krabbe et al., 2015). Anschließend wird das Konzept abstrahiert und auf eine verallgemeinerbare Ebene gehoben, sodass es flexibel in verschiedenen Kontexten anwendbar ist (Krabbe et al., 2015).

2.4.3 Basismodell Problemlösen – Pauline Berend

Ein weiteres grundlegendes Modell, das im naturwissenschaftlichen Unterricht bzw. im Physikunterricht Anwendung findet, ist das Basismodell ‚Problemlösen'. „Das Basismodell zielt auf die Lösung eines konkret gegebenen Problems ab. Ein Problem ist durch drei Komponenten gekennzeichnet:

1. unerwünschter Anfangszustand

2. erwünschter Zielzustand

3. kognitive Barriere zwischen Anfangs- und Zielzustand" (Krabbe et al., 2015, S. 18).

An dieser Stelle wird deutlich, dass das Basismodell des Problemlösens vor allem dadurch definiert ist, dass es keinen vorgegebenen Weg gibt, der direkt vom anfänglichen Zustand zum gewünschten Ziel führt (Krabbe et al., 2015). Der Lösungsweg selbst ist somit das zentrale Element dieses Modells und nicht ausschließlich das Erreichen des Zielzustands. Der vorliegende „Anfangszustand kann eine vorläufige Deutung oder ein Handlungsplan sein und hat bezüglich des gesteckten Ziels eine unbefriedigende Struktur" (Krabbe et al., 2015, S. 18).

Ein handelt sich um ein Problem, wenn der aktuelle Zustand als unbefriedigend empfunden wird, eine Lösung aber nicht auf der Hand liegt (Krabbe et al., 2015). Es kann sich hierbei um eine vorläufige Deutung oder einen ersten Handlungsplan handeln, der jedoch in Bezug auf das gewünschte Ziel eine unzureichende Struktur aufweist (Krabbe et al., 2015, S. 18).

Ein entscheidender Punkt dabei ist, dass nicht jede Schwierigkeit automatisch ein Problem darstellt. Ein Problem entsteht erst dann, wenn eine Person in der Lage ist, die genaue Schwierigkeit zu benennen und sich ein konkretes, wenn auch unscharf formuliertes, Ziel setzt (Krabbe et al., 2015). Krabbe et al. (2015) identifizierten verschiedene Typen von Problemen, die in drei Kategorien eingeteilt wurden: Probleme, die durch eine Lücke im Wissen oder Verständnis charakterisiert sind; Probleme, die einen Widerspruch aufzeigen; und Probleme, die durch unnötige Komplikationen erschwert werden.

Im Lernprozess ist den Schülern und Schülerinnen zu Beginn keine Methode bekannt, die sie direkt zur Lösung des Problems führt (Krabbe et al., 2015). Wäre dies der Fall, würde es sich um eine bloße Aufgabe handeln, bei der ein Lösungsweg bereits vorhanden ist, und

nicht um eine Problemstellung (Krabbe et al., 2015). Dies macht den Prozess des Problemlösens im Unterricht so wertvoll, denn die Lernenden müssen aktiv Lösungsansätze entwickeln. Das bedeutet, dass die Schüler*innen nicht sofort die Lösung kennen, sondern verschiedene Wege erkunden müssen, um das Problem entweder vollständig zu lösen oder sich der Lösung zumindest anzunähern (Krabbe et al., 2015). Sobald die Schüler*innen erste Ideen entwickelt haben, müssen diese Lösungsansätze getestet werden, um herauszufinden, ob sie funktionieren (Krabbe et al., 2015). Obwohl im Unterricht oftmals nur ein Lösungsweg ausprobiert werden kann, ist es für das Verständnis des Problems entscheidend, dass die Lösungswege nicht vorgegeben sind, sondern von den Schülern und Schülerinnen selbst entwickelt werden (Krabbe et al. (2015)).

Das Hauptziel dieses Basismodells liegt darin, dass die Schüler*innen Strategiewissen erwerben (Krabbe et al., 2015). Im Gegensatz zu anderen Basismodellen steht bei diesem Basismodell nicht die Erweiterung von reinem Fachwissen im Vordergrund. Beim Problemlösen geht es darum, vorhandenes Wissen neu zu strukturieren und in flexibler Weise anzuwenden (Krabbe et al., 2015). Das Fachwissen wird somit nicht unbedingt erweitert, sondern durch die Verbindung und praktische Anwendung von bereits vorhandenem Wissen neu organisiert, sodass es den Lernenden in unterschiedlichen Kontexten besser zur Verfügung steht (Krabbe et al., 2015).

Im Basismodell ‚Problemlösen' wird ein Minimalziel formuliert, das durch zwei zentrale Kriterien gekennzeichnet ist (Krabbe et al., 2015). Zum einen muss methodische Offenheit gegeben sein (Krabbe et al., 2015). Das bedeutet, dass das Problem zwar inhaltlich klar definiert ist, der Lösungsweg jedoch für die Schüler*innen offenbleibt. Es wird demnach kein vorgegebener Weg zur Lösung präsentiert, sondern die Lernenden müssen selbst kreative und eigenständige Ansätze entwickeln, um das Problem zu lösen (Krabbe et al., 2015). Zum anderen stellt das Problembewusstsein ein Kriterium dar (Krabbe et al., 2015). Dies bedeutet, dass die Lernenden sich des Problems bewusst sind und erkennen, was an dem Anfangszustand nicht zufriedenstellend ist (Krabbe et al., 2015). Sie sollten außerdem in der Lage sein, ein Ziel zu formulieren, obwohl dieses Ziel zunächst nur grob oder unscharf definiert ist. Damit die Schüler*innen diese Schritte erfolgreich bewältigen können, ist es jedoch erforderlich, dass sie über ein gewisses Maß an Vorwissen in Bezug auf das Problem verfügen (Krabbe et al., 2015).

Zusammengefasst geht es in diesem Basismodell darum, ausgehend von einem klar definierten Problem mit offenem Lösungsweg, eine Strategie zu entwickeln und zu verallgemeinern (Krabbe et al., 2015).

Das Basismodell besteht aus den aufeinanderfolgenden Handlungskettenschritten:

1. **Problem verstehen:** Die Lernenden müssen das Problem erkennen und verstehen. Die Schüler*innen formulieren ein (unscharfes) Ziel (Krabbe et al., 2015).
2. **Entwicklung von Lösungswegen:** Die Lernenden entwickeln eigenständig Lösungswege (Krabbe et al., 2015).
3. **Testen von Lösungswegen:** Die eigenständig entwickelten Lösungswege werden von den Lernenden ausprobiert (Krabbe et al., 2015).
4. **Evaluation und Anwendung der Lösungen:** Die Lösungswege werden von den Schülern und Schülerinnen evaluiert und auf andere Kontexte übertragen (Krabbe et al., 2015).

2.5 Stand der Forschung von Messunsicherheiten – Julia Paul

Die Ermittlung des aktuellen Forschungsstandes zu dem Thema dieser Masterarbeit stellte sich als schwierig heraus. Es existiert kein aktueller Forschungsstand zur Arbeit mit Daten und Auseinandersetzung mit diesen im Unterricht vor dem Sekundarbereich Eins ab Klasse Sieben. Eine Datenlage zur Primarstufe existiert nicht, sodass das aktuelle Interesse der Humboldt Universität zu Berlin im Bereich des Primarbereiches der Physikdidaktik liegt. Auch im Bereich der Mathematikdidaktik beschrieb Primakom das Interesse von Daten im Mathematikunterricht wie folgt:

> Daten werden zu bestimmten Fragestellungen erhoben, aufbereitet und interpretiert. Die Fachwissenschaft ordnet das der Beschreibenden Statistik zu. […] In der Grundschule werden vorrangig im Sach- und Mathematikunterricht grundlegende Arbeitsweisen der Beschreibenden Statistik genutzt. Folglich müssen diese Gegenstand des Unterrichts sein. (Primakom - Deutsches Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik, 2024)

Ferner wird sich auf politischer Ebene im Bereich der Bildungsforschung mit dem Thema der naturwissenschaftlichen Inhalte im Elementarbereich beschäftigt. Wie in dem folgenden Zitat nachzulesen, liegt ein Forschungsinteresse ebenfalls auch in der Bildungspolitik vor:

> Auch wenn dieser Bereich bedeutender geworden ist, gibt es noch immer Bedarf in der Forschung. Derzeit steht die beschleunigte bildungspolitische Entwicklung im Kontrast zur unzureichenden wissenschaftlichen Fundierung dieses Bereiches, denn die Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte im Elementarbereich ist bislang nur wenig erforscht. (Windt et al., 2014, S. 70)

Insbesondere die Neugier der Kinder fällt bei der Relevanz des Themas der naturwissenschaftlichen Inhalte in der Elementarstufe ins Gewicht. Das folgende Zitat bildet ab, dass auch den Kindern nicht ausreichend Rechenschaft getragen wird.

> Aber auch im Rahmen der IGLU-Studie wird festgestellt, dass der Sachunterricht das naturwissenschaftliche Interesse und die Neugier der Kinder in dieser Altersstufe nicht in ausreichendem Maße zur Kompetenzentwicklung nutzt (Bos et al. 2003, S. 145 ff.) und dass „der Sachunterricht in der Grundschule selbst die Voraussetzungen für naturwissenschaftliches Verständnis noch wenig aufgreift." (ebd., S.182). (Köster, S. 2)

Abschließend ist die Wahl des Themas daher relevant, da sowohl von mathedidaktischer Seite als auch von politischer Seite und der Seite der Kinder der Bedarf nach Forschung und Optimierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts besteht. Damit einhergehend zeigt sich, dass die Thematisierung vom Umgang mit Daten eine hohe Relevanz hat.

Weiterführend ist zum Erreichen dieser Optimierung nachvollziehbar, dass es beim naturwissenschaftlichen Unterricht um die Auseinandersetzung mit der Natur geht und damit auch Methoden zur Auseinandersetzung unumgänglich sind.

Das folgende Zitat zeigt dieses auf und im Anschluss wird gedanklich eine kurze Ausführung zum Experimentieren eingeführt, die die Auseinandersetzung mit dem naturwissenschaftlichen Arbeiten und dem Lernprozess im Unterricht darstellen kann.

> Es ist daher wichtig, bereits Kindern ein angemessenes Bild von der Natur der Naturwissenschaften zu vermitteln […]. Das Experimentieren gilt als eine zentrale Methode, um naturwissenschaftliche Vermutungen möglichst objektiv zu prüfen und im Zusammenspiel mit weiteren Experimenten Erkenntnisse zu sammeln, die zu generalisierbaren Aussagen führen. (Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 259)

In der für diese Arbeit angepasste Lernumgebung führen die Schüler*innen ein (angeleitetes) Experiment durch. Die Studierenden geben dabei eine Anleitung zur Durchführung des Daumensprungs vor, sodass ein theoretischer Rückbezug zum Prozess des Experimentierens erfolgen kann.

Ein Experiment besteht immer aus drei Teilen: Im ersten Schritt erfolgt ein systematisches Herstellen von Beobachtungssituationen **(Planung)** (Wodzinski & Wilhelm, 2018). In der vorliegenden Lernumgebung fällt der erste Schritt für die Schüler*innen weg. In der zweiten Phase des Experimentierens werden Daten erzeugt **(Durchführung)** (Wodzinski & Wilhelm, 2018). Die Schüler*innen absolvieren das Experiment und notieren die entstehenden Daten/Messwerte. Im letzten Schritt des Experimentierens werden die erhobenen Daten auf der Grundlage von bestehenden Erkenntnissen oder Theorien gedeutet **(Auswertung)** (Wodzinski & Wilhelm, 2018). Diese Auswertung erfolgt in der vorliegenden Lernumgebung über die Arbeitsblätter. Auch durch die Reflexionsaufgaben sind die Schüler*innen angehalten, die erhobenen Daten auszuwerten und in einen Kontext zu bringen.

Das Experimentieren nimmt im Lernprozess der Schüler*innen eine zentrale Funktion ein. Zunächst soll ein Experiment einen Effekt oder ein Phänomen präsentieren (Wodzinski & Wilhelm, 2018). Der Daumensprung, das Experiment aus der Lernumgebung, präsentiert ein Phänomen. Ein Experiment wird auch eingesetzt, um Werte einschätzen zu können und die Veranschaulichung der experimentellen Bestimmung aufzuzeigen (Wodzinski & Wilhelm, 2018). Weiterhin wird ein Experiment genutzt, um einen Trend oder einen prinzipiellen Verlauf aufzuzeigen (Wodzinski & Wilhelm, 2018). Zuletzt soll ein Experiment die Gültigkeit einer Theorie veranschaulichen (Wodzinski & Wilhelm, 2018).

Nagel (2021) schrieb, dass jeder Datenwert eine Unsicherheit aufweist. Dieser Punkt soll auch in der vorliegenden Lernumgebung gezeigt werden. Später in der Auswertung wird aufgezeigt, ob dieser Punkt den Schülern und Schülerinnen in der Arbeit mit der Lernumgebung deutlich wurde.

Insgesamt wurde deutlich, dass das Thema auch für den Unterricht der Grundschule relevant ist und ist in dem folgenden Zitat von Nagel (2021) nachzulesen. “Jeder wissenschaftlich relevante Datenwert hat eine Unsicherheit.” (Nagel, 2021, S. 7).

In dem vorliegenden, zum Teil wenig ausgebauten Forschungsstand ist die Relevanz des Themas abzulesen. Die Gewichtung von naturwissenschaftlichen Fächern in der Grundschule wird nach aktuellen medialen Aufrufen stark thematisiert, besonders durch die aktuellen Ergebnisse der PISA-Studie. Nach wie vor werden die naturwissenschaftlichen Fächer der Grundschule in Studien nicht ausreichend betrachtet. Grundsätzlich werden auch die naturwissenschaftlichen Anteile des Unterrichts der Grundschule immer weniger. Aus diesen Gründen ist das Ziel dieser Arbeit mit dem Lernforschungsprojekt, den Fokus auf das naturwissenschaftliche Lernen in der Grundschule zu legen.

Bisher konnte wenig Literatur zum Umgang mit Daten und Messunsicherheiten im Grundschulunterricht gefunden werden. Für die Sekundarstufe I hingegen liegt mehr Literatur bereits vor. Im Nawi-Grundschulunterricht experimentieren Kinder bereits, jedoch fehlt meist die Thematisierung des Umgangs bzw. der Weiterarbeit mit den Daten nach dem eigentlichen Experiment. Die Schüler*innen erkennen mitunter, dass jede Messung eine Unsicherheit aufweist. Im Rahmenlehrplan und den überwiegenden Lehrbüchern wird der Umgang mit Messunsicherheiten nicht thematisiert. An diesem Punkt setzt die Forschung für diese Arbeit an. Ziel sollte es sein, zu erforschen, wie Schüler*innen mit Daten und Messunsicherheiten umgehen. Da in der vorliegenden Lernumgebung das Experiment “Daumensprung” durchgeführt wird, kann die Funktion von Experimenten nach Wodzinski und Wilhelm (2018) genutzt werden. Somit könnte sich ebenso ein Forschungsinteresse in diesem Bereich besonders für die Primarstufe erkennen lassen.

Die Forschung bezieht sich nur auf die Klassenstufen im Nawi-Unterricht der fünften und sechsten Klassen, wobei sicherlich auch im Rahmen des Sachunterrichts in der ersten bis vierten Klasse geforscht werden sollte, um den Erwerb von Kompetenzen der Schüler*innen zu ermöglichen und die Interessen der Kinder zu wahren.

Diskussions- und Forschungsansätze sollten sich auf naturwissenschaftliches Lernen in der gesamten Grundschule beziehen und durch Forschungsergebnisse untermauert werden. Unterrichtskonzepte sollten erarbeitet werden, die auf Grundlage der Konzepte aus den Naturwissenschaften begründet werden können. Dazu könnte das Basismodell Lehren und Lernen nach Oser und Baeriswyl von 2001 herangezogen werden. Zusätzlich wurden Vorlesungsfolien aus der Vorlesung “Ausgewählte Themen der Physik” (Bildung an Grundschulen – Bachelorstudium), aus dem Sommersemester 2021 und aus der Vorlesung “Ausgewählte Themen der Physik” (Lehramt an Grundschulen – Masterstudium) aus dem Wintersemester 2022/2023 verwendet.

Die entwickelte Lernumgebung kann sowohl in der fünften und sechsten Klasse durchgeführt werden. Nach der Anpassung der Lernumgebung wurde entschieden, die Lernumgebung in einer sechsten Klasse durchzuführen. An späterer Stelle werden die durchgeführten Anpassungen erläutert.

2.5.1 Schüler*innenvorstellungen – Julia Paul

In diesem Abschnitt wird das grundsätzliche Entstehen von Schüler*innenvorstellungen beschrieben und übergeordnete Schüler*innenvorstellungen werden erläutert, die in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht zunehmend unabhängig entstehen oder vorhanden sind. Somit sollte diese Annahme zur Erarbeitung von Lerninhalten genutzt werden, um die Inhalte den Schülern und Schülerinnen zum Erlangen von Wissen zugänglich zu machen. Des Weiteren werden verschiedene Schüler*innenvorstellungen zu den Naturwissenschaften vorgestellt und spezielle Schüler*innenvorstellungen zur durchgeführten Lernumgebung erläutert. In der Auswertung werden diese Vorstellungen in Bezug zu den Ergebnissen gesetzt. Selbst erhobene Schüler*innenvorstellungen aus den geführten Unterrichtsgesprächen werden ebenfalls der Auswertung hinzugefügt.

Höttecke und Hopf (2018) beschrieben Schüler*innenvorstellungen und sortierten sie nach Begrifflichkeiten. Die Abschnitte ‚Vorstellung vom naturwissenschaftlichen Experimentieren‘ und ‚Vorstellung zur naturwissenschaftlichen Wissensproduktion‘ bieten dabei relevante Inhalte. Des Weiteren werden einleitende Worte aus dem Bereich der Vorstellungen zur Person des Wissenschaftlers gewählt, als auch aus den quellen von Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften.

Anfänglich trafen Höttecke und Hopf (2018) Aussagen über den Physikunterricht und vorstrukturierte Schüler*innenversuche und stellten dies kritisch dar:

> Eine weitere Quelle von Vorstellungen über die Physik kann der Physikunterricht selbst sein. In Deutschland ist er häufig um die Lehrerdemonstration eines Schulversuchs oder um stark von der Lehrkraft vorstrukturierte Schülerversuche herum organisiert. Dass Schülerinnen und Schüler eigene Forschungsfragen stellen, Experimente planen und selbstständig auswerten, ist zwar ein in Bildungsstandards und Lehrplänen formuliertes Ziel, wird aber im Physikunterricht nur selten erreicht (Höttecke & Hopf, 2018, S. 273).

Die Vorstellungen von Kindern werden durch die folgenden Aussagen von Höttecke und Hopf (2018) in Bezug auf den Erwerb von Wissen deutlich, indem sie Aspekte benannten, wovon Wissenserwerb abhängig ist und zur Stabilisierung von naturwissenschaftlichen Vorstellungen beiträgt.

> Ein Schüler oder eine Schülerin kann ja zugleich meinen, dass physikalisches Schulwissen etwas Feststehendes sei, das man beim Lernen übernehmen muss, und dass physikalisches Wissen in der professionellen Forschung zwischen Forschenden ausgehandelt und konstruiert wird. Schülervorstellungen sind auch in diesem Bereich typischerweise fragmentarisch. Welche Vorstellungen aktualisiert werden, hängt von der jeweiligen Situation und ihrem Kontext ab (7 Kap. 2). Es gibt jedoch auch Befunde, dass Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften sich über die Schullaufbahn stabilisieren und zum Teil auch zunehmend adäquat werden. (Höttecke & Hopf, 2018, S. 274)

Auch wird laut Höttecke und Hopf (2018) den Naturwissenschaftlichen und dem Beruf des Wissenschaftlers eine Funktion als Datenerfasser zugesprochen. In den nächsten zwei Zitaten von Höttecke und Hopf (2018) wurden mögliche Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen der unteren Jahrgangstufen beschrieben und verschaffen somit der Lehrkraft das Wissen, wie Kinder Wissenschaftler und Wissenserwerb betrachten.

Stereotype von typischen Naturwissenschaftlern:

> Der typische Naturwissenschaftler ist in den Augen vieler Schülerinnen und Schüler, aber auch vieler Erwachsener ein seltsamer Mensch: Der typische Naturwissenschaftler ist ein Mann in einem weißen Kittel. Er trägt einen Bart oder wirkt unrasiert und ungekämmt. Er arbeitet im Labor und ist von Instrumenten umgeben, mit denen er den ganzen Tag hantiert. Er hat kaum Freizeit und weiß nichts von der Welt außerhalb

> seiner Forschung. Er ist äußerst intelligent, aber auch geheimniskrämerisch und arbeitet mitunter an gefährlichen Dingen. Diese Vorstellungen scheinen im 2./3. Schuljahr verstärkt aufzutauchen und kommen im 4./5. Schuljahr zur vollen Entfaltung. (7 Abschn. 12.3.9). (Höttecke & Hopf, 2018, S. 274)

Nachfolgend beschreiben die Autoren die Grundlage des naturwissenschaftlichen Wissens, wie es Kinder sich vorstellen:

> Wissenschaftler sind passive Datenerfasser.
>
> Manchmal tritt ein widersprüchliches Bild vom typischen Naturwissenschaftler zu Tage. Auf der einen Seite wird er als außerordentlich intelligent und kreativ eingestuft. Im Zusammenhang mit der Frage nach der Produktion naturwissenschaftlichen Wissens wird der Wissenschaftler allerdings paradoxerweise als neutraler, passiv-aufnehmender Denker vorgestellt. Er tut nichts anderes, als eine vorstrukturierte Natur in Experimenten zu erfassen und zur Kenntnis zu nehmen (7 Kasten 13.3). Der Naturwissenschaftler wird so trotz der ihm unterstellten Intelligenz und Kreativität als eine Art neutraler Datenerfasser angesehen. Die Schülerinnen und Schüler stellen sich die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung als in der Natur vorgebildet vor. Die Natur ist ihrer Meinung nach bereits vor ihrer wissenschaftlichen Erfassung nach Gesetzmäßigkeiten organisiert, die lediglich entdeckt werden müssen und ontologisch real sind (7 Kasten 2.1). Daher ist die Vorstellung, dass Naturwissenschaftler nicht schöpferisch-gestaltend denken müssen, nur konsequent. Der von außen wahrgenommene Widerspruch zwischen den gegensätzlichen Vorstellungen des Naturwissenschaftlers als intelligent und kreativ einerseits und als passiver Naturbeobachter andererseits stellt für die Lernenden kein Problem dar. (Höttecke & Hopf, 2018, S. 275)

Die Vielzahl an Aspekten, die aufgeführt wurde, stellt zum Teil Schüler*innenvorstellungen dar, die außerhalb des Unterrichts im privaten Umfeld der Kinder entstehen und durch Einflüsse von extern verstärkt werden können. Auch Inhalte aus dem Unterricht können Schüler*innenvorstellungen entstehen lassen, die zum Erwerb von Wissen nicht förderlich sind. Im Folgenden werden zwei weiter Vorstellungen vorgestellt, die im Unterrichtsgeschehen bestärkt oder produziert werden könnten.

> Naturwissenschaftliches Wissen ist das, was an der Tafel gestanden hat. Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I verfügen bereits über Erfahrungen mit naturwissenschaftlichem Unterricht. Als unmittelbares Erfahrungsfeld prägt er die Vor-stellungen von naturwissenschaftlichem Wissen überhaupt. Zahlen, Rechnungen, Formeln und Gesetze symbolisieren in den Vorstellungen der Jugendlichen typisch naturwissen-

schaftliches Wissen. Schülerinnen und Schüler stellen sich unter naturwissenschaftlichem Wissen etwas Gesichertes, Feststehendes und zugleich in fachspezifischen Symbolsystemen Aufbewahrtes vor. Hier spiegeln sich die Erfahrungen mit der inhaltlichen und methodischen Struktur des Unterrichts, der in den Naturwissenschaften selten diskursiv ist. Was im Unterricht einmal an der Tafel gestanden hat, wird mit naturwissenschaftlichem Wissen schlechthin identifiziert. Alle Zwischenüberlegungen und Alternativen, die bedacht wurden, können nach Meinung der Lernenden ad acta gelegt werden, sobald das Ergebnis an der Tafel fixiert wurde. (Höttecke & Hopf, 2018, S. 278)

Höttecke und Hopf (2018) beschrieben außerdem, welchen Stellenwert Schulbücher für Kinder haben und was diese ihnen vermitteln könnten.

„Naturwissenschaftliches Wissen entspricht der Wirklichkeit.

Zahlreiche Studien zeigen für Schülerinnen und Schüler unterschiedlichen Alters eine starke Tendenz zu einem naiven Realismus. Naturwissenschaftliches Wissen bildet danach die Natur in gewisser Weise nach. Gesetze „stecken" also schon in der Natur, bevor sie jemand „entdeckt" oder „findet". Jugendliche sind sich dann nicht darüber im Klaren, dass naturwissenschaftliches Wissen prinzipiell vorläufig und historisch gewachsen ist. Wenn Wissen einmal in hohem Maße anerkannt und als besonders grundlegend für eine Domäne eingeschätzt wird, dann wird es in Lehrbücher aufgenommen. Lehrbücher sind in der Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler aber geradezu Schatullen verbürgten Wissens. Wenn Lernende sich Wissen als etwas Statisches und Wirklichkeit unmittelbar Abbildendes vorstellen, dann ist es nachvollziehbar, warum sie nicht verstehen, dass es wissenschaftliche Kontroversen geben kann, in denen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen fachlich argumentieren und um die Geltung von Wissen streiten." (Höttecke & Hopf, 2018, S. 278)

Die letzten beiden folgenden Zitate von Höttecke und Hopf (2018) stellen zwei Schüler*innenvorstellungen dar, die speziell für die Fragestellung und die Auswertung der Ergebnisse der vorliegenden Lernumgeben wichtig sind.

Das erste Zitat bezieht sich auf das Experimentieren selbst und welche Erwartungshaltung Kinder an das Ergebnisse dieses Prozesses haben könnten:

Experimentieren ist Ausprobieren und Herausfinden.

Jüngere Schülerinnen und Schüler stellen sich Experimentieren kaum als zielgerichtetes Handeln vor. Stattdessen vertreten sie die Vorstellung, Experimentieren bedeute,

> etwas herauszufinden, etwas auszuprobieren, zu erfinden oder Entdeckungen zu machen. Sie sind oft nicht in der Lage, die Relationen zwischen Hypothesen, Experimenten und Daten adäquat zu benennen. Sie haben auch noch keine Vorstellung davon, wieso es sinnvoll ist, Messungen oder Experimente mehrfach durchzuführen. Materialien werden unsystematisch ausgewechselt und eine kritische Überprüfung der Arbeitsprozeduren unterbleibt. Auch bei dieser Schülervorstellung zeigen Forschungsergebnisse eine Entwicklung zu angemesseneren Vorstellungen im Laufe der Schulzeit. Ein adäquater Zusammenhang zwischen Theorie und Experiment wird aber selbst von 16-Jährigen kaum benannt. (Höttecke & Hopf, 2018, S. 279)

In Bezug auf diese Arbeit scheint die folgende Schüler*innenvorstellung am bedeutendsten zu sein. Diese beschreibt die Vorstellung, dass jede Messung einen wahren Wert hat. Sie wird hier vorgestellt und im Auswertungsbereich im Zusammenspiel mit dem Point- und Set- Paradigma in Verbindung gesetzt.

> Eine einzelne Messung gibt einen wahren Wert."
>
> Die Vorstellungen vom Experiment umfassen auch Vorstellungen vom Messen und der Rolle von Messwerten. Es zeigt sich eine Spannbreite von Vorstellungen von der naiven Vorstellung, der Messprozess sei prinzipiell völlig unproblematisch und ein einziger Messwert könne im Prinzip bereits ein wahres und „richtiges" Ergebnis hervorbringen (Point-Verständnis), bis zu einem statistischen Verständnis vom Messprozess und von Messdaten (Set-Verständnis). Zwar kann man davon ausgehen, dass mit zunehmendem Alter der Schülerinnen und Schüler ihr Verständnis vom Messprozess und von Messdaten zunehmend elaboriert ist, aber es wissen z. B. nur wenige Jugendliche, dass die Qualität eines Mittelwerts von der Streubreite der Daten abhängt. Im Laufe der Schulzeit scheint sich das ein wenig zu verbessern. Allerdings bleiben selbst Physikstudierende, zumindest wenn sie noch ganz am Anfang ihres Studiums stehen, einem Point-Verständnis von Messwerten verhaftet. Dabei konnten Zusammenhänge zwischen der Vorstellung vom Messwert im Sinne des Point-Verständnisses und der generellen Vorstellung festgestellt werden, dass es in der Natur feststehende Gesetze gebe, die man nur „entdecken" müsse. Nach dieser Vorstellung repräsentieren einzelne Messwerte gleichsam wahre Werte, mit deren Hilfe man eine in der Natur verborgene Wahrheit aufdecken kann. Der Wahrheitswert einzelner Messungen wird dann deutlich überschätzt. Eine Quelle von Missverständnissen ist der Begriff „Messfehler". Schülerinnen und Schüler verbinden damit falsch oder zumindest unvollkommen gewonnene Messwerte. (Höttecke & Hopf, 2018, S. 279)

Höttecke und Hopf (2018) stellten dar, welche Schüler*innenvorstellungen vorhanden sein könnten. Diese dienten als Voraussetzung zur didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997) und stellen somit für das Entwickeln von Lernumgebung im naturwissenschaftlichen Unterricht und dem Aufarbeiten von naturwissenschaftlichen Inhalten eine Schlüsselfunktion dar. Aufgeführt wurden nur wenige Schüler*innenvorstellungen, die bei der Auswertung durch selbst erhobene Vorstellungen ergänzt oder belegt werden. Die Begründung des Erhebens von Schüler*innenvorstellungen gaben Höttecke und Hopf (2018), sodass diese mit den Ideen Klafkis in Bezug auf den Sachunterricht gesetzt werden können. Ein aussagekräftiges Zitat zur Darstellung der Relevanz des Wissenserwerbs schließt den Beitrag ab:

> Wir leben in einer von Naturwissenschaften und Technik bestimmten Welt. Dies betrifft keineswegs nur die naturwissenschaftlichen und technischen Erkenntnisbestände, d. h. das produzierte Wissen, sondern ebenso die Art und Weise, wie wir auch jenseits von Naturwissenschaften und Technik über die Welt denken. Wir stellen uns z. B. heute nicht mehr vor, dass die Erde im Zentrum des Universums steht, und gehen auch nicht mehr davon aus, dass Dürreperioden und andere Naturkatastrophen göttliche Strafen sind. Auch wenn ein Mensch sich den Naturwissenschaften in keiner Weise verbunden fühlt, ist er in seinem Welterleben doch von ihnen bestimmt. Ebenso orientieren wir uns heute an typischen naturwissenschaftlichen Denkfiguren wie dem Denken in Kausalbeziehungen. Die Natur der Naturwissenschaften beeinflusst viele Lebensbereiche. Wissen über die Natur der Naturwissenschaften (im angelsächsischen Sprachraum nature of science) soll dazu beitragen, unser Welterleben plausibel zu machen. Naturwissenschaft und Technik beeinflussen das persönliche, gesellschaftliche und politische Leben in erheblichem Maße und manchmal sogar sehr unmittelbar. Entscheidungen, die in diesen Bereichen getroffen werden, haben oft naturwissenschaftlich-technische Voraussetzungen und Implikationen. Da ein Ziel von Schule und auch des Physikunterrichts darin besteht, an gesellschaftlichen und politischen Entscheidungsprozessen teilhaben zu können, bedarf es des Wissens über die Natur der Naturwissenschaften, damit naturwissenschaftsbezogene Argumente adäquat nachvollzogen, eingeschätzt oder sogar selbstständig generiert werden können. Dies ist eine Grundlage jedes produktiven Dialogs zwischen Laien und Experten. (Höttecke & Hopf, 2018, S. 273)

Jedoch soll nun dargelegt werden, welchen Sinn es hat, Schüler*innenvorstellungen oder auch Schüler*innenperspektiven für den Unterricht zu erheben und welche Relevanz diese für die Unterrichtsplanung und den Lernprozess für Schüler*innen haben. In diesem Rahmen beschrieb Kattmann et al. (1997) in seiner didaktischen Rekonstruktion, welchen Schwerpunkt

Schüler*innenperspektiven haben und in welchem Zusammenspiel sie zur Unterrichtsplanung genutzt werden.

Das Modell der didaktischen Rekonstruktion nach (Kattmann et al., 1997) besteht aus drei Teilen. Diese wurden ‚didaktische Strukturierung', ‚fachliche Klärung' und ‚Erfassen von Schülerperspektiven' benannt.

beschrieben die Idee und den Nutzen der didaktischen Rekonstruktion wie folgt:

> Die Didaktische Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) ist ein bereits erprobtes neues Paradigma für fachdidaktische Forschung und Unterrichtsentwicklung, in dem das Didaktische Dreieck mitgedacht, aber ein anderer Blickwinkel, nämlich der des Lernens und Lehrens, eingenommen wird. Epistemologisch basiert sie auf einer konstruktivistischen Position. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion, im Folgenden MDR genannt, sind entsprechend die Anschauungen und inneren Tätigkeiten der Lernenden im jeweiligen Sachbereich zentral. Es wird keine gültige «Sachstruktur» postuliert. Lernen wird nicht als Ersetzen der vorunterrichtlichen Vorstellungen durch wissenschaftliche Vorstellungen verstanden, sondern als Conceptual Reconstruction im Sinne von Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der vorunterrichtlichen Vorstellungen, bei deren Veränderung die Lernenden eine aktive Rolle spielen. (Reinfried et al., 2009, S. 405)

Somit kann die didaktische Rekonstruktion die Erarbeitung an einem Unterrichtsgegenstand strukturieren und mit den Vorstellungen der Kinder verknüpfen. Des Weiteren führt diese Arbeit zu einer tiefen Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand durch die Lehrkraft selbst.

Im Folgenden wird laut (Reinfried et al., 2009) ersichtlich, welchen Sinn die Arbeit mit Vorstellungen und Perspektiven hat und welchen Bezug diese zum Lehrgegenstand selbst hat.

> Plant eine Lehrperson Unterricht zu einem bestimmten Thema, ohne die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zur in Rede stehenden Sache zu kennen, so läuft sie Gefahr, dass die intendierten Lernprozesse weit hinter den Erwartungen zurückbleiben, auch wenn sie sinnvolle Lernziele formuliert, geeignete Methoden und Medien und motivationale Aspekte berücksichtigt hat. Wenn die von der Lehrperson vorgegebene Sachstruktur die Funktionen und Beschränkungen der Schülerperspektiven nicht mit berücksichtigt, wenn der Lernweg von den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien nicht effektiv zu beschreiten ist, kann keine Vorstellungsänderung erfolgen […]. (Reinfried et al., 2009, S. 406)

Daher ist das Erheben der Schüler*innenvorstellungen zu dem Thema 'Wie Kinder Daten erheben‘ ein erster Schritt, sich dem Thema in der Primastufe anzunähern. Dies bittet schlussendlich zur Weiterarbeit mit Hilfe der später erhobenen Daten die Möglichkeit zur weiteren Aufarbeitung des Themas Daten in der Primarstufe.

Auch weitere Didaktiker beschrieben Schüler*innenvorstellungen als Möglichkeit der Anschlussfähigkeit. Wenn Schüler*innenvorstellungen unabhängig von den Schüler*innen erhoben werden, ergeben sich die folgenden Aspekte, die Kahlert et al. (2022) wie folgt beschrieben:

> Sobald Lehrerinnen und Lehrer oder andere an Sachunterricht Interessierte darüber nachdenken, welche Art Erfahrungen Kinder überhaupt machen und wie deren Lebenswelten beschaffen sind, beginnen sie, die Lebenswelten anderer begrifflich zu strukturieren. Sie nehmen dabei die Rolle eines Beobachters von Lebenswelten ein. Als Folge des didaktisch motivierten Interesses an der Lebenswelt von Kindern rückt man von den unmittelbaren Lebenswelterfahrungen der Kinder ab. Unsere Beschreibungen der Lebenswelterfahrung sind nicht die Lebenswelterfahrungen der Kinder. (Kahlert et al., 2022, S. 224)

Um dieses Wissen zu nutzen, wird an dieser Stelle die Beschreibung zur Auseinandersetzung zwischen der Welt und sich selbst von Kahlert als bedeutsamer Aspekt der Schüler*innenvorstellungen dargestellt.

> Um den besonderen Beitrag von Sachunterricht für das Erschließen von Umweltbeziehungen erfassen zu können, wurde zunächst das Wechselverhältnis zwischen Mensch und Umwelt näher betrachtet. Damit Menschen in ihrer Umwelt überlebensfähig werden und bleiben, benötigen sie hinreichend angemessene Vorstellungen über die Umwelt. Diese werden in einem Zusammenspiel aus selektierender und bereits interpretierender Wahrnehmung, Aktivität, Anpassung bisheriger Interpretationen (Lernen), Erweiterung der Handlungsmöglichkeiten (Können), Aufbau neuer Vorstellungen usw. erworben. (Kahlert et al., 2022, S. 152)

Das Point- und Set-Paradigma

Im Zusammenhang mit der Vorstellung von Schülern und Schülerinnen zum ‚wahren‘ Wert, wird nun auf das Point- und Set-Paradigma eingegangen. Von Lubben, Campbell, Buffler und Allie (2001) wurden neun Entwicklungsstufen formuliert, die von der Ansicht eines ‚wahren‘ Wertes ausgehen. Diese neun Entwicklungsstufen bewegen sich zwischen den zwei übergreifenden Paradigmen ‚point‘ und ‚set‘ (Buffler et al., 2001; Hellwig, 2012). Das Point-Paradigma zeichnet sich durch die Vorstellung der Schüler*innen aus, dass ein vermeintlich ‚wahrer‘ Wert

durch eine einzige Messung direkt bestimmt werden kann (Hellwig, 2012). Diese Ansicht soll sich durch wissenschaftliche Bearbeitungen hin zum Set-Paradigma entwickeln. Im Folgenden werden beide Paradigmen genauer beleuchtet.

Das Point-Paradigma

Messergebnisse, die Schüler*innen nur punktförmig betrachten können, werden in dem Point-Paradigma beschrieben.

> The point paradigm is characterized by the notion that each measurement could in principle be the true value. As a consequence each measurement is independent of the others and the individual measurements are not combined in anyway. It also follows that a measurement is perceived as leading to a single, 'point-like' value rather than establishing an interval. In its most extreme form, this way of thinking manifests itself in the belief that only one single measurement is required to establish the true value. If a series of measurements is taken, subsequent decisions are based on the individual data points only, such as for example, the selection of a recurring value in a data set or a one-to-one comparison of data values between different data-sets. (Buffler et al., 2001, S. 1139)

In dieser Beschreibung werden die wichtigsten Ansichten dieses Paradigmas deutlich. Die Schüler*innen betrachten gewonnene Werte unabhängig voneinander und gehen davon aus, dass eine einzige Messung einen ‚wahren' Wert ergibt. Dieser ‚wahre' Wert bzw. das Ergebnis von wiederholten Messungen wird von den Schülern und Schülerinnen zumeist als Wert bestimmt, der beispielsweise als erstes aufgenommen wurde oder am häufigsten vorkommt. Die gewonnen Messergebnisse werden nach dem Point-Paradigma demnach punktförmig betrachtet und die Betrachtung von Messunsicherheiten findet nicht statt (Hellwig, 2012). Der Vergleich der Daten in diesem Paradigma erfolgt Punkt für Punkt oder über den Vergleich des Mittelwertes (Kok, 2022).

Das Set-Paradigma

Beim Set-Paradigma werden hingegen alle Messwerte einer Messreihe betrachtet, die folglich das Messergebnis abbilden.

Buffler et al. (2001) definierten das Set-Paradigma folgendermaßen:

> The set paradigm is characterized by the notion that each measurement is only an approximation to the true value and that the deviation from the true value is random. As a consequence, a number of measurements are required to form a distribution that clusters around some particular value. The best information regarding the true value is

> obtained by combining the measurements using theoretical constructs in order to describe the data collectively. (Buffler et al., 2001, S. 1139)

Demnach zeichnet sich das Set-Paradigma dadurch aus, dass eine Messung immer nur eine Annäherung an ein vermeintlichen ‚wahren' Wert ist. Diese Vorstellung gilt es mit den Schülern und Schülerinnen zu erreichen. Buffler et al. (2001) beschrieben, wie man sich mit Hilfe von theoretischen Konstrukten einem ‚wahren' Wert annähern kann. Dazu benannten sie mathematische Verfahren wie die Berechnung des Mittelwertes oder der Standardabweichung. Da die Berechnung der Standardabweichung jedoch ein mathematisch komplexes Verfahren ist, eignet sie sich nicht für Berechnungen in der Grundschule. (Dieser Aspekt wird in der vorliegenden Arbeit im Kapitel 2.5.3 weiter thematisiert.) Die Bestimmung des Mittelwertes ist für die Grundschule passender und wird auch in dieser Arbeit im Kapitel 2.5.3 näher beschrieben. Diese beiden Berechnungen beschrieben Buffler et al. (2001) als Möglichkeit zum Vergleich von Datensätzen oder zum Abgleich mit der Theorie (Buffler et al., 2001). Bei dem Set-Paradigma wird davon ausgegangen, dass eine Streuung von Messwerten durch präzise Messinstrumente und präzises Vorgehen bei Experimenten reduziert werden kann, jedoch nie auf null zurückgehen kann (Buffler et al., 2001), denn Messunsicherheiten stellen nach wie vor ein Qualitätsmerkmal von Daten dar (Buffler et al., 2001).

2.5.2 Unterrichtliche Herausforderungen – Julia Paul

Holz und Heinicke (2020) beschrieben in ihrem Schriftstück „Tipps für Lehrkräfte den Umgang mit unsichereren Daten" die Herangehensweise für Lehrkräfte, um mit den Schülern und Schülerinnen in den Austausch zu gehen. Es werden Probleme aufgegriffen, die sich als Herausforderungen für die Lehrkraft als auch für die Schüler*innen darstellen könnten. Im Rahmen des Unterrichts stellen sich beim Erarbeiten eines Experiments Ungleichheiten der Ergebnisse der Schüler*innen ein. Diese Varianten an unterschiedlichen Ergebnissen der Messungen und Ergebnisse eines Experimentes sind zu erwarten und Messunsicherheiten unvermeidbar. Allerdings scheint der spontane Umgang damit herausfordernd zu sein. Dafür formulierten Holz und Heinicke (2020) die folgenden Worte: Einerseits ist „Physik […] das, was nie gelingt." (Holz & Heinicke, 2020, S. 39) und andererseits „[begegnen uns im Physikunterricht regelmäßig] Situationen, in der experimentelle Werte nicht mit den theoretischen Erwartungen übereinstimmen" (Holz & Heinicke, 2020, S. 39). Um diesen Besonderheiten zu begegnen, sollte das Lernziel wie auch von Holz und Heinicke (2020) dargestellt im Fokus dieses Dilemmas stehen und draus resultierend die Methode erdacht werden.

Holz und Heinicke (2020) gaben jedoch zu bedenken:

> Fachmethodisch ist der Umgang mit solchen Daten relativ klar (s. z. B. [31): Wir schätzen die Unsicherheit der Messung ab und können anhand dessen die Ergebnisse bewerten. Das aber lässt sich im Physikunterricht nicht in jeder Klassenstufe, bei jeder Messung oder in jeder Stunde – und dann auch noch spontan - umsetzen. (Holz & Heinicke, 2020, S. 39)

Holz und Heinicke (2020) gaben an, dass unsichere Daten an verschiedenen Schritten des Unterrichtsverlaufs zum Thema gemacht werden können, jedoch richtet sich dies nach der Sache selbst. Eine Unterscheidung erfolgt durch die Zielsetzung. Holz und Heinicke (2020) unterschieden zwischen Fachinhalt, in Form von fachlichem Inhalt, der im Vordergrund steht, und Fachmethode. Die folgende Abbildung zeigt dies im Detail.

Ziel Fachinhalt: fachlicher Inhalt steht im Vordergrund		**Ziel Fachmethode:** Fachmethoden und der Umgang mit Daten stehen im Vordergrund
Widerstände so wählen, dass die Spannungen ohne Probleme (und mit grobem Messbereich) gemessen werden können. Kleinere Abweichungen fallen so nicht ins Gewicht und müssen nicht diskutiert werden. Die Unterrichtszeit kann auf die Protokollierung des Experimentes und auf die Inhalte verwendet werden. Widerstände: 100 Ω, 150 Ω und 200 Ω. Damit teilen sich die 4,5 V der Batterie auf 1 V, 1,5 V und 2 V auf, was die Abschätzung leichter macht.	**Planung** Vorbereitung des Experimentes – Auswahl der Widerstände	Widerstände in unterschiedlichen Größenordnungen wählen, sodass die Spannungen teilweise an die Grenzen der Messbereiche stoßen. Dabei – vor allem, wenn der Messbereich geändert wird – treten voraussichtlich Abweichungen zwischen den Messdaten auf und bieten eine Diskussionsgrundlage über den Umgang mit Daten. Widerstände: 1 Ω, 10 Ω, 100 Ω. Die Verhältnisse der erwarteten Spannungen lassen sich so immer noch gut einschätzen, sodass evtl. große Fehler gut erkennbar sind, außerdem vereinfachen die vergleichbaren Werte die spätere Diskussion.
Wiederholung der fachlichen Inhalte, Stundenziel I = konst wird zu Beginn explizit genannt. Alternativen Interpretationen der Daten wird vorgebeugt. Messgeräte werden auf groben Messbereich eingestellt, sodass eventuelle kleine Schwankungen vermieden werden.	**Einführung** Einführung von Ziel und zugehörigem Experiment der Stunde	Nennen des fachinhaltlichen Ziels vorab: Interpretation der Daten wird gelenkt, aber Ziel ist unrealistisch präzise zu erreichen. Zur Interpretation sind Bewertung und Fachmethoden nötig. Messgeräte und Messprozess werden kurz besprochen, um einen Grundstein zu legen, die Messwerte später zu bewerten.
Wenn wider Erwartung doch schwankende Werte auftreten, können die Werte entsprechend gerundet oder gemittelt werden.	**Aufnahme der Messwerte** Messung der Spannungswerte über den Widerständen	Treten Abweichungen erwartungsgemäß auf, wird es entsprechend notiert (beispielsweise als Intervalle bei schwankenden Werten), um Hinweise für die Diskussion zu sammeln.
Die Daten werden im Sinne der anfangs aufgestellten Regel I = konst interpretiert. Durch die Vorauswahl der Widerstände sollten wenig Distraktionen auftauchen. Die Zeit kann zur Diskussion von Verständnisproblemen verwendet werden.	**Interpretation der Daten** Ausrechnen der Stromstärken und gemeinsames Interpretieren der Daten	Bei der Interpretation der Daten liegt der Schwerpunkt auf der Frage, inwiefern die Daten die aufgestellte Regel I = konst stützen. Es gibt Gelegenheit, um über die Aussagekraft von Daten zu diskutieren.

Abbildung 9: Zielsetzung aus Holz & Heinicke, 2020, S. 20

Im Folgenden sollen drei Hilfen zum Umgang mit Messunsicherheiten beleuchtet werden, die durch eine Studie mit Lehrkräften erarbeitet wurden. Zusätzlich wird auch eine Übersicht für Planungs- und Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt (Holz/Heinicke, 2020, S. 39). In der nachstehenden Tabelle sind die wichtigsten Aspekte aufgegliedert, die beim Umgang mit Messunsicherheiten im Unterrichtsgeschehen, mitgedacht und zuvor durchdacht werden können.

UNTERRICHT 1

Drei Hilfen beim Umgang mit unsicheren Messdaten

- **Vorbereiten:** Eine gute Vorbereitung ist Gold wert. Das klingt zwar wie eine Binsenweisheit, doch gerade in Bezug auf die experimentellen Daten kann man schon vorab einiges tun: abschätzen, was theoretisch zu erwarten ist, überlegen, welche Ursachen es für Abweichungen geben könnte, kritisch reflektieren, ob das Material gut ausgewählt ist.
- **Es gibt viele Möglichkeiten:** Eine spontane Reaktion zum Zeitpunkt des Auftretens von abweichenden Daten geben zu müssen ist oft nicht optimal. Betrachtet man die Gesamtheit experimenteller Handlungen innerhalb einer Einheit, gibt es viel mehr Zeitpunkte, an denen man sinnvoll aktiv werden, mit den Schülerinnen und Schülern ins Gespräch kommen und damit bspw. unerwünschten Effekten vorbeugen kann.
- **Wähle ein Ziel:** Welche Ziele und wann ein aktives Aufgreifen der Thematik „unsichere Messdaten" sinnvoll ist, lässt sich am besten am Lernziel festmachen. Es lässt sich kaum entscheiden, ob eine der hier zitierten Reaktionen „falsch" war – je nach Lernziel ist eine bestimmte Aussage über den Umgang mit unsicheren Daten jedoch mehr oder weniger adäquat und hilfreich.

Abbildung 10: Hilfen zum Umgang mit unsicheren Daten aus Holz & Heinicke, 2020, S. 20

Abschließend sollen Stolpersteine, Chancen und Vorteile zum Umgang mit Messunsicherheiten als Textauszüge dargestellt werden und den Übergang zu Schüler*vorstellungen bilden, die im Rahmen der Erarbeitung in Erfahrung gebracht wurden.

Unter den folgenden Begrifflichkeiten kategorisierten Holz und Heinicke (2020) die häufigsten Reaktionen im Umgang mit Messunsicherheiten von Lehrer*innenseite und stellten Stolpersteine, Chancen und Vorteile dar. Daraus folgend werden Schüler*innenvorstellungen zum Gesamtbild der Herausforderung im Unterricht dargestellt. Holz und Heinicke (2020) nannten fünf häufig beobachtete Handlungen von Lehrkräften auf Messunsicherheiten im Unterricht.

Um den Unterricht auf den Lerngegenstand auszurichten, ist es entscheidend, die Aspekte des Begegnens von Messunsicherheiten zuvor zu durchdenken und das Handeln zu überdenken. Da dieser Arbeit das Erproben einer Lernumgebung vorausging, ist es zur Reflexion dieser unabdingbar, auch das Handeln der Studentinnen in den Blick zu nehmen und daraufhin kritisch auf die Lernumgebung und den Ausgang der Erhebung zu blicken. Im Verlauf der Reflexion wird diese Erkenntnis Aufschluss geben, wie eine mögliche Anpassung und Gestaltung die Ergebnisse in einer weiteren Erprobung beeinflussen könnten.

2.5.2.1 Stolpersteine, Chancen und Vorteile zum Umgang mit Messunsicherheiten – Julia Paul

Als erstes wird der Bruch beschrieben, der wie folgt definiert wird:

„Als Reaktion auf einen unpassenden Ergebniswert werden alle drei Werte erst einmal zugunsten des Merksatzes beiseitegelegt. Oftmals erfolgt dies in Kombination mit einer sehr kurzen Rechtfertigung.“ (Holz & Heinicke, 2020, S. 40).

Als Stolpersteine gaben Holz und Heinicke (2020) die folgenden an:

- „Das Problem des unpassenden Wertes ist nicht abgeschlossen“.

- „Das Ergebnis kann nicht nachvollzogen werden und unglaubwürdig wirken.“

- „Die Reaktion läuft Gefahr, das Experiment aus Sicht der Lernenden zu entwerten“

(Holz & Heinicke, 2020, S. 40–41)

Als Vorteile und Chancen benannten Holz und Heinicke (2020), dass der Fokus auf dem fachlichen Inhalt bleibt und die Unterrichtszeit angemessen auf dem Merksatz ausgerichtet ist und dass die Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis Diskussionsstoff zum Thema Nature of Science bietet.

Eine weitere beobachtete Handlung war das Rechtfertigen der Lehrkräfte, die wie folgt beschrieben wurde. „Es wird auf theoretische Einflussfaktoren wie Kabelwiderstände oder auf die generelle Existenz von Messunsicherheiten verwiesen, um die Abweichung zu begründen.“ (Holz & Heinicke, 2020, S. 41). In dieser Situation bezeichneten Holz und Heinicke (2020) die Stolpersteine darin, dass eine Erklärung innerhalb der Situation oft nicht leicht sei und wenn ein einfaches Benennen der Sache ohne Begründung stattfindet, Schüler*innen die Aussage als Ausrede empfinden könnten (Holz & Heinicke, 2020). Als Vorteile oder Chance benannten sie jedoch die Idee einer fachmethodisch adäquaten Auseinandersetzung mit dem Thema der Messunsicherheiten und stellten die Rechtfertigung als Erweiterung des Bruchs dar, jedoch mit der Gegenüberstellung von ideal und real (Holz & Heinicke, 2020).

Als Spiegel bezeichneten Holz und Heinicke (2020) eine weitere Handlung von Lehrkräften. Dies definierten sie wie folgt: „Das entstandene Problem wird zurück an die Klasse gespiegelt: Was sind Gründe für die Abweichung?“ (Holz & Heinicke, 2020, S. 41)

Als Stolpersteine wurden die folgenden Aspekte geäußert:

Laut Holz und Heinicke (2020) wird durch diese Handlung das Problem anerkannt, jedoch nicht gelöst und sie beschrieben weiter, dass die Schüler*innen mit der unvorbereiteten Anforderung überfordert sein könnten.

Als Chancen sahen Holz und Heinicke (2020) jedoch, dass dadurch Zeit für eigene Denkprozesse entsteht und mit den Kindern gemeinsam ein Problemlöseprozess in Gang gesetzt werden kann.

Eine weitere beobachtbare Handlung bezeichneten Holz und Heinicke (2020) als Vertuschen. Beschrieben wurde dies wie folgt: „Es wird (teilweise bereits im Verlauf der Einheit) dafür gesorgt, dass die abweichenden Werte nicht mehr als solche sichtbar sind. Beispielsweise durch Runden auf die zweite Nachkommastelle, werden die aufgeschriebenen Werte für berechnete Stromstärke "gleich"." (Holz & Heinicke, 2020, S. 41).

Als Nachteil des Vertuschens sahen Holz und Heinicke (2020), dass zum Beispiel durch das Runden Messwerte verändert werden, was zu einer verstärkten oder verminderten Abweichung führen kann (Holz & Heinicke, 2020). Des Weiteren werden genau bestimmte Werte verschlechtert und an ungenauere Werte angepasst (Holz & Heinicke, 2020). Als Vorteile dieser Strategie sahen Holz und Heinicke (2020) eine didaktische Notwendigkeit bei der Angleichung von Werten mit starker Abweichung, um Verwirrung zu vermeiden und nah am fachlichen Inhalt zu arbeiten.

Als letzte beobachtbare Handlung beschrieben Holz und Heinicke (2020) das Untersuchen: „Die unpassenden Werte werden näher untersucht: Es wird versucht, Einflussfaktoren zu eliminieren oder Messungen zu wiederholen“ (Holz/Heinicke 2020, S. 41).

Als Stolpersteine dieser Vorgehensweise machten Holz und Heinicke (2020) deutlich, dass das Untersuchen der Thematik viel Zeit in Anspruch nehme und Wissen voraussetze (Holz & Heinicke, 2020). Somit benötigt es laut Holz und Heinicke (2020) eine gewisse Erfahrung mit den entsprechenden Geräten und Daten.

Als Vorteile wurden von Holz und Heinicke (2020) die folgenden Aspekte aufgeführt: Zum einen sahen Holz und Heinicke (2020) eine Chance zum inhaltlichen Lernen und zum anderen einen Vorteil für das methodische Lernen.

Die Art des Vorgehens richtet sich jedoch weiterhin nach der Fokussierung der Stundeninhalte und liegt im Ermessen der Lehrkraft. Entscheidend ist jedoch, mit welchen Voraussetzungen Schüler*innen in die Schule in die jeweilige Fachstunde kommen.

Im Rahmen des Lehr- und Lernforschungsprojektes und der Erprobung der weiter unten aufgeführten Lernumgebung wurden Schüler*innenvorstellungen erhoben und dargelegt.

2.5.3 Möglichkeiten zum Umgang mit Messunsicherheiten im Unterricht – Pauline Berend

Die aktuelle Forschung ist sich einig, dass es bei jeglichen Messungen niemals einen einzigen ‚wahren' Wert geben kann (Hellwig & Heinicke, 2020; Nagel, 2021). Auch im GUM-Leitfaden „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (kurz: GUM) wird beschrieben, dass es nie einen ‚wahren' oder ‚richtigen' Wert geben kann (Joint Committee for Guides in Metrology [JCGM], 2008). Holz und Heinicke (2020) schrieben, dass Messergebnisse aus Experimenten nicht vollständig den theoretischen Annahmen entsprechen könnten. Wäre dies so, dann sollte es einen Anlass zur Skepsis geben. Unsichere Daten geben Schülern und Schülerinnen im Unterricht die „Möglichkeit, den Umgang mit experimentellen Daten zu erlernen" (Holz & Heinicke, 2020, S. 43). Ein Messergebnis ist demnach auch nicht als konkreter Zahlenwert zu verstehen, sondern bewegt sich in einem Bereich von möglichen Ergebnissen (Hellwig & Heinicke, 2020).

Wie in diesen Ausführungen deutlich wird, ist der Umgang mit Messunsicherheiten auch im naturwissenschaftlichen Unterricht unumgänglich. Kok und Priemer (2023) betonten in einer Veröffentlichung, wie wichtig auch die Messunsicherheit für ein Messergebnis ist und stellen verschiedene Möglichkeiten vor, wie mit Messunsicherheiten im Unterricht umgegangen werden kann.

„Studien haben gezeigt, dass Schüler/innen Schwierigkeiten mit den Konzepten der Messunsicherheiten haben" (Kok & Priemer, 2023, S. 331). Aus diesen Studien ging hervor, dass Schüler*innen bei der Interpretation von entstandenen Messunsicherheiten einige Probleme aufwiesen. Probleme zeigten sich unter anderem bei den Berechnungen der Unsicherheit (Kok & Priemer, 2023), beispielsweise können Rechnungen zur Standardabweichung für Schüler*innen sehr komplex sein, obwohl dies der wissenschaftliche Standard ist (Kok & Priemer, 2023). In der schulischen Praxis werden für diese Rechnungen oft (Online-)Rechner verwendet, sodass Schüler*innen dabei die mathematischen Hintergründe nicht kennen müssen und das Verständnis von Messunsicherheiten wachsen kann (Kok & Priemer, 2023). Experimente in Schulen können immer verschiedene Ziele haben. So sollen beispielsweise Daten aus Experimenten quantitativ genutzt und miteinander verglichen werden, wodurch die Betrachtung von Messunsicherheiten unumgänglich ist. Folglich wird „ein Messergebnis häufig als Bestwert (meistens das arithmetische Mittel) plus-minus einer Unsicherheit" (Kok & Priemer, 2023, S. 331) dargestellt. Solch eine Darstellung „ist unabhängig von dem gewählten Bestwert sowie dem Maß, das zur Bestimmung der Unsicherheit verwendet wurde" (Kok & Priemer, 2023, S. 331). Im Folgenden sollen vier alternative Quantifizierungen von Messunsicherheiten knapp vorgestellt werden, die zunächst in der Komplexität reduziert wurden und

dann Möglichkeiten zur Erhöhung der Komplexität geben. Ziel dieser Quantifizierungen ist es, ein Verständnis für Messunsicherheiten bei den Schülern und Schülerinnen zu schaffen.

Maximalabstand

Die zunächst einfachste Quantifizierung der Streuung in einer Messreihe ist der Maximalabstand (Kok & Priemer, 2023). Ausgehend von einem Datensatz bestehend aus mehreren Messwerten lässt sich ein Mittelwert berechnen. Der Maximalabstand ist daraus folgend der Abstand zwischen dem Mittelwert und demjenigen Wert, der am weitesten vom Mittelwert entfernt liegt. Da die Berechnung des Mittelwerts und die Bestimmung des Abstands mathematisch nicht sehr anspruchsvoll ist, kann diese Quantifizierung im Unterricht früh eingeführt werden (Kok & Priemer, 2023). Jedoch gaben Kok und Priemer (2023) zu bedenken, dass die statistische Qualität dieser Quantifizierung nicht aussagekräftig genug sei. Bei dieser Quantifizierung könne es schnell zu einer Überschätzung der Unsicherheit kommen (Kok & Priemer, 2023). Zusätzlich sei diese Quantifizierung auch empfindlich für Ausreißerwerte. Die Aussagekraft des Messergebnisses mit dem verbundenen Unsicherheitsmaß kann daher sehr schwach ausfallen.

Ausschließen von Extremwerten

Bei jeder Messung treten Ausreißer innerhalb einer Datenreihe auf. Mitunter ist es schwer die Ursachen dafür nachzuvollziehen, um diese Werte basierend auf einer guten Grundlage aus der Datenreihe auszuschließen (Kok & Priemer, 2023). Bleiben Extremwerte im Datensatz enthalten, haben sie bei einer großen Stichprobe keine große Auswirkung auf den Mittelwert. Auch der Einfluss auf die Unsicherheit ist bei einem großen Datensatz als gering einzuschätzen (Kok & Priemer, 2023). Nichtsdestotrotz haben Extremwerte einen großen Einfluss auf den Maximalabstand. Im naturwissenschaftlichen Unterricht können Extremwerte und deren Einfluss auf den Maximalabstand zusammen mit den Schülern und Schülerinnen diskutiert werden (Kok & Priemer, 2023). So können gemeinsam Gründe für Extremwerte gefunden werden. Kok und Priemer (2023) schlugen vor, dass basierend auf einer gemeinsamen Entscheidung beispielsweise der kleinste und der größte Wert aus der Datenreihe entfernt werden könnten und mit einem veränderten Datensatz und dem Maximalabstand eine Unsicherheit bestimmt werden kann. Kok und Priemer (2023) gaben an, dass laut ihrer Forschung bei dieser Quantifizierung bei acht wiederholten Messungen ähnliche Ergebnisse wie bei der Standardabweichung erreicht werden konnten.

Mittlere 50%

Einige Experimente benötigen eine mehrfache Durchführung, wodurch auch eine größere Datenreihe entsteht, die das Risiko für mehrere Extremwerte steigert. Mitunter kann es nicht

mehr ausreichen, nur zwei Extremwerte auszuschließen (Kok & Priemer, 2023). Mit den Schülern und Schülerinnen müsste diskutiert werden, wie Extremwerte, unabhängig von der Anzahl der Wiederholungen des Experiments, ausgeschlossen werden können. Kok und Priemer (2023) schlugen vor, sich die mittlere Hälfte der Messungen anzuschauen. „Extremwerte-Paare (jeweils ein Maximal- und ein Minimalwert) werden schrittweise ausgeschlossen, bis mindestens die Hälfte der Messwerte übrigbleibt“ (Kok & Priemer, 2023, S. 332). Im Anschluss an diese Betrachtungen kann auch mit einem bearbeiteten Datensatz der Maximalabstand berechnet werden (Kok & Priemer, 2023). Um sich der Standardabweichung zu nähern, kann der Prozentsatz der zu betrachtenden Daten auch auf beispielsweise 68 % erhöht werden (Kok & Priemer, 2023). Eine Anpassung dieses Prozentsatzes führt jedoch nur zu minimal besseren Ergebnissen (Kok & Priemer, 2023).

Mittlere absolute Abweichung

Eine Betrachtung der vorher beschriebenen mittleren 50 % kann bei Schülern und Schülerinnen zu Unzufriedenheit führen. Sie könnten sich fragen, warum nicht von Beginn an weniger Messwerte betrachtet wurden oder die Messungen mit mehr Achtsamkeit durchgeführt worden sind, anstatt dann nur die Hälfte der Werte zu betrachten (Kok & Priemer, 2023). Die „mittlere absolute Abweichung (engl. Mean Absolute Deviation, kurz MAD) […] berechnet sich aus dem Mittelwert aller Absolutwerte der Abweichungen von Messwert zu Mittelwert“ (Kok & Priemer, 2023, S. 332). Das Konzept der mittleren absoluten Abweichung beruht auf dem Mittelwert und dem Abstand zweier Werte und ist daher für die Schüler*innen leicht zu verstehen. Im Unterricht können sich die Schüler*innen die Frage stellen: „wie stark weichen meine Messwerte im Durchschnitt von meinem Mittelwert ab?“ (Kok & Priemer, 2023, S. 332).

Standardabweichung

Nachdem sich die Schüler*innen über die oben beschriebenen Quantifizierungen ein Verständnis erarbeitet haben, kann im letzten Schritt die Verteilung der Messwerte genauer betrachtet werden (Kok & Priemer, 2023). „Vielen physikalischen Messungen liegt eine Normalverteilung zugrunde“ (Kok & Priemer, 2023, S. 333). Um eine Breite dieser Normalverteilung darzustellen, eignet sich die Standardabweichung, die für Grundschüler*innen allerdings zu komplex ist.

Die beschriebenen Quantifizierungen steigern sich sowohl in ihrer Komplexität als auch in ihrer statistischen Qualität. Zu Beginn geht es darum zu erkennen, dass bei jeder Messung eine Unsicherheit auftreten kann und es notwendig sein kann, mehrere Wiederholungen einer Messung durchzuführen. Eine wiederholte Durchführung der Messungen kann zu einer besseren Abschätzung der Unsicherheit und der Streuung führen. Für diese Arbeit wurden der

Maximalabstand und der Mittelwert bestimmt. Die anderen Quantifizierungen wurden der Vollständigkeit halber mit aufgenommen.

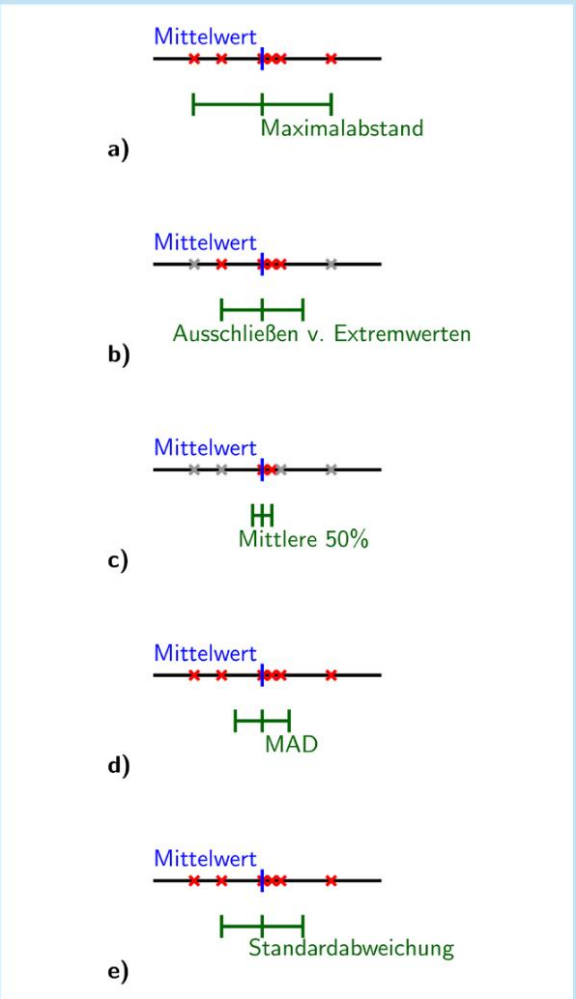


Abb. 1. Grafische Darstellung der Messwerte und verschiedener Unsicherheitsmaße. Die roten Kreuze auf dem Zahlenstrahl stellen die einzelnen Messwerte dar, die blauen Striche die Mittelwerte und die grünen Balken bei a) bis e) die jeweiligen Grenzen der Unsicherheitsintervalle um den Mittelwert. Die grauen Kreuze (bei b) und c)) stellen ausgeschlossene Extremwertepaare dar.

Abbildung 11: alternative Quantifizierungsmöglichkeiten von Messunsicherheiten aus Kok & Priemer, 2023, S. 332

2.6 Relevanz des Themas – Julia Paul

Um die Relevanz des Themas „Daten und Messunsicherheiten im Unterricht der Grundschule“ zu verdeutlichen, wird zunächst auf die Relevanz von Daten im Alltag eingegangen. Die Relevanz von Messunsicherheiten im Alltag wird im Rahmen der Qualität von Daten beschrieben. Anschließend wird die Relevanz im Rahmenlehrplan verortet, wobei dabei auch die Relevanz von Daten abgebildet wird. Zusätzlich soll auch die Relevanz für einzelne Fächer wie den Sachunterricht und das Fach Mathematik dargelegt werden. Das Thema Datenerhebung ist nicht nur auf die Fächer Sachunterricht bzw. Nawi zu beschränken, auch im Mathematikunterricht wird mit der Erhebung von Daten umgegangen.

2.6.1 Relevanz im Alltag – Julia Paul

Die Relevanz zum Arbeiten mit Daten bereits im Grundschulalter ergibt sich aus dem Alltag der Schüler*innen. Unweigerlich sind die Kinder mit einer Vielzahl an Informationen täglich in Kontakt, daher gehört das Erlernen einer Allgemeinbildung grundlegend dazu. „In der Schule sollte daher bei jeder Messung, egal in welcher Schulstufe, ein Bewusstsein dafür geschaffen werden“ (Nagel, 2021, S. 12). Das Auseinandersetzen mit Daten sollte jedoch dem Unterrichtsgegenstand entsprechend gewählt werden. Wie in dem folgenden Beispiel gezeigt wird, sollte die Notwendigkeit der Qualität der Daten angepasst sein.

„Im Unterricht ist die Bestimmung der Qualität der Messwerte in den Fällen nicht notwendig, wenn diese „nur“ herangezogen werden, um einen auf andere Weise hergeleiteten Zusammenhang nachvollziehbar, plausibel oder anschaulich zu machen (qualitativer Umgang mit Messdaten).“ (Kok et al., 2020, S. 294)

Wenn jedoch die Qualität der Daten im Fokus der Arbeit im Unterricht steht, sollte die Qualität wiederum der Notwendigkeit entsprechen. Wie Kok et al. (2020) im Folgenden beschrieben:

„Werden Messdaten hingegen als Evidenz und somit als Ausganpunkt für das Schlussfolgern von Zusammenhängen oder zur Bestimmung unbekannter Werte genutzt, ist eine Abschätzung der Messunsicherheiten unerlässlich (quantitativer Umgang mit Messdaten)“ (Kok et al., 2020, S. 294).

Ist das jedoch nicht notwendig, weil die Schüler*innen keinen Nährwert aus der Genauigkeit der Daten ziehen, bedarf es wie Kok et al. (2020) sagten folgendes:

„Im Unterricht kann dies mithilfe einer didaktisch reduzierten Bestimmung der Unsicherheiten erfolgen, die Grundlage einer kritischen und ehrlichen Analyse der Aussagekraft von Messergebnissen ist“ (Kok et al., 2020, S. 294).

Schlussendlich sollten Schüler*innen jedoch bewusst im Umgang mit Daten in der Schule unterstützt werden. Ziel sollte es sein, weitere Kompetenzen, wie beispielsweise nach Kok et al. (2020) beschrieben, aufzubauen.

„Verfahren zum qualitativen und zum quantitativen Umgang von Messdaten tragen zur Entwicklung von Datenkompetenz (Data Literacy) und zur Fähigkeit zum kritischen Denken bei. Beides ist von hoher aktueller Bedeutung“ (Kok et al., 2020, S. 294).

Währenddessen stellte Nagel (2021) eine weiterführende Behauptung auf, die schlussendlich den Übergang zur schulischen Relevanz des Themas bietet:

> „Ich stelle die Behauptung auf, dass das Verständnis des Konzeptes von Fehlern und Unsicherheiten damit beim Lernen erleichtert wird. Zudem ist (spätestens seit der Einführung des SI) klar, dass internationale Normen die Zusammenarbeit und Entwicklung auf dieser Welt erleichtern und beschleunigen.“ (Nagel, 2021, S. 11)

Jedoch stellt auch das Arbeiten im Nawi-Unterricht eine Relevanz für das Thema dar. Zum Erschließen von Inhalten ist es nötig sich umfangreich mit diesen Auseinanderzusetzten. Wie schon beim Experimentieren in oberen Abschnitten zu erkennen, gilt es ein schrittweises Vorgeben zu erlernen, um zielführend an Inhalten zu arbeiten.

Höttecke und Hopf (2018) führten dazu eine verbreitete Schüler*innenvorstellung auf, die aufzeigte, wie bedeutsam der Umgang mit Daten mit Hilfswerkzeugen, wie eine strukturierte Arbeitsweise, für Kinder ist. Sie unterstreichen die Relevanz mit dem folgenden Absatz. Für die jeweilige Lehrkraft ist es hilfreich, dies zu wissen und für den Unterricht mit den Schülern und Schülerinnen und die Vorbereitung zu berücksichtigen.

> „Die Methode der Naturwissenschaft besteht in einer festen Folge von Schritten.“ Die meisten Schülerinnen und Schüler sehen die naturwissenschaftliche Methode als eine Abfolge der Schritte „Frage → Hypothese → Daten sammeln → Schlussfolgerungen ziehen“. Weniger Lernende verstehen unter der naturwissenschaftlichen Methode, eine Hypothese mehrfach zu überprüfen. Nur sehr wenige vertreten die adäquate Ansicht, dass es keine einheitliche Methode der Wissenschaft, sondern eine große Anzahl unterschiedlicher Methoden gibt. Am ehesten lässt sich die Vorstellung der Lernenden so beschreiben: In der Wissenschaft müssen feststehende Laborroutinen penibel befolgt werden. Man findet auch die Vorstellung eines linearen und unverzweigten Erkenntniswegs, bei dem ein möglichst unvoreingenommener Physiker eine Beobachtung oder ein Experiment macht und dann Schlüsse zieht. Hier spiegelt sich das vorwiegend naiv-empiristische Naturwissenschaftsverständnis in der Vorstellung über wissenschaftliche Methodik wider. Die Forschung über die Natur der Naturwissenschaften belegt stattdessen, dass das Verhältnis von Theorie und Experiment sehr unterschiedlich sein kann. (Höttecke & Hopf, 2018, S. 281)

2.6.2 Relevanz im Rahmenlehrplan – Julia Paul

Da die Lernumgebung in einer Schulklasse erprobt werden soll und diese Arbeit im Rahmen des Wissens von Grundschulkindern geschrieben wird, stellt sich die Frage nach der Relevanz für den Unterricht und den Lehrauftrag der Schule.
In diesem Sinn lohnt der Blick in den Rahmenlehrplan Berlin/Brandenburg für das Fach Nawi.

In vielen Teilbereichen der zu fördernden Kompetenzen der Kinder im Rahmen des Nawi-Unterrichts gab es folgende Dinge herauszulesen. Unter dem Punkt Erkenntnis gewinnen wird folgendes verstanden:

> „In einem problemorientierten Unterricht nehmen die Schülerinnen und Schüler Phänomene wahr, entwickeln naturwissenschaftliche Fragestellungen und beobachten Abläufe und Vorgänge aus der naturwissenschaftlichen Perspektive. Sie nutzen naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden wie das Vergleichen, Ordnen und Experimentieren sowie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie das Recherchieren, Protokollieren und Auswerten. Sie wenden Denk- und Argumentationsweisen wie das Bilden von Hypothesen und das Herstellen von Wenn-dann-Beziehungen an, sie nutzen und erstellen einfache Modelle." (LISUM, o.J., S. 7)

Da die Arbeit mit Daten, in diesem Fall mit Ergebnissen und deren Vergleich, notwendig ist, ergibt sich die Relevanz der Auseinandersetzung mit Daten in diesem Kontext. Weiter nachzuvollziehen ist dieses unter dem Punkt „Beobachten, Vergleichen, Ordnen" (LISUM, o.J., S. 18).

Ein weiterer Teilbereich ist der Bereich Kommunikation, der vom Rahmenlehrplan folgendermaßen definiert wird: „Die Fähigkeit zu adressatengerechter und sachbezogener Kommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung" (LISUM, o.J., S. 7).

In der weiteren Aufschlüsselung dieses Begriffes wird in der folgenden Aufzählung der Zusammenhang zum Thema Daten in der Grundschule sichtbar. Die folgenden Punkte setzen eine Auseinandersetzung mit Informationen, also Daten, voraus. Daher wird auch dieser Punkt als bedeutsam für den Umgang mit Daten in der Grundschule benannt und bildet mit den bereits erfolgten und folgenden Aspekten die Relevanz des Themas in der Grundschule. Die passenden Begrifflichkeiten sind: Argumentieren – Interaktion; Informationen erschließen – Textrezeption (mündlich und schriftlich) (LISUM, o.J.).

Der letzte Aspekt oder Teilbereich, der passend zum Thema ausgewählt wurde, nennt sich „Bewerten". Dies bedeutet laut des Rahmenlehrplans: „Schülerinnen und Schüler sind fähig, Informationen zu bewerten. Sie können naturwissenschaftliche Erklärungen nachvollziehen und reflektieren sowie ggf. die Untersuchungsmethoden und Schlussfolgerungen begründet hinterfragen" (LISUM, o.J., S. 7).

Des Weiteren fokussiert sich dieser Teilbereich auf die Begriffe: Handlungen reflektieren und Werte und Normen reflektieren. Um erfolgreich reflektieren zu können, bedarf es ebenfalls

einer Auseinandersetzung mit Daten, die somit auch in der Grundschule thematisiert werden sollten.

Abschließend soll auch die Arbeit mit Daten in der Grundschule mit dem Sachunterricht im Rahmen des Nawi-Unterrichts eingeordnet werden.

Laut Klafki (2019) sollte der Sachunterricht zur Befähigung der folgenden drei Grundfähigkeiten führen und für Schüler den Weg zum mündigen Mitglied der Gesellschaft ebnen. Was somit prägend für den Sachunterricht in der ersten bis vierten Klasse ist, bietet den Boden für das Lernen im Nawi-Unterricht der fünften und sechsten Klasse.

> Bildung muss m. E. heute als weitgehend selbsttätig erarbeiteter und personal verantworteter Zusammenhang dreier Grundfähigkeiten verstanden werden:
>
> • als Fähigkeit zur Selbstbestimmung jedes und jeder Einzelnen über seine bzw. ihre individuellen Entscheidungen, Lebensbeziehungen und Sinndeutungen zwischenmenschlicher, beruflicher, ethischer, religiöser Art;
>
> • als Mitbestimmungsfähigkeit i. w. S. d. W., insofern jede Frau und jeder Mann einerseits das Recht hat und die Möglichkeit erhalten muss, an der Gestaltung der gemeinsamen kulturellen, ökonomischen, gesellschaftlichen und politischen Verhältnisse mitzuwirken, andererseits aber auch die Pflicht zur Mitgestaltung an und in einer Bürgergesellschaft hat;
>
> • als Solidaritätsfähigkeit; damit ist hier gemeint: Wer das Recht auf Selbstbestimmung und auf Mitbestimmung über die gemeinsamen Angelegenheiten in einer Gesellschaft für sich fordert und in Anspruch nimmt, der muss nicht nur anerkennen, dass alle anderen das gleiche Recht haben; er bzw. sie muss sich auch für diejenigen einsetzen und sich nach Möglichkeit mit ihnen zusammenschließen, denen eben solche Selbst- und Mitbestimmungsmöglichkeiten aufgrund gesellschaftlicher Verhältnisse, Unterprivilegierung, politischer Einschränkungen und Unterdrückungen vorenthalten oder begrenzt werden. (Klafki, 2019, S. 104–105)

Um selbst zu bestimmen, mitzubestimmen und solidarisch zu handeln, bedarf es eines Weitblicks und einer Vielzahl an Fähigkeiten. Auch die Auseinandersetzung mit der Umwelt und einer Vielzahl an Informationen, also Daten, bilden neben zum Beispiel kritischem Denken eine dieser Fähigkeiten ab. Wenn sich jemand mit einer bestimmten Information (Daten) auseinandergesetzt hat, hat diese Person die Möglichkeit, die Informationen für sich selbst und andere zu nutzen. Daher bietet ein kritischer und bedachter Umgang mit Daten den Kindern

eine weitere Möglichkeit zum Ausbau dieser Fähigkeiten, sich nach dem Sachunterricht zu diesem Ziel hin weiterzuentwickeln.

Im Bereich der Mathematik finden sich die Aspekte zum Thema Daten und Zufall in der Grundschule wieder. Im Sinne der zu erhobenen Lernumgebung ist der Aspekt zum Thema Größen und Messen ebenso angebracht.

Die folgende Übersicht zur Konzeptbildung von LISUM zeigt die folgenden Aufzeichnungen:

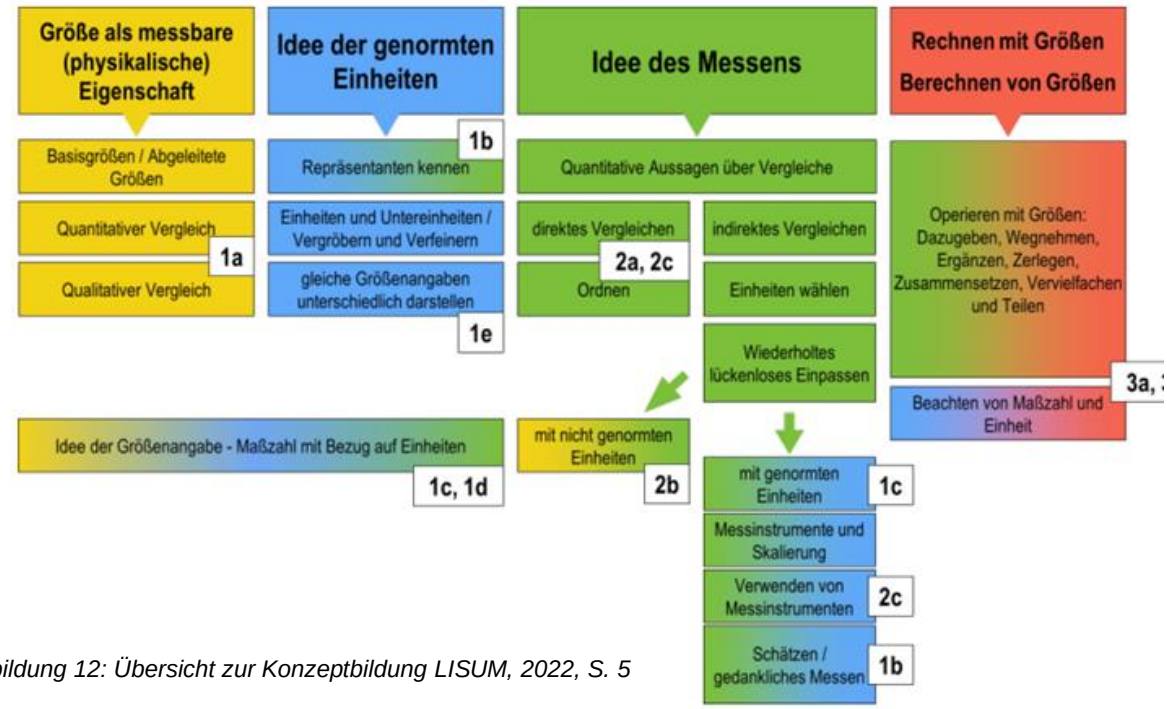


Abbildung 12: Übersicht zur Konzeptbildung LISUM, 2022, S. 5

Aufgezeigt werden an dieser Stelle die Ideen des Messens aus einem mathematischen Verständnis heraus. Auch hier wird die Relevanz zur Auseinandersetzung mit Daten im Unterricht im Fach Mathematik deutlich. Die Idee des Messens umfasst Aspekte, wie das Vergleichen, Ordnen und wiederholte Einpassen. Am Ende dieses Prozesses steht auch das Thema Schätzen, das auch maßgeblich für die durchgeführte Lernumgebung und ein Bestandteil der Reflexionen ist.

Die Idee der genormten Einheit dient als nützlich für die Idee des Messens und wird wie folgt definiert:

> In der zweiten Spalte wird der Aspekt der Idee der genormten Einheiten dargestellt. Dem Aufbau von Größenvorstellungen wird in diesem Modell ein wichtiger Stellenwert zuteil. Hierzu ist es grundlegend, den Schülerinnen und Schülern einprägsame

> und interessante Objekte aus ihrem eigenen Umfeld als Repräsentanten von bestimmten Einheiten verschiedener Größenarten nahezubringen (Grund, 1992). Solche Stützpunktvorstellungen sind eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendung von Mathematik im Allgemeinen (Grund, 1992) und für alltägliches Schätzen im Besonderen (Peter-Koop, 2001). Verschiedene Repräsentanten können dazu führen, dass die gleiche Größe verschiedene Darstellungen hat. Dies beeinflusst dann auch besonders das Messen von und Rechnen mit Größen. (LISUM, 2022, S. 4)

Auch im Folgenden wird im Rahmenlehrplan der Weg zum Schätzen und deren Nutzen durch das Bestimmen von Kompetenzen und zur Zielsetzung im Mathematikunterricht beschrieben:

> Im Rahmenlehrplan Berlin Brandenburg für das Fach Mathematik finden sich die Kernkompetenzen Aufbau von Größenvorstellungen, Bestimmen von Größenangaben durch das Messen, Schätzen und Vergleichen und Rechnen mit Größen im inhaltsbezogenen Kompetenzbereich „Größen und Messen“ wieder. Das Ziel dieser Leitidee ist es, „im handelnden Umgang tragfähige Größenvorstellungen zu entwickeln und Größen, welche einen Alltagsbezug für die Schülerinnen und Schüler haben, zu messen, zu schätzen und zu vergleichen“ (MBJS, 2015, S. 8). (LISUM, 2022, S. 3)

Im Rahmenlehrplan Berlin-Brandenburg wird das Thema Daten im Bereich „Daten und Zufall“ aufgeführt. Die unterliegende Tabelle zeigt auf, was die Kinder in unterschiedlichen Leistungsniveaus erreichen sollten.

Kinder sollten somit Daten sammeln, darstellen und Beziehungen herstellen können. Des Weiteren sollen Erhebungen geplant, durchgeführt, präsentiert und kritisch bewertet werden. Besonders der Aspekt der kritischen Bewertung der Erhebung und der Daten setzt einen bewussten Umgang mit Messunsicherheiten voraus. Dieser wird allerdings in der gesamten Tabelle nicht erwähnt.

Mehr Erwähnungen werden im Rahmenlehrplan nicht aufgeführt und es erfolgt kein Vernetzen von einzelnen Fächern. Daten haben sowohl im Allgemeinbild als auch im Sach- und im Mathematikunterricht eine Bedeutung, jedoch werden Messunsicherheiten nicht namentlich im Rahmenlehrplan benannt und sind herauszulesen. Daher bezieht sich die schulische Relevanz ausschließlich auf Inhalte aus der Mathematik und dem Sachunterricht, wo Informationen, die als Daten verstanden werden, den Kindern die oben genannten Vorteile zur Teilnahme an der Gesellschaft bieten.

Des Weiteren wurde der adäquate Umgang von Messunsicherheiten von Glomski und Priemer (2010) im Rahmen des Physikunterrichts als essenziell gewertet. Nach Glomski und Priemer (2010) spiegelte sich diese Relevanz in den KMK-Bildungsstandards im Fach Physik für den Bereich Erkenntnisgewinnung wider, indem unter anderem folgende von den Schülerinnen und Schülern zu erreichende Kompetenzen angegeben wurden:

> Schülerinnen und Schüler…
>
> • führen einfache Experimente […] durch und werten sie aus (E7)
>
> • planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren ihre Ergebnisse (E8)
>
> • werten gewonnene Daten aus, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen (E9)
>
> • beurteilen die Gültigkeit empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung (E10) (Glomski & Priemer, 2010, S. 1)

Im Grundschulbereich lässt sich jedoch kein Bezug zu Messunsicherheiten im Rahmenlehrplan finden, trotz der nachvollziehbaren Relevanz nach Glomski und Priemer (2010).

Die Arbeit von Glomski und Priemer kann als vorläufige Arbeit angesehen werden, die anschließend von Hellwig (geb. Glomski) im Rahmen ihrer Dissertation weiterentwickelt wurde.

3. Zielsetzung der Arbeit – Julia Paul

Zur Erhebung der Daten und Beantwortung der Fragestellung dieser Masterarbeit wurde eine Lernumgebung zum Thema ‚Daumensprung' genutzt, die von Natasha Schenke im Rahmen ihrer Masterarbeit erstellt wurde (Schenke, 2023). Die in ihrer Arbeit genutzte Lernumgebung wurde bereits in ihrer Masterarbeit erprobt und reflektiert.

Um die Zielsetzung dieser Arbeit zu beschreiben, soll zwischen der Zielsetzung von Schenkes Arbeit und der vorliegenden Arbeit unterschieden werden.

Schenke (2023) formulierte als Ziel der Masterarbeit, eine Lernumgebung zum Thema Messunsicherheiten für die Primarstufe im Rahmen von Experimenten zu entwickeln.

In dieser Arbeit lag der Fokus auf der Frage, wie Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht mit Daten umgehen. Daher unterscheiden sich die Zielsetzungen der beiden Arbeiten.

In Schenkes Masterarbeit (2023) sollte eine Lernumgebung auf Grundlage des gekürzten Sachstrukturmodells erstellt und erprobt werden. Somit wurde sich damit auseinandergesetzt, Messunsicherheiten im Rahmen des Unterrichts in der fünften Klasse zu thematisieren. Ziel war es, Messunsicherheiten als Thema im Unterricht der Berliner Grundschulen zu etablieren.

Diese Masterarbeit setzt sich hingegen mit der Umsetzung einer angepassten Lernumgebung, die auf Schenkes Arbeit (2023) beruht, auseinander. Die Fragestellung dieser Arbeit ist spezifischer. Die zugrundeliegende Lernumgebung soll mithilfe von zusätzlichen Reflexionsbögen erheben, wie Kinder mit Messunsicherheiten umgehen, während es in der ursprünglichen Lernumgebung darum ging, wie Messunsicherheiten im Unterricht thematisiert werden.

Der Forschungsstand zum Thema Daten und Messunsicherheiten in der Grundschule ist, wie oben beschrieben, durch einzelne Ausarbeitungen für die Sekundarstufe I rar gesät. In der Praxis liegt bisher wenig evaluiertes Unterrichtsmaterial für Grundschüler*innen zum Thema Messunsicherheiten und dem Umgang mit diesen vor. Des Weiteren ist in den Rahmenlehrplänen der Grundschule das Thema bisher nicht zu finden. Die Inhalte des Nawi-Unterrichts erfüllen nicht die Wünsche der Kinder und geben nicht ausreichend Input zum Erwerb von Erkenntnissen und arbeiten somit gegen die Neugier der Schüler*innen. Die Schüler*innenvorstellungen zu naturwissenschaftlichen Aspekten können somit nicht durch das Arbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht genutzt und kompensiert werden. Es zeigt sich eine Lücke, die zu den folgenden Fragen führt: Wie arbeiten Kinder mit Daten? Wissen Kinder etwas über Messunsicherheiten und haben sie Kenntnisse über deren Existenz? Die Frage, wie Kinder mit Daten im Nawi-Unterricht der 6. Klasse arbeiten, wie sie selbst erhobene Daten nutzen und sich mit Messunsicherheiten auseinandersetzen, sollte geklärt werden. Daraus ableitend sollte die Forschung über Grundschulkinder und deren Auseinandersetzung mit Daten und Messunsicherheiten beleuchtet werden. Der Rahmenlehrplan beinhaltet die Arbeit mit Daten, jedoch gibt es keine Daten ohne Messunsicherheiten und dieser Punkt bleibt auch im Rahmenlehrplan unerwähnt, der jedoch essenziell ist. Die Beantwortung dieser Frage bringt somit nicht nur die Forschung ein Stück weiter, sondern ermöglicht auch der Instanz Schule, die Verknüpfung der Teilgebiete zu erkennen und den Kindern frühzeitig den Zugang zu diesem Wissen zu ermöglichen.

Die Forschungslücke, die sich somit auftut und durch fehlende Materialien und fehlende Studien für die Primarstufe untermauert wird, sollte somit ein Stück weit geschlossen werden und das Augenmerk auf diese gerichtet werden.

Nachfolgend wird die Fragestellungen und die Theorie miteinander in Einklang gebracht und die Relevanz der Forschungsfrage wird aufgezeigt.

Schwerpunkte der folgenden Theorien unterstützen die Beantwortung der Fragestellung und stellen ebenfalls ihre Relevanz für die Arbeit mit Daten im naturwissenschaftlichen Unterricht dar.

Den ersten Schwerpunkt in der theoretischen Auseinandersetzung zur Fragestellung bot Nagel mit der Aussage, dass naturwissenschaftliches Arbeiten ohne Messunsicherheiten keine Aussagekraft hätte (Nagel, 2021). Nagel gab an, dass somit Daten, ohne die Messunsicherheiten zu berücksichtigen, nicht zu interpretieren sind (Nagel, 2021).

Somit erschließt sich das Heranziehen dieser Theorie, da die Fragestellung den Aspekt der Messunsicherheit mit einschließt und die Relevanz für die Arbeit von Daten mit Messunsicherheiten belegt.

Die Definition des Begriffes ‚Messunsicherheit' wurde aus Gründen der Verständlichkeit bereits erläutert und zur Beantwortung der Fragestellung wurde eine eigene Definition als Arbeitsgegenstand erstellt. Zur Beantwortung der Fragestellung können die folgenden Schwerpunkte der eigenen Definition entnommen werden und bilden dafür die Grundlage. Benannt werden in der Definition die folgenden Schwerpunkte, die ausführlich im Kapitel 2.1 nachzulesen sind:

1. Messunsicherheiten sind Bestandteil jeder Messung bzw. jedes Schritts eines Experiments.

2. Die Kenntnis dieser ist unerlässlich bei der Beurteilung und Interpretation von Ergebnissen einer Messung.

3. Bei Experimenten kann es nie nur einen wahren Wert geben.

4. Unter Messunsicherheit wird vordergründig nicht das menschliche Versagen als Einflussfaktor auf die Präzision von Messergebnissen verstanden, sondern der Begriff meint Einflussfaktoren wie beispielsweise die Genauigkeit von Messgeräten.

Im Anschluss gilt es zwischen Fehler und Unsicherheit zu unterscheiden. Nagel beschrieb die Fehler wie folgt: „Grobe Fehler sind Abweichungen von einem Referenzwert (z. B. Eichnormal), die nicht mehr korrigierbar sind, wie etwa Fehlüberlegung, Bedienungsfehler und/ oder Ablesefehler bei Messgeräten, Rechenfehler, falsche Datenauswertungen, etc." (Nagel, 2021, S. 8).

Daraufhin galt für Nagel (2021) eine Messunsicherheit als unvermeidbar und benennt die Typen A und B. Diese unterschiedlichen Methoden zum Ermitteln von Messunsicherheiten werden in den beiden Typen beschrieben und tragen somit theoretisch zum Fundament der Beantwortung der Frage bei.

Des Weiteren hat zur theoretischen Erarbeitung der Thematik das Sachstrukturmodell nach Hellwig (2012) Erwähnung gefunden. Eine Relevanz ist unumgänglich nachvollziehbar, da die zugrunde liegende Lernumgebung mit einer entsprechenden Anpassung des Sachstrukturmodells nach Schenke arbeitet wurde und somit auch Gegenstand der erprobten Lernumgebung ist. Die Schüler*innen befassen sich in der Unterrichtseinheit mit dem Thema Messunsicherheiten und dem Umgang mit diesem. Das Sachstrukturmodell nach Hellwig (2012) bietet einen guten theoretischen Ansatz, um eine Unterrichtseinheit zu planen, die alle wichtigen Aspekte des Themenfeldes Messunsicherheiten abdeckt. Schenke (2023) reduzierte das Modell für die fünfte und sechste Klasse, sodass es für die Planung der Lernumgebung genutzt wurde. Ein weiteres Modell, dass die Planung der Lernumgebung unterstützte, waren die Basismodelle von Oser und Baeriswyl.

Um die Beantwortung der Fragestellung zu unterstützen und einen Einblick in die Lebenswelt der Kinder zu erhalten, wurden von Höttecke und Hopf (2018) die theoretischen Zusammenführung mit Schüler*innenvorstellungen zu folgenden Themen beleuchtet: ‚Stereotype von typischen Naturwissenschaftlern', ‚Wissenschaftler seien passive Datenerfasser', ‚naturwissenschaftliches Wissen ist das, was an der Tafel gestanden hat', ‚naturwissenschaftliches Wissen entspricht der Wirklichkeit', ‚Experimentieren ist Ausprobieren und Herausfinden', ‚eine einzelne Messung gibt einen wahren Wert und wir leben in einer von Naturwissenschaften und Technik bestimmten Welt'.

An dieser Stelle wird ein Blick auf Schüler*innenvorstellungen gerichtet, da das Wissen um diese eine Voraussetzung für den Unterricht darstellt. Wie auch bei der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann (1997) spielen Schüler*innenvorstellungen eine signifikante Rolle bei der Planung des Unterrichts. Da diese Arbeit auf Grundlage eines Datensatzes einer erprobten Lernumgebung konzipiert wurde, sind theoretische Schwerpunkte zu Schüler*innenvorstellungen, zu didaktischer Rekonstruktion und zu der Verortung des Inhaltes im Unterricht notwendig. Die Erhebung dieser Voraussetzungen sind auch von Bedeutung, um sich mit dem Point- und Set-Paradigma auseinanderzusetzen und zu erfassen, wo die Kinder am Anfang der Lernumgebung stehen und wohin sie sich entwickeln sollen.

Im Weiteren werden unterrichtliche Herausforderungen, Chancen und Stolpersteine theoretisch aufgeführt. Diese dienen dazu, dem Gesamtverständnis der alltäglichen Herausforderung für die Lehrkräfte gerecht zu werden und die Relevanz im Unterricht darzustellen. Die Theorie zeigt die Herausforderungen zur Umsetzung des Themas Messunsicherheiten im Unterricht auf und weist verschiedene Herangehensweisen von Lehrkräften auf. Diese Informationen sind entscheidend für die Fragestellung, da beim Umsetzen der Lernumgebung ein Wissen über mögliche Vermeidungstaktiken vorteilhaft ist. Die Konsequenz der Unwissenheit

von Vermeidungstaktiken von Messunsicherheiten, wie dem Ausschließen von Extremwerten, nehmen den Schüler*innen das Recht auf Wissenszuwachs. Eine klare Zielsetzung durch das Wissen von Herausforderungen und die Möglichkeiten zur Erreichung von Lernzielen ist gewinnbringend für die Schüler*innen. Im theoretischen Teil der Arbeit wurden Möglichkeiten zum Umgang mit Messunsicherheiten aufgezeigt.

4. Vorstellung der Lernumgebung – Pauline Berend

In diesem Abschnitt soll die durchgeführte Lernumgebung und die entsprechenden Überarbeitungen vorgestellt werden.

Wie bereits im Abschnitt 2.3.5 beschrieben, basiert die für diese Arbeit genutzte Lernumgebung auf der von Natascha Schenke erstellten Lernumgebung für ihre Masterarbeit aus dem Jahr 2023.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden zu der vorhandenen Lernumgebung Reflexionsaufgaben hinzugefügt. Ein großer Teil der ursprünglichen Lernumgebung wurde vollständig übernommen. An einigen Stellen wurde die Sprache der einzelnen Aufgaben vereinfacht und der Prä- sowie Posttest wurde weggelassen. Die überarbeitete Lernumgebung sowie alle Reflexionsseiten sind im Anhang zu finden.

Schenke (2023) erstellte die Lernumgebung für die fünfte und sechste Klasse und einen Umfang von vier Unterrichtstunden. Die Erhebung der Daten dieser Arbeit wurde im Rahmen des Praxissemesters im Wintersemester 2023/24 durchgeführt. Alle Anpassungen erfolgten mit Blick auf die Lerngruppe einer sechsten Klasse. Die Klassen, in denen die Erhebung durchgeführt wurde, waren den Studentinnen zuvor nicht bekannt. Alle Informationen und Anpassungen erfolgten in Rücksprache mit den jeweiligen Mentoren und Mentorinnen und Fachlehrkräften.

Im Folgenden soll dargestellt werden, welche Veränderungen an den Arbeitsblättern vorgenommen wurden und wie die Lernumgebung um die Reflexionsaufgaben erweitert wurde.

Die Lernumgebung bildet nach der Bearbeitung eine abgeschlossene Einheit, die mit einer Reflexion nach jeder Einheit abschließt. In der ursprünglichen Lernumgebung waren die Reflexionen nicht Teil dieser Lernumgebung.

Zum Abschluss der gesamten Lerneinheit wurde eine Abschlussreflexion eingefügt, die jedoch nicht als Posttest fungiert, sondern zusammenfassend Fragen zur Lernumgebung stellt und abschließend den Wissenserwerb über das bearbeitete Thema abbilden soll.

In der ursprünglichen Lernumgebung wurde sowohl ein Pretest als auch ein Posttest durchgeführt, jedoch wurde für diese Arbeit entschieden, diese beiden Tests nicht durchzuführen.

Thematisch gesehen befassten sich beide Tests mit der Messung und Datenerhebung von Temperaturen. Aufgrund der thematischen Ausrichtung ‚Daumensprung und Schätzen' wurden diese Tests außen vorgelassen. Eine Abschlussreflexion sollte den Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit geben, ihre Gedanken bezüglich der Lernumgebung zu äußern. Die Schüler*innen sollten kurz ihre Meinung zu der durchgeführten Lernumgebung schriftlich äußern und wichtige Aspekte dieser erörtern.

Eine allgemeine Anpassung umfasste eine Vereinfachung der vorhandenen Texte an einigen Stellen. Diese Anpassung fand sowohl in den Aufgabenstellungen als auch in den Anmerkungstexten statt, sodass die Aufgaben klarer und verständlicher formuliert werden konnten. Ziel war es, dass alle Schüler*innen den Text verstehen und auch die Aufgaben bearbeiten können. Zusätzlich wurden die Aufgaben und Texte offener formuliert, damit die Schüler*innen besser zum Denken angeregt werden. Bei der Überarbeitung der Aufgaben wurde auch darauf geachtet, genug Platz für die Rechnungen der Schüler*innen zu schaffen.

Zusätzlich wurden den Schülern und Schülerinnen Hilfekarten an die Hand gegeben, die ihnen noch einmal zeigen sollten, wie sie den Mittelwert berechnen können. Inhaltlich ist die Berechnung des Mittelwertes bereits Thema im Mathematikunterricht gewesen, jedoch könnte nicht davon ausgegangen werden, dass sich alle Schüler*innen an die Berechnung erinnern. Durch die offen gehaltenen Aufgabenstellungen sollten die Schüler*innen die Möglichkeit bekommen, frei antworten zu können. Die Reflexionen waren so angelegt, dass die Schüler*innen ihre Gedanken zu den vorher gelösten Aufgaben frei aufschreiben können. Ziel jeder Reflexion war es, zu erfragen, wie die Schüler*innen mit Daten umgehen und wie sie Messunsicherheiten bewerten.

Die Reflexionsseiten sind somit der bedeutendste Bestandteil der vorliegenden Arbeit, wohingegen die Arbeitsblätter zum Daumensprung zweitrangig für diese Arbeit sind. Ziel der Arbeitsblätter war es, den Daumensprung durchzuführen und Schüler*innen mit dem Schätzen vertraut zu machen. Die Arbeitsblätter waren so aufgebaut, dass zunächst einfachere Übungen zum Berechnen des Mittelwerts und Schätzen durchgeführt wurden. Ergänzt wurden diese Übungen mit Aufgaben zum Schätzen. Auf einem ersten Arbeitsblatt sollten die Schüler*innen einen gebogenen Pfeil messen. Alle Messwerte der Klasse wurden auf einem Zahlenstrahl an der Tafel dargestellt. Die Schüler*innen stellten fest, dass es eine große Spanne an Messwerten gab. Um ein genaueres Ergebnis zu bestimmen, lernten bzw. wiederholten die Schüler*innen, wie ein Mittelwert berechnet werden kann. Im Anschluss berechneten die Schüler*innen den Mittelwert für die Länge des Pfeils. Auf dem zweiten anschließenden Arbeitsblatt sollten die Schüler*innen erneut den Mittelwert ermitteln. Hier sollte jedoch deutlich

gemacht werden, dass ein Mittelwert auch für Zeiten bestimmt werden kann und nicht nur für Längen, wie es auf dem ersten Arbeitsblatt der Fall war.

Im Anschluss an die ersten beiden Arbeitsblätter bearbeiteten die Schüler*innen die erste Reflexion. In der ersten Reflexion wurde gefragt, ob die Schüler*innen sich erklären könnten, warum die Ergebnisse der Messung des Pfeils vom ersten Arbeitsblatt so verschieden ausfielen.

Nach der Einführung durch die ersten beiden Arbeitsblätter befasste sich das dritte Arbeitsblatt mit dem ersten großen Themengebiet der Lernumgebung: dem Schätzen. Zunächst sollten Schüler*innen Dinge aus ihrem Umfeld schätzen. Einige Dinge konnten die Schüler*innen sehen, andere zu schätzende Objekte nicht. Diese Aufgabe bearbeiteten die Schüler*innen in Einzelarbeit.

Die letzte Aufgabe des Arbeitsblatts bestand darin, eine Laterne, die auf dem Schulhof stand, zu schätzen. Aus allen Schätzwerten der Laterne sollten die Schüler*innen im Anschluss wieder einen Mittelwert berechnen. Dafür wurden alle Werte der Klasse auf einem Zahlenstrahl an der Tafel notiert. Durch einen weiteren kurzen Anmerkungstext lernten die Schüler*innen weitere Möglichkeiten (Intervall, Unsicherheit und Messergebnis) zur genaueren Bestimmung eines Messergebnisses kennen. Die neu erlernten Möglichkeiten zur genaueren Bestimmung sollten die Schüler*innen nun für die Schätzung der Laterne notieren. Parallel wurden diese Werte dann auch auf dem Zahlenstrahl notiert.

Im Anschluss an dieses Arbeitsblatt führten die Schüler*innen die nächste Reflexion durch, in der das Wissen über das Schätzen erfragt wurde. Nachdem die Schüler*innen die Laterne geschätzt haben, lernten sie auf dem nächsten Arbeitsblatt die Faustregel des Daumensprungs kennen und führten diesen am Beispiel der Laterne durch. Mit den Ergebnissen des Daumensprungs bestimmten die Schüler*innen erneut Mittelwert, Unsicherheit, Intervall und Messergebnis.

In einer Tabelle wurden anschließend alle Ergebnisse des Daumensprungs mit den Ergebnissen der Schätzung verglichen, wobei die Ergebnisse des Daumensprungs auf einem Zahlenstrahl eingetragen wurden.

In den Reflexionen drei und vier wurden Gründe für die unterschiedlichen Messergebnisse der Klasse erfragt. Ziel dieser Reflexionen war es, zu erfahren, wie Schüler*innen mit Messunsicherheiten umgehen, Ergebnisse einschätzen und ob sie die Ergebnisse des Daumensprungs oder die Ergebnisse der Schätzung als sicherer einstufen. Die Abschlussreflexion sollte den Schüler*innen die Möglichkeit geben noch einmal alle Gedanken zur Lernumgebung zu äußern; inhaltlich ist diese Reflexion jedoch für diese Arbeit nicht von Bedeutung.

Dieser Teil sollte vielmehr die Lernumgebung abrunden und den Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit liefern, ein Feedback zu geben.

In Kapitel 2.5.3 wurden Möglichkeiten vorgestellt, wie im Unterricht mit Messunsicherheiten umgegangen werden kann. Darunter fiel auch die Möglichkeit, Extremwerte auszuschließen, um zu einem besseren Messergebnis zu gelangen. Für diese Lernumgebung wurde bewusst entschieden, keine Extremwerte auszuschließen, damit die Schüler*innen entdecken können, wie Extremwerte sich auf die Messreihe auswirken. Zusätzlich sollten sich alle Schüler*innen mit einbezogen fühlen und nicht das Gefühl erlangen, dass sie einen Fehler gemacht haben. Bei dem Ausschließen von Extremwerten handelt es sich um eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Unsicherheitsmaßes. Da der Fokus dieser Arbeit jedoch nicht vordergründig auf diesem Aspekt liegt, wird nicht weiter auf diesen Aspekt eingegangen.

4.1 Basismodelle in dieser Arbeit – Pauline Berend

In diesem Abschnitt der Arbeit wird nun thematisiert, wie die Basismodelle nach Oser und Baeriswyl in dieser Arbeit integriert wurden. Von den drei im Kapitel 2.4 beschriebenen Basismodellen wurden in Schenkes Masterarbeit zwei verwendet. Für die Planung und Durchführung der Lernumgebung in der ursprünglichen Masterarbeit nutzte sie die Basismodelle ‚Konzeptbildung' und ‚Lernen durch Eigenerfahrung'. Da die Lernumgebung zu großen Teilen auch für diese Arbeit übernommen wurde, folgt die vorliegende Arbeit im Großen und Ganzen auch den ursprünglich beschriebenen Basismodellen. Im vorherigen Abschnitt wurden die Anpassungen dieser Lernumgebung bereits erläutert. Durch diese Anpassungen konnte jedoch nicht garantiert werden, dass die Basismodelle in ihrer ursprünglichen Planung auch umgesetzt wurden. Im Basismodell ‚Konzeptbildung' sollten sich die Schüler*innen mit dem Begriff Messergebnis und der Notation dieses Messergebnisses auseinandersetzen. Zunächst sollten die Schüler*innen dazu ihr Vorwissen aktivieren, was über die Aufgabe zum Messen des Pfeils geschah. An dieser Stelle konnten die Schüler*innen sich erste Gedanken zu Messunsicherheiten machen. Im nächsten Schritt sollten die Lernenden die Begriffe Messergebnis, Mittelwert, Unsicherheit und Intervall anhand eines protypischen Beispiels erarbeiten. Anschließend daran arbeiteten die Schüler*innen an diesen Begriffen mit Hilfe von anderen Beispielen weiter. Im nächsten Schritt wurden die wichtigsten Merkmale des neuen Konzepts ‚Messergebnis' zusammengefasst. Zum Abschluss dieses Basismodells sollten die Schüler*innen ihr neu erworbenes Wissen auf einen neuen Kontext anwenden, indem sie verschiedene Objekte schätzen und davon abgeleitet die Messergebnisse bilden sollten. Im Basismodell ‚Lernen durch Eigenerfahrung' führten die Schüler*innen den Daumensprung durch. Dazu planten sie zunächst die Schritte des Daumensprungs und arbeiteten die Vorgehensweise durch. Im Anschluss daran führten die Schüler*innen den Daumensprung selbstständig durch. Dem Basis-

modell folgend sollten die Schüler*innen im nächsten Schritt ihre Erwartungen mit den Ergebnissen des Daumensprungs vergleichen. Daran anschließend sollten die Ergebnisse generalisiert und reflektiert werden. Diese Schritte erfolgten in Form einer Tabelle für eine direkte Gegenüberstellung der Ergebnisse aus Schätzung und Daumensprung.

Die Basismodelle wurden lediglich auf die Inhalte der ursprünglichen Lernumgebung angewendet, während die zusätzlich eingefügten Reflexionen keinem Basismodell folgten.

5. Methodik – Pauline Berend und Julia Paul

Julia Paul:

Im folgenden Kapitel wird thematisiert, welche Methodik für diese Arbeit genutzt wurde. Zunächst werden dazu Flussdiagramme beschrieben, die als Grundlage für die Erstellung von Kodierleitfaden dienen. Die Inhalte der Flussdiagramme sind somit in dem Kodierleitfaden wiederzufinden und nachzulesen. Der gesamte Kodierleitfaden ist dem Anhang zu entnehmen und wurde somit induktiv aus den Ergebnissen heraus mit Hilfe der Flussdiagramme erstellt.

5.1 Stichprobenbeschreibung – Pauline Berend und Julia Paul

Julia Paul:

Die Stichprobengröße setzt sich aus zwei Schulklassen zusammen, die sich beide in der sechsten Klassenstufe jedoch an unterschiedlichen Berliner Schulen befinden. In den Beschreibungen werden die beiden Klassen mit Gruppe A und Gruppe B unterschieden.

Die Schulklasse der Gruppe A bestand aus 19 Schülern und Schülerinnen. 17 Schüler*innen hatten das Einverständnis der Erziehungsberechtigten erhalten und an der Abgabe der Reflexionen teilgenommen. Die restlichen zwei Schüler*innen nahmen zwar an der Lernumgebung teil, jedoch wurden ihre Ausarbeitungen an die beaufsichtigende Lehrkraft abgegeben. Die Gruppe A ist eine iPad-Klasse, das heißt, die Schüler*innen besitzen jeweils ein eigenes iPad, mit dem regelmäßig im Unterricht gearbeitet wird. Die Kinder besaßen bereits das mathematische Verständnis, den Mittelwert zu berechnen. In der Klasse war auch ein Kind mit einem sonderpädagogischen Förderstatus im Bereich Lernen anwesend. Aus pädagogischen Gründen werden im späteren Verlauf auch Werte dieses Kindes in die Gesamtrechnung einbezogen, wodurch Extremwerte entstanden sind.

Pauline Berend:

Die Klasse der Gruppe B bestand aus 25 Schülern und Schülerinnen, wobei jedoch krankheitsbedingt lediglich 22 Schüler*innen an der Erhebung teilnehmen konnten. Von allen teilnehmenden Schülern und Schülerinnen lag das Einverständnis der Erziehungsberechtigen

vor, die Reflexionen einzusammeln und auszuwerten. Einige Schüler*innen zeigten Probleme bei den Rechnungen, wodurch sich einige Extremwerte ergaben. Wie auch bei Gruppe A wurden entstandene Extremwerte aus pädagogischen Gründen mit aufgenommen. Im Gegensatz zur Gruppe A hatte diese Gruppe keine iPads als Unterstützung.

5.2 Reflexionen – Pauline Berend

Im Rahmen der Lernumgebung sollten die Schüler*innen in Einzelarbeit nach jeder der vier Einheiten dazu passende Reflexionen ausfüllen.
Diese Reflexionen wurden der ursprünglichen Lernumgebung angefügt und sollen die einzelnen Themenbereiche abdecken und das Verständnis der Kinder durch offene Fragestellungen einfangen. Somit soll nicht das eigene Handeln reflektiert werden, sondern das Denken über verschiedene Aspekte wie Daten, Schätzen, Daumensprung und das Verständnis über Messunsicherheiten dargestellt werden. Die Kinder sollten offen gestellte Fragestellungen schriftlich beantworten. Die Reflexionen erfolgten jeweils am Ende jeder Unterrichtsstunde. Sowohl die erste als auch dritte Reflexion beinhalteten lediglich eine Fragestellung, während die zweite Reflexion drei Fragestellungen umfasste. Die vierte Reflexion umschloss hingegen eine große Fragestellung mit mehreren Unterfragen. Zum Ende wurde noch ein weiterer Fragebogen von den Kindern ausgefüllt, der sich ausschließlich auf ihre Arbeit mit der Lernumgebung bezog. Diese Reflexion wird im Ausblick Erwähnung finden und abbilden, wie die Kinder die Lernumgebung aus ihrer Perspektive heraus empfunden haben, allerdings trägt sie inhaltlich nicht viel zur Arbeit bei. Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse nicht kodiert und sind demnach kein Bestandteil des Kodierleitfadens. Im Ausblick werden daher nur Zitate aus der letzten Reflexion miteingefügt.

5.3 induktives kodieren – Julia Paul

Im weiteren Verlauf erfolgte die Auswertung mittels der Inhaltsanalyse nach Mayring (2022). „Ziel der Inhaltsanalyse ist, darin besteht Übereinstimmung, die Analyse von Material, das aus irgendeiner Art von Kommunikation stammt“ (Mayring, 2022, S. 11).

„Zusammenfassend will also Inhaltsanalyse

- Kommunikation analysieren,
- fixierte Kommunikation analysieren,
- dabei systematisch vorgehen,
- dabei also regelgeleitet vorgehen,
- dabei auch theoriegeleitet vorgehen,
- das Ziel verfolgen, Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte der

Kommunikation zu ziehen.“ (Mayring, 2022, S. 13)

„Da sie dabei nicht nur Inhalte der Kommunikation zum Gegenstand hat, bleibt der Begriff Inhaltsanalyse problematisch; genauer wäre wohl kategoriengeleitete Textanalyse.“ (Mayring, 2022, S. 13)

Daraufhin wurde ein Kategoriensystem für jede einzelne der vier Reflexionen erarbeitet. Diese Auswahl erfolgt induktiv, also aus den Reflexionen heraus und nicht auf Grundlage von Theorien und wissenschaftlicher Literatur, da wissenschaftliche Inhalte zu diesem Thema nicht für die Grundschule konzipiert wurden und diese Arbeit ein Ausgangspunkt für diese Erarbeitung darstellen könnte.

Die Kategorien für die einzelnen Reflexionen wurden in Flussdiagrammen dargestellt. Die Flussdiagramme verbinden auch die qualitativen und quantitativen Auswertungen der Reflexionen, wobei auf Grundlage der jeweiligen Aussagen der Kinder nicht für alle Reflexionen eine quantitative Auswertung sinnvoll war und daher auch nicht vorgenommen wurde.

Die Kategorien und Unterkategorien ergaben sich aus den erstellten Flussdiagrammen. Die Kodierregeln wurden durch Diskussionen der Studentinnen geprüft und erstellt. Aussagen der Kinder wurden zur Unterstützung der Kategorien herangezogen, jedoch stellte sowohl die sprachliche Kompetenz der Schüler*innen eine Herausforderung dar, als auch die Sinnhaftigkeit der Aussagen. Die Kodierregeln wurden schließlich festgelegt und mit einer Doppelkodierung versehen. Im Weiteren ergibt sich eine Vielzahl an unterschiedlich kodierten Aussagen, die im Nachgang an die Auswertung gesondert betrachtet wurden.

Die erstellten Flussdiagramme verbinden die qualitativen und quantitativen Auswertungen der Reflexionen, wobei auf Grundlage der jeweiligen Aussagen der Kinder nicht für alle Reflexionen eine quantitative Auswertung sinnvoll war und daher auch nicht vorgenommen wurde.

5.4 Methodik der ersten Reflexion – Julia Paul

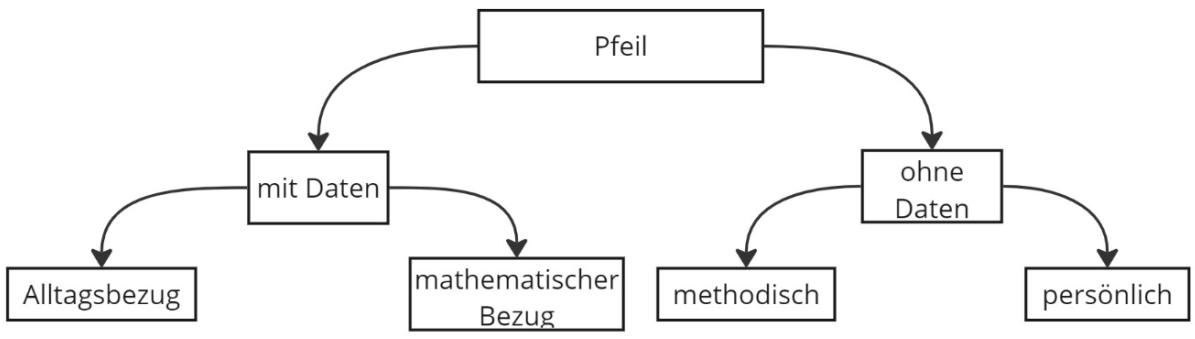


Abbildung 13: Flussdiagramm zur ersten Reflexion

Nach Sichtung der Daten erfolgte die Erstellung eines Flussdiagramms (siehe Abbildung 13), um die Gedankengänge der Schüler*innen darzustellen und Pfade für den zu erstellenden Kodierleitfaden aufzudecken. Ausgegangen wird von der ersten Reflexion, die die folgende Fragestellung beinhaltetet:

Du hast dich mit der Erhebung von Daten auseinandergesetzt und erfolgreich den Mittelwert berechnet. Du hast festgestellt, dass es bei der Arbeit mit Messwerten unterschiedliche Ergebnisse geben kann (Erinnerung: der Pfeil vom ersten AB). Erkläre, warum es sein kann, dass nicht alle Messwerte einer Sache das gleiche Ergebnis haben. Wie kann es passieren, dass man zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt?

Der erste Eindruck zeigte, dass einige Schüler*innen die Fragestellung mit und andere ohne Daten beantworteten. Daraus ergab sich der erste Pfad der Kodierung, der durch die folgende Definition im Kodierleitfaden festgehalten wurde:

Definition: Die Kinder nutzen die erhobenen Daten zur Erklärung ihrer Reflexion.

Aus den daraus resultierenden Pfaden ergaben sich weitere Besonderheiten, die wie folgt benannt und durch eine Kodierregel beschrieben und eingegrenzt wurden.

Der erste Pfad entsteht dort, wo Kinder mit Daten argumentiert haben und sich daraus folgende weitere Pfade und die passende Kodierregel ergeben:

Alltagsbezug: Es dürfen nur Aussagen sein, in denen Zahlen aufgeführt werden oder sprachlich mit Nutzung von Zahlen bzw. mathematisch argumentiert wird. Ein Bezug zur alltäglichen Lebenswelt der Kinder ist vorhanden.

Mathematischer Bezug: Es dürfen nur Aussagen sein, in denen Zahlen aufgeführt werden oder sprachlich mit Nutzung von Zahlen bzw. mathematisch argumentiert wird. Die Aussagen folgen einer mathematisch/logischen Erklärung.

Für alle Reflexionen wurde der Cohen’s-Kappa-Wert berechnet, der ein Qualitätsmerkmal des erstellten Kodierleitfadens darstellt. Der Cohen’s-Kappa-Wert wird berechnet, wenn zwei Bewerter Aussagen nach einem Kodierleitfaden kodieren bzw. Gegenstände einer Kategorie zuordnen (Landis & Koch, 1977). Der Wert erfasst die Übereinstimmungen der Rater bei subjektiven Entscheidungen. Cohen’s-Kappa beschreibt daher die Inter-Rater-Reliabilität. Im Folgenden ist eine Darstellung abgebildet, die die Ergebnisse des Wertes genauer einordnen.

Kappa Statistic	*Strength of Agreement*
<0.00	Poor
0.00–0.20	Slight
0.21–0.40	Fair
0.41–0.60	Moderate
0.61–0.80	Substantial
0.81–1.00	Almost Perfect

Abbildung 14: Interpretation der Cohen's-Kappa-Werte nach Landis & Koch, 1977, S. 165

Der Cohen's-Kappa-Wert für diese Arbeit wurde mit Hilfe des Statistikprogramms „R 4.4.0" berechnet. Zur Interpretation wurde die oben dargestellte Abbildung herangezogen.

Für die erste Reflexion konnte ein Wert von 0,38 ermittelt werden. Nach Landis und Koch (1977) ist dieser Wert mit „fair" (angemessen) zu bewerten. Die Übereinstimmungen der Kodierung beider Studierenden ist nach dieser Einteilung nicht sehr hoch.

Die Kodierung der Ergebnisse erfolgte getrennt voneinander. Die Studierenden sahen die Zuordnung der Codes des anderen erst nachdem beide ohne jegliche Absprachen die Kodierung vornahmen. Eine Diskussion der Zuordnung erfolgte demnach nicht.

5.5 Methodik der zweiten Reflexion – Pauline Berend

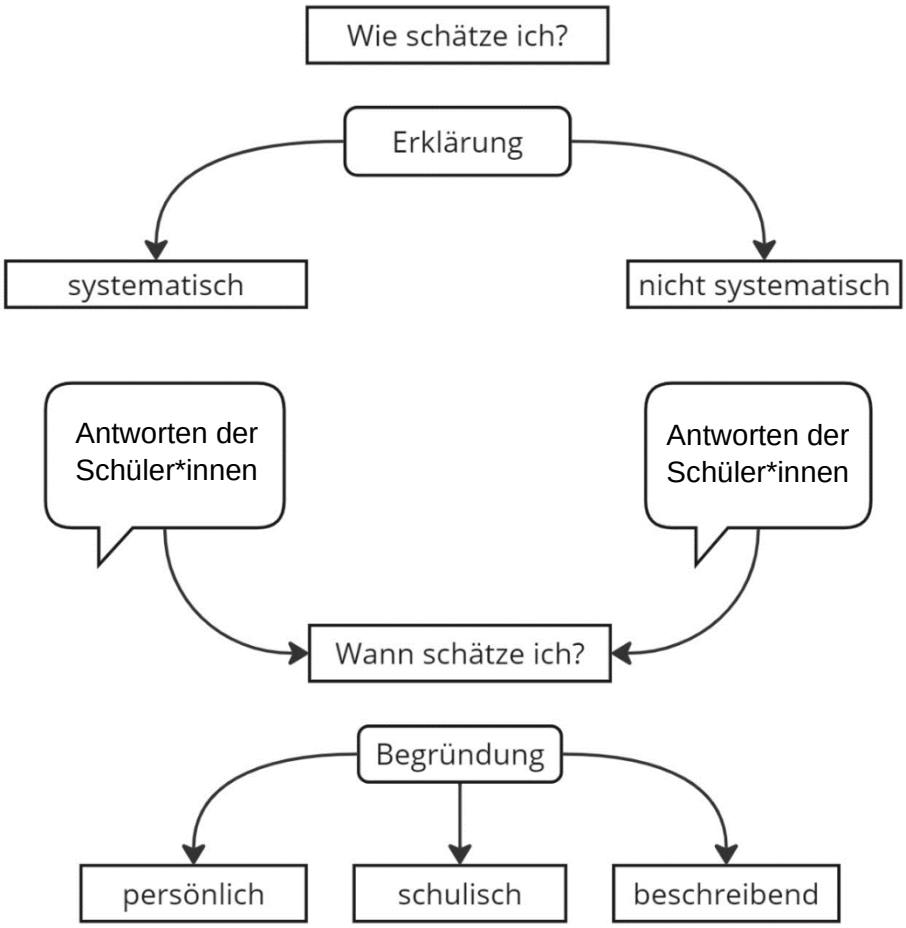


Abbildung 15: Flussdiagramm zur zweiten Reflexion

Bei der zweiten Reflexion wurden den Kindern folgende drei Fragen gestellt:

Was bedeutet Schätzen?
Wann wendest du es an und wann ist es sinnvoll?
Wie bist du beim Schätzen vorgegangen?

Für die Auswertung der Daten wurde sich nur auf die dritte Frage konzentriert. Bei der Erstellung des Flussdiagramms (siehe Abbildung 15) wurde zunächst herausgefiltert, dass sich die Antworten der Schüler*innen grob zwischen systematischen und nicht-systematischen Antworten unterscheiden lassen. Basierend auf diesen ersten Einteilungen wurden im Anschluss die weiteren Begründungen genauer betrachtet, die drei neue Pfade auftaten. Die systematischen Antworten ließen sich den Pfaden persönliches Interesse, schulische Begründungen und beschreibende Begründung zuordnen. Für jeden dieser drei Pfade wurde jeweils eine Definition und eine Kodierregel aufgestellt.

Für die Begründung über das *persönliche Interesse* wurde folgende Definition festgelegt: *Die Kinder gehen schrittweise vor, um Alltagssituationen zu meistern.* Als Kodierregel ergab sich folgendes: *Es ist eine Aufzählung oder es sind Schritte erkennbar. Es ist erkennbar, dass Kinder schulische Inhalte bzw. Methoden in den Alltag integriert haben, um Alltagssituationen zu meistern.*

Für systematische Antworten mit einer schulischen Begründung wurde die Definition gewählt: *Die Kinder gehen schrittweise vor, um Probleme im schulischen Kontext zu bewältigen*. Als Kodierregel ergab sich folglich, dass *eine Aufzählung oder Schritte erkennbar [sind]. Schätzen wird ausschließlich als Aufgabe im schulischen Kontext verstanden. Ein Transfer in den Alltag für das persönliche Nutzen ist nicht erkennbar.*

Auch für die systematischen beschreibenden Begründungen wurde eine Definition und eine Kodierregel aufgestellt. Die Definition lautet wie folgt: *Die Kinder beschreiben bildlich und schrittweise ihr Vorgehen.* Daraus resultierend ergab sich für diese Antworten folgende Kodierregel: Eine Aufzählung oder Schritte sind erkennbar. *Das Vorgehen wird bildhaft beschrieben. Die Kinder nutzen Beispiele, um ihr Vorgehen zu erklären.*

Auch bei den nicht-systematischen Antworten ergaben sich die weiteren Pfade ‚persönliches Interesse', ‚schulische Begründungen' und ‚beschreibende Begründung'. Auch hier wurde jeweils eine Definition und eine Kodierregel aufgestellt.

Für nicht-systematische Antworten mit Begründung über ein persönliches Interesse wurde die Definition festgelegt, dass *die Kinder [ein] persönliches Vorgehen als Lösungsweg beschreiben.* Hierbei wurde folgende Kodierregel aufgestellt: *Die Kinder führen ein persönliches Beispiel an. Kein schrittweises Vorgehen erkennbar.*

Für nicht-systematische Begründungen über schulische Aspekte ließ sich die Definition aufstellen: *Die Kinder schätzen in der Schule, ohne dass dies über ein methodisches Vorgehen erklärt wird.* Daraus wurde folgende Kodierregel aufgestellt: *Die Kinder führen schulische Beispiele aus dem Rahmen des Unterrichts an. Sie nutzen dafür Erfahrungen aus dem Unterricht, die sie als Aufgaben des Unterrichts empfunden haben. Es ist kein schrittweises Vorgehen erkennbar. Es ist kein Transfer auf Alltagssituationen erkennbar.*

Als letzten Pfad der nicht-systematischen Antworten ließen sich beschreibende Begründungen der Schüler*innen erkennen. Dafür ergab sich die Definition: *Die Kinder beschreiben beispielhaft.* Als Kodierregel wurde an dieser Stelle folgende Regel aufgestellt: *Die Kinder beschreiben anhand von Beispielen. Kein klarer schulischer oder persönlicher Bezug erkennbar.*

Auch für diese Reflexion wurde der Cohen's-Kappa-Wert berechnet. Es ergab sich ein Wert von 0,54. Nach Landis und Koch (1977) sei dieser Wert mit „moderate" (mäßig) zu bewerten.

Bei dieser Reflexion lag schon eine höhere Übereinstimmung bei den Bewertern vor als bei der ersten Reflexion.

5.6 Methodik der dritten Reflexion – Julia Paul

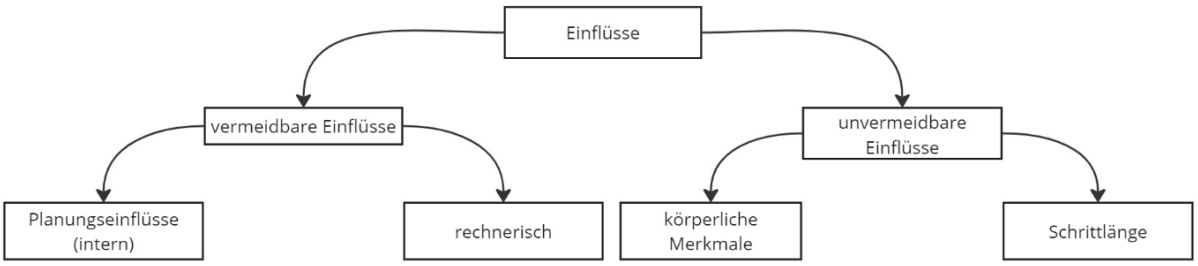


Abbildung 16: Flussdiagramm zur dritten Reflexion

In der dritten Reflexion befassten sich die Schüler*innen mit folgender Aufgabenstellung:

Nenne einige mögliche Ursachen dafür, warum die Ergebnisse des Daumensprungs der Klasse so verschieden sind.

Bei den Antworten der Kinder konnte zunächst zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Einflüssen auf das Experiment „Daumensprung“ unterschieden werden. Von diesen beiden Pfaden konnten wiederum je zwei weitere Pfade abgegrenzt werden. Dies spiegelt sich auch im Flussdiagramm in der Abbildung 16 wider.

Als ersten Pfad der vermeidbaren Einflüsse ergaben sich Planungseinflüsse. Im Kodierleitfaden wurden diese Planungseinflüsse wie folgt definiert: *Schüler*innen benennen die Position bei der Durchführung des Experiments als Einflussfaktor auf das Ergebnis.* Davon ausgehend ergab sich die folgende Kodierregel: *Die Kinder beziehen sich ausschließlich auf örtliche Begebenheiten. Sie stellen diesen Aspekt als vermeidbar dar.*

Einige Aussagen der Schüler*innen benennen Rechenfehler als Ursache für unterschiedliche Ergebnisse des Daumensprung-Experiments. Für rechnerische Einflüsse wurde folgendes festgelegt: *Fehler beim Rechnen können auftreten.* Die Kodierregel beschreibt diese rechnerischen Einflüsse genauer: *Fehlerhafte Rechnungen haben das Ergebnis beeinflusst und sind vermeidbar. Die Kinder beschreiben die Handlung als fehlerhaft.*

Bei den unvermeidbaren Einflüssen stellten sich zunächst die körperlichen Merkmale als Einfluss auf den Daumensprung heraus. Als Definition dieses Einflussfaktors wurde folgende gewählt: *Jeder Mensch hat individuelle Köpermaße.* Daraus ergab sich die Kodierregel, dass *die Kinder […] die Individualität von Körperteilen [benennen]. Klein und groß werden als unvermeidbar definiert.*

Als letzten unvermeidbaren Einfluss nannten die Schüler*innen die unterschiedlichen Schrittlängen als Faktor, der den Daumensprung beeinflusst haben könnte. An dieser Stelle wurde folgende Definition genutzt: *Die Kinder beschreiben unterschiedliche Schrittlängen.* Als Kodierregel wurde an dieser Stelle folgendes festgelegt: *Die Schrittlänge ist ein beeinflussbarer Faktor, jedoch kann sie nicht konstant gleich genutzt werden, wodurch sie unbeeinflussbar wird. Die Kinder benennen daher die Schrittlänge als weiteres individuelles Körpermerkmal.*

Bei der Festlegung der Einordnung des Faktors ‚Schrittlänge' herrschte bei den Autorinnen dieser Arbeit Uneinigkeit. Pauline Berend ordnete die Schrittlänge zunächst als vermeidbaren Einfluss ein. Die Einordnung wurde dadurch begründet, dass Schüler*innen darauf achten könnten, gleich lange Schritte zu gehen. Am Ende schloss sich Pauline Berend der Argumentation von Julia Paul an.

Als Cohen's-Kappa-Wert ließ sich ein Wert von 0,94 für diese Reflexion berechnen. Dieser Wert wird als „almost perfect" (fast perfekt) eingeordnet (Landis & Koch, 1977). An dieser Stelle lässt sich sagen, dass die Studierenden in den meisten Aussagen in ihrer Einordnung übereinstimmen. Dieser Wert ist der beste Cohen's-Kappa-Wert aller Reflexionen.

5.7 Methodik der vierten Reflexion – Pauline Berend

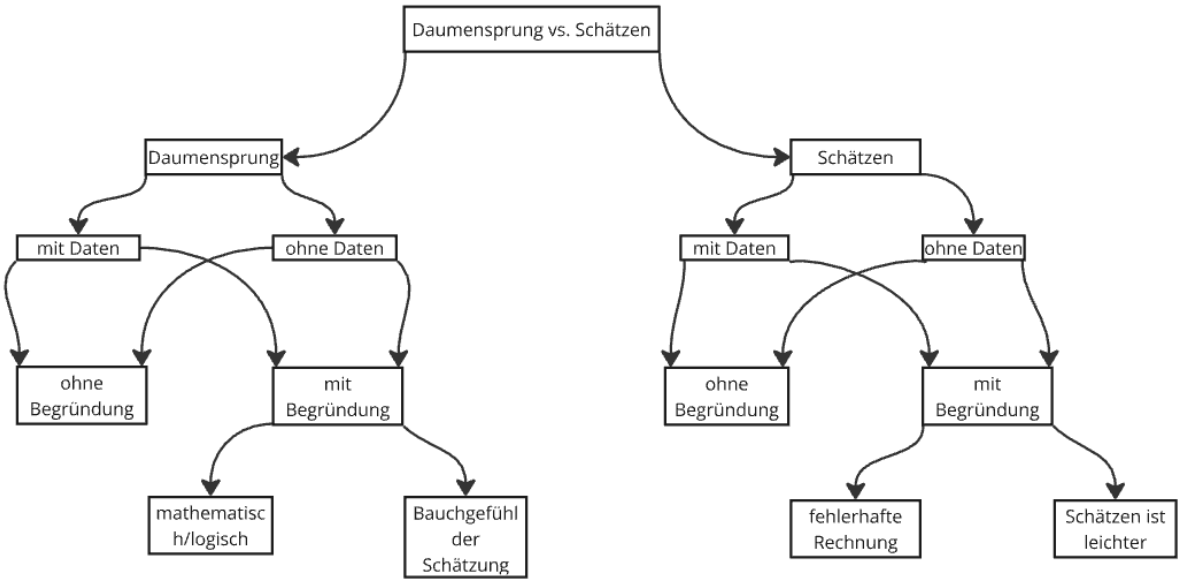


Abbildung 17: Flussdiagramm zur vierten Reflexion

In der letzten Reflexion bekamen die Schüler*innen folgende Aufgabe gestellt:
Du hast nun deine geschätzten Ergebnisse und die Ergebnisse des Daumensprungs in einer Tabelle.
Inwiefern stimmen diese Ergebnisse überein?

Beschreibe, was dir auffällt.
Welches Ergebnis findest du sicherer (Daumensprung oder Schätzung)?
Begründe.

Zunächst wurde das Flussdiagramm (siehe Abbildung 17) danach eingeteilt, ob die Schüler*innen sich für das Schätzen oder den Daumensprung entschieden haben. Davon ausgehend entwickelten sich die weiteren Pfade. Es wurde geschaut, ob die Schüler*innen ihre Antworten auf den erhobenen Datensatz stützen oder nicht. Ausgehend davon wurde weiter entschieden, ob die Schüler*innen Begründungen anführten.

Für den Pfad ‚Entscheidung für den Daumensprung' mit Datennutzung und einer mathematisch/logischen Erklärung ergab sich im Kodierleitfaden folgende Kodierregel: *Die Kinder begründen durch Bezug auf die Daten und Anwendung von mathematischen/logischen Bezügen.* Für Begründungen, die dem Bauchgefühl der Schüler*innen folgen, ergab sich die Kodierregel: *Die Kinder begründen mit Bezug auf die Daten und definieren die Schätzung als Bauchgefühl.*

Aussagen, die zwar keine Daten aus der Lernumgebung verwendeten, jedoch mathematisch/logische Begründungen enthielten, wurden nach folgender Regel kodiert*: Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten durch Nutzung von mathematischen/logischen Bezügen.* Begründungen, die auf dem Bauchgefühl der Schüler*innen beruhten, ließen sich nach folgender Kodierregel festlegen: *Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten und definieren die Schätzung als Bauchgefühl.*

Antworten, die sich zwar auf Daten beziehen, jedoch keine weiteren Begründungen enthalten, wurden wie folgt definiert: *Kinder entscheiden durch das Nutzen der erhobenen Daten, dass der Daumensprung sicherer ist.*

Auch Antworten ohne Nutzung von Daten und ohne Begründung, jedoch mit der Entscheidung für den Daumensprung waren möglich. Dafür galt folgende Definition: *Kinder entscheiden ohne das Nutzen der erhobenen Daten, dass der Daumensprung sicherer ist.*

Auf der Seite des Schätzens wurde nach demselben Prinzip verfahren. Für den Pfad ‚Entscheidung für das Schätzen' mit Datennutzung und einer Begründung über fehlerhafte Rechnung, die den Daumensprung unsicher macht, ergab sich im Kodierleitfaden folgende Kodierregel: *Die Kinder begründen mit Bezug auf die Daten und beschreiben die Anfälligkeit der Berechnung des Daumensprungs als mögliche Fehlerquelle.* Weiterhin ergaben sich Antworten, die Daten nutzten und Begründungen lieferten, sodass das Schätzen leichter sei. Dafür ergab sich folgende Kodierregel: *Die Kinder begründen mit Bezug auf die Daten und beschreiben das Schätzen als unkompliziert*.

Für den Pfad ‚Entscheidung für das Schätzen' ohne Datennutzung und einer Begründung über fehlerhafte Rechnung, die den Daumensprung unsicher macht, ergab sich im Kodierleitfaden folgende Kodierregel: *Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten und beschreiben die Anfälligkeit der Berechnung des Daumensprungs als mögliche Fehlerquelle.* Antworten, die keine Daten nutzten und Begründungen lieferten, dass das Schätzen leichter sei, folgten der Kodierregel: *Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten und beschreiben das Schätzen als unkompliziert*.

Wie auch beim Daumensprung gab es Antworten, bei denen Schüler*innen Daten nutzten ohne weitere Begründungen. Dafür ergab sich die Definition: *Kinder entscheiden durch das Nutzen der erhobenen Daten, dass das Schätzen sicherer ist.*

Für Antworten der Schüler*innen, bei denen sich für das Schätzen entschieden wurde, ohne den Bezug zu Daten oder weiteren Begründungen, galt folgende Definition: *Kinder entscheiden ohne das Nutzen der erhobenen Daten, dass das Schätzen sicherer ist.*

Für die letzte Reflexion konnte ein Cohen's-Kappa-Wert von 0,49 berechnet werden. Nach Landis und Koch (1977) lässt sich dieser Wert ebenfalls als „moderate" (mäßig) beschreiben.

5.8 Methodik der fünften Reflexion – Pauline Berend

Die letzte Reflexion wurde dafür genutzt, den Schüler*innen die Möglichkeit zu geben, ihre Gedanken zur Lernumgebung äußern können. Inhaltlich trug die fünfte Reflexion nicht zur Beantwortung der Fragestellung bei. Der Vollständigkeit halber wurde diese Reflexion auch ausgewertet, jedoch nicht in den Kodierleitfaden mit aufgenommen. In dieser letzten Reflexion wurden den Schüler*innen folgende Aufgaben gestellt:

- Was hat dir gut gefallen?
- Was hat dir nicht gut gefallen?
- Welche zwei Begriffe sind dir im Kopf geblieben?
- Was bedeutet es für dich, dass jede Messung eine Unsicherheit hat?

Diese Reflexion sollte ein Stimmungsbild darstellen und die Schüler*innen anregen, abschließende Gedanken über die gesamte Lernumgebung zu äußern.

6. Auswertung – Pauline Berend und Julia Paul

In diesem Kapitel werden nun die Ergebnisse der Reflexionen dargestellt. Da die Erstellung dieser Arbeit von zwei Studierenden erfolgte, wurde der gemeinsame Datensatz (n = 39) doppelt kodiert und die Ergebnisse werden daher auch an einigen Stellen separat voneinander ausgewertet. Die Auswertung folgt dem Erteilen der Reflexionen in der Lernumgebung, wodurch erst die erste Reflexion und zum Ende hin die letzte Reflexion ausgewertet wird. Im

Anschluss werden noch die letzten Fragestellungen der Kinder zum Thema ihrer Zufriedenheit mit der Lernumgebung vorgestellt und können wie auch die anderen Reflexionen im Diskussionsteil eingesehen werden.

6.1 Auswertung der ersten Reflexion – Julia Paul

Bei der ersten Reflexion sollten die Kinder die folgende Frage beantworten:

Wie kann es passieren, dass man zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt?

Julia Paul ordnete 10 von 39 Kindern das Argumentieren mit Daten zu, während 29 Kinder ohne Daten argumentierten und ein Kind keine Antwort gab.

Neun Kinder argumentierten mit der Hilfe von Daten beim Beantworten der Fragestellung. Eine Begründung ihrer Antwort lieferten die Kinder in Bezug auf ihren Alltag oder zeigten einen mathematischen Bezug auf. Drei von den neun Kindern antworteten in Bezug auf ihre Alltagswelt, während sieben der neun Kinder sich auf die Mathematik bezogen.

28 Kinder argumentierten bei der Beantwortung ihrer Fragestellung ohne Daten. Des Weiteren begründeten die Kinder ihre Antworten unter zwei unterschiedlichen Gesichtspunkten. Einerseits antworteten neun Kinder ohne Daten, zeigten jedoch ein methodisches Vorgehen in ihren Antworten auf. 19 Kinder, die ohne Daten argumentieren, untermauerten ihre Antworten mit persönlichen Aspekten.

Laut der Einordnung von Pauline Berend antworteten 13 von 29 Kindern mit Daten, während 25 Kinder ohne Daten argumentierten. Ein Kind gab keine Antwort.

13 Kinder argumentierten mit Daten und beantworteten die Fragestellung. Davon bezogen sich neun Kinder auf mathematische Inhalte, während vier Kinder einen Alltagsbezug herstellten. 25 Kinder verwendeten bei der Beantwortung der Fragestellung keine Daten. Zehn dieser Kinder zeigten bei der Beantwortung ein methodisches Vorgehen auf. 15 der 25 Kinder gaben bei der Beantwortung der Fragestellung persönliche Bezüge an.

Beispielhaft für die Beantwortung der Fragestellung sind die folgenden Antworten:

Die folgende Antwort zeigt den Code ‚Argumentation mit Daten mit mathematischem Bezug' (Kodierung: AmD.mB) auf. Beide Studentinnen gaben denselben Code für diesen Textauszug an. Es werden sowohl die Daten durch Zahlen benannt, als auch ein mathematischer Bezug zum Messen hergestellt. Die Möglichkeit, verschiedene Ergebnisse/ Werte zu erhalten, gilt als erkannt.

„Also es gibt eine andere Lösung bei manchen weil sie den Pfeil der durch das er gebogen ist kann mann ihn immr anders Messen. Wenn mann anders mist kriegt man andere Losungen wie 9,5 11 uns so weiter.“ (B22)

Die zweite Antwort stellt eine beispielhafte Antwort für den Code ‚Argumentieren ohne Daten mit methodischem Vorgehen‘ (Kodierung: AoD.m) dar. Auch hier waren sich beide Studentinnen einig. Das Kind zeigte Wissen zum Thema Messen auf, wobei es keine Daten nutzt. Es beschreibt das Vorgehen eines Messvorgangs.

„Jeder mösst anders. Der Pfeil hatte ein bogen manche Personen werden stück und Stuck mösen den bogen das Pfeil.“(B7)

Abschließend werden die Ergebnisse in der nachfolgenden Tabellen aufgeführt:

	Julia Paul	Pauline Berend
Argumentation mit Daten	**10**	**13**
- mathematischer Bezug	7	9
- Alltagsbezug	3	4
Argumentation ohne Daten	**28**	**25**
- methodisch	9	10
- persönlich	19	15
keine Antworten	**1**	**1**

Tabelle 1: Ergebnisse der ersten Reflexion

6.2 Auswertung der zweiten Reflexion – Pauline Berend

Thematisch gesehen gehört diese Reflexion zum Thema Schätzen. In dieser Reflexion wurden den Schülern und Schülerinnen folgende Fragen gestellt:

Was bedeutet Schätzen?
Wann wendest du es an und wann ist es sinnvoll?
Wie bist du beim Schätzen vorgegangen?

Zunächst wurden die Antworten der Schüler*innen danach ausgewertet, ob die Begründungen systematisch oder nicht-systematisch waren. Sowohl Julia Paul als auch Pauline Berend teilten die Mehrheit (n = 20) der Antworten den systematischen Antworten zu. Dem gegenüber standen die nicht-systematischen Antworten (n = 12). Insgesamt gaben sieben Schüler*innen (n = 7) keine Antworten.

Einigen Schüler*innen konnten bei einer Antwort auch mehrere Codes zugewiesen werden, wodurch die Anzahl aller gegebenen Antworten die Personenzahl (n = 39) übersteigt. Auch wenn eine Zuteilung mehrerer Codes erfolgte, war pro Kind immer nur eine systematische oder nicht-systematische Zuordnung möglich. Bespielhaft an dieser Stelle ist zu nennen, dass dem Kind mit der Kennung A6 zwei Codes (nsm.pl/nsm.sch) für die Aussage: „[…] In Mathe Nawi und auf der straße in der Nahr und fast überall. Ich habe ans internet gedacht was ich schon wusste." (B6) aus dem nicht-systematischen Bereich zugeordnet wurden.

Von allen systematischen Antworten teilte Julia Paul den Großteil (n = 11) der Antworten als solche ein, die Begründungen basierend auf dem persönlichen Interesse (Kodierung: s.pI) enthalten. Aussagen, die in diese Kategorie eingeordnet wurden, enthielten schrittweise Beschreibungen, die Kinder nutzten, um Alltagssituationen zu meistern. Auch war bei diesen Aussagen erkennbar, dass Kinder zum Teil schulische Methoden oder Inhalte in ihren Alltag integriert haben. Eine Aussage, die beide Studierenden als systematisch und mit einer Begründung über das persönliche Interesse zuordneten, stammte von dem Kind mit der Kennung B9: „[…] wenn jemand dich fragt schätz mal; wenn du ein alter schätzen soll. Ich denke immer an wie. Bei der Tür, wie ich da dran stehe: und wie groß ich bin." (B9). Hierbei ist eine schrittweise Beschreibung erkennbar und das Kind zeigt ein persönliches Vorgehen als Lösungsweg. Auch ist erkennbar, dass das Kind das Schätzen auch auf den Alltag übertragen kann und einen Nutzen im Alltag daraus zieht.

Pauline Berend hingegen ordnete lediglich neun Aussagen als systematisch mit persönlichem Interesse als Begründung ein. Eine Aussage, die von Pauline Berend als systematisch mit persönlichem Interesse eingeordnet wurde, von Julia Paul jedoch nicht, stammt vom Kind mit der Kennung B21: „[…] Ich habe mir eine Sache gesucht wie zum beippiel das Kröpeliner Tor in Rostock wo ich wusste wie Groß es ist und es vergleichen konnte!" (B21). Das Kind nutzte Beobachtungen aus dem Alltag, um damit einen persönlichen Lösungsweg zu beschreiben.

Den systematischen Antworten, die einen schulischen Bezug (Kodierung: s.sch) aufwiesen, ordnete Julia Paul sieben Aussagen der Kinder zu, während es bei Pauline Berend nur fünf Aussagen sind. Die Aussagen der Schüler*innen aus dieser Kategorie beschrieben ein schrittweises Vorgehen, das nur im schulischen Kontext von den Schülern und Schülerinnen verwendet wurde. Ein Beispiel für Begründungen, die das Schätzen im schulischen Kontext beschreiben, ist folgende:

> „Wenn man in einer Mathe Klassenarbeit schätzen hat wie groß etwas ist dann kann man es anwenden. das man sein Gehirn anschaltet und ohne Internet ist Schätzen sinnvoll. Ich habe mir das was ich schätzen wollte mir vorgestellt und dann habe ich geschätzt" (B17)

Beide Studierenden haben diese Aussage als systematisch mit schulischem Bezug eingeordnet, da nicht erkennbar ist, ob die Kinder das Schätzen in ihren Alltag integriert oder es nur im schulischen Kontext verwenden haben.

Pauline Berend ordnete den Großteil (n = 10) der systematischen Antworten als systematisch beschreibend (Kodierung: s.b) ein, während Julia Paul sieben Antworten der Kinder als systematisch beschreibend deklarierte. Bei Antworten dieser Kategorie beschrieben die Kinder ihr Vorgehen beispielhaft und schrittweise. Die folgende Aussage wurde von beiden Studierenden als systematisch beschreibend eingeordnet: „Ich habe mir einen gegenstand genommen dessen Wert ich kannte und habe daran dann geschätzt wie z.B. groß etwas anderes ist.“ (B17). Das Kind beschrieb hier ein schrittweises und anschauliches Vorgehen.

Bei allen systematischen Antworten zeigte sich eine strukturierte Herangehensweise der Schüler*innen. Bei den nicht-systematischen Antworten hingegen war bei keiner Aussage eine Herangehensweise bzw. nachvollziehbare Schritte erkennbar. Auch die nicht-systematischen Antworten wurden wieder nach persönlichem Interesse, schulisch und beschreibend sortiert.

Aussagen, die nicht-systematisch waren und sich durch das persönliche Interesse (Kodierung: nsm.pI) der Schüler*innen auszeichneten, zeigten ein persönliches Beispiel als Lösungsvorgehen ohne weiteres schrittweises Vorgehen. Folgende Aussage wurde von beiden Studierenden als nicht-systematisch mit persönlichen Begründungen eingeordnet: „[…] Ich habe ans internet gedacht was ich schon wusste.“ (B6).

Einige Aussagen der Schüler*innen ließen sich als nicht-systematisch mit schulischem Bezug (Kodierung: nsm.sch) einordnen. Aussagen dieser Kategorie zeichneten sich dadurch aus, dass Schüler*innen das Schätzen immer als schulische bzw. unterrichtliche Aufgabe verstanden. Es wird kein weiteres methodisches Vorgehen von den Schülern und Schülerinnen erklärt. Julia Paul ordnete dieser Kategorie vier Aussagen zu, während Pauline Berend nur zwei hinzuzählte. Folgende Aussagen wurden von beiden Studierenden dieser Kategorie zugeordnet: „in Mathematik“ (A2) und „In Mathe Nawi […]“ (B6). Bei diesen Aussagen wird deutlich, dass die Kinder das Schätzen hauptsächlich als Aufgabe in der Schule verstehen und dass das Schätzen mehr im Mathematikunterricht eingeordnet wird als im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Der letzte Teil der Antworten der Schüler*innen bildete der nicht-systematische beschreibende Teil (Kodierung: nsm.b). Pauline Berend ordnete den Großteil (n = 10) der nicht-systematischen Aussagen dieser Unterkategorie zu, während es bei Julia Paul insgesamt sieben Aussagen waren. Die Aussagen der Schüler*innen, die dieser Kategorie angehören, waren oft beispielhaft und wiesen keinen weiteren Bezug auf. Folgende Aussage wurde von beiden

Studierenden dieser Unterkategorie zugeordnet: „Ich habe mir den Gegenstand angeguckt“ (B5). An dieser Stelle wird deutlich, dass das Kind keine logische Herangehensweise aufzeigte und nur kurz beschrieb, wie es vorgegangen ist.

	Julia Paul	Pauline Berend
systematisch	**20**	**20**
- persönliches Interesse	11	9
- schulisch	7	5
- beschreibend	7	10
Nicht-systematisch	**12**	**12**
- persönliches Interesse	3	2
- schulisch	4	2
- beschreibend	7	10
keine Antworten	**7**	**7**

Tabelle 2: Ergebnisse der zweiten Reflexion

6.3. Auswertung der dritten Reflexion – Julia Paul

Die dritte Reflexion beschäftigte sich mit der folgenden Fragestellung:

Nenne einige mögliche Ursachen dafür, warum die Ergebnisse des

Daumensprungs der Klasse so verschieden sind.

Die folgenden Ergebnisse ergaben sich aus den Codes beider Studentinnen:

Von Julia Paul wurden die Antworten vorerst in vermeidbare und unvermeidbare Einflüsse unterteilt. Vier Kinder gaben keine Antwort. Daher wurde von 35 Antworten ausgegangen, obwohl 39 Kinder teilnahmen. 27 von 35 Kindern benannten unvermeidbare Einflüsse und 22 Kinder vermeidbare Einflüsse. Die Zahlen lassen sich nicht auf die Personenzahl zurückführen, da mehrere Codes pro Person genannt wurden.

Die unvermeidbaren Einflüsse wurden in körperliche Merkmale und Schrittlänge unterteilt. Die vermeidbaren Einflüsse wurden in die Pfade Planungseinflüsse und rechnerisch untergliedert.

Vorerst wurden die vermeidbaren Einflüsse unterteilt und dargestellt. Acht von 22 Antworten beinhalteten rechnerische Einflüsse. Planungseinflüsse wurden in 18 Antworten benannt.

Acht Aussagen enthielten ausschließlich vermeidbare Einflüsse und 14 Aussagen sowohl vermeidbare als auch unvermeidbare Einflüsse.

In den Aussagen fanden sich 27 unvermeidbare Einflüsse. 15 von 27 Aussagen enthielten körperliche Merkmale und 21 die Schrittlänge. 13 Aussagen beinhalteten ausschließlich unvermeidbare Einflüsse.

Pauline Berend kodierte die Aussagen der Kinder dahingehend abweichend, dass 28 von 35 Aussagen unvermeidbare und 22 Aussagen vermeidbare Einflüsse aufwiesen.

16 von den 28 Aussagen zeigten inhaltlich unvermeidbare Einflüsse, die sich auf körperliche Merkmale bezogen. 21 von den 28 Aussagen erwähnten den Aspekt der Schrittlänge als unvermeidbaren Einfluss.

12 der unvermeidbaren Aussagen bestanden ausschließlich aus Informationen zu unvermeidbaren Einflüssen. 15 Aussagen enthielten sowohl unvermeidbare als auch vermeidbare Einflüsse.

Im Folgenden werden die vermeidbaren Einflüsse dargestellt, die rechnerische Prozesse und Planungsprozesse umfassten. In 22 von 35 Antworten wurden vermeidbare Einflüsse benannt. 9 der 22 Antworten argumentierten mit rechnerischen Einflüssen. 17 von den 22 Aussagen zeigten vermeidbare Einflüsse im Planungsprozess auf. Insgesamt enthielten sechs der 22 Aussagen ausschließlich vermeidbare Einflüsse, während 15 Antworten sowohl vermeidbare als auch unvermeidbare Einflüsse aufzeigten.

	Julia Paul	Pauline Berend
unvermeidbare Einflüsse	**27**	**28**
- körperliche Merkmale	15	16
- Schrittlänge	21	21
vermeidbare Einflüsse	**22**	**22**
- rechnerisch	8	9
- Planungseinflüsse	18	17
vermeidbare und unvermeidbare Einflüsse	**14**	**15**
keine Antwort	**4**	**4**

Tabelle 3: Ergebnisse der dritten Reflexion

Beispielhaft werden nun einige Aussagen aufgeführt. Bei den folgenden Aussagen waren sich die Studentinnen bei der Zuordnung einig.

Die Aussage enthielt ausschließlich unvermeidbare Einflüsse:

„Weil Jeder mens verschieden groß ist und weil Jeder mensch eine andere schrittgröße hat.“ (A2)

Im Weiteren stellte sich diese Aussage, die ausschließlich vermeidbare Einflüsse enthielt, als beispielhaft dar. Sie wurde von den Studentinnen gleich kodiert. Die folgende Aussage enthält ausschließlich Planungseinflüsse:

„Vielleicht weil jeder bei einer unterschiedlichen Entfernung angefangen hat?“ (A14)

Abgerundet wird die Auswertung der dritten Reflexion mit einem Beispiel, das alle Codes enthält. Sowohl unvermeidbaren als auch unvermeidbare Einflüsse wurden genannt.

„Jeder hat es auf die Gleiche art gemacht jedoch hat jeder andere Schritte gemacht. Es kommt auch auf Größe an. Stichpunkte:

- Größe
- Schritte
- Mathelogik (Wie gut kannst du Mathe)
- Anzahl der Personen (Ablenkungen)
- Daumen (verschieden oder gar kein)
- Verständnis der Aufgabe“ (B13)

6.4 Auswertung der vierten Reflexion – Pauline Berend

In der letzten Reflexion sollten die Schüler*innen basierend auf dem Vergleich der Daten des Daumensprungs und denen des Schätzens entscheiden, welchen Datensatz sie als „sicherer“ betrachten. Folgende Aufgabenstellung wurde den Schüler*innen gestellt:

Du hast nun deine geschätzten Ergebnisse und die Ergebnisse des
Daumensprungs in einer Tabelle.
Inwiefern stimmen diese Ergebnisse überein?
Beschreibe, was dir auffällt.
Welches Ergebnis findest du sicherer (Daumensprung oder Schätzung)?

Begründe.

Die Ergebnisse wurden zunächst danach eingeteilt, ob sich die Schüler*innen für den Daumensprung oder das Schätzen entschieden haben. Der Großteil der Kinder entschied sich dafür, dass das Schätzen sicherer sei. Beide Studierende kodierten, dass sich insgesamt 17 Schüler*innen für das Schätzen entschieden haben. Weiterhin wurden die Antworten von 13 Kindern als Zuordnungen zum Daumensprung als sicherere Methode kodiert. Beide Einteilungen wurden noch weiter differenziert. Bei jeder Methode wurde unterschieden, ob die Schüler*innen ihre Entscheidung mit oder ohne Nutzung von Daten begründeten. Zusätzlich wurden die Begründungen genauer analysiert und entschieden, welchem Begründungspfad diese folgten. Neun Schüler*innen gaben bei dieser Reflexion keine Antwort.

Zunächst werden die Ergebnisse des Daumensprungs detaillierter betrachtet. Die Minderheit (n = 13) der Schüler*innen entschieden sich für den Daumensprung. Mit Blick auf die Ergebnisse (siehe Tabelle 4) wird deutlich, dass sich die wenigsten Kinder bei der Beantwortung der Fragestellung auf konkrete Daten bezogen. Julia Paul kodierte bei vier Kindern eine Datennutzung, während Pauline Berend nur bei drei Kindern eine Datennutzung sah.

Einige Schüler*innen nutzten Daten aus den vorhergegangenen Reflexionen und begründeten ihre Entscheidung mit mathematischen bzw. logischen Begründungen (Kodierung: Dsp.AmD.AmB.ml). Aussagen dieser Kategorie zeichneten sich dadurch aus, dass die Schüler*innen mit Bezug auf die Daten und durch die Nutzung von mathematisch/logischen Bezügen argumentierten. Beide Studierenden ordneten dieser Unterkategorie jeweils zwei Aussagen zu. Die Aussage „Es fällt mir auf, dass beim Daumensp. Das Intervall größer ist. Ich finde den Daumenspr. Sicherer, weil man es misst." (A14) wurde von beiden Studierenden als Aussage mit Datennutzung und mathematisch/logischer Begründung eingeordnet. Es ist erkennbar, dass das Kind die Intervalle des Daumensprungs und der Schätzung miteinander verglich und dies als Grundlage für die Entscheidung nahm. Damit bezog sich das Kind auf die vorhergegangenen Reflexionen. Die Bestimmung des Intervalls war ein neuer Gegenstand, der die Schüler*innen in der Lernumgebung neu erlernten, um den Umgang mit Daten zu verbessern. Das Kind wendete dieses Wissen bei der Reflexion dann zielgerichtet an. Ein weiteres Kind verglich die einzelnen Werte miteinander und transferierte das neu erlernte Wissen zur Unsicherheit auch auf diese Reflexion: „Daumensprung ist genauer. Werte sind unterschiedlich. besser wenn die Unsicherheit klein ist →Schätzen besser" (B11).

Aussagen, die Daten aus der Lernumgebung nutzten und sich durch Begründungen über das Bauchgefühl auszeichneten (Kodierung: Dsp.AmD.AmB.Bg), waren im Datensatz der Schüler*innen nicht zu erkennen.

Wenige Schüler*innen nutzten zur Beantwortung der Frage Daten aus der Lernumgebung, jedoch ohne weitere Erklärung (Kodierung: Dsp.AmD.AoB). Dieser Unterkategorie ordnete Julia Paul zwei Aussagen zu, während Pauline Berend nur eine Aussage hier einordnete. Folgende Aussage wurde von beiden Studierenden in diese Unterkategorie zugeordnet: „ich finde das 1,5, bis 11 meter ist die normale Daumensprung“ (B1). Deutlich wird, dass das Kind konkrete Daten aus den Aufgaben verwendete, jedoch diese nicht weiter einordnete. Julia Paul sortierte noch eine weitere Aussage in diese Kategorie ein.

Wie bereits anfangs erwähnt, nutzten die meisten Kinder für ihre Argumentation keine Daten aus der Lernumgebung. Julia Paul erkannte bei neun Aussagen keinen Bezug auf konkrete Daten. Pauline Berend sah bei zehn Aussagen keinen konkreten Datenbezug.

Nichtsdestotrotz konnten auch ohne eine konkrete Datennutzung Begründungen bei den Aussagen der Schüler*innen erkannt werden. Auch hier wurden Begründungen gesichtet, die mathematisch/logisch waren oder Begründungen basierend auf dem Bauchgefühl der Schüler*innen enthielten.

Insgesamt kodierte Julia Paul sechs Aussagen von Schülern und Schülerinnen, die keine Daten nutzten, aber dennoch Begründungen über mathematische bzw. logische Wege (Kodierung: Dsp.AoD.AmB.ml) enthielten. Pauline Berend ordnete vier Aussagen von Schüler*innen in diese Unterkategorie ein. Folgende Aussagen wurde von beiden Studierenden in diese Kategorie eingeordnet: „Ich finde Daumensprung besser, weil man dort eine Methode hat wie das so misst irgendtwie. Und beim schätzen man halt nur schätzen kann.“ (B14) und „Ich finde Daumenspruch sicherer weil die benutzt Logik.“ (B16). Es wird deutlich, dass beide Kinder den Daumensprung als Methode einschätzten und diese demnach als sicherer empfanden. Sie bezogen sich nicht auf konkrete Daten, jedoch lag eine Begründung der Entscheidung vor, die nachvollziehbar ist.

Weiterhin konnten Antworten der Schüler*innen identifiziert werden, die keinen Datenbezug aufwiesen und eine Begründung basierend auf dem Bauchgefühl enthielten (Kodierung: Dsp.AoD.AmB.Bg). Die Schüler*innen beschrieben vor allem, dass die Schätzung oft ein Bauchgefühl sei und keinem System folge. Julia Paul erkannte zwei Aussagen aus dieser Unterkategorie, während Pauline Berend vier Aussagen in diesen Bereich einordnete. Folgende Aussage konnte von beiden Studierenden in diese Kategorie eingeordnet werden: „Also meine Schätzung hat mit dem Daumensprung nicht das geringste zu tun weil ich schlecht im Schatzen bin.“ (B15). Das Kind entschied sich für den Daumensprung, da es im Schätzen nicht sehr sicher sei und dies für das Kind eine unsicherere Methode darstellte. Ein weiteres Kind äußerte sich ähnlich: „Ich finde den Daumensprund ein bisschen vertrauliche

den man kann sich dabei auch ganz schön verschetzen.“ (B21). Aussagen dieser Kategorie stützten ihre Begründung hauptsächlich darauf, dass man sich sehr verschätzen könne und Schätzen keiner besonderen Logik folge.

Zuletzt sind für den Daumensprung noch Antworten erkennbar gewesen, bei denen sich die Schüler*innen für den Daumensprung entschieden, dies jedoch in keiner Form begründeten oder Daten zur Argumentation nutzten (Kodierung: Dsp.AoD.AoB). Julia Paul ordnete eine Antwort dieser Unterkategorie zu, während Pauline Berend zwei Aussagen aus dieser Unterkategorie kodierte. Beide Studierenden kategorisierten folgende Aussage in diese Kategorie: „Daumenstrung“ (B18). Das Kind traf zwar eine Entscheidung, begründete diese jedoch nicht. Die weitere Aussage, die Pauline Berend in diese Kategorie einordnete, lautet: „Daumensprung ist genauer […]“ (B11). Auch hier traf das Kind eine Entscheidung, begründete diese jedoch nicht.

Nachdem die Ergebnisse des Daumensprungs ausgewertet wurden, sollen nun die Ergebnisse des Schätzens genauer betrachtet werden.

Zunächst wurde deutlich, dass sich die Mehrheit der Schüler*innen (n = 13) für das Schätzen als sicherere Methode entschieden hat. Auch hier wird mit Blick auf die Tabelle 4 deutlich, dass die Mehrheit der Schüler*innen keine Daten zur Begründung ihrer Antwort nutzten. Beide Studierenden erkannten insgesamt bei 11 Kindern eine Datennutzung, jedoch in einer unterschiedlichen Verteilung. Nur bei sechs Kindern erkannten die Studierenden eine Nutzung von Daten.

Wie auch schon beim Daumensprung wurden bei Antworten mit Bezug auf Daten noch weitere Begründungen erkannt. Wie bereits erwähnt, wurden sechs Aussagen von Kindern mit Datennutzung und weiteren Begründungen kodiert.

Zunächst ließen sich Antworten mit Datennutzung und Begründungen über fehlerhafte Rechnungen finden (Kodierung: Sch.AmD.AmB.fR). Aussagen, die in diese Unterkategorie eingeordnet wurden, zeigen, dass Schüler*innen Daten aus der Lernumgebung nutzten und eine Begründung für das Schätzen lieferten, in der die Berechnung des Daumensprungs als mögliche Fehlerquelle angesehen wurde.

Julia Paul ordnete drei Aussagen dieser Unterkategorie zu, während von Pauline Berend vier Aussagen erkannt wurden. Exemplarisch für diese Unterkategorie kann folgende Aussage gesehen werden: „Mir fällt aus das 2,1 m dazwischen liegen. Ich vermute ich habe einen Fehler in meiner Rechnung. Meine Schätzung finde ich daher sicherer“ (A1). Diese Aussage

wurde von beiden Studierenden als passend für diese Kategorie eingeordnet. Das Kind verglich konkrete Werte aus der Lernumgebung und nutzte diese als Grundlage für die Begründung. Das Kind erkannte einen Unterschied der Ergebnisse und führte diesen Unterschied auf die Rechnung zurück, die beim Daumensprung durchgeführt wurde. Das Kind stufte somit die Schätzung als sicherer ein, da es den Wertunterschied zu groß empfand und der Rechnung nicht traute. Eine weitere Aussage aus dieser Kategorie lautet: „Ich finde Schätzung besser weil beim Daumensprung hatte mehr höhere Zahlen und beim winiger Zahlen in bereich 1-5m“ (B7). Auch hier bezog sich das Kind auf konkrete Werte und verglich die Ergebnisse des Daumensprungs und der Schätzung miteinander. Der*die Schüler*in beschrieb die Ergebnisse des Schätzens als vertrauenswürdiger, da das Kind die Ergebnisse der Rechnung für nicht realistisch hielt. Das Kind hatte eine genau Vorstellung der Höhe der Laterne, die jedoch nicht mit dem Ergebnis der Rechnung übereinstimmte.

Als weitere Unterkategorie für Aussagen mit Datennutzung und Begründungen wurden Aussagen erkannt, die sich darauf bezogen, dass das Schätzen unkomplizierter sei (Kodierung: Sch.AmD.AmB.Schl). Julia Paul identifizierte drei und Pauline Berend erkannte zwei solcher Aussagen. In dieser Unterkategorie konnten keine übereinstimmenden Aussagen von beiden Studierenden eingeordnet werden. Folgende Aussage wurde von Julia Paul in diese Unterkategorie eingeordnet: „Ich finde die Ergebnisse stimmen 50/50 überein. Ich persönlich finde es sicherer zu Schätzen, denn manche können und verstehen den Daumensprung nicht“ (B13). Es ist erkennbar, dass sich das Kind auf die eigenen erhobenen Daten bezog und diese auch als Grundlage für eine weitere Begründung nutzte. Obwohl sich das Kind, basierend auf den erhobenen Daten, nicht eindeutig positionierte, traf es dennoch die Entscheidung für das Schätzen. Die Begründung des Kindes lag darin, dass der Daumensprung schwer zu verstehen sei und manche Schüler*innen nicht durchführen könnten. Somit stufte das Kind das Schätzen einfacher und sicherer ein.

In die nächste Kategorie ‚Antworten mit Datennutzung und ohne weitere Begründungen‘ (Kodierung: Sch.AmD.AoB) konnten von beiden Studierenden keine Aussagen zugeordnet werden.

Als nächstes wurden die Antworten der Schüler*innen betrachtet, die keine Datennutzung umfassten. Auch hier wurden wieder Aussagen herausgefiltert, die jedoch Begründungen enthielten.

Julia Paul ordnete neun Aussagen bei der Kategorie ‚Aussagen ohne Datennutzung aber mit Begründung‘ zu und Pauline Berend fügte sieben Aussagen dieser Kategorie zu.

Beide Studierenden kodierten drei Antworten als Aussagen, die keine Daten nutzten, jedoch eine Begründung basierend auf einer fehlerhaften Rechnung des Daumensprungs enthielten (Kodierung: Sch.AoD.AmB.fR). Auch hier wurde die Entscheidung für das Schätzen basierend auf der Fehleranfälligkeit von Rechnungen des Daumensprungs getroffen. Folgende Aussage wurde von beiden Studierenden in diese Kategorie eingeordnet: „Ich finde Schätzungen sicherer weil wen wir was sehen dan sagen wir ungefähr wie hoch es ist. Beides Daumensprung können, wir uns verrechnen“ (A12). Das Kind bezog sich nicht auf die eigenen erhobenen Daten, traf jedoch eine Entscheidung und begründete diese auch. Auch hier erfolgte eine Begründung darüber, dass man sich bei der Rechnung zum Daumensprung verrechnen könne.

Die nächste Unterkategorie bezog sich auf Aussagen, bei denen keine Daten genutzt wurden und die Begründung geliefert wurde, dass Schätzen einfacher sei als der Daumensprung (Kodierung: Sch.AoD.AmB.Schl). Julia Paul kodierte in dieser Kategorie sechs Aussagen, während Pauline Berend vier Aussagen in diese Kategorie einordnete. Folgende Aussage konnte in diese Unterkategorie aufgenommen werden: „Die Schätzung, sie ist für mich nicht so umständlich und könnte excacter sein“ (A3). Das Kind entschied sich ohne den Bezug zu den vorherigen Aufgaben und begründete diese Entscheidung, dass eine Schätzung nicht so umständlich sei.

Als letzte Zuordnung der Aussagen wurden Aussagen zusammengefasst, die sich nicht auf Daten bezogen und auch keine Begründung enthielten, jedoch die Entscheidung für das Schätzen als sicherere Methode empfanden (Kodierung: Sch.AoD.AoB). Julia Paul ordnete dieser Kategorie zwei Aussagen zu und Pauline Berend ordnete dieser Unterkategorie vier Aussagen zu. „weil ich sehr gut im schätzen bin“ (A2) oder „Es komt drauf an zum bei manchen sachen glauben ich ist der Daumensprung efektiver aber ich glaube eher meinen schätzungen“ (A11) waren Aussagen, die beide Studierende dieser Kategorie zuordneten. Die Kinder entschieden sich für die Schätzung, begründeten dies jedoch nicht weiter.

	Julia Paul	**Pauline Berend**
Daumensprung	**13**	**13**
mit Datennutzung und mit Begründung - mathematisch/logisch - Bauchgefühl	2 - 2 - 0	2 - 2 - 0
mit Datennutzung und ohne Begründung	2	1

ohne Datennutzung und mit Begründung - mathematisch/logisch - Bauchgefühl	8 - 6 - 2	8 - 4 - 4
ohne Datennutzung und ohne Begründung	1	2
Schätzen	**17**	**17**
mit Datennutzung und mit Begründung - fehlerhafte Rechnung - Schätzen ist leichter	6 - 3 - 3	6 - 4 - 2
mit Datennutzung und ohne Begründung	0	0
ohne Datennutzung und mit Begründung - fehlerhafte Rechnung - Schätzen ist leichter	9 - 3 - 6	7 - 3 - 4
ohne Datennutzung und ohne Begründung	2	4
keine Antworten	**9**	**9**

Tabelle 4: Ergebnisse der vierten Reflexion

6.5 Auswertung der fünften Reflexion – Pauline Berend und Julia Paul

Julia Paul:

In diesem Abschnitt wird nun auf die fünfte Reflexion eingegangen. Diese wurde im Anschluss an die vierte Reflexion von den Kindern ausgefüllt und verlief somit am Ende der letzten Stunde. In der letzten Reflexion setzten sich die Kinder mit den folgenden Fragen auseinander:

1) Was hat dir gut gefallen?
2) Was hat dir nicht gut gefallen?
3) Welche zwei Begriffe sind dir im Kopf geblieben?

4) Was bedeutet es für dich, dass jede Messung eine Unsicherheit hat?

Da es doppelte Aussagen gab, variieren die Zahlen von der Gesamtanzahl der Schüler*innen. Die Aussagen wurden nicht nach dem Kodierleitfaden kodiert. Die letzte Reflexion sollte lediglich ein Stimmungsbild der Kinder abgeben und trägt thematisch gesehen nicht zur Beantwortung der Fragestellung bei. Zur Vollständigkeit wird diese Reflexion dennoch mit ausgewertet.

Zunächst werden die Antworten von Gruppe A ausgewertet:

Bei der ersten Fragestellung wurde von den meisten Kindern (vier der 16 Antworten) ausgedrückt, dass ihnen alles an der Lernumgebung gefallen hätte. Zwei von 16 Kindern gaben an, dass ihnen das Ausrechnen gut gefiel. Drei von 16 Kindern gaben an, dass ihnen das Schätzen Spaß gemacht hat. Vier von 16 Kindern benannten das Messen als das, was ihnen gut gefallen hat. Einem Kind hat das Experiment am meisten zugesagt. Für zwei von 16 Kindern war das Rausgehen auf den Hof zur Messung der Laterne das Beste. Einem Kind hat die Messung des Daumensprungs gut gefallen. Zwei Kinder äußerten sich nicht zu dieser Frage.

Die zweite Fragestellung beantworten drei von 16 Kinder nicht. Zwei Kinder gaben an, dass ihnen das viele Schreiben nicht gefallen habe. Sechs von 16 Kindern störten sich an dem Rechnen und der Arbeit mit dem Mittelwert, Daumensprung und den Daten. Fünf von 16 Kindern habe gar nichts nicht gefallen.

Bei der dritten Fragestellung sollten die Kinder die für sie wichtigsten Begriffe benennen. Vier von 16 Kindern beantworteten diese Frage nicht. Acht von 16 nannten das Wort ‘Mittelwert’. Das Wort 'Schätzen' benannten zwei Kinder als wichtigstes Wort. Der 'Daumensprung' als Wort wurde achtmal erwähnt. Der Begriff ‘Unsicherheit’ wurde zweimal von den Schüler*innen benannt. Das Wort ‘Daten’ wurde einmal von einem Kind erwähnt. Der Begriff 'Intervall' wurde zweimal als wichtigstes Wort genannt.

Die vierte Fragestellung wurde von sechs Kindern nicht beantwortet. Zwei Kinder gaben an, keine Antwort zu wissen. Die anderen acht Antworten sollten hier jedoch Beachtung finden und werden an dieser Stelle zitiert:

A7: „das es nie ganz genau ist.“

A8: „das man sich darauf nicht genau ferlassen kann“

A9: „Das es besser ist es außzurechnen“

A10: „Das es ganz normal ist und keiner Perfekt ist!“

A11: „Dann man nicht allen vermessungen trauen kann“

A12: „Weil man kann sich verrechnen.“

A13: „Für mich bedeutet es das es so immer sicherere ist wenn man was ausrechnet.“

A16: „Das bedeutet dasmann nie genau weis wie gross etwas ist.“

Pauline Berend:

Im Folgenden werden nun die Antworten der Gruppe B ausgewertet.

Wie auch schon bei Gruppe A konnten bei einigen Antworten der Schüler*innen mehrere Aspekte herausgefiltert werden. Aus diesem Grund überstieg die Anzahl der Antworten zum Teil die Anzahl der Mitglieder der Gruppe.

Insgesamt nahmen 22 Schüler*innen an der Erhebung teil. Krankheitsbedingt konnten jedoch nicht alle Kinder an allen fünf Reflexionen teilnehmen. Von 22 Schüler*innen nahmen 17 Schüler*innen an der letzten Reflexion teil.

Die erste Aufgabe fragte danach, was den Schüler*innen an der Lernumgebung am meisten gefallen hätte.

Der Großteil der Schüler*innen (n = 10) beschrieb den Daumensprung als das, was ihnen am besten gefallen hat. Im Zusammenhang mit der Nennung des Daumensprungs wurde von den Schülern und Schülerinnen oft beschrieben, dass es ihnen gefallen hat, dass der Daumensprung draußen auf dem Hof durchgeführt wurde. Insgesamt wurde dieser positive Wechsel des Lernortes von sechs Schüler*innen beschrieben. Drei Schüler*innen beschrieben die Schätzaufgaben als das, was ihnen am besten gefallen hat. Ein Kind benannte die Aufgabe „Lars Schulweg“ als den besten Teil der Lernumgebung. Ein weiteres Kind gab an, dass ihm alles aus der Lernumgebung gefallen habe. Das Messen des Pfeils wurde von einem Kind als der beste Teil der Lernumgebung benannt. Von zwei Kindern konnte keine Antwort mit in die Reflexion aufgenommen werden.

Im nächsten Teil der Reflexion durften die Schüler*innen angeben, was ihnen nicht an der Lernumgebung gefallen hat. Von den meisten Schülern und Schülerinnen (n = 5) wurde das Rechnen bzw. „Mathe“ als das benannt, was ihnen nicht gefallen hat. Der Daumensprung bzw. das Schätzen wurde von zwei Kindern als Nachteil der Lernumgebung beschrieben. Zwei Kinder beschrieben die gesamte Lernumgebung als langweilig bzw. meinten, dass ihnen alle Aufgaben nicht gefallen haben. Ein Kind benannte das Messen des Pfeils als den Teil, der ihm nicht gefallen habe. Das viele Schreiben bei den einzelnen Reflexionen gefiel einem Kind an der Lernumgebung nicht. Fünf Kinder gaben keine Antwort bzw. gaben an, dass ihnen nichts dazu einfallen würde.

Die dritte Frage beschäftigte sich damit, welche zwei Wörter den Kindern im Kopf geblieben sind. An erster Stelle stand für die meisten Kinder das Wort ‚Daumensprung' (n = 10). Das Wort ‚Schätzung' bzw. ‚schätzen' blieb sechs Kindern in Erinnerung. Einigen Kindern blieben auch beide Wörter im Kopf. Für 5 Kinder war das Wort ‚Intervall' das wichtigste Wort der Lernumgebung. Das Wort ‚Unsicherheit' behielten vier Kinder als wichtigstes Wort im Kopf. Drei Kinder erinnerten sich an das Wort ‚Mittelwert'. Je einem Kind blieben die Worte ‚Ergebnis', ‚Laterne', ‚Tabelle', ‚Messen', ‚Plus Minus' und ‚Reflexion' in Erinnerung.

Als letzte Frage sollten die Schüler*innen beantworten, was es für sie bedeutet, dass jede Messung eine Unsicherheit aufweist. Bei dieser Frage ist es schwer, übergeordnete Antworten festzulegen, daher werden die wichtigsten Zitate dieser Frage nachfolgend aufgeführt:

- „Das man manchmal nicht messen kann mit einem normale Lineal" (B1)
- „Das jede messung unsicher ist." (B6)
- „Jeder hat ander anders gerenchnet hat." (B9)
- „Das sich menschen sich nich sicher sind und unrichtig sind" (B15)
- „das jeder anders misst und rechnet" (B19)
- „Es stimmt nicht immer zu 100% was einen auch verunsichern kann" (B21)

Es wird deutlich, dass einige Schüler*innen verstanden haben, dass jede Messung Unsicherheiten aufweist und es niemals einen ‚wahren' Wert geben kann. Auch beschrieben einige Schüler*innen den menschlichen Einfluss auf die Messungen als einen Faktor.

7. Diskussion – Julia Paul

In diesem Abschnitt werden zunächst die fünf Reflexionen im einzeln diskutiert. Bezuggenommen wird dabei auf die oben aufgeführte Theorie. Schwerpunkte werden auf die Bereiche gesetzt, die zur Beantwortung der Fragestellung dienen. In den Antworten der Kinder sind jedoch viele weitere Aspekte erkennbar und zu beforschen, jedoch überschreiten diese den Umfang und bieten weitere Forschungstrends.

Abschließend erfolgt eine übergeordnete Diskussion der gesamten Lernumgebung und der Reflexionen. Diese dient dem Anpassen für weiter folgende Erhebung und stellt zugleich eine Herausforderung dar, die sich im Alltagsleben mit Kindern ergeben.

7.1 Diskussion der ersten Reflexion – Julia Paul

In der ersten Reflexion antworteten 28 der 39 Kinder ohne Datenbezug, das heißt sie stellten keinen Bezug zum zuvor erarbeiteten Inhalt her. 19 dieser Kinder antworteten aus ihren Erfahrungen und mit Hilfe ihres Vorwissens auf persönliche Weise. Die Antworten erfolgten somit spontan und nicht eingebettet in das Thema. 10 der 39 Kinder antworteten mit der Hilfe

von Daten, die sie aus den zuvor bearbeiteten Inhalten entnommen oder den Inhalt in den Bezug von Daten gesetzt haben. 7 dieser 10 Kinder stellten einen mathematischen Bezug her. Diese Kinder nutzten Daten in einem mathematischen Kontext. Sie hatten die Kompetenz, Daten und Mathematik in Verbindung zu setzen und dieses Wissen auf die neuen Inhalte zu transferieren. Abschließend ist zu sagen, dass die Kinder sich Daten zum größten Teil nicht nutzbar machten und nicht unter mathematischem Bezug für ihre eigene Beantwortung der Fragestellung benutzen konnten.

Des Weiteren offenbarte sich, nicht nur dass einige Kinder mit Hilfe der Daten antworteten, sondern auch dass bis auf neun Kinder kein methodisches Vorgehen verwendeten. Wie bereits von Höttecke und Hopf (2018) angegeben, ist den Kindern dieses schrittweise Vorgehen nicht bekannt oder bewusst, um in einer solchen Situation Anwendung zu finden. Die Antworten wirkten daher auf Julia Paul sehr oberflächlich formuliert und gaben keine tieferen Einblicke zum Inhalt, sodass der Gedankengang nicht nachvollziehbar war.

Im Anschluss wurde über eine Anpassung der Fragestellung diskutiert, um den Kindern eine Richtung zu geben, wobei zu bedenken ist, dass dies für spätere Arbeiten sinnvoll wäre, jedoch in Bezug auf die zu beantwortende Fragestellung dieser Arbeit nicht zielführend wäre. Ein Beispiel für eine engere Fragestellung wäre: Wie kann es passieren, dass ihr andere Daten habt? In diesem Zusammenhang erhoffen sich die Studentinnen Antworten der Kinder, die einen Bezug zu Daten herstellen und dass diese für sich genutzt werden sollten. Das Nutzen von Daten für die eigene Auseinandersetzung mit Inhalten war den meisten Kindern somit weder im schulischen noch im alltäglichen Kontext möglich. Des Weiteren diskutierten die Studentinnen über die Methode, also das Beantworten offener Fragestellungen im Textformat, denn das Kodieren der Antworten fiel den Studentinnen schwer.

Die Kinder sind möglicherweise noch zu jung, da ihre selbst erstellten Texte teilweise nicht lesbar oder nicht verständlich waren. Der Ausdruck der Aussagen erschwerte teilweise die Zuordnung, da nicht klar war, was die Kinder ausdrücken wollten. Sinnvoller wäre es gewesen, mit Kindern in dieser Altersstufe zu sprechen, um die Möglichkeit zu haben, nachzufragen, wie sie etwas meinen oder verstehen. Eine weitere Möglichkeit zur Beantwortung der Fragestellung wäre gewesen, Gruppen zu bilden und Gesprächsanlässe zu bieten. Die Gruppengesprächen hätten aufgezeichnet und die Peer-Gespräche ausgewertet werden können. Die Lernumgebung war zur Einzelarbeit ausgelegt, jedoch hätten die zuvor erwähnte Gruppenarbeit nicht nur für das Verständnis der Aussagen für die Studentinnen beigetragen, sondern auch den Kindern die Möglichkeit gegeben, sich mit einem vollständig neuen, komplexen Inhalt auseinanderzusetzen. Die unterschiedlichen Lernausgangslagen hätten die Gespräche in eine gemeinsame Auswertung und Entdeckung des Inhalts geleitet.

7.2 Diskussion der zweiten Reflexion – Pauline Berend

Bei dieser Reflexion wurde deutlich, dass die meisten Schüler*innen bei der Beantwortung systematisch vorgegangen sind. Die Antworten folgten demnach einer gewissen Logik, da die meisten Antworten einer persönlichen Erklärung der Schüler*innen folgten. Jedoch bezogen sich nur wenige Antworten der Schüler*innen auf die konkreten Aufgaben der Lernumgebung und den vorher geschätzten Aufgaben. Größtenteils wurden die Fragen von den Kindern sehr allgemein und oberflächlich beantwortet. Für eine weitere Arbeit mit dieser Reflexion wäre es nötig, die Fragestellung konkreter zu formulieren. Sinnvoller wäre es, Beschreibungen der Schüler*innen zu erhalten, aus denen hervorgeht, wie die Kinder die konkreten Gegenstände aus der Aufgabe geschätzt haben. Eine mögliche genauere und gekürztere Fragestellung könnte lauten: *Wie bist du beim Schätzen der Gegenstände aus der Aufgabe gerade eben vorgegangen? In welchen Situationen schätzt du?*

Durch genauere Beschreibungen an dieser Stelle hätten bereits erste Bezüge zu Ursachen von Messunsicherheiten hergestellt werden können. Wie bereits in dieser Arbeit beschrieben, wird in der ersten Dimension (Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten) des Sachstrukturmodells nach Hellwig (2012) auf Ursachen von Messunsicherheiten eingegangen. In diese Dimension wird auch der Faktor ‚Mensch' als Ursache von Messunsicherheiten genannt. Beschreibungen über ein genaueres Vorgehen bei der Schätzung, hätten einen Anlass geben können, um eine erste Thematisierung über Ursachen von Messunsicherheiten zu beginnen. Der menschliche Einfluss auf das Schätzen wurde von einigen Kindern zwar angeschnitten, jedoch nicht weiter thematisiert.

Die Aussagen der Schüler*innen, die als systematisch/nicht-systematisch beschreibend eingeordnet wurden, machten einen großen Teil der Antworten aus. Die Kodierung dieser Aussagen stellte die Studierenden allerdings vor eine Herausforderung. Die Definition sowie die Kodierregel für diesen Code ist zu uneindeutig gewesen und sollte für eine zukünftige Arbeit überarbeitet werden. Auch für die anderen Codes in dieser Aufgabe sollten die Kodierregeln präziser formuliert werden. Mit genaueren Kodierregeln könnten auch die Aussagen der Schüler*innen besser abgegrenzt und eingeordnet werden. Aktuell liegt ein mittelmäßiger Cohen's-Kappa-Wert von 0,54 vor. Eine Präzisierung des Kodierleitfadens würde eine Einordnung der Aussagen deutlicher machen und damit den Wert vermutlich auch verbessern.

Bei dieser Reflexion wurde deutlich, dass die meisten Kinder keine detaillierten Beschreibungen eins Vorgehens geben konnten. So fiel die Nachvollziehbarkeit schwer, wie Schüler*innen beim Bearbeiten der Aufgaben vorgegangen sind. Im Rahmenlehrplan Naturwissenschaften der Klassenstufen 5/6 werden vier verschiedene fachbezogene, naturwissenschaftliche Kom-

petenzen formuliert. Diese umfassen den Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinn, Kommunizieren und Bewerten (LISUM, o.J.). Im Bereich Kommunizieren wird der Punkt „2.3.2 Informationen weitergeben – Textproduktion (mündlich und schriftlich)“ (LISUM, o.J., S. 19) ausgewiesen. In diesem Bereich zählt auch das Dokumentieren von naturwissenschaftlichen Untersuchungen. In der sechsten Klasse sollten Schüler*innen die Niveaustufe D erreicht haben: „Die Schülerinnen und Schüler können Untersuchungen nach Vorgaben protokollieren“ (LISUM, o.J., S. 19). Die Schüler*innen sollten demnach in der Lage sein, eine Beschreibung ihres Vorgehens abzugeben. Für eine zukünftige Durchführung wäre es denkbar, vor Beginn der Lernumgebung erneut zu thematisieren, wie Beschreibungen von Vorgängen bzw. Protokolle auszusehen haben. Wie auch schon in der ersten Reflexion, würde es sich zusätzlich anbieten, die Aufgabe als Gespräch durchzuführen. In Gesprächen könnten Nachfragen gestellt werden, die zu einer strukturierteren Beschreibung führen könnten. Die mündliche Bearbeitung der Aufgabe wäre als Klassengespräch oder Peer-Gespräch, mit anschließender Präsentation im Plenum, denkbar gewesen. Außerdem würde es sich anbieten, dass die Schüler*innen in einer mündlichen Beschreibung mehr Details einbauen.

7.3 Diskussion der dritten Reflexion – Julia Paul

Die dritte Reflexion setzte sich mit den vermeidbaren und unvermeidbaren Einflüssen auseinander. Zu den vermeidbaren Einflüssen gehören die rechnerischen Einflüsse und die Einflüsse des Planungsprozesses. Die körperlichen Merkmale und die Schrittlänge werden zu den unvermeidbaren Einflüssen gezählt. Zur Diskussion stand bei den Studentinnen die Zuordnung zu den vermeidbaren oder den unvermeidbaren Einflüssen. Bei den rechnerischen Einflüssen, den Planungseinflüssen und den körperlichen Merkmalen waren sich die Studentinnen von Anfang an einig. Zur Diskussion stand lediglich die Schrittlänge.

Pauline Berend wollte die Schrittlänge als vermeidbaren Einflüsse benennen, da man bewusst dieselbe Schrittlänge laufen könnte. Julia Paul überzeugte sie jedoch, dass die Schrittlänge nicht vermeidbar ist, da es nicht möglich sei, genau dieselbe Schrittlänge zu gehen. Somit wurde dieser Einfluss als unvermeidbar gewertet.

Am häufigsten benannten die Kinder die Schrittlänge als Einflussfaktor. Dies kristallisierte sich bereits bei der Ausübung des Daumensprungs aus. Die Kinder diskutierten während der Ausführung des Experiments über das Laufen zur Laterne. Sie versuchten sich gegenseitig bei der Ausführung zu kontrollieren. Die Kinder wirkten so, als ob sie die Schrittlänge als eine vermeidbare Größe empfanden.

Weiterhin benannten die Kinder häufig Planungseinflüsse als Einflussfaktor. Es entstanden am häufigsten Aussagen, die vermeidbare und unvermeidbare Einflüsse beinhalten.

Bei dieser Reflexion wurde deutlich, dass die Schüler*innen bereits Ursachen von Messunsicherheiten benennen können. Hier kann wieder auf das Sachstrukturmodell von Hellwig (2012), angepasst von Schenke (2013), zurückgegriffen werden. In der ersten Dimension werden unter anderem Ursachen von Messunsicherheiten thematisiert. Wie auch schon in der zweiten Reflexion angesprochen, machten die Schüler*innen den Faktor ‚Mensch' als Ursache von Messunsicherheiten aus. Auch der Einfluss von mathematischen Operationen wurde von den Kindern als Ursache von Messunsicherheiten angesehen. Der Einfluss von mathematischen Operationen lässt sich auch im vereinfachten Modell von Schenke (2023) finden. Auch Einflussgrößen, wie die Umwelteinflüsse, wurden von den Schüler*innen benannt und sind auch Teil des Sachstrukturmodells.

Die Diskussionsgrundlage zwischen den Studentinnen stellt sich nun als weitere Möglichkeit zur Auseinandersetzung dar. In Bezug auf die Einflüsse gaben einige Kinder Antworten, die auf den schulischen Kontext, indem sie erarbeitet wurden, geprägt sind. Es zeigte sich, dass die Aufgaben nicht richtig gelöst wurden oder die Antwort nicht richtig verstanden wurde. Andere Einflüsse, die unvermeidbar wären oder das Wissen um Messunsicherheiten offenlegen würden, ergaben sich dort nicht. Es galt das Prinzip richtig oder falsch. Wenn die Studentinnen sich bei der oben aufgeführten Diskussion dafür entschieden hätten, wie auch die Kinder es nach Beobachtungen instinktiv getan haben, wäre die Schrittlänge auch ein vermeidbarer Faktor gewesen. Somit hätten dann alle Kinder vermeidbare Einflüsse benannt.

Der berechnete Cohen's-Kappa-Wert lag bei 0,94, der sich als "almost perfect" einordnen ließ (Landis & Koch, 1977). Der Kodierleitfaden kann an dieser Stelle als gut bewertet werden.

7.4 Diskussion der vierten Reflexion – Pauline Berend

In der letzten Reflexion wurde deutlich, dass sich mehr Schüler*innen für das Schätzen entschieden haben als für den Daumensprung. Sowohl beim Schätzen als auch bei der Entscheidung für den Daumensprung nutzten die Schüler*innen weniger Daten für die Argumentation. Um zu fördern, dass sich die Schüler*innen auf die Daten aus den vorherigen Daten bezogen hätten, wäre es denkbar gewesen, die Tabelle, die die Ergebnisse des Daumensprungs und der Schätzung gegenüberstellen, sichtbar für die Schüler*innen an die Tafel zu hängen. Ebenso wäre es möglich gewesen, die Schüler*innen anzuweisen, das entsprechende Blatt vor sich auf den Tisch zu legen. Somit hätten die Kinder die Daten direkt vor sich gehabt und hätten diese besser nutzen können. In der Auswertung der Ergebnisse wurde zusätzlich deutlich, dass sich die Schüler*innen auch für das Schätzen entschieden haben, da sie es als leichter einstuften. Bevor die letzte Reflexion bearbeitet wurde, hätte eine Diskussion im Ple-

num die Schüler*innen angeregt, sich mehr auf die erhobenen Daten zu beziehen. Auch könnten letzte Fragen zum Daumensprung geklärt werden und hätten so unter Umständen die Meinung der Schüler*innen verändert.

Hinsichtlich des Cohen's-Kappa-Wertes ließ sich ein Wert von 0,49 berechnen. Dieser Wert kann als „moderate" beschrieben werden (Landis & Koch, 1977). Es lässt sich daraus ableiten, dass eine Verbesserung des Kodierleitfadens notwendig wäre. Die Einordnung für die Studierenden war auf Grund der vielen verschiedenen Begründungen an einigen Stellen schwierig. Auch würden an dieser Stelle präziser formulierte Kodierregeln Einfluss auf eine verbesserte Einordnung haben.

7.5 Diskussion der fünften Reflexion – Pauline Berend

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten angedeutet, trägt die fünfte und letzte Reflexion inhaltlich wenig zur Beantwortung der Forschungsfrage bei. Diese letzte Reflexion wurde hauptsächlich durchgeführt, um ein allgemeines Stimmungsbild der Schüler*innen zu erfassen und deren Eindrücke nach Abschluss der Lerneinheit zu dokumentieren. Dabei fiel bei beiden Gruppen auf, dass die meisten Lernenden nur sehr kurze und oft oberflächliche Antworten abgaben. Als erster Grund könnte genannt werden, dass den Lernenden am Ende der Lerneinheit nicht mehr ausreichend Zeit zur Verfügung stand. Dieser Aspekt hat möglicherweise dazu geführt, dass einige Schüler*innen die Reflexionsfragen nur flüchtig beantworteten oder bestimmte Fragen gar nicht bearbeiteten. Bei einer erneuten Durchführung der Lerneinheit sollte daher sichergestellt werden, dass für die letzte Reflexion ausreichend Zeit eingeplant wird. Dies würde den Schülern und Schülerinnen ermöglichen, sich intensiver mit den Fragen auseinanderzusetzen und ihre Antworten differenzierter zu gestalten.

Ein weiterer Aspekt, der bei der Analyse der Reflexionen ins Auge fiel, ist die Formulierung der Fragen. Die Fragen waren offen und boten den Schülern und Schülerinnen zu viel Spielraum, was ebenfalls zu den oberflächlichen Antworten beigetragen haben könnte. Offene Fragen wurden genutzt, um den Schülern und Schülerinnen Raum für individuelle Meinungen zu geben. Bei dieser Reflexion führte dies dazu, dass viele Antworten sehr knapp ausfielen, etwa in Form von Antworten wie „keine Ahnung" oder „alles war gut". Eine mögliche Verbesserung könnte darin bestehen, die Aufgaben konkreter zu stellen und eine bestimmte Anzahl an Aspekten vorzugeben, die die Schüler*innen nennen sollen. Eine mögliche Fragestellung könnte beispielsweise lauten: „Nenne mindestens zwei Dinge, die dir an der Lerneinheit gefallen haben, und zwei Dinge, die dir nicht gefallen haben." Durch die Festlegung einer Mindestanzahl an Aspekten würde verhindert werden, dass Schüler*innen mit allgemeinen oder ungenauen Aussagen antworten.

Als Kritik äußerten einige Schüler*innen, dass sie das viele Schreiben und Rechnen in der Lerneinheit als störend empfunden haben. Diese Kritik zog sich nicht nur durch die letzte Reflexion, sondern war auch in den vorhergehenden Reflexionen wiederkehrend zu erkennen. Dieses Feedback deutet darauf hin, dass ein Teil der Schüler*innen möglicherweise das Interesse daran verloren hatte bzw. überfordert war, was wiederum zu den kurzen Antworten führen könnte.

Für eine weitere Arbeit mit der Lernumgebung wäre es denkbar, die Reflexionsaufgaben in Gruppenarbeit oder mündlich durchzuführen. Dies könnte die Motivation der Schüler*innen steigern und dazu führen, dass sie sich intensiver mit den Fragen auseinandersetzen. In einer Gruppe könnten sich die Schüler*innen gegenseitig inspirieren. Mündliche Reflexionen könnten zudem für die Schüler*innen von Vorteil sein, die sich mit schriftlichen Aufgaben schwertun oder das Gefühl haben, dass zu viel geschrieben wurde. Durch einen Wechsel in das Mündliche könnten Prozesse aufgelockert werden und die Motivation könnte aufrechterhalten werden. Auch hätten die Vorstellungen der Schüler*innen mehr aufgegriffen und bearbeitet werden müssen.

7.6 Übergeordnete Reflexion – Pauline Berend und Julia Paul

Julia Paul:

Im Folgenden werden die Ergebnisse, die von den Studentinnen kodiert wurden, nochmals besprochen. Jedoch wird diesmal das Augenmerk auf den Entscheidungen bei der Kodierung der beiden Studentinnen liegen.

Erste Reflexion

Es folgt die Diskussion zur ersten Reflexion. Beleuchtet werden jedoch nur Aussagen, die unterschiedlich kodiert wurden. Im Anhang sind in mehreren Tabellen alle Kodierungen der Studentinnen zu finden.

> A2: „manche messen ohne den bogen vom Pfeil manche mit dem bogen und so kommt man am ende auf andere ergebnisse“

Die Aussage A2 wurde von beiden Studentinnen als Aussage ohne Datenbezug gewertet, jedoch von Pauline Berend mit einem Schwerpunkt auf methodischer Ebene (AoD.m) und bei Julia Paul auf persönlicher Ebene (AoD.p) gelegt.

Pauline Berend begründete ihre Antwort mit dem Kontext der Aussage, die ein methodisches Vorgehen erkennen lässt, während Julia Paul eine persönliche Erfahrung aus dem Kontext herauslas.

> A3: „-Wenn man sich verrechnen kann“, „-Wenn es andere Werte geben kann“, „Wenn es beim Mittelwert andere Ergebnisse geben kann“

Bei der Antwort des Kindes A3 entschieden sich die Studentinnen auch für unterschiedliche Kodierungen. Beide waren sich einig, dass keine Daten für die Beantwortung der Frage benutzt wurden, jedoch meinte Pauline Berend einen methodischen Bezug (AoD.m) zu sehen, während Julia Paul einen persönlichen Bezug (AoD.p) sah. An dieser Stelle entnahm Pauline Berend eine Folge von Antworten als ein methodisches Vorgehen und Julia Paul erkannte in der Aussage die eigenen persönlichen Erfahrungen des Testkindes.

> A4: „Ich denke dass jewals nach Thema und Daten jewals andere Ergebnisse bekommt. Unteranderem rechnet jeder anders also kann es sein dass jeder mal etwas unterschiedliches hat. Manchmal bei gewissen Messungen kommt es aufs Klima oder Wetter an und je nach Wetter oder Klima unterschiedliche Werte entstehen. Es kommt aber auch drauf an dass, z.B bei Eisbohrungen wo mann bohrt.“

Auch in der Aussage von Kind A4 waren die Studentinnen sich uneinig. Julia Paul kodierte die Aussage mit Datenbezug, da das Kind das Wort Daten für ihre Aussage verwendete und in den Alltag einordnete (AmD.Ab). Der Begriff Daten wurde auf das Klima und Wetter bezogen.

Pauline Berend jedoch nahm die Aussage als ohne Daten wahr, da für sie keine eindeutigen Daten benannt wurden. Sie kodierte die Aussage als persönlich (AoD.p), da von dem Kind persönliche Erfahrungen angegeben wurden.

> A6: „Jeder misst anders, das heißt jeder misst auf seine Weise. Wenn aber eine Weise Vorgegeben ist, dam denke ich das die Ergebnisse relativ gleich sind.“

Bei der Aussage A6 gab es bei der ersten Abzweigung des Flussdiagrammes eine Übereinstimmung. Beide Studentinnen ordneten die Aussage ohne Datenbezug ein. Pauline Berend jedoch erkannte einen persönlichen Bezug (AoD.p), während Julia Paul einen methodischen Bezug (AoD.m) sah. Pauline Berend begründete ihre Kodierung durch Erfahrungen des Kindes, die beschrieben wurden. Julia Paul verstand die Beschreibung „eine Weise“ als die Beschreibung eins Vorgehens, wodurch die Aussage methodisch begründet wurde.

A7: „Ich vermute das es unterschiedliche werte gibt weil ja auch nicht alls immer gleich es (Klasse A hat 23 Schülerinen Klasse B hat 16 Schüler. Die klassen stümen beide über etwas ab und amschluss wird ein durchschnit errechtnet. Die werte werden nartürlich unterschiedlich weil 1. es unterschiedlich viel Schüler gibt 2. Weil jeder seine eigene Meinung hat.)“

Bei der Aussage A7 waren sich die Studentinnen einig, dass die Aussage mit Datenbezug einzuordnen ist. Julia Paul erkannte in der Aussage einen mathematischen Bezug (AmD.mB), was sie durch den mathematischen Begriff Durchschnitt und das Beispiel begründete. Pauline Berend las aus dem Kontext einen Bezug zum Alltag heraus.

A8: „zB. Der Pfeil auf AB1. Jeder mist den Pfeil dabei kann es pasieren das dass Linial ferutscht. Oder.zB. beim aus rechnen dess Mittelwertes z.B man kann sich ver rechnen.“

Die Aussage A8 wurde komplett unterschiedlich kodiert. Julia Paul erkannte keinen Bezug zu Daten, sondern nur eine Aussage zur Aufgabenstellung (AoD.p), während Pauline Berend einen mathematische Datenbezug (AmD.mB) durch den Hinweis zum Pfeil und die Bezugnahme auf den Mittelwert sah.

Des Weiteren erkannte Julia Paul durch die Beschreibung mit dem Lineal einen persönlichen Bezug durch eigene Erfahrung, während Pauline Berend durch die Begriffe ‚messen‘, ‚Mittelwert‘ und ‚Lineal‘ einen mathematischen Bezug herstellte.

A9: „vielleicht weil marchsche ja unterschiedlich lang sind oder auch gleich lang aber mansche sachen können vielleicht auch unterschidliche ergebnise haben sind aber gleich lang.“

Auch in der Aussage von Kind A9 kam es zu keiner übereinstimmenden Kodierung. Julia Paul erkannte einen Datenbezug, Pauline Berend jedoch nicht. Julia Paul entschied sich für eine Antwort mit Daten, da Aussagen über unterschiedliche Ergebnisse getroffen wurden. Pauline Berend reichte dieser Bezug nicht aus und sie kodierte die Aussage ohne Datenbezug.

Außerdem erkannte Julia Paul einen mathematischen Bezug (AmD.mB), während Pauline Berend einen persönlichen Bezug (AoD.p) sah. Durch die Auseinandersetzung mit Ergebnissen und Längenverhältnissen kam es zu dieser Kodierung. Pauline Berend entnahm der Aussage ausschließlich persönliche Erfahrungen.

A12: „Weil alle anderen anders gemesen haben, der eine Rechnet so das er von unten der andere von oben. Es ist immer unetrschidlich wenn man was misst, und dann wenn man den Mittelwert hat und alle anderen auch an ist es meißtens gleich."

Auch in der Aussage A12 kam es bei der Kodierung durch die beiden Studentinnen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Julia Paul entschied sich dazu, dass die Aussage keinen Datenbezug aufwies und durch die Beschreibung des Kindes auf persönliche Erfahrung (AoD.p) zurückgeführt werden könne. Pauline Berend sah einen Bezug zu Daten, da sie sprachlich durch den Vergleich im letzten Teil der Aussage als Grundlage dieser die Datennutzung vermutete. Des Weiteren ging auch sie von einem Alltagsbezug aus (AmD.Ab).

A14: „Indem man es unterschiedlich misst."

Auch bei der Aussage A14 ergaben sich bei der Kodierung unterschiedliche Codes. Beide Studentinnen stellten keinen Datenbezug fest. Julia Paul erkannte jedoch ein methodisches Vorgehen (AoD.m), da sie durch die Aussage von unterschiedlichen aufeinanderfolgenden Messungen ausging. Pauline Berend erkannte einen persönlichen Bezug (AoD.p), weil das Kind eine Aussage aus der eigenen Erfahrung traf.

A15: „Weil jedes Kind (Schüler) ein anderes lienieal haben wird da sie immer eine andere große haben oder er kann nich sein das das kind einfach das lienieal nicht richtig das Pfeil gemesen hat und nicht genau hin gelegt"

Bei der Aussage A15 erkannten beide Studentinnen keinen Bezug zu den Daten. Julia Paul kodierte ein methodisches Vorgehen (AoD.m), während Pauline Berend einen persönlichen Aspekt (AoD.p) sah. Julia Paul wertete das schrittweise Aufzählen als eine Struktur des methodischen Vorgehens. Pauline Berend erkannte eine Beschreibung von eigener Erfahrung im Umgang mit dem Messen.

A16: „Es könnte sein das es ein paar leuten ein Fehler unter läuft und sie so ein falsches ergebnis haben. Es könnte auch sein das manch leute unterschiedliche Messgerete haben die unterschiedliche antworten geben."

Auch die Aussage A16 wurde von den Studentinnen unterschiedlich kodiert. Beide erkannten keinen Datenbezug. Julia Paul bemerkte persönliches Wissen, also Vorwissen, wodurch sie sich für einen persönlichen Bezug (AoD.p) entschied. Pauline Berend nahm durch das Abwägen und Aufzählen ein methodisches Vorgehen (AoD.m) wahr.

Eine genaue Betrachtung der Aussagen der Gruppe A auf die Reflexionsfragen zeigten auf, dass eine Anpassung oder genauere Formulierung der Kodierung und der Kodierregel notwendig ist, um eindeutige Kodierung vornehmen zu können. Die Studentinnen stellten fest, dass das Schreiben von freien Texten als Beantwortung auf offene Fragestellungen für diese Altersstufe ungeeignet ist. Die zum Teil schlechten sprachlichen und schriftlichen Voraussetzungen der Sechstklässler*innen stellten die Studentinnen vor Herausforderungen. Manche Antworten konnten auch nach weiteren gemeinsamen Gesprächen der Studentinnen nicht eindeutig verstanden werden.

Auch die Aussagen der Gruppe B bereiteten den Studentinnen Schwierigkeiten und führten zu unterschiedlichen Kodierungen, auf die im Folgenden eingegangen wird.

> B3: „Er ist krum und deswegen geht es nicht so leicht ihn zu Messen. Das Linial verrutscht auch veleicht. Man muss damit einen Durchschnitt/Mittelwert berechnen um es richtig zu machen."

Bei der Aussage B3 waren sich beide Studentinnen im zweiten Schritt einig, dass ein mathematischer Bezug bestand, begründet durch die mathematischen Beschreibungen und die mathematischen Begriffe ‚Durchschnitt' und ‚Mittelwert'. Julia Paul stellte keinen Datenbezug her (AoD.mB), während Pauline Berend einen Datenbezug (AmD.mB) erkannte. Sie ging davon aus, dass die Aussage auf den erhobenen Daten der Lernumgebung und dem Wissen beruhte, um die unterschiedlichen Werte herauszulesen.

> B5: „Weil jeder eine andere Art hat zum Ausrechnen/Ausmessen. Manchmal verutscht man auch oder macht es nicht gründlich. Um auf ein gleiches Ergebniss zu kommen muss man den Mittelwert ausrechnen. Dann ist er nicht ganz genau aber ungefähr."

Auch die Aussage B5 wurde von den Studentinnen unterschiedlich eingeteilt. Julia Paul erkannte keinen Datenbezug, jedoch ein methodisches Vorgehen (AoD.m), während Pauline Berend einen Datenbezug und einen mathematischen Bezug (AmD.mB) bemerkte. Pauline Berend wertete die Aussage zum Mittelwert als nicht genau, sondern ungefähr als Nutzen der vorhandenen Daten.

> B9: „Weil jeder anders gerechnet hat. Jeder hat anders gemessen. Andere sachen zum gechnet hat nicht adition sonder Multiplikazon."

Bei der Aussage B9 war die Kodierung der Studentinnen vollkommen unterschiedlich. Julia Paul erkannte keine Datenbezug und ordnete die Antwort als persönlich ein (AoD.p). Pauline

Berend bewertete die Aussage jedoch anders: Sie kodierte, dass die Aussage einen Datenbezug mit mathematischem Bezug (AmD.mB) aufwies. Julia Paul verstand in der Aussage eine Beschreibung von der Erfahrung, dass der*die Sitznachbar*in möglicherweise multipliziert und das Kind selbst addiert hat. Pauline Berend erkannte dies als die Verwendung von mathematischen Begriffen und Wissen.

> B11: „Lineal verrutscht“

Bei der Aussage B11 stellten beide Studentinnen fest, dass keine Daten genutzt wurden. Julia Paul kodierte das Verrutschen des Lineals als persönliche Erfahrung (AoD.p), während Pauline Berend die Methode des Messens, also das methodische Vorgehen (AoD.m) beim Messen, als Code erkannte.

> B14: “Alle oder jeder misst anders. Manche haben es sehr ordentlich gemessen, dafür andere aber nicht. Vielleicht haben wir alle unterschiedliche Lineale.“

Auch die nächste Aussage B14 wurde von beiden Studentinnen als Aussagen ohne Datenbezug kodiert. Jedoch erkannte Julia Paul in dem Zusammenhang die persönlichen Erfahrungen (AoD.p) des Kindes, die es durch die Beobachtung der Mitschüler*innen erfahren hatte. Pauline Berend legte den Fokus bei der Kodierung auf den Kontext des methodischen Vorgehens (AoD.m), da das Kind die Methode des Messens beschreibe.

> B21: „Jeder hat unterschiedliche Rechenwege! Durch die unterschiedlichen Rechenwege hat auch jeder ein anderes Ergebnis gehabt.”

Auch bei der vorletzten Aussage B21 waren sich die Studentinnen einig, dass kein Datenbezug bestand, jedoch waren sie sich im nächsten Schritt uneinig. Julia Paul erkannte einen persönlichen Bezug (AoD.p) durch das Vorwissen des Kindes. Pauline Berend bemerkte an der Aussage und der Schlussfolgerung des Kindes ein methodisches Vorgehen (AoD.m).

Für die erste Reflexion ist abschließend zu sagen, dass die Herausforderungen dieselben waren. Somit stellt sich heraus, dass die Schwierigkeiten des Verständnisses nicht abhängig von der Lerngruppe waren, sondern der Kompetenzen der Altersstufe. Die Gespräche der Studentinnen führten auch hier nicht zu Übereinstimmungen, da die Entscheidung der Kodierung durch die jeweilige Studentin nachvollziehbar und logisch war.

Pauline Berend:

Zweite Reflexion

In diesem Abschnitt der Arbeit wird nun auf die unterschiedliche Kodierung der zweiten Reflexion eingegangen. Wie bereits im Abschnitt 5.5 beschrieben, gab es basierend auf dem Cohen's-Kappa-Wert von 0,54 („moderate" (mäßig)) schon eine bessere Übereinstimmung in der Zuordnung. Auch für diese Reflexion werden Aussagen, die von den Studierenden unterschiedlich kodiert wurden, genauer beleuchtet.

> A4: „1.) „Schätzen bedeutet etwas zu sagen von dem mann den Wert nicht kennt also mann sagt einen Wert ohne ihn zu wissen."
>
> 2.) „Ich wennde es zum Beispiel beim spielen an oder im Unterricht. Ich denke es ist z.B. schlau zu schätzen wenn mann nicht weiß wann nach Hause kommt."
>
> 3.) „Ich versuche es mit etwas zu vergleichen.""

Bei der Antwort des Kindes A4 kodierten die Studentinnen unterschiedlich. Julia Paul sah bei dieser Antwort keinen systematischen Bezug, da nicht erkennbar war, dass das Kind ein System bei der Antwort verfolgte. Sie las aus der Antwort des Kindes aber ein persönliches Interesse heraus (nsm.pl). Die Beantwortung der Fragen stützte das Kind aus ihrer Sicht auf reine persönliche Erfahrungen. Pauline Berend hingegen sah in dieser Antwort einen systematischen Ansatz (s.b). Das Kind gab an, es würde versuchen den zu schätzenden Gegenstand mit etwas anderem zu vergleichen. Obwohl von dem Kind nicht näher erläutert wurde, welchen Vergleichsgegenstand es nutzen würde, erkannte Pauline Berend darin ein System und einen beschreibenden Ansatz als Begründung.

> A6: „1.) „Schätzen bedeutet das man dinge von denen man nicht weiß wie lang oder breit sie ist man einfach denkt ja ich sag jetzt mal etwas von dem ich denke das es richtig ist"
>
> 2.) „Wenn Schätzen sinnvoll ist kann ich nicht Sagen. Ich wende es an wenn ich denke das es sinnvoll ist."
>
> 3.) „Ich denke an Bilder die so ähnlich lang waren. Dann Schätze ich.""

Bei den Antworten des Kindes A6 waren sich die Studierenden uneinig. Beide Studierenden erkannten in den Antworten einen systematischen Bezug. Julia Paul deutete die Antworten

des Kindes als persönliches Interesse (s.pI), da das Kind persönliche Erfahrungen als Ausgangspunkt nahm. Der Gedanke an Bilder als Vergleichsobjekt für die Schätzung wurde von ihr als Argument für das persönliche Interesse angeführt. Pauline Berend argumentierte an genau dieser Stelle, dass es sich um eine reine systematische Beschreibung (s.b) des Schätzens gehandelt habe. Für Pauline Berend war an dieser Aussage keine persönliche Komponente zu erkennen.

> A8: „1.) „Schätzen bedeutet:z.B. Das man sich einen gegenstant, Tier, Planze… an saut und sagen kann Ich schätze: Der Baum, ist 4 Meter hoch. Duweist es nicht genau, oder Ich schätze Der Baum ist der kleinste auf dem schulhof.“
>
> 2.) „ zB. Der kleter Baum ist 3 meter hach wir gehen in 3 minaten ich schätze ich Brauche 1 minute 30 das schafe ich noch. Um zu wissen ob man es noch schaft oder was anderes.“
>
> 3.) „Ich stele mir zum Beispil die Tür an und stapel sie. Nawal ich weis das sie ungefär 2m groß ist““

Bei der Antwort des Kindes A8 waren sich die Studierenden zum Teil einig. Beide erkannten in den Aussagen systematische und persönliche Beschreibungen (s.pI). Das Kind nutzte Erfahrungen aus dem Alltag und erklärte daran systematisch, wie es schätzt. Zusätzlich nahm Julia Paul eine systematische Beschreibung (s.b.) wahr. Für sie zeigte sich dieser Aspekt darin, dass das Kind beschrieb, wie es eine Tür als Vergleichsobjekt nutzen würde. Pauline Berend bemerkte, trotzt intensiven Austauschs, darin keine ausreichende Beschreibung und zählte diesen Aspekt als persönliches Vorgehen.

> A9: „1.) „Schätzen bedeutet wenn man etwas sieht was man z.B. auf 3 meter schätzt aus alten erinerungenß schätzt man es“
>
> 2.) „z.B im unterichт wen wann edwas schatzen soll“
>
> 3.) „Ich habe mir zu erst die sache angeschaut und dan geschätzt wie groß es ist.““

Auch bei den Antworten des Kindes A9 gab es keine übereinstimmende Zuordnung. Zunächst kodierten beide Studentinnen die Aussagen als systematisch. Für Julia Paul bewegte sich diese systematische Zuordnung im schulischen Bereich (s.sch), da das Kind das Schätzen als direkte schulische Aufgabe beschrieb. Für Pauline Berend war dieser Aspekt sichtbar, die systematische Beschreibung (s.b) des Vorgehens überwog an dieser Stelle für sie jedoch. Das Kind beschrieb, wie es an eine Aufgabe zum Schätzen herangehen würde und das machte für Pauline Berend den entscheidenden Aspekt aus.

A11: „1.) „Schatzen bedeutet zu vermuten wie etwas ist zum beispiel wie tief der Atlantik ist.“

2.) „wenn Ich abschätze wie schnell ich zu fuß zur Schule brauche und wenn ich dann los muss.“

3.) „Ich habe mir ein beispiel genommen und vermutet wie fiel höher (kleiner tiefer, breiter, lauter, langer) ist.““

Bei den Antworten des Kindes A11 kam es wieder zu Uneinigkeiten bei der Kodierung. Beide Studierenden erkannten systematische Antworten. Julia Paul sah in den Aussagen einen persönlichen Hintergrund (s.p). Das Kind beschrieb Alltagserfahrungen und erklärte daran sein Vorgehen. Für Pauline Berend reichte die Nennung einer Alltagserfahrung, dem Weg zur Schule, nicht aus, um einen persönlichen Aspekt zu identifizieren. Daher ordnete Pauline Berend den Aussagen einen systematisch beschreibenden (s.b) Charakter zu.

A12: „1.) „Man sagt Schätzen wen man ungefär weiß wie viel es wiegt oder so.“

2.) „Wenn man nicht weiß ob es richtig ist.“

3.) So ungefär sagen wie viel es ist meter kg.““

Auch bei den Antworten des Kindes A12 konnten sich die Studierenden nur drauf einigen, dass es sich um nicht-systematische Antworten handelte. Beide Studierenden erkannten kein klares System bzw. keine Erklärung der Vorgehensweise. Da das Kind mit Einheiten (Meter und Kilogramm) arbeitete, ordnete Julia Paul den Aussagen einen schulischen Kontext (nsm.sch) zu. Ihre Erklärung stützte sich darauf, dass die Thematisierung von Einheiten in der Schule erfolgte. Für Pauline Berend war die Aufzählung von Einheiten eine Beschreibung (nsm.b).

A13: „1.) „Schätzen bedäutet wenn man nicht so genau weis wie groß etwas ist, dass man seine Vermutung aufschreibt ohne genau zu wissen wie groß es ist.“

2.) „Wenn man zum beispiel“

3.) „Man muss sich einfach ein Bild von der sache nehmen und dann einfach seine Meinung beurteilen.““

Bei dem Kind A13 erkannte Julia Paul ein System bei den Antworten, während Pauline Berend kein System wahrnahm. Die Antworten des Kindes A13 kodierte Julia Paul als systematisch und mit persönlichem Interesse (s.pI). Für Julia Paul war deutlich, dass das Kind Wissen aus

dem persönlichen Alltag zur Beantwortung der Frage nutzte und dieses Wissen auch systematisch war. Pauline Berend hingegen sah in diesen Antworten kein System und nur eine Beschreibung (nsm.b) des Vorgehens. Das Kind beschrieb zwar ein Vorgehen, ordnete dieses jedoch nicht weiter ein.

> A14: „1.) Einen wert zu schätzen bedeutet zu raten bzw. zu glauben was es sein könnte."
>
> 2.) „Wenn man zb. die höhe einer Sache schäzt."
>
> 3.) „Ich habe probiert es mir herzuleiten.""

Wie bei dem Kind A13 erkannte Julia Paul auch bei Kind A14 ein System bei den Antworten, wohingegen Pauline Berend dies nicht tat. Ebenso ordnete Julia Paul den Aussagen einen persönlichen Aspekt (s.pl) zu. Das Kind beschrieb, dass es versuchen würde, beim Schätzen sich etwas herzuleiten. Dies sah Julia Paul als systematisch mit Rückgriff auf das Vorwissen des Kindes an. Pauline Berend nahm das Herleiten nicht als systematisch genug wahr, da das Kind nicht genau beschrieb, wie es bei einer Herleitung vorgehen würde. Für sie waren die Antworten daher beschreibend und nicht-systematisch (nsm.b).

> A17: „1.) „Wenn man einschätzt wie hoch, lang oder breit etwas ist. Man schätzt es dann."
>
> 2.) „Wenn du etwas wissen möchtest dann schaust du dir z.B. die Tür an, und schätzt wie hoch die ist, nur durch Augenmaß."
>
> 3.) „Du nimmst schätzungen zusammen. Rechnest sie und bestimmst dann ein Mittelwert.""

Eine weitere Unstimmigkeit in der Zuordnung wurde bei den Antworten des Kindes A17 deutlich. Beide Studentinnen sahen die Antworten als systematisch an. Pauline Berend ordnete den Antworten einen schulischen Aspekt (s.sch) zu. Das Kind nutzte den (neu) erworbenen Begriff ‚Mittelwert' für eine Beschreibung des Vorgehens. Dieser Begriff wurde im Rahmen der Lernumgebung thematisiert und lässt sich daher mit schulischem Wissen des Kindes begründen. Julia Paul hingegen sah in diesen Antworten mehr einen beschreibenden Charakter (s.b). Dieser folgte zwar einer Systematik, griff allerdings aus ihrer Sicht auf keinen schulischen Kontext zurück.

A19: „1.) „Es bedeutet einorden zu können wie groß etwas ist.“

2.) „Wenn ich zumbeischspiel in Mathe sagen muss wie groß das schiff der titanig wir damit ich den von Wert/Bruch ausrechnen kaan.“

3.) „Ich habe beim Schätzen der Tur zum beispiel in meinem kopf gekrammt wann mein Vater durch die Tür gelaufen war und wie viel Platz mischen seinem kopf war da ich weiß das er 2,05 m groß konnte ich dass einordnen.““

Bei den Antworten des letzten Kindes der Gruppe A (A19) herrschte bei den Studierenden nur Einigkeit darüber, dass es sich um systematische Antworten handelte. Julia Paul sah in diesen Antworten eine Beschreibung (s.b), da das Kind anschaulich beschrieb, wie es beim Schätzen vorgegangen ist. Pauline Berend hingegen sah neben einer Beschreibung auch eine persönliche Komponente (s.pl). Das Kind nutzte Erfahrungen aus dem Alltag und der Lebenswelt, um die Aufgabe zu lösen.

Auch bei der Gruppe B kam es zu einigen unterschiedlichen Kodierungen der Studentinnen.

B7: “1) Vermutung einer Länge oder Höhe

2) Ich wende es im Unterricht sinnvoll zu nutzen

3) habe mir die Sache angeguckt und dann hab vergleich gemacht“

Bei den Antworten des Kindes B7 erkannten beide Studentinnen einen systematischen Ansatz. Julia Paul erkannte in den nachfolgenden Aussagen zusätzlich einen schulischen Bezug (s.sch). Diesen erkannte sie darin, dass das Kind deutlich machte, es würde das Schätzen nur im Unterricht nutzen. Dieses Vorgehen beschrieb das Kind auch. Pauline Berend sah in der Beschreibung des Vorgehens, durch Angucken und Vergleiche anstellen, den systematisch beschreibenden (s.b) Charakter.

B11: „1) überlegen; Größe

2) wenn man mit einer Gruppe eine Wette hat; überlegen wie groß etwas ist

3) mit den Händen überlegt, wie groß etwas ist.“

In den Antworten des Kindes B11 sah Julia Paul einen systematisch persönlichen Ansatz (s.pl). Das Kind beschrieb, dass es Schätzen würde, wenn es um eine Wette gehen würde.

Julia Paul sah in diesem Aspekt das persönliche Interesse des Kindes. Pauline Berend hingegen entschied sich für eine systematisch beschreibende (s.b) Zuordnung, da das Kind beschrieb, wie es die Hände nutzen würde, um eine Schätzaufgabe zu bewältigen.

> B13: „1) Schätzen bedeutet das man eine bestimmte sache analysiert und dementsprechend seinem Bauchgefühl folgt.
>
> 2) Eigentlich ist es ein bisschen sinnlos aber du könntest es für einen Mathetest benutzen (Wenn es ums Schätzen geht)
>
> 3) Ich bin basierend auf Logik und Bauchgefühl darauf gekommen“

Bei der Aussage von B13 entschied sich Julia Paul für eine nicht-systematische Zuordnung, während Pauline Berend eine systematische Zuordnung wählte. Julia Paul sah in den Antworten einen schulischen Bezug (nsm.sch). Diesen Aspekt begründete sie darin, dass das Kind das Schätzen zwar sinnlos empfand, aber es im Unterricht verwenden würde. Eine systematische Erklärung lag dabei nicht vor, obwohl das Kind weiß, dass es das Schätzen im schulischen Kontext verwenden würde. Pauline Berend sah in den Antworten einen systematischen persönlichen Bezug (s.pI). Das Kind nutzte Logik und das Bauchgefühl zum Schätzen. Darin sah Pauline ein System und auch eine Verwednung von persönlichen Ressourcen.

> B21: „1) Überlegen vie viel es sein könnte! Und dies sich zu überlegen!
>
> 2) Bei Längen, höhen, abständen, breiten,
>
> 3) Ich habe mir eine Sache gesucht wie zum beippiel das Kröpeliner Tor in Rostock wo ich wusste wie Groß es ist und es vergleichen konnte!“

Bei den Aussagen von Kind B21 erkannten beide Studentinnen systematische Antworten. Julia Paul sah in den Aussagen des Kindes einen schulischen Bezug (s.sch). Das Kind nannte Begriffe wie ‚Längen‘, ‚Höhen‘, ‚Abstände‘ und ‚Breiten‘, die das Kind im schulischen Kontext erworben hat. Für Julia Paul wurde dadurch der schulische Kontext deutlich. Pauline Berend hingegen sah in den Aussagen einen Rückgriff auf persönliches Vorwissen (s.pI). Das Kind nutzte ein bekanntes Vergleichsobjekt für die Bewältigung der Schätzaufgabe.

Bei der Einordnung dieser Reflexion wurden einige Uneinigkeiten bei den Studentinnen deutlich. Rückblickend war festzustellen, dass es bei den Studentinnen zum Teil undeutlich war, ob die Beantwortung der Frage zwei oder drei mehr ins Gewicht fällt. Zum Teil haben sich die Studentinnen nur für einen Code entschieden, obwohl mehrere Codes möglich gewesen wären. Vor der Kodierung hätte deutlicher gemacht werden müssen, welche der Aufgaben stärker gewertet wird. Zusätzlich wäre denkbar gewesen, dass es bei dieser Reflexion für jede

Aufgabe eine unterschiedliche Kodierung gibt. Im Vorfeld wurde sich jedoch gegen diesen Weg entschieden, da einige Kinder die zweite und dritte Frage zusammenfassend beantwortet haben und die Notwendigkeit einer Trennung der Fragen als nicht zielführend erachtet wurde. Nach der Zuordnung der Codes wurde jedoch deutlich, dass die Trennung der Aufgaben sinnvoll gewesen wäre.

Julia Paul:

Dritte Reflexion

Auch in der dritten Reflexion kam es zu einer Uneinigkeit.

> B5: “jeder sieht es bisschen anders; manche waren weiter weg von der Lampe.“

Die folgende Aussage B5 wurde von den Studentinnen unterschiedlich kodiert. Beide Studentinnen waren sich einig, dass diese Aussage mit dem Begriff ‚Planungseinflüsse‘ zu kodieren sei (vE.P), da es um die Position der Laterne geht. Jedoch erkannte Pauline Berend in der Aussage auch einen Bezug zu körperlichen Merkmalen (uE.k/vE.P). Sie nahm die Aussage „anders Sehen“ als einen körperlichen Einfluss wahr.

Die Auswertung dieser Reflexion war sehr ergiebig für die Studentinnen. Die übrigen Aussagen konnten eindeutig zugeordnet werden. Die Studentinnen sind sich einig, dass die Reflexionsfrage verständlich formuliert war und die Kodierung und Kodierregeln sinnvoll gewählt wurden.

Pauline Berend:

Vierte Reflexion:

Auch in der vierten Reflexion ordneten die Studentinnen nicht alle Aussagen gleich ein.

> A8: „Ich finde schätzen sicherer, und auch besseer den man kann ja nicht 20 meter nachhinten laufen. Beim schätzen ist das gefäl besser das es richtig ist.“

Bei der Aussage von Kind A8 waren sich die Studentinnen einig, dass sich das Kind für das Schätzen als sichere Methode entschied und mit Daten argumentierte. Julia Paul erkannte in den Aussagen, dass das Kind sich für das Schätzen entschied, da es dies als leichter emp-

fand (Sch.AmD.AmB.Schl). Das Kind beschrieb vor allem die Organisation des Daumensprungs als zu umständlich. In diesem Aspekt deutete Julia Paul auch, dass das Kind das Schätzen leichter empfand. Pauline Berend las aus dieser Antwort heraus, dass das Kind die Rechnung zum Daumensprung als zu schwierig empfand (Sch.AmD.AmB.fR) bzw. fehleranfälliger und entschied sich daher für die entsprechende Kodierung. Das Kind beschrieb, es würde das Schätzen bevorzugen, da es richtig ist. Dies impliziert wiederum, dass es die Rechnung zum Daumensprung unsicher empfand. Bei dieser Einordnung wären grundsätzlich beide Aspekte denkbar gewesen, jedoch wurde sich dafür entschieden, nur einen Code für jede Aussage zu vergeben.

> A10: „Ich fin das Daumensprung sicherer ist da man sich sehe leicht verschätzen kann. Natürlich kann man sich beim Daumensprung auc verzählen oder verrechnen. Aber das Ergebniss ist warscheinlich näher dran als beim Schätzen."

Bei der Antwort des Kindes A10 konnte zunächst die Entscheidung für den Daumensprung und die Arbeit ohne Daten getroffen werden. Julia Paul ordnete eine Begründung über das Bauchgefühl (Dsp.AoD.AmB.Bg) zu. Das Kind entschied sich für den Daumensprung, da es den menschlichen Einfluss auf das Schätzen als zu groß empfand. Pauline Berend hingegen sah in der Beschreibung des Kindes eine mathematisch logische Begründung (Dsp.AoD.AmB.ml). Die Möglichkeit sich zu verschätzen, stellte für Pauline Berend die mathematisch logische Begründung dar.

> A13: „Daumensprung, weil wird den ausgerechnet haben und das für mich sicherer klingt."

Auch bei der Antwort von Kind A13 kamen Uneinigkeiten auf. Während Julia Paul in dieser Antwort keine Datennutzung sah, erkannte Pauline Berend einen Bezug zu den erhobenen Daten. Julia Paul nahm eine mathematisch logische Begründung (Dsp.AoD.AmB.ml) in der Aussage wahr. Das Kind entschied sich für den Daumensprung, da es seine Rechnung als sicherer empfand, worin Julia Paul die mathematisch logische Begründung sah. Pauline Berend bemerkte neben einer mathematisch logischen Begründung auch noch eine Datennutzung (Dsp.AmD.AmB.ml). Für Pauline Berend zeigte sich die Datennutzung darin, dass das Kind sich für den Daumensprung entschied und dabei den in der Lernumgebung berechneten Wert als Grundlage nutzte.

> A15: „also ich fiend schätzung Genau weil ich das Daumensprung Nicht so vehalte"

Bei dem Kind A15 unterschieden sich die Antworten weitreichender. Beide Studentinnen erkannten eine Entscheidung für das Schätzen und keine Datennutzung. Während Pauline Berend in dieser Antwort keine weitere Begründung (Sch.AoD.AoB) erkannte, las Julia Paul aus der Antwort heraus, dass das Kind das Schätzen als leichter (Sch.AoD.AmB.Schl) empfand.

Da diese Antwort nicht genau lesbar war, könnte gedeutet werden, dass das Kind meinte, es hätte den Daumensprung nicht verstanden („vehalte“ (A15)). Die Antworten der Schüler*innen sollten jedoch nicht gedeutet werden, weshalb Pauline Berend keine weitere Begründung in die Antwort hineininterpretierte.

> A16: „Der Daumensprung ist sicherer weil es eine Technik schätzen ist nur schätzen.“

Auch bei der Antwort des Kindes A16 herrschte Uneinigkeit bei den Studentinnen. Beide Studentinnen sahen die Entscheidung für den Daumensprung und erkannten keine Datennutzung aber weitere Begründungen. Julia Paul erkannte in der Nennung der Technik des Daumensprungs eine logische Begründung (Dsp.AoD.AmB.ml). Pauline Berend hingegen beurteilte die Aussage nur als Begründung über das Bauchgefühl (Dsp.AoD.AmB.Bg). Das Kind gab an, Schätzen sei Schätzen und daher weniger zuverlässig.

> A17: „Ich finde die Schätzung besser als den Daumensprung. Durch die schätzung hat man meistes genauere Ergebnisse. Dazu ist es einfacher und besser. Jeder kann schätzen wie er will.“

Bei der Antwort des Kindes A17 herrschte bei den Studentinnen in zwei Punkten Einigkeit. Beide Studentinnen erkannten, dass das Kind sich für das Schätzen entschied, da dies als leichter empfunden wurde. Pauline Berend bemerkte in der Antwort eine Datennutzung (Sch.AmD.AmB.Schl), während Julia Paul diese nicht sah (Sch.AoD.AmB.Schl). Für Pauline Berend zeigte sich diese Datennutzung drin, dass das Kind die Ergebnisse des Schätzens mit denen des Daumensprungs verglich. Dieser Vergleich wurde dann für die Entscheidung herangezogen.

Auch bei den Antworten der Gruppe B wurden Uneinigkeiten deutlich.

> B6: „Schätzung weil ich daumensprung nicht vertrauen kann, Schatzungsweise wiß ich wie groß eine laterne“

Bei der Antwort des Kindes B6 zeigte sich wieder, dass beide Studierenden erkannten, dass sich das Kind für die Schätzung entschied, da es das als einfacher einordnete. Der Unterschied in der Kodierung lag darin, dass Pauline Berend eine Datennutzung (Sch.AmD.AmB.Schl) erkannte und Julia Paul nicht (Sch.AoD.AmB.Schl). Für Pauline Berend zeigte sich die Datennutzung wieder darin, dass das Kind die eigene Rechnung zum Daumensprung mit der Schätzung verglich. Auch hier ist die Rechnung des Kindes vermutlich nicht gelungen und daher wird der Schätzung mehr vertraut.

> B12: „ich finde die Schätzung besser obwohl der Daumensprung genauer ist aber braucht viel aufwand. Deswegen würde ich persöhnlich Schätzen aber wer genauer sein möchte kann auch den Daumensprung nehmen. Also zusammengefasst Daumensprung braucht viel aufwand ist aber genauer“

Bei der Antwort von Kind B12 herrschte bereits in der Einordnung, ob sich das Kind für das Schätzen oder den Daumensprung entschied, Uneinigkeit. Julia Paul las aus der Antwort heraus, dass das Kind sich für den Daumensprung entschied, da dieser genauer und logischer sei (Dsp.AoD.AmB.ml). Für Pauline Berend war die Zuordnung zum Daumensprung nicht deutlich genug, da das Kind zwar den Daumensprung als sicherer und einfacher ansah, jedoch persönlich eine Schätzung bevorzugte (Sch.AoD.AmB.Schl), da diese weniger aufwändig sei.

> B13: „Ich finde die Ergebnisse stimmen 50/50 überein. Ich persönlich finde es sicherer zu Schätzen, denn manche können und verstehen den Daumensprung nicht.“

Auch bei der Antwort des Kindes B13 gab es nur eine gemeinsame Kodierung für die Entscheidung für das Schätzen. Julia Paul sah in der Antwort des Kindes einen Datenbezug und eine Begründung für das Schätzen, da dies leichter sei (Sch.AmD.AmB.Schl). Den Datenbezug nahm Julia Paul durch den Vergleich der Ergebnisse wahr. Die Entscheidung für das Schätzen erfolgte, da der Daumensprung als schwer verständlich angesehen wurde. Pauline Berend hingegen empfand bei der Aussage über eine 50/50-Übereinstimmung keine ausreichende Datennutzung, da das Kind nicht weiter darauf einging. Weiterhin stufte Pauline Berend die Entscheidung gegen den Daumensprung ein, da der Daumensprung anfällig für Fehler in der Rechnung sei (Sch.AoD.AmB.fR).

> B21: „Ich finde den Daumensprund ein bisschen vertrauliche den man kann sich dabei auch ganz schön verschetzen.“

Bei der Antwort des Kindes B21 gab es Uneinigkeiten bei der Zuordnung der Codes. Beide Studentinnen sahen eine Zuordnung zum Daumensprung. Julia Paul erkannte eine Datennutzung darin, dass das Kind anscheinend die Daten aus den vorherigen Aufgaben miteinander verglich und dadurch die Vertraulichkeit des Daumensprungs beurteilte. Eine weitere Begründung wurde nicht erkannt (Dsp.AmD.AoB). Die von Julia Paul erkannte Datennutzung sah Pauline Berend hingegen in der Antwort des Kindes nicht. Pauline Berend bemerkte stattdessen, dass sich das Kind für den Daumensprung entschieden hat, da es sich nicht auf das Schätzen verlassen möchte, da dies nur auf dem Bauchgefühl beruhe und man sich auch leicht verschätzen könne (Dsp.AoD.AmB.Bg).

Bei der letzten Reflexion wurde deutlich, dass die Entscheidung für oder gegen den Daumensprung oft abhängig davon war, ob die Rechnung zum Daumensprung den Schülern und Schülerinnen leicht fiel oder nicht. Zusammenfassend für diese Reflexion ist zu sagen, dass eine Zuordnung der Codes vor allem dann schwierig war, wenn nicht eindeutig eine Entscheidung des Kindes nachvollziehbar war oder eine Begründung nur sehr oberflächlich erfolgte.

Insgesamt ist festzuhalten, dass zum Teil die sprachlichen/schriftlichen Ausführungen der Schüler*innen eine Zuordnung der Codes erschwerten. Einigen Schülern und Schülerinnen fiel das Verfassen von längeren Texten schwer, weshalb es zum Teil zu kurzen und unvollständigen Antworten kam. Bei einigen Antworten der Schüler*innen erschwerte auch das Schriftbild die Auswertung der Reflexionen. Die Studentinnen versuchten die Antworten der Schüler*innen nicht zu interpretieren, weshalb eine Zuordnung mitunter so unterschiedlich ausfiel.

Nachfolgend werden nun Schüler*innenvorstellungen aufgeführt, die von den Studentinnen aus den Unterrichtsgesprächen entnommen werden konnten. Anschließend erfolgt ein kurzer Vergleich zu den Schüler*innenvorstellungen aus der Theorie.

Im Rahmen der Erprobung der Lernumgebung ergaben sich Schüler*innenvorstellungen, die die Gedanken der Kinder auf verschiedene Inhalte, bezogen auf das Erheben von Daten, darstellten. In diesem Bezug wurden diese Themenbereiche im Unterrichtsgespräch erhoben.

Die Aussagen der Kinder im Verlauf des Unterrichtsgeschehens setzten sich mit den Themen des wahren Werts, standardisierten Messinstrumenten, der Reduzierung von Unsicherheiten, der Ermittlung des wahren Werts durch Profiinstrument und der Ermittlung des wahren Werts durch den Mittelwert und Durchschnitt der Daten auseinander. Diese sollen nun im Folgenden ausgeführt werden.

Die Kinder beider Gruppen konnten sich anfänglich gut mit den selbst errechneten Daten vom ersten Arbeitsblatt auseinandersetzen. Unterschiedliche Ergebnisse der Kinder wurden auf Rechenschwierigkeiten oder unterschiedliches Messen zurückgeführt. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Kinder durch ihre Sozialisierung davon ausgingen, dass es nur ‚falsch' und ‚richtig' gäbe. Dadurch ergab sich, dass es für die Kinder einen ‚wahren' Wert gibt und die ‚falschen' Werte waren auf Rechen- oder Messfehler zurückzuführen. Den Kindern war nicht bewusst, dass es keinen ‚wahren' Wert gibt.

Des Weiteren ergab sich aus den Unterrichtsgesprächen, dass sich einige Kinder nicht im Klaren darüber waren und nicht die Vorstellung hatten, dass Lineale standardisiert sind. Die

Kinder gingen davon aus, dass jeder ein anderes Lineal bekam und nicht, dass die entsprechenden Angaben auf dem Lineal einem Standard unterliegen. Einige Kinder waren sich dieses Standards nicht bewusst.

Als weiteres Thema ergaben sich die Erklärungen darüber, dass die Unsicherheit der Werte, die zu den unterschiedlichen Ergebnissen führten, beeinflussbar wären und reduziert werden könnten. Bei den Unsicherheiten der Messung setzten die Kinder diese mit Messfehlern gleich, die durch das falsche Ablesen des Lineals oder des Ausrechnens begründet wurden. Da man jedoch die Ergebnisse hätte korrekt ablesen können und die Rechenfehler hätten vermieden werden können, sind Unsicherheiten für Kinder reduzierbar und der wahre Wert wäre zu erreichen.

Im Weiteren wurde im Gespräch deutlich, dass die Kinder davon ausgingen, dass Profiinstrumente den wahren Wert bestimmen könnten. Ein Stück weit könnte die Vermutung bestehen, dass Kinder sich der Genauigkeit von professionellen Geräten bewusst sind und dass mit dem gut gewählten Instrument Messunsicherheiten reduziert werden könnten. Dies ist jedoch nicht belegbar, weil es das Wissen um Messunsicherheiten braucht, um ein passendes Messinstrument auszuwählen und so die Messunsicherheit zu reduzieren.

Im Verlauf stellte sich auch heraus, dass die Kinder das Wissen um den Mittelwert und den Durchschnitt bereits ansatzweise im Unterricht erlernt hatten. Sie zeigten durch ihre Aussagen, dass sie sich mit dem Errechnen des Durchschnitts und des Mittelwerts dem für sie wahren Wert annähern können. Anschließend lässt sich sagen, dass die bereits in der Theorie beschriebenen Vorstellungen um das Wissen eines wahren Wertes auch in den Aussagen einiger Schüler*innen herausgelesen werden konnten.

Die Kinder sollten sich bei der Erarbeitung der Lernumgebung mit dem Wissen um Messunsicherheiten auseinandersetzen. Abschließend ließ sich die Feststellung der Kinder erkennen, dass ein Ergebnis, das ein Intervall angibt, genauer ist als ein Ergebnis ohne diese Angabe.

Übergeordnet ist zu sagen, dass eine Anpassung der vorliegenden Lernumgebung eindeutigere Ergebnisse der Reflexionsseiten ergeben hätte. Bei der Auswertung der Reflexionen ergaben sich die folgenden Aspekte: Zunächst ist zu sagen, dass mündliche Diskussionen, Input zu Beginn der Lernumgebung und ein abschließender Transfer fehlten und diese Punkte die Ergebnisse verbessert hätten. Die Kinder wurden in das Thema nicht umfangreich eingeführt. Ein Abschluss bzw. ein Transfer waren in der ursprünglichen Lernumgebung nicht vorgesehen. Bei der Anpassung der Lernumgebung wurde sich auf die Beantwortung der Reflexionsfragen konzentriert. Eine Erweiterung der Lernumgebung war nicht vorgesehen, jedoch wurde während der Ausführung der Lernumgebung deutlich, dass ein beginnender Input sowie ein Abschluss notwendig für die Schüler*innen gewesen wäre. Beispielsweise hätte zu

Beginn die Frage gestellt werden können, was Daten eigentlich genau sein. Somit hätte die Lernumgebung bereits mit einer Diskussion beginnen können. Im weiteren Verlauf hätten Peer-Gespräche in Kleingruppen stattfinden müssen, damit der Austausch und das Gesamtverständnis der Schüler*innen gefördert werden könnten. Die Heterogenität der Lerngruppe hätte förderliche Gesprächsanlässe geliefert und eine Auseinandersetzung unter Peers den Lerngegenstand begünstigt. Die Fragen der Schüler*innen hätten somit geklärt oder durch die Kleingruppenarbeit ins Plenum getragen werden können, um den Lerngegenstand tiefer zu verstehen und zu beleuchten.

Auf dieser Grundlage hätten die Kinder eine klare Vorstellung vom Lerngegenstand gehabt und sich mit dem Thema Daten beschäftigt. Enge Fragestellung in den Reflexionen hätten den 6. Klässlern und Klässlerinnen die Beantwortung der Fragen im Rahmen der Thematik erleichtert und Antworten außerhalb des Themas ohne Datenbezug wären vermeidbar gewesen. Nicht nur die engeren Fragestellungen, sondern auch ein klarerer roter Faden in der Lernumgebung um das Thema Daten und Unsicherheiten hätte Grundschulkindern die Arbeit im Thema erleichtert. Ein abschließender Transfer durch einen alltagsweltlichen Bezug hätte das Thema abgerundet und eine Verortung in der Lebenswelt der Kinder erleichtert und nachhaltig verankert. Der vorangegangene Aspekt ist besonders auf die Ergebnisse hin gesehen wichtig, da die meisten Kinder nicht mit Daten geantwortet haben und auch keinen Alltagsbezug zur Arbeit mit Daten herstellen konnten. Die Antworten zeigten, dass die Kinder höchstens Daten im schulischen Kontext als Werte verstanden und mit mathematischen Bezügen eingeordnet haben.

Zusätzlich ergab sich für die Studentinnen die Einsicht darüber, dass die meisten Kinder den Anforderungen der Fragestellungen nicht gewachsen waren, weil ihnen Kompetenzen zur Beantwortung der Fragen fehlten. Nur wenige Kinder konnten mit Hilfe von einem methodischen Vorgehen ihre Gedanken beschreiben und wiedergeben. Das selbstständige Denken fiel den meisten Kindern schwer und behinderte dadurch eine umfangreiche, vertiefende Beantwortung der Fragestellung. Auch an dieser Stelle wird deutlich, dass mündliche Gruppendiskussionen zusätzlich eine tiefere Auseinandersetzung fördern würden und einen Raum für Fragen bieten könnte.

Die Kinder versuchten die Fragen auf Basis ihres schulischen Wissens zu beantworten. Wiederholt wurden Antworten genannt, die drauf abzielten, dass man alles in der Lernumgebung richtig beantworten könne, wenn man sich nicht verrechnen würde und die Aufgabe richtig lesen und verstehen würde. Somit wird deutlich, dass die Schüler*innen von einem ‚wahren' Wert ausgingen. Laut der zweiten Dimension (Einfluss von Messunsicherheiten auf das Messwesen) nach Hellwig (2012) unter dem Punkt ‚Ziel der Messung' wurde thematisiert, dass

Schüler*innen von der Unkenntnis des ‚wahren' Wertes lernen müssen. In der vorliegenden Lernumgebung wurde deutlich, dass sich bei den Schülern und Schülerinnen eine Unzufriedenheit über die Erkenntnis davon einstellte, dass es niemals einen ‚wahren' Wert geben könne und es nicht immer ein richtiges und falsches Ergebnis gäbe. Im Zusammenhang mit dem System Schule wurden die Kinder darauf konditioniert, dass es nur richtige oder falsche Antworten gäbe, weswegen sie auch in dieser Lernumgebung auf ein richtiges Ergebnis bestanden. Sie stellten die vorhandenen Ergebnisse in Frage und beharrten auf einem richtigen Ergebnis. Die meisten genannten Einflüsse waren dadurch laut den Kindern auf menschliche Einflüsse zurückzuführen.

Bei der Durchführung der Lernumgebung wurde auf die in den Kapiteln 2.3 und 4.1 beschriebenen Basismodelle zurückgegriffen. Sowohl in der Durchführung als auch in der Auswertung wurde deutlich, dass nicht alle beschriebenen vollständig abgeschlossen wurden. So wurde beispielsweise im Basismodell ‚Konzeptbildung' das Durcharbeiten des Prototyps und den dazugehörigen Begriffen (Mittelwert, Unsicherheit, Messergebnis und Intervall) nicht vollständig beendet. Dieser Schritt hätte erneut durchlaufen werden müssen, damit sichergestellt werden könnte, dass alle Schüler*innen auch diesen Prototyp verstanden haben. Die Berechnungen zum Mittelwert haben an einigen Stellen deutlich gezeigt, dass nicht alle Schüler*innen dies im vollen Umfang erkannt haben. Für eine zukünftige Bearbeitung sollte darauf geachtet werden, dass die Basismodelle vollständig abgeschlossen werden.

Abschließend ist zu sagen, dass die vorherigen Aspekte, die sich in der Diskussion ergeben haben, ebenfalls Rückschlüsse auf den Rahmenlehrplan Nawi bieten. Das selbstständige Denken der Kinder soll angeregt werden. In diesem Rahmen sollte entscheidend sein, dass Kinder mithilfe von Informationen, also Daten, eigene Ideen entwickeln und diese methodisch durchdenken. Dadurch begründet sich auch an dieser Stelle erneut die Relevanz des Themas in Bezug auf den Rahmenlehrplan, da dieser eine Auseinandersetzung mit Informationen durch die Kinder vorsieht.

8. Fazit – Pauline Berend und Julia Paul

Julia Paul:

In den Ergebnissen der durchgeführten Lernumgebung lässt sich erkennen, dass die Kinder eine Auseinandersetzung mit Daten und Informationen oft nicht direkt umsetzen konnten und dass der größere Teil der Kinder keine Daten genutzt hat, um die Fragestellungen zu beantworten.

Des Weiteren waren die Antworten der Kinder meist durch persönliche Erlebnisse und Vorkenntnisse aus dem Alltag geprägt. Aussagen, die einen naturwissenschaftlichen oder mathematischen Bezug aufzeigten, kamen nur selten vor. Dieser Aspekt lässt darauf schließen, dass die Kinder die Arbeit mit Daten und dem naturwissenschaftlichen Vorgehen noch nicht bewusst anwenden konnten.

Die Aussage von Höttecke und Hopf (2018) konnte bestätigt werden, dass bei Kindern das methodische und schrittweise Arbeiten möglicherweise durch Vorwissen und Erfahrungen noch nicht vorhanden oder durch andere Vorstellungen besetzt ist.

Für das Erarbeiten dieser Lernumgebung wär da Beherrschen bestimmter Kompetenzen von Vorteil gewesen, die im Vorlauf der ersten bis vierten Klasse, der Vorschule oder Kita, Teil des Lernens hätten sein können. Auch Kinder im Kindergarten zeigen durch ihr Vorgehen, zum Beispiel beim Erbauen von Bauwerken und deren Planung, ein methodisches Vorgehen und legen somit den Grundstein zum Experimentieren und naturwissenschaftlichen Lernen. Unter der Bedingung, dass Kompetenzen aus dem Kindergarten weiterentwickelt werden, wäre eine Auswertung der Daten ausschließlich bezogen auf die Fragestellung möglicherweise leichter gewesen. Bei Eintritt in die Schule wird den Kindern die Möglichkeit des freien Explorierens oft genommen. Stattdessen folgen die Schüler*innen einem fest strukturierten Schulalltag, in dem ihnen bereits alles vorbereitet wird.

Bestimmte Kompetenzen, wie beispielsweise das Protokolieren oder Argumentieren, sollten die Kinder bereits in den vorherigen Jahren erlernt haben. Auch eine Werkzeugkiste mit Methoden und Arbeitsweisen würde den Kindern das strukturierte Arbeiten und Denken erleichtern. Diese Voraussetzungen sollten daher in den ersten Schuljahren erreicht werden, um Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Lernens aktiv zu unterstützen. Daher ist die Förderung sowohl im Sachunterricht, als auch später im Nawi-Unterricht von Bedeutung. So sollten mit den Kindern gemeinsam Informationen aufgearbeitet und mit ihnen ein methodisches Vorgehen erprobt werden. Die Kinder sollten dazu angehalten werden, eigene Denkprozesse in Kraft zu setzen, aufzuschlüsseln und selbst zu formulieren, um eigene relevante Fragen und Hypothesen zu erstellen und eine Menge an Daten zu erhalten. Dies sollte altersunabhängig möglich sein, das heißt, Schüler*innen jeder Jahrgangstufe sollten in der Lage sein methodisch vorzugehen und sich Informationen nutzbar zu machen. Besonders wichtig ist, dass Informationen in allen Lebensbereichen auftreten und dadurch immer die Möglichkeit besteht, einen Lebensweltbezug für die Kinder herzustellen. Dadurch kann den Schülern und Schülerinnen die Relevanz für ihren Alltag aufgezeigt werden, wodurch die Arbeit in der Schule den Weg in das Leben der Schüler*innen eröffnet.

Pauline Berend:

Die größte Schwierigkeit mit der Arbeit der Lernumgebung entstand, da sich lediglich ein sehr geringer Teil der Kinder mit Daten bereits auseinandergesetzt hat und diese auch gezielt nutzte. Die Kinder waren sogar mit der mathematischen Anforderung regelrecht überfordert. Bei Gruppe A war es notwendig, Tablets zu nutzen, um die Ergebnisse berechnen zu können. Doch die Kinder der Gruppe B taten sich bei der Berechnung des Mittelwertes ebenso schwer.

Abschließend lässt sich zur Beantwortung der Fragestellung folgendes zusammenfassen: Erstens nutzten wenige Kinder die eigenen erhobenen Daten bei der Beantwortung der offenen Fragestellungen und zweitens war nur ein geringer Anteil der Kinder im Stande, mit Informationen in Form eines methodischen Vorgehens zu arbeiten.

Die Kinder arbeiteten somit kaum mit den Daten aus den eigenen Messungen. Die wenigen Kinder, die es taten, stellten einen mathematischen oder methodischen Bezug her und hatten somit die Arbeit mit Daten aus ihrer Alltagswelt in einen neuen Kontext gesetzt. Somit wiesen einige Kinder ein Wissen zu Daten auf, konnten dieses nutzen und auch in neue Inhalte transferieren.

Dem Großteil der Kinder war dies jedoch nicht möglich. Sie nutzten die selbsterhobenen Daten nicht und antworteten ausschließlich persönlich und alltagsbezogen. Ein Transfer von Daten auf schulische oder naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Inhalte war nicht nachvollziehbar.

Schlussendlich stellte sich heraus, dass die Schülerschaft heterogen ist und dies immer Berücksichtigung finden muss. Zur Beantwortung der Frage ergibt sich nun, dass Kinder der sechsten Jahrgangsstufe gemessen an ihren vorhandenen Kompetenzen in der Lage sind, mit selbsterhobenen Daten zu arbeiten und diese mit einem methodischen Vorgehen nachvollziehbar sichtbar zu machen. Jedoch sind die Voraussetzungen der Kinder so unterschiedlich, dass auch die Antwort lauten könnte, dass Kinder der sechsten Klassen nicht mit Daten arbeiten können, sie nicht als Daten erkennen und ihren Nutzen nicht in einem schulischen Kontext umsetzen können.

Um die Fragestellung in weiteren Forschungsarbeiten genauer beantworten zu können, sollte die Anzahl der Kinder erhöht werden und zuvor auch erprobt werden, welche Voraussetzungen Kinder benötigen, um mit Daten im schulischen Kontext zu arbeiten.

9. Ausblick – Pauline Berend und Julia Paul

Pauline Berend:

Weitere Forschungsarbeiten sollten sich vorerst mit den Kompetenzen und Voraussetzung der Kinder in den ersten vier Schuljahren beschäftigen. Grundlagen für das wissenschaftliche Arbeiten und die Arbeit mit Daten sollten nicht erst in der fünften Klasse gelegt werden. Eine Vielzahl an Kinder zeigte auf, dass diese Kompetenz bereits in der sechsten Klasse gut ausgeprägt sein könnte, um die Arbeit mit Daten und das naturwissenschaftliche Lernen zielführender und nachhaltiger zu gestalten. Die Kinder wären somit in der Lage, Wissen aus dem Alltag in den naturwissenschaftlichen Kontext zu transferieren.

Des Weiteren sollte bei zukünftigen Forschungen zu der gegebenen Fragestellung die Methode der Arbeitsphasen vorrangig in Gruppenarbeit sein. Die Gruppenarbeit sollte sich jedoch nicht nur auf die Diskussionsmöglichkeiten der Schüler*innen beziehen, sondern auch die Anzahl an Daten reduzieren, wodurch der Fokus des Rechnens aus der Arbeit herausgenommen wird. Die Berechnungen bereiteten vielen Kindern Schwierigkeiten und verschoben den Fokus von den erhobenen Daten auf das Ausrechnen des Mittelwertes. Der Grund für die Schwierigkeiten war die große Anzahl der erhobenen Daten, die die Kinder zur Berechnung nutzten. Diese große Datenanzahl und Anzahl von Ergebnissen wäre vermeidbar gewesen, indem alle Erhebungen in Kleingruppen durchgeführt worden wären. Auch hier wird sich wieder auf den Fokus der Bearbeitung des Lerngegenstands (die Arbeit mit Daten, nicht das Berechnen des Mittelwerts) konzentriert, da ausschließlich die Arbeit mit Daten im Fokus steht und nicht der rechnerische Anspruch an die Kinder gestellt wird.

Julia Paul:

Sollte zuvor keine weitere Erhebung zu den Voraussetzungen der Kinder und der Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten erfolgt sein, wäre ein Vorkurs vor der Erhebung zur genannten Fragestellung sinnvoll.

Es sollte somit eine Einheit zum Thema des methodischen Vorgehens mit den Kindern erarbeitet werden und die folgenden Fragen beinhalten: Wie geht man bei der Datenerhebung vor, wenn man eine bestimmte Fragestellung hat? Wie setzt man sich mit Informationen auseinander? Wie fokussiert man sich in einem bestimmten Datensatz auf die Beantwortung einer speziellen Fragestellung?

Die Lernumgebung sollte zusätzlich viel mehr angeleitet werden. Des Weiteren wäre es wichtig nochmals das Konzept zu überdenken, das der Lernumgebung zu Grunde liegt. Eine Konfrontation oder eine eigene Erfahrung würde eine andere Art von Anleitung benötigen als ei-

nen ausführlichen Input. Die Grundlage für die Entscheidung eines bestimmten Konzepts bildet die jeweilige Lerngruppe. In Bezug auf die vorliegende Lerngruppe, bestehend aus Gruppe A und B, wäre ein ausführlicher Input im Verlauf der gesamten Lernumgebung sinnvoll gewesen. Jedoch wären dadurch die Ergebnisse zur Fragestellung beeinflusst gewesen und die Fragestellung hätte angepasst werden müssen.

Wenn jedoch laut Oser und Baeriswyl andere Konzepte für diese Lernumgebung genutzt werden sollten, wäre eine Anpassung unumgänglich und eine Ausrichtung auf die Fragestellung notwendig.

Die vorhandene Konfrontation der Schüler*innen und auch ein gewisser Grad der Unzufriedenheit während der Durchführung, motivierte die Kinder jedoch teilzunehmen und Fragen zu stellen.

Eine sehr wichtige und notwendige Anpassung stellt der Abschluss der Lernumgebung dar. Sowohl Pauline Berend als auch Julia Paul fehlte der abschließende Transfer. Auch die Schüler*innen vermittelten zum Ende eine geringere, jedoch zu fühlende, Unzufriedenheit mit dem Ende der Lernumgebung. Sie ergab sich als ergebnislos und unfertig für die Schüler*innen.

Somit wäre am Ende der Lernumgebung ein Transfer sinnvoll, der es den Kindern ermöglicht, ihr neu erlangtes Wissen in den Alltag zu transferieren. Für die Zukunft können Schüler*innen Informationen und Daten, die sie erhalten, nicht nur im schulischen, mathematischen Sinne für sich nutzen, sondern auch wenn sie im öffentlichen Raum unterwegs sind oder digitale Medien nutzen. Daten und Informationen begegnen den Schüler*innen in vielfältigen Formen im Alltag und dies sollte auch mit den Schülern und Schülerinnen thematisiert werden.

10. Literaturverzeichnis

Bornath, T. & Walter, G. (2020). *Messunsicherheiten - Grundlagen: Für das Physikalische Praktikum*. Springer Spektrum.

Buffler, A., Allie, S. & Lubben, F. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, *23*(11), 1137–1156.

Glomski, J. & Priemer, B. (2010). *Modellierung eines adäquaten Umgangs mit Messunsicherheiten: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/141

Hellwig, J. (2012). *Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik [*Dissertation], Ruhr-Universität Bochum.

Hellwig, J. & Heinicke, S. (2020). Messfehler-wann, warum und wie? Unterrichtsansätze und Werkzeuge für die Sekundarstufe I zur Auseinandersetzung mit Mess“fehlern“. *Naturwissenschaften im Unterricht*, *31*(177/178).

Holz, C. & Heinicke, S. (2020). Tipps für Lehrkräfte: Der Umgang mit unsicheren Daten. *Naturwissenschaften im Unterricht*, *31*(177/178), 39–43.

Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit, H. Fischler, C. Haagen-Schützenhöfer, D. Höttecke, R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), *Lehrbuch. Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 271–287). Springer Spektrum.

Joint Committee for Guides in Metrology. (2008). *Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM).*

Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Miller, S. & Wittkowske, S. (Hrsg.). (2022). *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (3., überarbeitete Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(3), 3–18.

Klafki, W. (2019). *Allgemeine Erziehungswissenschaft. Systematische und Historische Abhandlungen: Herausgegeben und Eingeleitet von Karl-Heinz Braun, Frauke Stübig und Heinz Stübig*. Vieweg.

Kok, K., Boczianowski, F. & Priemer, B. (2020). Schulpraxis: Messdaten im Physikunterricht auswerten - wann sind Messunsicherheiten wichtig? *MNU-Journal*, *73*(4), 292–295.

Kok, K. & Priemer, B. (2023). Messunsicherheiten quantifizieren: Welche Maße gibt es dafür? *MNU-Journal*, *76*(4), 330–333.

Köster, H. *Freies Explorieren und Experimentieren* [Dissertation]. GBV Gemeinsamer Bibliotheksverbund.

Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H. E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung*. *Ganz In - Materialien für die Praxis*. Waxmann.

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg. (o.J.). *Rahmenlehrplan: Teil C - Naturwissenschaften* [Jahrgangstufe 5/6].

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg. (2022). *Material zur Diagnose und Förderung im Mathematikunterricht: Größen und Messen*. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/rlp-online/Teil_C/Mathematik/Materialien/Ma_MzDuF_L2__Groessen_und_Messen_Gesamt_2023-05.pdf

Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, *33*(1), 159–174.

Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13. überarbeitete Auflage). Julius Beltz.

Nagel, C. (2021). Sicher ist sicher! Fachliche Klärung für die didaktische Rekonstruktion von Messunsicherheiten im Unterricht. *Plus Lucius*(4).

Primakom - Deutsches Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik. (2024, 9. Oktober). *Hintergrund | primakom.dzlm.de*. https://primakom.dzlm.de/inhalte/daten-h%C3%A4ufigkeit-wahrscheinlichkeit/daten-und-h%C3%A4ufigkeiten/hintergrund.

Reinfried, S., Mathis, C. & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, *27*(3), 404–414.

Schenke, N. (2023). *Entwicklung eines Lernmoduls zum Thema Messunsicherheiten im NaWi-Unterricht der Primarstufe* [Masterarbeit]. Humboldt-Universität zu Berlin.

Windt, A., Scheuer, R. & Melle, I. (2014). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich – Evaluation unterschiedlich stark angeleiteter Lernsituationen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 69–85.

Wodzinski, R. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen im Anfangsunterricht. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 243–270). Springer.

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 1 ____ *11*

Abbildung 2: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 2 ____ *13*

Abbildung 3: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 3 ____ *15*

Abbildung 4: Sachstrukturmodell nach Hellwig, 2012, Dimension 4 ____ *17*

Abbildung 5: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 1, Schenke, 2023, S. 28 ____ *18*

Abbildung 6: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 2, Schenke, 2023, S. 30 ____ *19*

Abbildung 7: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 3, Schenke, 2023, S. 31 ____ *20*

Abbildung 8: reduziertes Sachstrukturmodell für die Primarstufe nach dem Vorbild von Hellwig, Dimension 4, Schenke, 2023, S. 33 ____ *21*

Abbildung 9: Zielsetzung aus Holz & Heinicke, 2020, S. 20 ____ *44*

Abbildung 10: Hilfen zum Umgang mit unsicheren Daten aus Holz & Heinicke, 2020, S. 20 ____ *45*

Abbildung 11: alternative Quantifizierungsmöglichkeiten von Messunsicherheiten aus Kok & Priemer, 2023, S. 332 ____ *51*

Abbildung 12: Übersicht zur Konzeptbildung LISUM, 2022, S. 5 ____ *56*

Abbildung 13: Flussdiagramm zur ersten Reflexion ____ *68*

Abbildung 14: Interpretation der Cohen's-Kappa-Werte nach Landis & Koch, 1977, S. 165 ____ *70*

Abbildung 15: Flussdiagramm zur zweiten Reflexion ____ *71*

Abbildung 16: Flussdiagramm zur dritten Reflexion ____ *73*

Abbildung 17: Flussdiagramm zur vierten Reflexion ____ *74*

12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der ersten Reflexion ____ *78*

Tabelle 2: Ergebnisse der zweiten Reflexion ____ *81*

Tabelle 3: Ergebnisse der dritten Reflexion ____ *82*

Tabelle 4: Ergebnisse der vierten Reflexion ____ *89*

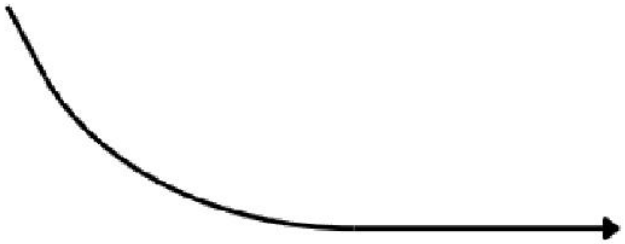
13. Anhang

Der Anhang dieser Arbeit umfasst zunächst die vollständige überarbeitete Lernumgebung. Dazu werden die Arbeitsblätter und die fünf Reflexionen beigefügt. Auch die Vorlagen für die verwendeten Zahlenstrahlen sind im Anhang zu finden. Anschließend sind alle Abschriften der Reflexionen von Gruppe A und Gruppe B zu finden. Der Kodierleitfaden für die vier relevanten Reflexionen ist als nächstes dem Anhang angefügt. Daran anschließend befinden sich die kodierten Ergebnisse der vier relevanten Reflexionen.

13.1 überarbeitete Lernumgebung

Code:_____	Datum: _____

Aufgabe 1) Miss die Länge des Pfeils auf diesem Blatt und notiere sie.



Die Länge des Pfeils beträgt _____ Zentimeter.

Anmerkung Teil 1

Ein **Messergebnis** besteht aus mehreren Werten, welche man bei einem Experiment/einer Messung erhält. Zum Beispiel: 2; 3; 4; 5; 8

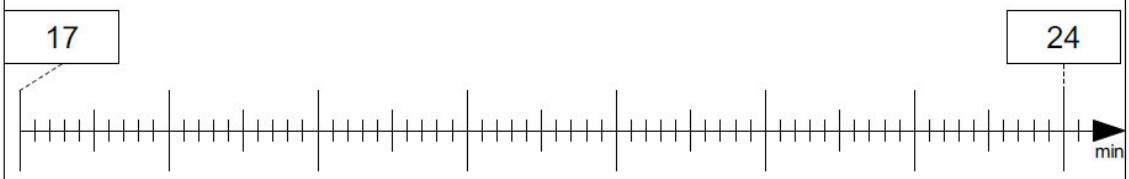
Um ein Ergebnis zu erhalten, wird der **Mittelwert** berechnet. Der Mittelwert berechnet sich, indem alle Werte miteinander addiert werden und durch die Anzahl der Werte geteilt wird. Zum Beispiel: 2 + 3 + 4 + 5 + 8 = 22 und 22 : 5 = 4,4

Code:_____	Datum: _____

Lars Schulweg

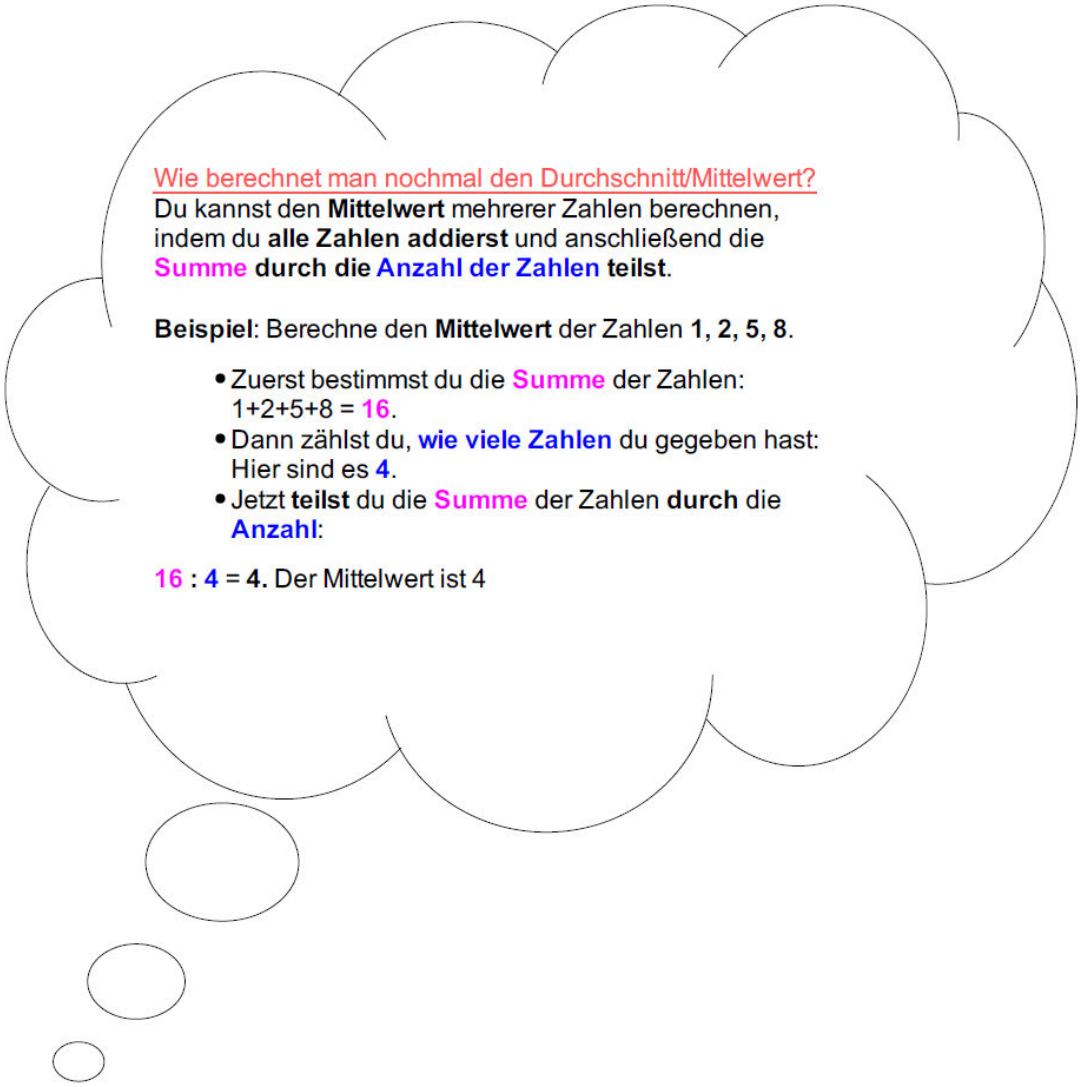
Wie lange braucht Lars zur Schule?
Lars hat eine Woche lang mit einer Stoppuhr die Zeit gemessen, die er benötigt, um morgens von zu Hause zur Schule zu laufen.

Montag: 21 Minuten
Dienstag: 18 Minuten
Mittwoch: 23 Minuten
Donnerstag: 18 Minuten
Freitag: 20 Minuten



a) Markiere mit einem farbigen Stift die jeweiligen Zeiten von Lars auf dem Zahlenstrahl.

b) Wie lange braucht Lars im Durchschnitt diese Woche zur Schule? Berechne dazu den Mittelwert. Wenn du Hilfe brauchst, schau dir die Hilfskarte an.


Wie berechnet man nochmal den Durchschnitt/Mittelwert?
Du kannst den **Mittelwert** mehrerer Zahlen berechnen, indem du **alle Zahlen addierst** und anschließend die **Summe durch die Anzahl der Zahlen teilst**.
Beispiel: Berechne den **Mittelwert** der Zahlen **1, 2, 5, 8**.
• Zuerst bestimmst du die **Summe** der Zahlen: 1+2+5+8 = **16**.
• Dann zählst du, **wie viele Zahlen** du gegeben hast: Hier sind es **4**.
• Jetzt **teilst** du die **Summe** der Zahlen **durch** die **Anzahl**:
16 : 4 = 4. Der Mittelwert ist 4

Code:_____	Datum: _____

Reflexion 1

Du hast dich mit der Erhebung von Daten auseinandergesetzt und erfolgreich den Mittelwert berechnet. Du hast festgestellt, dass es bei der Arbeit mit Messwerten unterschiedliche Ergebnisse geben kann (Erinnerung: der Pfeil vom ersten AB). Erkläre, warum es sein kann, dass nicht alle Messwerte einer Sache das gleiche Ergebnis haben. Wie kann es passieren, dass man zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt?

Code:_____	Datum: _____

Schätzen

Aufgabe 1) Schätze die Höhe der folgenden Sachen:

Berliner Fernsehturm:_____Meter.

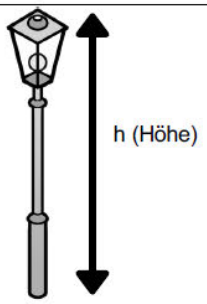
Höhe des Schulgebäudes:_____Meter.

Höhe der Tür:_____Meter.

Aufgabe 2) Wie hoch schätzt du die Laterne auf dem Schulhof?

Notiere deinen Schätzwert.

Ich schätze, dass die Laterne _____ Meter hoch ist.



Anmerkung Teil 2

Die verschiedenen Werte liegen in einem Bereich zwischen dem kleinsten (also 2) und dem größten (also 8) Wert. Dieser Bereich nennt sich **Intervall**.

Das Wissen zum Intervall benötigt man, um die **Unsicherheit** des Ergebnisses angeben zu können. Um die Unsicherheit zu bestimmen, wird der Wert genommen, der am weitesten vom Mittelwert entfernt liegt. Es kann sowohl der größte oder der kleinste Wert möglich sein.
Zum Beispiel: Von 2 bis 4,4 (Mittelwert) ist es 2,4 und von 8 bis 4,4 (Mittelwert) ist es 3,6. Für unser Beispiel wählen wir den größten Wert, da dieser am weitesten vom Mittelwert entfernt ist.

Dann wird der Abstand zwischen Mittelwert und Unsicherheit genommen und als Unsicherheit notiert. Die Unsicherheit wird angeben, um ein genaues **Ergebnis** darzustellen.
Für unser Beispiel: Ergebnis: 4,4 ± 3,6 (Mittelwert ± Unsicherheit)

Code:_____	Datum: _____

Aufgabe 3) Notiere den Mittelwert aller Schätzwerte der Klasse. In welchem Intervall liegt die Höhe der Laterne? Notiere weiterhin die Unsicherheit des Ergebnisses. Wie lautet das Schätzergebnis der Klasse?

Mittelwert:_____

In welchem Intervall liegt die Höhe der Laterne?_____

Unsicherheit:_____

Schätzergebnis der Klasse:_____

Platz für deine Rechnung

Code:_____	Datum: _____

Reflexion 2

Beantworte bitte die folgende Fragen.

1) Was bedeutet Schätzen?

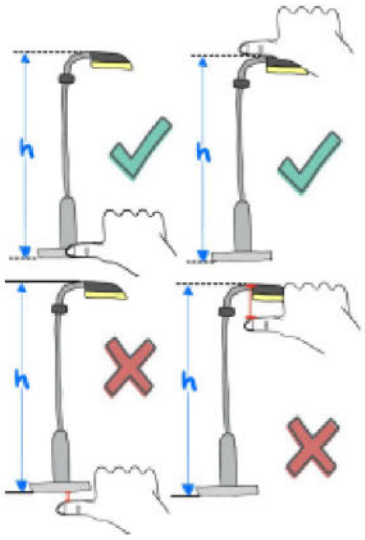
2) Wann wendest du es an und wann ist es sinnvoll?

3) Wie bist du beim Schätzen vorgegangen?

Code:_____	Datum: _____

Mit dem Daumensprung eine Höhe messen

Suche von der Laterne aus eine beliebige Richtung, von der aus du die Laterne vollständig siehst.



Führe den Daumensprung aus:

1. Halte den Kopf waagerecht nach links geneigt.
2. Strecke den rechten Arm mit seitlich nach links abgespreiztem Daumen in de Richtung der Laterne.
3. Kneife das linke Auge zu und halte den Arm so, dass die linke Außenseite des Daumens genau mit der Unterkante der Laterne abschließt.
4. Kneife nun das andere Auge zu und prüfe, ob der Daumen in die Höhe der Laterne „springt".
5. Das Ziel ist es nun, dass die gleiche linke Außenseite des Daumens mit der Oberkante der Laterne abschließt. Gehe dafür so weit von der Laterne weg, bis der Daumensprung genau „passt".
6. Laufe nun von dem ermittelten Standpunkt aus in deiner normalen Schrittlänge bis zu der Laterne und zähle dabei deine Schritte.

Gesamtanzahl der Schritte:_____

Individuelles Längenmaß eines Schrittes:_____

Rechnung für die Entfernung

Gesamtanzahl der Schritte • individuelles Längenmaß

Rechnung:

Die Anzahl meiner Schritt entspricht einer Entfernung von _____Meter.

Entfernung : 10 = Höhe der Laterne

Rechnung für die Höhe der Laterne

Rechnung:

Die Höhe der Laterne beträgt demnach_____Meter.

Code:_____	Datum: _____

Unsere Schätzungen vs. Daumensprung

Aufgabe 1) Notiere deine persönlichen Ergebnisse aus den Experimenten in den blauen Kästchen.

Aufgabe 2) Übertrage den Mittelwert, das Intervall und das Ergebnis mit seiner Unsicherheit aus dem Arbeitsblatt zum Schätzen in die grauen Kästchen.

Aufgabe 3) Jetzt berechnen wir zusammen den Mittelwert, das Intervall und das Ergebnis mit der Unsicherheit. Dazu nutzen wir die Daten des Daumensprung-Experiments. Notiere die Daten in den gelben Kästchen.

	Schätzen	Daumensprung
eigenes Ergebnis der Höhe der Laterne		
Mittelwert		
Intervall		
Unsicherheit		
Ergebnis (Mittelwert ± Unsicherheit)		

Code:_____	Datum: _____

Reflexion 3

Nenne einige mögliche Ursachen dafür, warum die Ergebnisse des Daumensprungs der Klasse so verschieden sind.

Code:_____	Datum: _____

Reflexion 4

Du hast nun deine geschätzten Ergebnisse und die Ergebnisse des Daumensprungs in einer Tabelle.

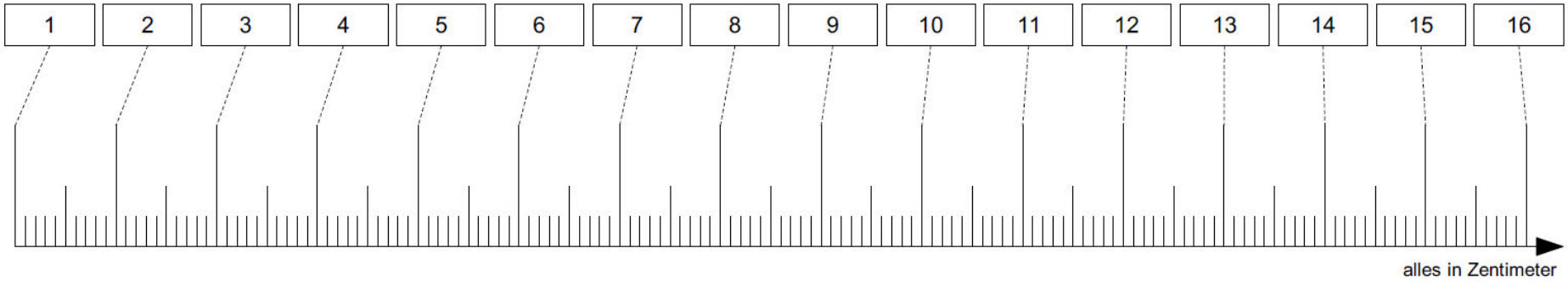
Inwiefern stimmen diese Ergebnisse überein?

Beschreibe, was dir auffällt.

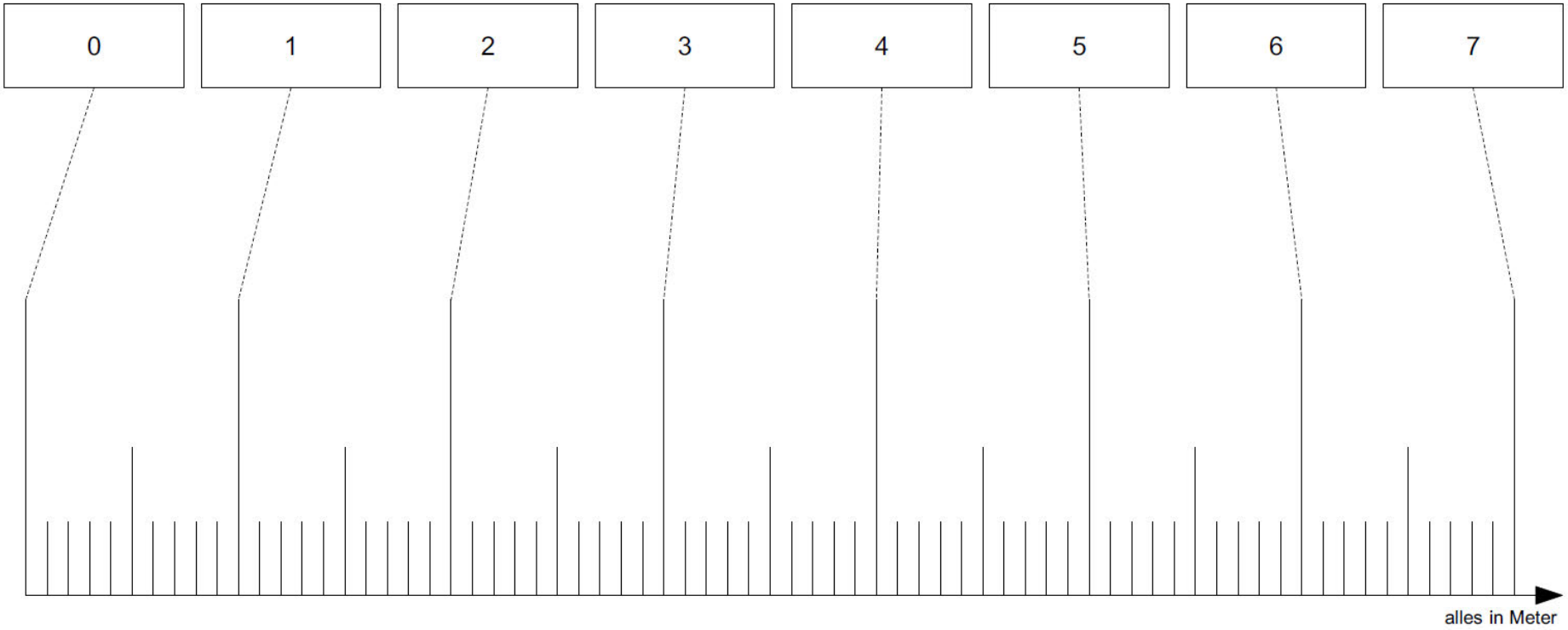
Welches Ergebnis findest du sicherer (Daumensprung oder Schätzung)? Begründe.

Code:_____	Datum: _____
Was hat dir gut gefallen?	
Was hat dir nicht gut gefallen?	
Welche zwei Begriffe sind dir im Kopf geblieben?	
Was bedeutet es für dich, dass jede Messung eine Unsicherheit hat?	

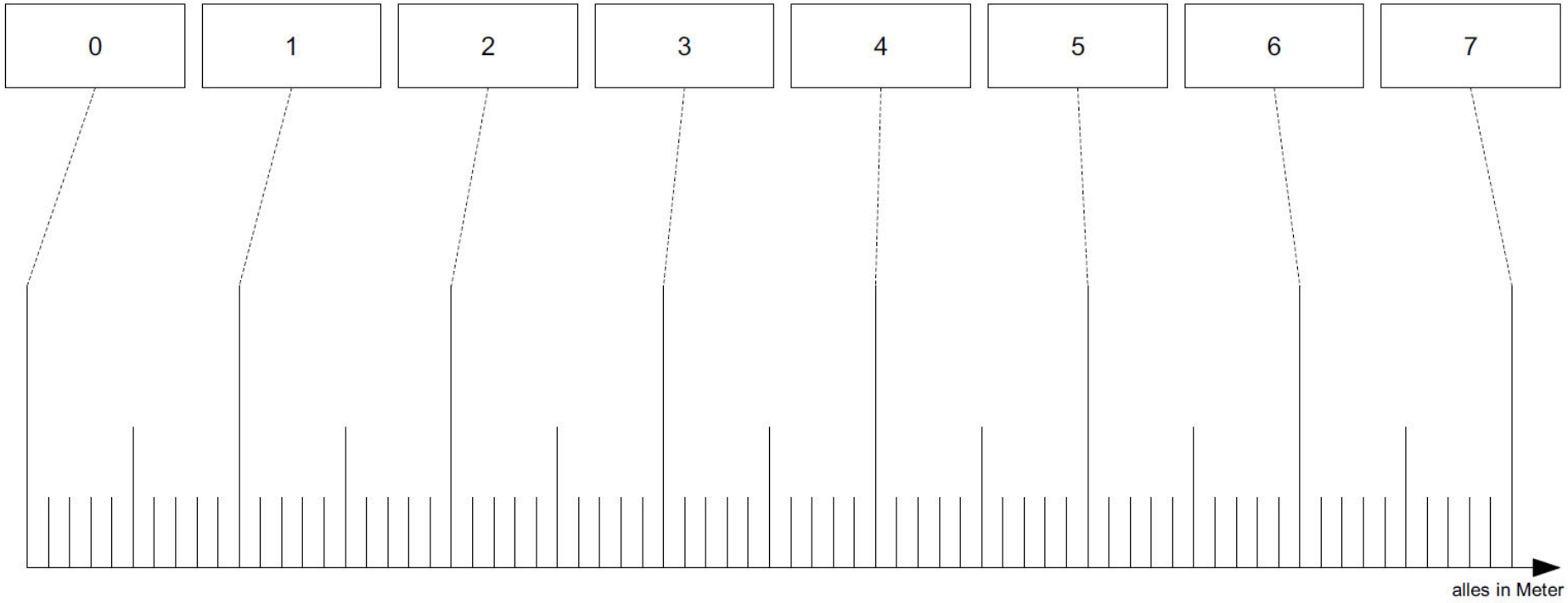
Wie lang ist der Pfeil?



Wie groß ist die Laterne?



Unsere Ergebnisse des Daumensprungs



13.2 Abschriften Gruppe A – Julia Paul

Reflexion 1

A1: „Vielleicht messen sie mit z.B. einem Lineal das Objekt aus, aber wenn esandere Abstände hat kommt nicht das selbe raus. Ich hoffe sie wissen was ich damit sagen will. Denn selbst der kleinste Millimeter kann den Unterschied machen."

A2: „ manche messen ohne den bogen vom Pfeil manche mit dem bogen und so kommt man am ende auf andere ergebnisse"

A3: „-Wenn man sich verrechnen kann", „-Wenn es andere Werte geben kann", „Wenn es beim Mittelwert andere Ergebnisse geben kann"

A4: „Ich denke dass jewals nach Thema und Daten jewals andere Ergebnisse bekommt. Unteranderem rechnet jeder anders also kann es sein dass jeder mal etwas unterschiedliches hat. Manchmal bei gewissen Messungen kommt es aufs Klima oder Wetter an und je nach Wetter oder Klima unterschiedliche Werte entstehen. Es kommt aber auch drauf an dass, z.B bei Eisbohrungen wo mann bohrt."

A6: „Jeder misst anders, das heißt jeder misst auf seine Weise. Wenn aber eine Weise Vorgegeben ist, dam denke ich das die Ergebnisse relativ gleich sind."

A7: „Ich vermute das es unterschiedliche werte gibt weil ja auch nicht alls immer gleich es (Klasse A hat 23 Schülerinen Klasse B hat 16 Schüler. Die klassen stümen beide über etwas ab und amschluss wird ein durchschnit errechtnet. Die werte werden nartürlich unterschiedlich weil 1. es unterschiedlich viel Schüler gibt 2. Weil jeder seine eigene Meinung hat.)"

A8: „zB. Der Pfeil auf AB1. Jeder mist den Pfeil dabei kann es pasieren das dass Linial ferutscht. Oder.zB. beim aus rechnen dess Mittelwertes z.B man kann sich ver rechnen."

A9: „vielleicht weil marchsche ja unterschiedlich lang sind oder auch gleich lang aber mansche sachen können vielleicht auch unterschidliche ergebnise haben sind aber gleich lang."

A9: „Man könnte sich beim ausrechnen verrechnen oder z.B. wie bei dem Pfeil sich verzählen. Aber es kann auch sein das man einfach andere Daten gesammelt hat. Jeder renet anders und hat so auch andere Ergebnisse raus."

A11: „Dadurch dass es 18 Kinder versucht haben gab es auch deutlich mehr methoden mit denen die Kinder es versuchten genau so ist es beim wetter wenn 100 Meterologen das wetter messen wird es auch mehrere warianten geben und daher auch mehrere ergebnisse."

A12: „Weil alle anderen anders gemesen haben, der eine Rechnet so das er von unten der andere von oben. Es ist immer unetrschidlich wenn man was misst, und dann wenn man den Mittelwert hat und alle anderen auch an ist es meißtens gleich."

A13: „Es könnte sein weil man nie genau irgendwelche daten haben kann. Die Wetterdaten die Menschen haben, sind nicht immer genau richtig, man wird nie ein genaues ergebnis haben weil alle Menschen etwas anderes haben."

A14: „Indem man es unterschiedlich misst."

A15: „Weil jedes Kind (Schüler) ein anderes lienieal haben wird da sie immer eine andere große haben oder er kann nich sein das das kind einfach das lienieal nicht richtig das Pfeil gemesen hat und nicht genau hin gelegt"

A16: „Es könnte sein das es ein paar leuten ein Fehler unter läuft und sie so ein falsches ergebnis haben. Es könnte auch sein das manch leute unterschiedliche Messgerete haben die unterschiedliche antworten geben."

A17: „Man könnte sich verrechnen oder vertuen. Aber meistens liegt es daran, das jede Rechnung unterschiedliche Zahlen und dadurch auch unterschiedlicke Wertung (Ergebnisse) hat. Jeder Rechnet anders und manchmal kommen unterschiedliche Sachen raus."

A19: „Ich vermute weil jeder einen anderen Weg hat Aufgaben zu lösen. Ich habe jeden Zentimeter hingeschrieben Mein Nachbar hat es wiederrum ganz anders gemacht. Und dewegen ist es nicht so genau Wir alle haben eigentlich Alles gleich auf 0,5 cm oder 1 cm dazwischen"

Reflexion 2

A1:

1.) „Wenn man eine Vermutung abgibt, also es nicht genau weiß aber es vermutet. Das ist Schätzen."

2.) „Ich persönlich werde es an wie z.B. bei einem Schulweg oder einer Mathearbeit. Wenn ich messe wie lang die Straße ist, kann ich mir auch den Schulweg „erschätzen" (ich glaube das Wort gibt es nicht)"

3.) „Ich suche mir Sachen wie ein Plakat von dem ich weiß das es 1 Meter hoch und 50 cm breit ist. Dann stell ich mir vor wie oft es in z.B. die Tür reinpasst."

A2:

1.) „Wenn man ein gebäude hat wo man nicht genau weiß wie hoch es ist dann schätzt man die höhe zB. Ein haus ist 20 m hoch und man schätzt die höhe dann kommt man vielleicht auf 18 m“

2.) „in Mathematik

„aus spass“

3.)“Keine ahnung?“

A3:

1.) „- das bedeutet, dass man ungefähr „überlegt“ (schätzt), wie hoch oder breit (usw.) eine Sache ist

2.) Nicht vorhanden

3.) „Man muss den Mittel[…]wert berechnen, andeerer Zahlen, da[..]nn muss man die Zahl geteilt nehmen. ([…] wie viele Zahlen es gibt)“

A4:

1.) „Schätzen bedeutet etwas zu sagen von dem mann den Wert nicht kennt also mann sagt einen Wert ohne ihn zu wissen.“

2.) „Ich wennde es zum Beispiel beim spielen an oder im Unterricht. Ich denke es ist z.B. schlau zu schätzen wenn mann nicht weiß wann nach Hause kommt.“

3.) „Ich versuche es mit etwas zu vergleichen.“

A6:

1.) „Schätzen bedeutet das man dinge von denen man nicht weiß wie lang oder breit sie ist man einfach denkt ja ich sag jetzt mal etwas von dem ich denke das es richtig ist“

2.) „Wenn Schätzen sinnvoll ist kann ich nicht Sagen. Ich wende es an wenn ich denke das es sinnvoll ist.“

3.) „Ich denke an Bilder die so ähnlich lang waren. Dann Schätze ich.“

A7:

1.) „Ich denke Schätzen bedeutet einen wert heraus zufinden der abernich genau ist nur vermutet.“

2.) „wenn man ein kauft und man weis nicht genau wie viel die Sache wert sind dan könnte man von gewöhnten preisen aus schätzen wie viel die sachen wert sind.“

3.) „Ich habe über legt wie (groß, viel, laut, leise) eine enlich (groß, viel, laut, leise) sache ist und dann überlekt ob das so passen könnte.“

A8:

1.) „Schätzen bedeutet:z.B. Das man sich einen gegenstant, Tier, Planze… an saut und sagen kann Ich schätze: Der Baum, ist 4 Meter hoch. Duweist es nicht genau, oder Ich schätze Der Baum ist der kleinste auf dem schulhof.“

2.) „ zB. Der kleter Baum ist 3 meter hach wir gehen in 3 minaten ich schätze ich Brauche 1 minute 30 das schafe ich noch. Um zu wissen ob man es noch schaft oder was anderes.“

3.) „Ich stele mir zum Beispil die Tür an und stapel sie. Nawal ich weis das sie ungefär 2m groß ist“

A9:

1.) „Schätzen bedeutet wenn man etwas sieht was man z.B. auf 3 meter schätzt aus alten erinerungenß schätzt man es“

2.) „z.B im untericht wen wann edwas schatzen soll“

3.) „Ich habe mir zu erst die sache angeschaut und dan geschätzt wie groß es ist.“

A10:

1.-3.) nicht vorhanden

A11:

1.) „Schatzen bedeutet zu vermuten wie etwas ist zum beispiel wie tief der Atlantik ist.“

2.) „wenn Ich abschätze wie schnell ich zu fuß zur Schule brauche und wenn ich dann los muss.“

3.) „Ich habe mir ein beispiel genommen und vermutet wie fiel höher (kleiner tiefer, breiter, lauter, langer) ist.“

A12:

1.) „Man sagt Schätzen wen man ungefär weiß wie viel es wiegt oder so.“

2.) „Wenn man nicht weiß ob es richtig ist.“

3.) So ungefär sagen wie viel es ist meter kg.“

A13:

1.) „Schätzen bedäutet wenn man nicht so genau weis wie groß etwas ist, dass man seine Vermutung aufschreibt ohne genau zu wissen wie groß es ist.“

2.) „Wenn man zum beispiel“

3.) „Man muss sich einfach ein Bild von der sache nehmen und dann einfach seine Meinung beurteilen.“

A14:

1.) Einen wert zu schätzen bedeutet zu raten bzw. zu glauben was es sein könnte.“

2.) „Wenn man zb. die höhe einer Sache schäzt.“

3.) „Ich habe probiert es mir herzuleiten.“

A15:

1.) „Das bedeutet beispiel! Was ise 6+6=… dann sagt mann 5 oder 7,5 das ist schätzen.“

2.) „sum beispiel es ist sommer und mann hat Durst und mann 4 eis du willst dir was süsen Kaufen dann geht mann lieber zu Netto und kauft sich wasser das ist sinnvoll“

3.) „Wenn Ich mein große. Merke und durch die Tür gelaufen bin und […]wasrig bleibt und dann mercke ich es könnte 2 Meter sein.“

A16:

1.) „Das mann eine vermutung wie hoch oder zum Beispiel schwer etwas ist.“

2.) „Ich wennde es an wenn ich nichts zum genauen vermessen habe. Wenn mann etwas Schätzen muss aber mann den genauen Wert eigentlich nichtbrauch."

3.) „Ich habe mir einen gegenstand genommen dessen Wert ich kannte und habe daran dann geschätzt wie z.B. groß etwas anderes ist."

A17:

1.) „Wenn man einschätzt wie hoch, lang oder breit etwas ist. Man schätzt es dann."

2.) „Wenn du etwas wissen möchtest dann schaust du dir z.B. die Tür an, und schätzt wie hoch die ist, nur durch Augenmaß."

3.) „Du nimmst schätzungen zusammen. Rechnest sie und bestimmst dann ein Mittelwert."

A19:

1.) „Es bedeutet einorden zu können wie groß etwas ist."

2.) „Wenn ich zumbeischspiel in Mathe sagen muss wie groß das schiff der titanig wir damit ich den von Wert/Bruch ausrechnen kaan."

3.) „Ich habe beim Schätzen der Tur zum beispiel in meinem kopf gekrammt wann mein Vater durch die Tür gelaufen war und wie viel Platz mischen seinem kopf war da ich weiß das er 2,05 m groß konnte ich dass einordnen."

[…] *nicht lesbar*

Reflexion 3

A1: „Jeder hat eine unterschiedlich Daumen- bz.w. Handspanne. Darin könnte es liegen. Ebenso ist ein Fehler bei der Rechnung wahrscheinlich."

A2: „Weil Jeder mens verschieden groß ist und weil Jeder mensch eine andere schrittgröße hat."

A3: „Jeder betrachtet es aus einer anderen Sicht. Jeder könnte eine andere Daumengröße haben Es könnte auch an der Größe liegen"

A6: „Es könnte sein das manche Kinder größer sind und manche kleiner, dasss die Schritte nicht gleichgroß sind, dass die Daumen unterschiedlich groß oder dick sind"

A7: „Ich vermute 1. Weil jeder unterschidliche daumen hat. 2. Weil jeder veleicht wo anders stahnt. 3 weil jeder einen kleien abstand hatte zwischen den Daumen (+, -)

A8: „Jeder hat wascheilich eine andere schrid größe. Mann kann sich ver rechnen. Die Makirungen waren wascheinlich nich ganz genau."

A9: „weil man es vielleicht unterschidlich ausrechnet oder wie man es ausrechnet das dann ein anderes ergebnise rauskommt."

A10: „Es könnte sein das jeder das anders macht oder das die Schritte half nicht gleich groß sind. Aber Natürlich hat jeder eine andere Technik. Also macht es jeder auch ein bischen anders. Zu dem kann es sein das sich einer mal verzählt oder verrechnet."

A11: „Entweder 1-2 haben es nicht ganz verstanden oder es liest daran das eine etwas falsch gemacht und etwas fiel zu hohes oder tiefes aufgeschrieben das würde es auch erklären"

A12: „Jeder rechnet anders und des halb haben wir andere werte. Beim schätzen können wir ungefär sagen was wir sehen."

A13: „Weil alle einen anderen Schätzwert aufgeschrieben haben und wenn man den dann ausrechnet ist es alles unterschiedlich."

A14: „Vielleicht weil jeder bei einer unterschiedlichen Entfernung angefangen hat?

A15: „Jeder rechnet anders und der rechner Hat Immer was also es kann sein das dan der rechner anders ist und vertippung"

A16: „Die schritte der verschiedennen Personen sind nicht gleichgross."

A17: „Jeder hat eine unterschiedliche Sicht. Es konnte auch am Daumen liegen, den jeder hat ein anderen Daumen. Manche aus unserer Klasse sind auch kleiner und dadurch haben sie auch eine andere Sicht als die anderer."

A19: Nicht vorhanden

Reflexion 4

A1: „Mir fällt aus das 2,1 m dazwischen liegen. Ich vermute ich habe einen Fehler in meiner Rechnung. Meine Schätzung finde ich daher sicherer."

A2: „weil ich sehr gut im schätzen bin"

A3: „Die Schätzung, sie ist für mich nicht so umständlich und könnte excacter sein.“

A6: nicht vorhanden

A7: „die Mittelwerte sind ca 0,6 cm aus einander ich würde mehrauf das schätzen vertrauen weil ich das daumensprung nicht so genau ist finde ich.“

A8: „Ich finde schätzen sicherer, und auch besseer den man kann ja nicht 20 meter nachhinten laufen. Beim schätzen ist das gefäl besser das es richtig ist.“

A9: „ich finde Schätzungen besser weil man einfach die saceh besser einschatzen kann stat den Daumensprung.“

A10: „Ich fin das Daumensprung sicherer ist da man sich sehe leicht verschätzen kann. Natürlich kann man sich beim Daumensprung auc verzählen oder verrechnen. Aber das Ergebniss ist warscheinlich näher dran als beim Schätzen.“

A11: „Es komt drauf an zum bei manchen sachen glauben ich ist der Daumensprung efektiver aber ich glaube eher meinen schätzungen

A12: „Ich finde Schätzungen sicherer weil wen wir was sehen dan sagen wir ungefähr wie hoch es ist. Beides Daumensprung können, wir uns verrechnen.“

A13: „Daumensprung, weil wird den ausgerechnet haben und das für mich sicherer klingt.“

A14: „Es fällt mir auf, dass beim Daumensp. Das Intervall größer ist. Ich finde den Daumenspr. Sicherer, weil man es misst.“

A15: „also ich fiend schätzung Genau weil ich das Daumensprung Nicht so vehalte“

A16: „Der Daumensprung ist sicherer weil es eine Technik schätzen ist nur schätzen.“

A17: „Ich finde die Schätzung besser als den Daumensprung. Durch die schätzung hat man meistes genauere Ergebnisse. Dazu ist es einfacher und besser. Jeder kann schätzen wie er will.“

A19: Nicht vorhanden

13.3 Abschriften Gruppe B – Pauline Berend

Reflexion 1:

Antworten der Schüler*innen:

Schüler*in	Antwort
B1	„Weil man nicht genau messen weil der Pfeil ist (krum).“ (B1)
B2	„Jeder hat einen anderen Weg. Jeder misst anders.“ (B2)
B3	„Er ist krum und deswegen geht es nicht so leicht ihn zu Messen. Das Linial verrutscht auch veleicht. Man muss damit einen Durchschnitt/Mittelwert berechnen um es richtig zu machen.” (B3)
B4	„Weil alle anders Messen. Weil Ali anders mist als Jeremy.” (B4)
B5	„Weil jeder eine andere Art hat zum Ausrechnen/Ausmessen. Manchmal verutscht man auch oder macht es nicht gründlich. Um auf ein gleiches Ergebniss zu kommen muss man den Mittelwert ausrechnen. Dann ist er nicht ganz genau aber ungefähr.” (B5)
B6	„Jeder misst anders oder falsch oder wie auch immer. (Mansche haben mit lineal oder Geodreick) daran konnte es liegen. oder er hat vom partner abgeschrieben.” (B6)
B7	„Jeder mösst anders. Der Pfeil hatte ein bogen manche Personen werden stück und Stuck mösen den bogen das Pfeil.“ (B7)
B8	„Weil andere messen anders, andere haben, andere ichan zu messen.“ (B8)
B9	„Weil jeder anders gerechnet hat. Jeder hat anders gemessen. Andere sachen zum gechnet hat nicht adition sonder Multiplikazon.“ (B9)
B10	„KEINE ANTWORT“ (B10)
B11	„Lineal verrutscht“ (B11)
B12	„Jeder rechnet oder misst anders aus. Es kommt auch drauf an wie man es ausmisst nicht jeder macht es 1 zu 1 gleich so schätze ich es ein.” (B12)
B13	„Jeder Mensch hat eine eigene art Dinge zu benutzen und zu beantworten, keiner ist exakt gleich weshalb jeder anders Inteligent ist.“ (B13)
B14	“Alle oder jeder misst anders. Manche haben es sehr ordentlich gemessen, dafür andere aber nicht. Vielleicht haben wir alle unterschiedliche Lineale.“ (B14)
B15	„Das liegt daran das manche dumm sind und andere nicht oder sie konen kein Mathe das liegt auserdem darandas manche falsch gemessen haben.“ (B15)
B16	“Vielleicht ist es so weil die Menschen ein andere Weg benutzt haben, und das die anders denken. Oder das die einfach geraten haben.” (B16)

B17	„Viele Kinder oder Erwachsene haben eine unterschiedliche Technik das was man ausmessen soll zu messen. Wenn dieses Objekt was man messt schief und grum ist das ist es schwerer das auszumessen deswegen kann es sein das viele unterschiedliche Ergebnisse da raus kommen“ (B17)
B18	„Aufgabestellug lessen. dan kann man die Aufgaben versteren“ (B18)
B19	„jeder hats anders gemessen. manche haben mit Lineal, geodreieck oder Winkelmesser gemessen. der Pfeil hat Kurven deswegen andere messwerte andere messarten” (B19)
B20	„2m“ (B20)
B21	„Jeder hat unterschiedliche Rechenwege! Durch die unterschiedlichen Rechenwege hat auch jeder ein anderes Ergebnis gehabt.” (B21)
B22	„Also es gibt eine andere Lösung bei manchen weil sie den Pfeil der durch das er gebogen ist kann mann ihn immr anders Messen. Wenn mann anders mist kriegt man andere Losungen wie 9,5 11 und so weiter“. (B22)

Reflexion 2:

Antworten der Schüler*innen:

Schüler*in	**Antwort**
B1	„1) schätzen bedeutet…wenn man unsicher ist und sagt 2m. ich schätze ich kann in 20 min. 2) wenn man nicht das es läuft bei messen 3) Mann muss schätzen weil, Es gibt verschidene möchlikeiten“ (B1)
B2	„1) Schätzen bedeutet eine ungefähre Sache man kann z.B. Zahlen und mehr. 2) KEINE ANTWORT 3) Ich habe gerraten“ (B2)
B3	„1) Schätzen ist wen wir zumbeispiel sagen sollen wie groß der Raum ist und wir können ihn ja nicht den raum nicht Messen deswegen mussen wir schätzen. 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT” (B3)
B4	„1) Schatzen bedeutet wen man was Schätzen 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT” (B4)
B5	„1) Wenn man schätzt überlegt man was ungefähr stimmt. 2) ?

	3) Ich habe mir den Gegenstand angeguckt“ (B5)
B6	„1) wie groß oder weit entferntist (Schätzung von entfernung höhen breiten 2) In Mathe Nawi und auf der straße in der Nahr und fast überall. 3) Ich habe ans internet gedacht was ich schon wusste.“ (B6)
B7	“1) Vermutung einer Länge oder Höhe 2) Ich wende es im Unterricht sinnvoll zu nutzen 3) habe mir die Sache angeguckt und dann hab vergleich gemacht“ (B7)
B8	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT ” (B8)
B9	„1) wenn man etwas eräht; wenn man in gedanken ist 2) wenn jemand dich fragt schätz mal; wenn du ein alter schätzen soll 3) Ich denke immer an wie. Bei der Tür, wie ich da dran stehe: und wie groß ich bin.“(B9)
B10	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT ” (B10)
B11	„1) überlegen; Größe 2) wenn man mit einer Gruppe eine Wette hat; überlegen wie groß etwas ist 3) mit den Händen überlegt, wie groß etwas ist.“ (B11)
B12	„1) Etwas was sein könnte aber vielleicht ist oder nicht 2) bei einer Sache wo du nicht weiß wie es ist aber ungefähr. 3) ganz gut.“ (B12)
B13	„1) Schätzen bedeutet das man eine bestimmte sache analysiert und dementsprechend seinem Bauchgefühl folgt. 2) Eigentlich ist es ein bisschen sinnlos aber du könntest es für einen Mathetest benutzen (Wenn es ums Schätzen geht) 3) Ich bin basierend auf Logik und Bauchgefühl darauf gekommen“ (B13)
B14	„1) Schätzen bedeutet so etwas wie ungefähr beschreiben wie groß oder alt, lang usw. 2) Keine Ahnung. Vielleicht wenn man irgendtwo die größe angeben muss, aber nicht weiß wie groß es ist, dann schätze ich wie groß es ist. 3) Zumbeichbill wenn man schätzt wie groß die Tür ist“ (B14)
B15	„1) Schätzen ist ein vorgang in korper oder gehörn wo du das ergebnis nicht weißt und eine Antwort sagst wo du glaubst das sie richtig ist 2) wen man das ergebnis nicht kent

	3) ich habe das erste gesag das mir in den Sinn kam.“ (B15)
B16	„1) Manchmal bedeutet es sinnvoll schätzen, mit rechnen und so. Aber es kann sinnlos schatzen ohne denken sein. 2) Wenn ich keine Lust hab die richtige Antwort zu rechnen, und wenn Menschen mir sagen es zu machen. 3) weiß ich noch nicht“ (B16)
B17	„1) Wenn man keine genauen Masse hat und was da zur aufschreiben muss kann man dann schätzen 2) Wenn man in einer Mathe Klassenarbeit schätzen hat wie groß etwas ist dann kann man es anwenden. das man sein Gehirn anschaltet und ohne Internet ist Schätzen sinnvoll 3) Ich habe mir das was ich schätzen wollte mir vorgestellt und dann habe ich geschätzt“ (B17)
B18	„1) Wenn man was berechnen muss man kann schatzen 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT“ (B18)
B19	„1) Schätzen bedeutet das man überlegt wie viel es sein könnte. Man schätzt wie lang etwas ist z.b. wie lang ist der Strich [Schüler*in zeichnet Strich, misst ihn und schreibt Ergebnis hin] 2) wenn man in einem Test kein Lineal benutzen darf und schätzen muss 3) Ich habe überlegt wie land der Pfeil ist” (B19)
B20	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT ” (B20)
B21	„1) Überlegen vie viel es sein könnte! Und dies sich zu überlegen! 2) Bei Längen, höhen, abständen, breiten, 3) Ich habe mir eine Sache gesucht wie zum beippiel das Kröpeliner Tor in Rostock wo ich wusste wie Groß es ist und es vergleichen konnte!“ (B21)
B22	„1) Das man einen Wert schatz wie zum beispiel die Tür schatzung 2 Meter z.b 2) Wen man was aus der Weite was beschreiben muss wie z.b ein aus von Weitem 3) KEINE ANTWORT” (B22)

Reflexion 3:

Antworten der Schüler*innen:

Schüler*in	Antwort
B1	„Weil die Kindern aus unsere Klasse sind kleiner oder größer und haben verschiedene schrittlänge.“ (B1)
B2	„Weil jeder nicht gleich lang weg gegangen ist. Weil jeder einen anders großen Daumen hat.“ (B2)
B3	„Weil, manche weiter und manche weniger sich von der Laterne weg bewegt haben.“ (B3)
B4	„Manche Kinder sind kleiner und manche sind größer.“ (B4)
B5	“jeder sieht es bisschen anders; manche waren weiter weg von der Lampe.“(B5)
B6	„Weil viele Kinder unterschiedliche Schrittlangen haben, unterschiedlich große daumen. Manche haben es nebenbei gemacht. Oder manche haben es halt ordentlich gemacht.“ (B6)
B7	„Jeder hat eine andere Schrittlänge und manche haben und hat eine andere schrittweite“ (B7)
B8	„KEINE ANTWORT“ (B8)
B9	„Weil jeder von einer anderen feherne gemäßen hat. Jeder hatte eine andere Schrittlänge. Jeder tätte eine andere Lättärrne“ (B9)
B10	„KEINE ANTWORT“ (B10)
B11	„weil wir alle nicht nebeneinander standen; kleine und große Schritte (Schrittmaß nicht identisch)“ (B11)
B12	„Weiß nicht Jeder läuft anders und braucht vielleicht mehr schritte oder wenige. Jeder hat auch eine andere schrittweise manche machen große schritte manche kleine oder auch normale also ich finde jeder läuft anders und macht auch andere schritte.“ (B12)
B13	„Jeder hat es auf die Gleiche art gemacht jedoch hat jeder andere Schritte gemacht. Es kommt auch auf Größe an. Stichpunkte: - Größe - Schritte - Mathelogik, (Wie gut kannst du Mathe) - Anzahl der Personen (Ablenkungen) - Daumen (verschieden oder gar kein) - Verständnis der Aufgabe

	- Sichtfeld“ (B13)
B14	„Fast jeder war unterschiedlich entfernt von der Laterne. Jeder hat eine andere Schrittgröße“ (B14)
B15	„Alle kinder sind unterschiedlich groß. Sie haben unterschiedlich große schritte. und unterschiedliche groß armlangen“ (B15)
B16	„Manche haben entweder eine falsche Antwort oder haben die Aufgabe nicht verstanden (wie ich). Die Schritt länge spielen eine große Rolle. Die Kinder haben verschiedene Schrittlänge“ (B16)
B17	„Weil viele weiter weg waren und kleinere Schritte oder größere Schritte und“ (B17)
B18	„manche haben grosse und kleine Schritte gemat“ (B18)
B19	„Jeder misst es aus einer anderen Sicht. Jeder rechnet anders. Jeder hat anderslange beine. Unterschiedliche Schrittlänge” (B19)
B20	„KEINE ANTWORT” (B20)
B21	„Da wir unterschiedlich Groß sind und die kleineren Personen weiter nach hinten gehen Müssen als Größere Personen und die Schritte auch unterschiedlich groß sind.“ (B21)
B22	„Mansche Menschen haben ein anderes seh vermögen und einen anderen schrit gang somit kommt mann auf andere werte als das war es. Weil z.b. eine Höhe von 3,19 beim daumensprung und jemand anders hate mehr als ich somit hang es davon ab wie gut oder schlecht deine augen sind und wie groß dein schritgang ist” (B22)

Reflexion 4

Antworten der Schüler*innen:

Schüler*in	**Antwort**
B1	„ ich finde das 1,5, bis 11 meter ist die normale Daumensprung“ (B1)
B2	„Ich finde die Schätzung sicherer, weil ich den Daumensprung verkackt habe ich habe es nich gechecket“ (B2)
B3	„KEINE ANTWORT“ (B3)
B4	„KEINE ANTWORT“ (B4)
B5	„KEINE ANTWORT“ (B5)
B6	„Schätzung weil ich daumensprung nicht vertrauen kann, Schatzungsweise wiß ich wie groß eine laterne“ (B6)
B7	„Ich finde Schätzung besser weil beim Daumensprung hatte mehr höhere Zahlen und beim winiger Zahlen in bereich 1-5m“ (B7)

B8	„KEINE ANTWORT“ (B8)
B9	„Jeder hat was anderes beim Schätzen und beim Daumensprung. Jeder hat eine ander unsicher heit. Jeder hat ein fast alles gleich.“ (B9)
B10	„KEINE ANTWORT” (B10)
B11	- „Daumensprung ist genauer - Werte sind unterschiedlich - besser wenn die Unsicherheit klein ist → Schätzen besser“ (B11)
B12	„ich finde die Schätzung besser obwohl der Daumensprung genauer ist aber braucht viel aufwand. Deswegen würde ich persöhnlich Schätzen aber wer genauer sein möchte kann auch den Daumensprung nehmen. Also zusammengefasst Daumensprung braucht viel aufwand ist aber genauer“ (B12)
B13	„Ich finde die Ergebnisse stimmen 50/50 überein. Ich persönlich finde es sicherer zu Schätzen, denn manche können und verstehen den Daumensprung nicht.“ (B13)
B14	„Ich finde Daumensprung besser, weil man dort eine Methode hat wie das so misst irgendtwie. Und beim schätzen man halt nur schätzen kann.“ (B14)
B15	„Also meine Schätzung hat mit dem Daumensprung nicht das geringste zu tun weil ich schlecht im Schatzen bin.“ (B15)
B16	„Ich finde Daumenspruch sicherer weil die benutzt Logik.“ (B16)
B17	„Ich finde Schätzung sicherer alls Daumensprung weil ich selber Schätzung cooler finde deswegen wahrscheinlich sicherer und es hat auch mehr Spaß gemacht. Ich finde es auch sicherer also das Ergebnis weil man selber Schätzen kann und man kann sich das Objekt was man sich im Kopf schätzen.“ (B17)
B18	„Daumenstrung“ (B18)
B19	„Ich finde daumensprung besser weil es sicherer ist und eindeutiger. Es ist auch besser so zu messen weil es eindeutiger ist.“ (B19)
B20	„KEINE ANTWORT” (B20)
B21	„Ich finde den Daumensprund ein bisschen vertrauliche den man kann sich dabei auch ganz schön verschetzen.“ (B21)
B22	„Also bei mir war es eigentlich fast gleich dadurch denke ich aber das die Schatzung besser war als der daumensprung“ (B22)

Reflexion 5

Antworten der Schüler*innen:

Schüler*in	Antwort
B1	„1) Mir hat gut gefallen wo wir das Laterne gemessen haben 2) Wo wir alles ausrechnen mussten 3) Daumensprung, Schätzen 4) Das man manchmal nicht messen kann mit einem normale Lineal“ (B1)
B2	„1) Die Schätzaufgaben haben mir gut gefallen. 2) Der Daumensprung hat mir nicht gefallen 3) Intervall, Schätzung 4) ?“(B2)
B3	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) Intervall Unsicherheit 4) KEINE ANTWORT“ (B3)
B4	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT 4) KEINE ANTWORT“ (B4)
B5	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) Mittelwert, Unsicherheit, Ergebnis, Intervall 4) KEINE ANTWORT“ (B5)
B6	„1) Schatzung und Daumensprung draußen 2) die erste aufgabe, es hat mich ein bischen verwirrt 3) Schatzung, laterne 4) Das jede messung unsicher ist.“ (B6)
B7	„1) Lars Schulweg 2) Daumensprung und Schätzung 3) Intervall, Unsicherheit 4) bedeutet z.b. Mittelwert ist 5m und höchster Wert ist 11m und der kleinste ist 3“ (B7)
B8	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT

	4) KEINE ANTWORT“ (B8)
B9	„1) Mir hat gut gefallen das mit dem Daumensprung. 2) Das mit dem pfeil hat mir nicht gutgefallen 3) Der Daumensprung und Die Tabelle 4) Jeder hat ander anders gerenchnet hat.“ (B9)
B10	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT 4) KEINE ANTWORT“ (B10)
B11	„1) - Messen des Pfeils war spannend - Daumensprung ging so - an sich interessant 2) KEINE ANTWORT 3) Daumensprung, Messen 4) KEINE ANTWORT“ (B11)
B12	„1) Ich denke das mit der laterne wo wir raus gegangen sind. 2) Ansich alles ich fand es irgendwie langweilig hätte halt lieber Nawi unterricht gemacht statt das. 3) Daumensprung und Schätzung 4) weiss ich nicht.“ (B12)
B13	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT 4) KEINE ANTWORT“ (B13)
B14	„1) Mir hat gut gefallen das wir draußen waren und Daumensprung gemacht haben. 2) Das wir soviel rechnen mussten ich hasse rechnen. 3) Interval, Daumensprung 4) KEINE ANTWORT“ (B14)
B15	„1) Der Daumen Sprung 2) Das Schreiben 3) Daumensprung 4) Das sich menschen sich nich sicher sind und unrichtig sind“ (B15)
B16	„1) Die 2 Frauen waren nett und die Daumensprung hat Spaß gemacht 2) Ich habe die Mathe nicht soviel gecheckt. 3) Plus Minus

	4) KEINE ANTWORT“ (B16)
B17	„1) Die Schätzung und das wir draußen waren mit der Laterne. 2) Das wir Mathe machten mussten und rechnen mussten 3) Daumensprung, Schätzen 4) KEINE ANTWORT“ (B17)
B18	„1) Alles 2) die Aufgaben und 3) Mittelwert Unsicherheit Reflexion 4) KEINE ANTWORT“ (B18)
B19	„1) Mir hat das mit den Daumensprung gefallen weil wir rausgegangen sind. Und das mit den pfeil 2) das rechnen weil ich das nicht kann. 3) Daumensprung, Schätzen 4) das jeder anders misst und rechnet“ (B19)
B20	„1) KEINE ANTWORT 2) KEINE ANTWORT 3) KEINE ANTWORT 4) KEINE ANTWORT” (B20)
B21	„1) der Daumensprung und das Rechnen. 2) Mir fällt nichts ein! 3) Mittelwert, Daumensprung 4) Es stimmt nicht immer zu 100% was einen auch verunsichern kann“ (B21)
B22	„1) Ich wand es gut das wir auch ein experiment gemacht haben draußen und das wir genug zeit haten 2) fahlt mir jetz grade nichts ein 3) Daumensprung 4) KEINE ANTWORT“ (B22)

13.4 Kodierleitfaden

Reflexion 1

Kategorie	Unterkategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiel	Aussagen der Schüler*innen
Argumentation mit Daten (AmD)	Alltagsbezug (AmD.Ab)	Die Kinder nutzen die erhobenen Daten zur Erklärung ihrer Reflexion.	Es dürfen nur Aussagen sein, wo Zahlen aufgeführt werden oder sprachlich mit Nutzung von Zahlen bzw. mathematisch argumentiert wird. Ein Bezug zur alltäglichen Lebenswelt der Kinder ist vorhanden.		
	mathematischer Bezug (AmD.mB)		Es dürfen nur Aussagen sein, wo Zahlen aufgeführt werden oder sprachlich mit Nutzung von Zahlen bzw. mathematisch argumentiert wird. Die Aussagen folgen einer mathematisch/logischen Erklärung.		
Argumentation ohne Daten (AoD)	Methodisch (AoD.m)	Die Kinder beschreiben ein methodisches Vorgehen, welches sich nachvollziehen lässt.	Kein klarer Zahlbezug vorhanden. Schrittweises Vorgehen wird in der Begründung sichtbar durch Aufzählungen oder Schritte.		

	Persönlich (AoD.p)	Kinder beantworten auf Grundlage ihres Wissens und ihrer Beobachtungen die Fragen.	Es gibt keinen klaren Zahlbezug. Die Kinder beschreiben aus ihrem Alltagserleben und eigenen Erfahrungen heraus. Eine nachvollziehbarere Begründung ist nicht nachvollziehbar. Eine Begründung ist als Beschreibung vorhanden, ohne methodischen Bezug.	B2: „Jeder hat einen anderen Weg. Jeder misst anders.“	B6: „Jeder misst anders oder falsch oder wie auch immer. (Mansche haben mit lineal oder Geodreick) daran konnte es liegen. oder er hat vom partner abgeschrieben.”

Reflexion 2

Kategorie	Unterkategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiel	Aussagen der Schüler*innen
systematisch (s)	persönliches Interesse (s.pl)	Die Kinder gehen schrittweise vor, um Alltagssituationen zu meistern.	Es ist eine Aufzählung oder Schritte erkennbar. Es ist erkennbar, dass Kinder schulische Inhalte bzw. Methoden in den Alltag integriert haben, um Alltagssituationen zu meistern.		
	schulisch (s.sch)	Die Kinder gehen schrittweise vor, um Probleme im schulischen Kontext zu bewältigen.	Eine Aufzählung oder Schritte sind erkennbar. Schätzen wird ausschließlich als Aufgabe im schulischen Kontext verstanden. Ein		

			Transfer in den Alltag für das persönliche Nutzen ist nicht erkennbar.		
	beschreibend (s.b)	Die Kinder beschreiben, bildlich und schrittweise ihr Vorgehen.	Eine Aufzählung oder Schritte sind erkennbar. Das Vorgehen wird bildhaft beschrieben. Die Kinder nutzen Beispiele, um ihr Vorgehen zu erklären.	B7: „[…] habe mir die Sache angeguckt und dann hab vergleich gemacht“	
nicht systematisch (nsm)	persönliches Interesse (nsm.pl)	Die Kinder beschreiben persönliches Vorgehen als Lösungsweg.	Die Kinder führen ein persönliches Beispiel an. Kein schrittweises Vorgehen erkennbar.	B11: „[…] wenn man mit einer Gruppe eine Wette hat; überlegen wie groß etwas ist […]	
	schulisch (nsm.sch)	Die Kinder schätzen in der Schule, ohne dass dies über ein methodisches Vorgehen erklärt wird.	Die Kinder führen schulische Beispiele aus dem Rahmen des Unterrichts an. Sie nutzen dafür Erfahrungen aus dem Unterricht, welche sie als Aufgaben des Unterrichts empfunden haben. Es ist kein schrittweises Vorgehen erkennbar. Es ist kein		

			Transfer auf Alltagssituationen erkennbar.		
	beschreibend (nsm.b)	Die Kinder beschreiben beispielhaft.	Die Kinder beschreiben anhand von Beispielen. Kein klarer schulischer oder persönlicher Bezug erkennbar.	B5: „[…] Ich habe mir den Gegenstand angeguckt“	B2: […] Ich habe gerraten“ B5: „[…] Ich habe mir den Gegenstand angeguckt“ B15:

Reflexion 3

Kategorie	Unterkategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiel	Aussagen der Schüler*innen
vermeidbare Einflüsse auf die Messung (vE)	Planungseinflüsse (intern) (vE.P)	Schüler*innen benennen die Position bei der Durchführung des Experiments als Einflussfaktor auf das Ergebnis.	Die Kinder beziehen sich ausschließlich auf örtliche Begebenheiten. Sie stellen diesen Aspekt als vermeidbar dar.	B9: „Weil jeder von einer anderen feherne gemäßen hat. […]"	
	rechnerischer Einfluss (vE.r)	Fehler beim Rechnen können auftreten.	Fehlerhafte Rechnungen haben das Ergebnis beeinflusst und sind vermeidbar. Die Kinder beschreiben die Handlung als fehlerhaft.		
unvermeidbare Einflüsse auf die Messung (uE)	körperliche Merkmale (uE.k)	Jeder Mensch hat individuelle Köpermaße.	Die Kinder benennen die Individualität von Körperteilen.	B15: „Alle kinder sind unterschiedlich	

			Klein und groß werden als unvermeidbar definiert.	groß. Sie haben unterschiedlich große schritte. und unterschiedliche groß armlangen“	
	Schrittlänge (uE.Schl)	Die Kinder beschreiben unterschiedliche Schrittlängen.	Die Schrittlänge ist ein beeinflussbarer Faktor, jedoch kann sie nicht konstant gleich genutzt werden, wodurch sie unbeeinflussbar wird. Die Kinder benennen daher die Schrittlänge als weiteres individuelles Körpermerkmal.		

Reflexion 4

Kategorie	Unterkatego-rie	Definition	Unterkategorie		Kodierregel	Ankerbeispiel	Aussagen der Schüler*innen
Daumen-sprung ist si-cherer (Dsp)	Argumentation mit Daten (Dsp.AmD)	Kinder entscheiden durch das Nutzen der erhobenen Da-ten, dass der Dau-mensprung siche-rer ist.	Argumentation mit Begründung (Dsp.AmD.AmB)	mathematisch/logisch (Dsp.AmD.AmB.ml)	Die Kinder begründen mit Bezug auf die Da-ten durch Nutzung von mathematischen/logi-schen Bezügen.		
				Bauchgefühl (Dsp.AmD.AmB.Bg)	Die Kinder begründen mit Bezug auf die Da-ten und definieren die Schätzung als Bauch-gefühl.		
			Argumentation ohne Begründung (Dsp.AmD.AoB)				
	Argumentation ohne Daten (Dsp.AoD)	Kinder entscheiden ohne das Nutzen der erhobenen Da-ten, dass der Dau-mensprung siche-rer ist.		mathematisch/logisch (Dsp.AoD.AmB.ml)	Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten durch Nutzung von mathemati-schen/lo Bezügen.	B16: „Ich finde Daumen-spruch siche-rer weil die be-nutzt Logik.“	
				Bauchgefühl (Dsp.AoD.AmB.Bg)	Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten und definieren		

			Argumentation mit Begründung (Dsp.AoD.AmB)		die Schätzung als Bauchgefühl.		
			Argumentation ohne Begründung (Dsp.AoD.AoB)				
Schätzen ist sicherer (Sch)	Argumentation mit Daten (Sch.AmD)	Kinder entscheiden durch das Nutzen der erhobenen Daten, dass das Schätzen sicherer ist.	Argumentation mit Begründung (Sch.AmD.AmB)	fehlerhafte Rechnung (Sch.AmD.AmB.fR)	Die Kinder begründen mit Bezug auf die Daten und beschreiben die Anfälligkeit der Berechnung des Daumensprungs als mögliche Fehlerquelle.		
				Schätzen ist leichter (Sch.AmD.AmB.Schl)	Die Kinder begründen mit Bezug auf die Daten und beschreiben das Schätzen als unkompliziert.		
			Argumentation ohne Begründung (Sch.AmD.AoB)				
	Argumentation ohne Daten (Sch.AoD)	Kinder entscheiden ohne das Nutzen der erhobenen Daten, dass das	Argumentation mit Begründung (Sch.AoD.AmB)	Fehlerhafte Rechnung (Sch.AoD.AmB.fR)	Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten und beschreiben die Anfälligkeit der		

		Schätzen sicherer ist.			Berechnung des Daumensprungs als mögliche Fehlerquelle.		
				Schätzen ist leichter (Sch.AoD.AmB.Schl)	Die Kinder begründen ohne Bezug auf die Daten und beschreiben das Schätzen als unkompliziert.		
			Argumentation ohne Begründung (Sch.AoD.AoB)				

13.5 kodierte Ergebnisse

Erste Reflexion

	Julia Paul	Pauline Berend
A1	AoD.m	AoD.m
A2	AoD.p	AoD.m
A3	AoD.p	AoD.m
A4	AmD.Ab	AoD.p
A6	AoD.m	AoD.p
A7	AmD.mB	AmD.Ab
A8	AoD.p	AmD.mB
A9	AmD.mB	AoD.p
A10	AmD.mB	AmD.mB
A11	AmD.Ab	AmD.Ab
A12	AoD.p	AmD.Ab
A13	AmD.Ab	AmD.Ab
A14	AoD.m	AoD.p
A15	AoD.m	AoD.p
A16	AoD.p	AoD.m
A17	AmD.mB	AmD.mB
A19	AmD.mB	AmD.mB
B1	AoD.p	AoD.p
B2	AoD.p	AoD.p
B3	AoD.mB	AmD.mB
B4	AoD.p	AoD.p
B5	AoD.m	AmD.mB
B6	AoD.p	AoD.p
B7	AoD.m	AoD.m
B8	AoD.p	AoD.p
B9	AoD.p	AmD.mB
B10	X	X
B11	AoD.p	AoD.m
B12	AoD.p	AoD.p
B13	AoD.p	AoD.p
B14	AoD.p	AoD.m
B15	AoD.p	AoD.p
B16	AoD.p	AoD.p
B17	AoD.m	AoD.m
B18	AoD.p	AoD.p
B19	AoD.m	AoD.m
B20	AmD.mB	AmD.mB
B21	AoD.p	AoD.m
B22	AmD.mB	AmD.mB

Zweite Reflexion

	Julia Paul	Pauline Berend
A1	s.pl/s.sch/s.b	s.pl/s.sch/s.b
A2	nsm.pl/nsm.sch	nsm.pl/nsm.sch
A3	s.sch	s.sch
A4	nsm.pl	s.b
A6	s.pl	s.b
A7	s.pl/s.b	s.pl/s.b
A8	s.pl/s.b	s.pl
A9	s.sch	s.b
A10	X	X
A11	s.pl	s.b
A12	nsm.sch	nsm.b
A13	s.pl	nsm.b
A14	s.pl	nsm.b
A15	s.pl/s.b	s.pl/s.b
A16	s.b	s.b
A17	s.b	s.sch
A19	s.b	s.pl
B1	nsm.b	nsm.b
B2	nsm.b	nsm.b
B3	X	X
B4	X	X
B5	nsm.b	nsm.b
B6	nsm.pl/nsm.sch	nsm.pl/nsm.sch
B7	s.sch	s.b
B8	X	X
B9	s.pl	s.pl
B10	X	X
B11	s.pl	s.b
B12	nsm.b	nsm.b
B13	nsm.sch	s.pl
B14	s.pl	s.pl
B15	nsm.b	nsm.b
B16	nsm.b	nsm.b
B17	s.sch	s.sch
B18	X	X
B19	s.sch	s.sch
B20	X	X
B21	s.sch	s.pl
B22	nsm.b	nsm.b

Dritte Reflexion

	Julia Paul	Pauline Berend
A1	uE.k/vE.r	uE.k/vE.r
A2	uE.k/uE.Schl	uE.k/uE.Schl
A3	vE.k/vE.P	vE.k/vE.P
A4	uE.Schl/vE.P	uE.Schl/vE.P
A6	uE.k/uE.Schl	uE.k/uE.Schl
A7	uE.k/vE.P	uE.k/vE.P
A8	uE.Schl/vE.r/vE.P	uE.Schl/vE.r/vE.P
A9	vE.r	vE.r
A10	vE.P/uE.Schl/vE.r	vE.P/uE.Schl/vE.r
A11	vE.P	vE.P
A12	vE.r	vE.r
A13	vE.P	vE.r
A14	vE.P	vE.P
A15	vE.r	vE.r
A16	uE.Schl	uE.Schl
A17	vE.P/uE.k	vE.P/uE.k
A19	X	X
B1	uE.k/uE.Schl	uE.k/uE.Schl
B2	vE.P/uE.k	vE.P/uE.k
B3	vE.P	vE.P
B4	uE.k	uE.k
B5	vE.P	uE.k/vE.P
B6	uE.Schl/uE.k	uE.Schl/uE.k
B7	uE.Schl	uE.Schl
B8	X	X
B9	vE.P/uE.Schl	vE.P/uE.Schl
B10	X	X
B11	vE.P/uE.Schl	vE.P/uE.Schl
B12	uE.Schl	uE.Schl
B13	uE.Schl/uE.k/vE.P/vE.r	uE.Schl/uE.k/vE.P/vE.r
B14	vE.P/uE.Schl	vE.P/uE.Schl
B15	uE.k/uE.Schl	uE.k/uE.Schl
B16	uE.Schl	uE.Schl
B17	vE.P/uE.Schl	vE.P/uE.Schl
B18	uE.Schl	uE.Schl
B19	vE.P/vE.r/uE.k/uE.Schl	vE.P/vE.r/uE.k/uE.Schl
B20	X	X
B21	uE.k/uE.Schl	uE.k/uE.Schl
B22	uE.k/uE.Schl	uE.k/uE.Schl

Vierte Reflexion

	Julia Paul	Pauline Berend
A1	Sch.AmD.AmB.fR	Sch.AmD.AmB.fR
A2	Sch.AoD.AoB	Sch.AoD.AoB
A3	Sch.AoD.AmB.Schl	Sch.AoD.AmB.Schl
A4	Sch.AoD.AmB.fR	Sch.AoD.AmB.fR
A6	X	X
A7	Sch.AmD.AmB.fR	Sch.AmD.AmB.fR
A8	Sch.AmD.AmB.Schl	Sch.AmD.AmB.fR
A9	Sch.AoD.AmB.Schl	Sch.AoD.AmB.Schl
A10	Dsp.AoD.AmB.Bg	Dsp.AoD.AmB.ml
A11	Sch.AoD.AoB	Sch.AoD.AoB
A12	Sch.AoD.AmB.fR	Sch.AoD.AmB.fR
A13	Dsp.AoD.AmB.ml	Dsp.AmD.AmB.ml
A14	Dsp.AmD.AmB.ml	Dsp.AmD.AmB.ml
A15	Sch.AoD.AmB.Schl	Sch.AoD.AoB
A16	Dsp.AoD.AmB.ml	Dsp.AoD.AmB.Bg
A17	Sch.AoD.AmB.Schl	Sch.AmD.AmB.Schl
A19	X	X
B1	Dsp.AmD.AoB	Dsp.AmD.AoB
B2	Sch.AoD.AmB.fR	Sch.AoD.AmB.fR
B3	X	X
B4	X	X
B5	X	X
B6	Sch.AoD.AmB.Schl	Sch.AmD.AmB.Schl
B7	Sch.AmD.AmB.fR	Sch.AmD.AmB.fR
B8	X	X
B9	X	X
B10	X	X
B11	Dsp.AmD.AmB.ml	Dsp.AmD.AmB.ml
B12	Dsp.AoD.AmB.ml	Sch.AoD.AmB.Schl
B13	Sch.AmD.AmB.Schl	Sch.AoD.AmB.fR
B14	Dsp.AoD.AmB.ml	Dsp.AoD.AmB.ml
B15	Dsp.AoD.AmB.Bg	Dsp.AoD.AmB.Bg
B16	Dsp.AoD.AmB.ml	Dsp.AoD.AmB.ml
B17	Sch.AoD.AmB.Schl	Sch.AoD.AmB.Schl
B18	Dsp.AoD.AoB	Dsp.AoD.AoB
B19	Dsp.AoD.AmB.ml	Dsp.AoD.AmB.ml
B20	X	X
B21	Dsp.AmD.AoB	Dsp.AoD.AmB.Bg
B22	Sch.AmD.AmB.Schl	Sch.AmD.AmB.Schl

14. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig verfasst habe und sämtliche Quellen, einschließlich Internetquellen, die unverändert oder abgewandelt wiedergegeben werden, insbesondere Quellen für Texte, Grafiken, Tabellen und Bilder, als solche kenntlich gemacht habe.

Ich versichere, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit noch nicht für andere Prüfungen eingereicht habe.

Mir ist bekannt, dass bei Verstößen gegen diese Grundsätze ein Verfahren wegen Täuschungsversuchs bzw. Täuschung gemäß der fachspezifischen Prüfungsordnung und/oder der Allgemeinen Satzung für Studien- und Prüfungsangelegenheiten (ASSP) bzw. der Fächerübergreifenden Satzung zur Regelung von Zulassung, Studium und Prüfung der Humboldt-Universität zu Berlin (ZSP-HU) eingeleitet wird.

Berlin, 08.11.2024

Declaration

I hereby declare that my thesis is the result of my own work and that I have marked all sources, including online sources, which have been cited without changes or in modified form, especially sources of texts, graphics, tables and pictures.

I assure that I have not submitted this thesis for any other examination yet.

I am aware that in case of any breach of these rules procedures concerning fraud or attempted fraud will be taken in accordance with the subject-specific examination regulations and/or the Allgemeine Satzung für Studien- und Prüfungsangelegenheiten (ASSP) or the Allgemeine Satzung zur Regelung von Zulassung, Studium und Prüfung der Humboldt-Universität zu Berlin (ZSP-HU).

Berlin, 08.11.2024