

Technisches Problemlösen von Kindern zwischen neun und zehn Jahren

Eine videobasierte qualitative Inhaltsanalyse
zum Lösen eines
technischen konstruktionsbasierten Problems

Vom Fachbereich Bildungswissenschaften der
Universität Duisburg-Essen
zur Erlangung des akademischen Grades
Dr. phil.

genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Annika von Selasinsky (geb. Gooß)
aus
Berlin

-
1. Gutachterin: Prof. Dr. Ingelore Mammes
 2. Gutachter: Prof. Dr. Charles Max

Tag der mündlichen Prüfung: 04. Juli 2022

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Einleitung..... | 1 |
| 1.1 | Problemstellung | 1 |
| 1.2 | Ziele der Arbeit..... | 4 |
| 1.3 | Gliederung der Arbeit..... | 5 |
| 2 | Technische Bildung..... | 7 |
| 2.1 | Zu den Begriffen „Technik“ und „Technische Bildung“ | 7 |
| 2.2 | Notwendigkeit technischer Bildung | 10 |
| 2.3 | Technische Sozialisation | 11 |
| 2.3.1 | Technische Sozialisation in der Familie | 12 |
| 2.3.2 | Technische Sozialisation in der schulischen Bildung | 14 |
| 3 | Problemlösen als Grundannahme | 18 |
| 3.1 | Problem | 18 |
| 3.2 | Problemlösen..... | 19 |
| 3.3 | Problemlösemodelle | 21 |
| 4 | Technisches Problemlösen bei Kindern im Grundschulalter..... | 24 |
| 4.1 | Problemlösen im Technikbereich | 24 |
| 4.2 | Technische Problemlösemodelle..... | 26 |
| 4.3 | Konstruieren im technischen Problemlösen..... | 27 |
| 4.3.1 | Konstruieren | 27 |
| 4.3.2 | Konstruktionsprozess | 28 |
| 4.4 | Forschungslage zum Problemlösen und Konstruieren von Kindern im Technikbereich | 30 |
| 4.4.1 | Technisches Problemlösen und Konstruieren von Kindern im Kindergartenalter | 31 |
| 4.4.2 | Technisches Problemlösen mit Konstruktionsbezug von Kindern im Grundschulalter | 32 |
| 4.4.3 | Technisches Problemlösen mit Konstruktionsbezug von Schüler*innen in der weiterführenden Schule | 33 |
| 4.4.4 | Technisches Problemlösen mit Konstruktionsbezug in Lehr- und Lernsituationen | 33 |
| 4.4.5 | Fazit zum technischen Problemlösen mit Konstruktionsbezug..... | 35 |
| 4.5 | Schlussfolgerungen für die vorliegende Forschungsstudie | 36 |
| 5 | Entwicklung der Forschungsfrage | 40 |
| 6 | Konzeption des Erhebungsinstruments | 41 |
| 6.1 | Forschungsdesign | 41 |
| 6.1.1 | Phase 1: Problemlösen (Videografie) – Problemstellung..... | 42 |
| 6.1.2 | Phase 2: Leitfadeninterview – Einstieg in das Problem..... | 44 |
| 6.1.3 | Phase 3: Problemlösen (Videografie) – Lösungsverlauf | 44 |
| 6.1.4 | Phase 4: Leitfadeninterview – Abschließende Reflektion | 46 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.2 | Methode der Datenerfassung | 47 |
| 6.2.1 | Videobasierte Einzelfallanalysen | 48 |
| 6.2.2 | Leitfadeninterviews | 49 |
| 6.3 | Die Auswahl der Forschungsumgebung und Stichprobe | 50 |
| 6.3.1 | Auswahl der Forschungsumgebung | 50 |
| 6.3.2 | Auswahl der Stichprobe | 51 |
| 6.4 | Erprobung des Erhebungsinstruments | 52 |
| 6.5 | Rahmenbedingungen | 53 |
| 6.5.1 | Setting für die Datenerhebung | 54 |
| 6.5.2 | Mediale Ausstattung | 55 |
| 6.5.3 | Rolle des Beobachters | 56 |
| 6.5.4 | Instruktionen für die Erhebungsteilnehmenden | 57 |
| 7 | Methodisches Vorgehen | 58 |
| 7.1 | Datenaufbereitung | 58 |
| 7.1.1 | Vorbereitung der Videodaten | 58 |
| 7.1.2 | Transkription der Interviewdaten | 59 |
| 7.2 | Qualitative Inhaltsanalyse | 59 |
| 7.3 | Codier- und Auswertungsverfahren | 60 |
| 7.3.1 | Auswertungsverfahren: Strukturierende qualitative Inhaltsanalyse | 61 |
| 7.3.2 | Kategorienbildung | 62 |
| 7.3.3 | Beschreibung des Kategoriensystems | 63 |
| 7.4 | Codierung der Daten | 74 |
| 7.4.1 | Analyseeinheit | 75 |
| 7.4.2 | Analysesoftware MAXQDA | 76 |
| 7.5 | Güte der Codierungen | 77 |
| 7.5.1 | Reliabilität | 77 |
| 7.5.2 | Objektivität | 79 |
| 7.5.3 | Validität | 79 |
| 8 | Auswertung und Interpretation der Forschungsdaten | 81 |
| 8.1 | Problemlösevorgang der Stichprobe | 81 |
| 8.1.1 | Umsetzung von (Teil-) Lösungen unter Einbezug der verfügbaren Materialien | 81 |
| 8.1.2 | Einfluss der Bearbeitungszeit und Schrittwechsel auf den Lösungsverlauf | 89 |
| 8.1.3 | Codeverteilung Problemlöseschritte | 93 |
| 8.1.4 | Analyse einzelner Problemlöseschritte | 100 |
| 8.1.4.1 | Analyse des Schritts „Problem erkennen und verstehen“ | 101 |
| 8.1.4.2 | Analyse des Schritts „Lösung suchen“ | 107 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 8.1.4.3 | Analyse des Schritts „Lösung umsetzen“ | 112 |
| 8.1.4.4 | Analyse des Schritts „Lösung testen“ | 117 |
| 8.1.4.5 | Analyse Schritts „Lösung optimieren“ | 121 |
| 8.1.4.6 | Analyse des Schritts „Lösung reflektieren“ | 122 |
| 8.1.4.7 | Analyse des Zusatzschritts „Hilfestellung nutzen“ | 124 |
| 8.1.4.8 | Code-Relation zwischen den Problemlöseschritten..... | 126 |
| 8.1.5 | Problemlöseschritte unter Einsatz der verfügbaren Materialien..... | 128 |
| 8.1.6 | Kapitelzusammenfassung und Fazit | 136 |
| 8.2 | Strukturelle Muster im Problemlösen der Proband*innen..... | 138 |
| 8.2.1 | Lösungsumsetzer*innen (M2, J13, M19, J23, M25)..... | 139 |
| 8.2.1.1 | Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe..... | 139 |
| 8.2.1.2 | Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe | 149 |
| 8.2.1.3 | Interpretation der Lösungsverläufe | 150 |
| 8.2.2 | Lösungsumsetzer*innen und Lösungssucher*innen (J1, J3, J9, J17)..... | 154 |
| 8.2.2.1 | Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe..... | 154 |
| 8.2.2.2 | Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe | 163 |
| 8.2.2.3 | Interpretation der Lösungsverläufe | 164 |
| 8.2.3 | Lösungsumsetzer*innen, -optimierer*innen und -sucher*innen (J5, J22, M26)..... | 166 |
| 8.2.3.1 | Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe..... | 167 |
| 8.2.4.2 | Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe | 174 |
| 8.2.3.3 | Interpretation der Lösungsverläufe | 175 |
| 8.2.4 | Problemerkunder*innen und Lösungssucher*innen (M4, M8, M12, J20, M21) | 177 |
| 8.2.4.1 | Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe..... | 177 |
| 8.2.4.2 | Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe | 189 |
| 8.2.4.3 | Interpretation der Lösungsverläufe | 190 |
| 8.2.5 | Lösungssucher*innen und Lösungsumsetzer*innen (M10, J14, M18) | 192 |
| 8.2.5.1 | Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe..... | 193 |
| 8.2.5.2 | Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe | 200 |
| 8.2.5.3 | Interpretation der Lösungsverläufe | 201 |
| 8.2.6 | Lösungsoptimierer*innen (M6, J7, M11, M16)..... | 204 |
| 8.2.6.1 | Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe..... | 204 |
| 8.2.6.2 | Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe | 215 |
| 8.2.6.3 | Interpretation der Lösungsverläufe | 216 |
| 8.2.7 | Kapitelzusammenfassung und Fazit | 219 |
| 8.3 | Übergeordnete Problemlösevarianten und Problemlösekreisläufe | 222 |
| 8.3.1 | Problemlösekreislauf 1..... | 223 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 8.3.2 | Problemlösekreislauf 2 | 224 |
| 8.3.3 | Problemlösekreislauf 3 | 226 |
| 8.3.4 | Kapitelzusammenfassung und Fazit | 227 |
| 9 | Zusammenfassung und Diskussion..... | 231 |
| 9.1 | Analysierte Problemlöseschritte im Lösungsverlauf | 231 |
| 9.2 | Vergleich der analysierten Problemlöseschritte mit dem theoretischen Modell..... | 234 |
| 9.3 | Merkmale für ein (weniger) erfolgreiches Problemlösen | 237 |
| 9.3.1 | Bearbeitungszeit und Schrittfolgen..... | 237 |
| 9.3.2 | Flexible Lösungsentwicklung | 238 |
| 9.3.3 | Einsatz einer Hilfestellung | 239 |
| 9.3.4 | Alternative Lösungswege und verschobener Fokus..... | 239 |
| 9.3.5 | Bezug zur Ausgangsgeschichte | 240 |
| 9.4 | Analyse von Mustern im Lösungsverlauf..... | 241 |
| 9.5 | Geschlechterunterschiede im technischen konstruktionsbasierten Problemlösen | 243 |
| 9.6 | Diskussion des methodischen Vorgehens und Ausblick..... | 244 |
| 9.6.1 | Mögliche Grenzen der Studie und Forschungsausblick..... | 245 |
| 9.6.2 | Praktische Implikationen der Studie | 245 |
| | Literaturverzeichnis..... | 249 |
| | Abbildungsverzeichnis..... | 264 |
| | Tabellenverzeichnis | 268 |

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Technische Entwicklungen und Innovationen prägen unsere Gesellschaft und bestimmen in hohem Maße unseren Alltag. Damit eine aktive Teilhabe an einer technisierten Lebenswelt gewährleistet werden kann, ist eine tiefgreifende technische Sozialisation notwendig (vgl. Mammes & Tuncsoy, 2013; Ziefle, Jakobs, & Arning, 2009), denn ohne grundlegendes Wissen über technische Zusammenhänge sind kulturelle und gesellschaftliche Teilhabe eingeschränkt (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015).

Auch der Alltag von Kindern wird von technischen Entwicklungen geprägt, weshalb bereits hier die Förderung einer frühen Auseinandersetzung mit technischen Frage- und Problemstellungen ansetzen kann (z.B. Möller, 1998b; Ziefle et al., 2009). Dass hierfür wichtige Voraussetzungen bereits bei Kindern gegeben sind, zeigen entwicklungspsychologische Studien. Demnach weisen Kinder bereits in den ersten Lebensjahren ein hohes Interesse an Technik auf (Fthenakis, Wendell, Daut, Eitel, & Schmitt, 2009) sowie eine hohe innere Motivation, technische Kompetenzen zu erlernen (Pauen & Pahnke, 2009; Robert Bosch Stiftung, 2011; Weinert, Doil, & Frevert, 2008).

Jedoch gibt es in staatlichen Bildungseinrichtungen nur unzureichend Gelegenheiten, diese Kompetenzen in geeigneten Lernsituationen zu fördern. Das liegt zum einen an den hohen Ansprüchen an Lehrkräfte und Pädagog*innen, die häufig nicht genügend technische Fachkompetenzen mitbringen und zum anderen an einer nur geringen Berücksichtigung von technikbezogenem Unterricht im Lehrplan (Pahnke & Rösner, 2012). Ein Blick auf die Eingliederung der technischen Perspektive in den Schulunterricht verdeutlicht, dass Technikbildung in Deutschland im Vergleich zu anderen MINT¹-Fächern weniger stark behandelt wird. Technikerziehung wird je nach Bundesland unterschiedlich intensiv in den Unterricht integriert (z.B. Mammes & Schäffer, 2014) und im Primarbereich werden dem Technikbereich durchschnittlich nur 2% der insgesamt vorgesehenen Pflichtunterrichtszeit zugesprochen (OECD, 2019, S. 437). Damit erhält Technik, nach den von Grundschulen eigens gewählten Wahlpflichtfächern, die geringste Aufmerksamkeit im Lehrplan und liegt hinter den Fachbereichen Naturwissenschaften und Sozialkunde (vgl. OECD, 2019, S. 437). Technikerziehung findet in deutschen Schulen also kaum statt (vgl. Endepohls-Ulpe, Stahl-von

¹ MINT steht für die Fachbereiche **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaft und **T**echnik. Für die Fachbereiche **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaft und **T**echnik wird in dieser Forschungsarbeit die in der Fachliteratur etablierte Abkürzung MINT verwendet.

Zabern, & Ebach, 2010; Mammes & Schäffer, 2014), weshalb eine schulische Auseinandersetzung mit technischer Bildung, die insbesondere das frühe Kindesalter fokussiert, einer tiefgreifenden Überarbeitung bedarf (vgl. Mammes, 2016).

Neben der Schule nimmt die Familie als wichtige Instanz prägenden und richtungsweisenden Einfluss auf die technische Sozialisation von Kindern und Jugendlichen. Im Alltag erfolgt eine Auseinandersetzung mit Technik jedoch fast ausschließlich auf einer passiv-konsumtiven Ebene (z.B. acatech & VDI, 2009; Donick, 2019). Die Funktionsweisen technischer Artefakte sind aufgrund der komplexen technischen Prozesse schwer nachzuvollziehen, weshalb sich der Umgang mit Technik auf das Anwenden und Benutzen begrenzt. Infolgedessen weisen auch Eltern in der Regel keine tiefgreifenden Kenntnisse und Fähigkeiten auf, die sie an ihre Kinder weitergeben können (z.B. acatech & VDI, 2009; Bertram, 2012; Mammes, 2016). Damit ist Technikerziehung in Deutschland selten effizient und grundsätzlich findet keine ausreichende technische Sozialisation statt (vgl. Bertram, 2012; Endepohls-Ulpe et al., 2010). Zusätzlich verbindet unsere Gesellschaft mit Technik Geschlechterrollenstereotype, die auf die Berufswahl nachhaltig Einfluss nehmen (vgl. Endepohls-Ulpe et al., 2010; Quaiser-Pohl, 2012; Quaiser-Pohl & Endepohls-Ulpe, 2010). Während Jungen bereits im kindlichen Spiel von ihren Eltern darin gefördert werden sich mit Technik auseinanderzusetzen, werden Mädchen eher als Technik uninteressiert und untalentierte eingestuft (z.B. Dresel, Schober, & Ziegler, 2007; Freeman, 2007; Gilbert, 2020). Diese stereotypische Zuordnung lässt sich auch in der Schule weiter beobachten (z.B. Budde, Scholand, & Faulstich-Wieland, 2008; Faulstich-Wieland, 2010). Als Konsequenz können entsprechende Studien geschlechterspezifische Differenzen zwischen Kindern im Umgang mit Technik bereits beim Übergang von der Grundschule zum Sekundarbereich und zu Beginn der Sekundarstufe I feststellen (z.B. Baumert & Geiser, 1996; Li, Huang, Jiang, & Chang, 2016; Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2012; Ziefle et al., 2009). Trotz einer grundsätzlich mangelnden technischen Sozialisation sind es vor allem Jungen, die ein Interesse an Technik entwickeln, aufrechterhalten und auch in ihren diesbezüglich schulischen Leistungen besser abschneiden (vgl. Endepohls-Ulpe et al., 2010, S. 7).

Dass der Technikbereich als Männerdomäne stigmatisiert wird, führt unter anderem langfristig dazu, dass sich Frauen früh von Technik abwenden und gegen einen ingenieurs- oder technikbezogenen Bildungsgang entscheiden (vgl. Faulstich-Wieland, 2009; Möller, 1998b; OECD, 2019; Quaiser-Pohl & Endepohls-Ulpe, 2010). Auch in der Bildungslandschaft sind es vor allem männliche Lehrkräfte, die mathematische, naturwissenschaftliche und technische Fachbereiche in den Schulen unterrichten. Bereits ab der Sekundarstufe I liegt der Anteil weiblicher Lehrkräfte im Mathematik, Naturwissenschaften und Technik deutlich unter dem

der männlichen Fachkräfte (vgl. OECD, 2019, S. 511). Im Vergleich sind es also eher Männer, die sich für eine MINT-Fachrichtung entscheiden, wohingegen Frauen in MINT-Fachrichtungen deutlich unterrepräsentiert sind. Stattdessen entscheiden sie sich häufiger für einen Beruf aus dem Bereich Gesundheit und Sozialwesen (vgl. OECD, 2019).

Grundsätzlich stellen Ausbildungsberufe und Studiengänge in MINT-Bereichen bei der Berufswahl junger Erwachsener ein eher unbeliebtes Feld dar (vgl. Quaiser-Pohl & Endepohls-Ulpe, 2010). In den naturwissenschaftlichen und technischen Berufsfeldern ist Deutschland einem Fachkräftemangel ausgesetzt, was langfristig ein Risiko für Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit darstellt (vgl. Anger, Koppler, Plünnecke, Röben, & Schüler, 2019; Renn et al., 2012). Hinzu kommt, dass Arbeitskräfte aus dem naturwissenschaftlichen und technischen Berufsfeld im Schnitt zu den ältesten Berufsgruppen gehören und aufgrund ihres hohen Alters in den nächsten Jahren vermehrt aus dem Berufsleben austreten werden. Entsprechende Ersatzkräfte und junge Nachwuchskräfte fehlen (vgl. Anger et al., 2019; Quaiser-Pohl & Endepohls-Ulpe, 2010; Renn et al., 2012; Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2019).

Zusammenfassend zeigt sich die Relevanz für die Förderung technischer Fähigkeiten und Fertigkeiten als Inhaltsbereich der MINT-Bildung. Technische Artefakte finden sich in allen Lebensbereichen des Menschen wieder und treiben die Entwicklung der Gesellschaft sowie die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit des Landes voran. Eine Auseinandersetzung mit Technik ist somit unumgänglich, wenn eine Technikmündigkeit in der Gesellschaft erreicht und einem Fachkräftemangel entgegengewirkt werden soll. Dafür ist die Grundvoraussetzung, bereits Kinder und Jugendliche mit ihrer technisch geprägten Umwelt vertraut zu machen (vgl. Mammes, 2016; Renn et al., 2012; Ziefle et al., 2009). Neben der Etablierung von technischen Fähigkeiten und Fertigkeiten werden dabei auch Problemlösefähigkeiten immer wichtiger. Problemlösen stellt eine grundlegende Fähigkeit dar, um sich mit ständig weiterentwickelnden und zum Teil schwer einsehbaren technischen Objekten auseinandersetzen zu können (vgl. OECD, 2019). Daher wird das Problemlösen auch für schulische und außerschulische technische Lernsituationen als eine maßgebliche Fähigkeit eingestuft, um den Umgang mit Technik zu schulen (vgl. Endepohls-Ulpe et al., 2010; GDSU, 2013; Möller, 1998b). Dabei sollte das Problemlösen bestmöglich in authentischen und realen Situationen Anwendung finden und nicht nach einem festen Schema ablaufen. In schulischen Lernsettings ist es jedoch üblich, Problemlösen als starren Prozess anzusehen und Schüler*innen nur wenig bis keinen Freiraum im Umgang mit technischen Problemen zu lassen (z.B. McCormick, 2004; Mioduser & Kipperman, 2002).

Forschungsergebnisse zum Umgang mit technischen Frage- und Problemstellungen bei Kindern im Elementar- und Grundschulalter sind jedoch rar. Entsprechend ist noch nicht ausreichend untersucht worden, ob bereits vor Eintritt in die Sekundarstufe I Unterschiede im Umgang mit Technik und dem Lösen technischer Frage- und Problemstellungen zwischen Kindern und insbesondere zwischen Mädchen und Jungen vorherrschend sind. Folglich sind wissenschaftliche Erkenntnisse zum Umgang von Kindern mit Technik notwendig, damit eine zielführende und sensible Technikbildung bereits im frühen Kindesalter erfolgen kann, die sich an der technologisierten Gesellschaft und den zeitgemäßen Anforderungen ausrichtet (vgl. Endepohls-Ulpe et al., 2010; Graube & Mammes, 2016; Zobl, 2019).

1.2 Ziele der Arbeit

Die vorliegende Forschungsarbeit stellt eine explorative Studie zum technischen konstruktionsbasierten Problemlösen von Kindern im Grundschulalter vor. Wie Kinder mit technischen Problemstellungen umgehen ist wenig erforscht. Stattdessen fokussieren Forschungsstudien vor allem das technische Problemlösen bei Jugendlichen in weiterführenden Schulen oder bei Erwachsenen. Die fortschreitende Technisierung, die auch den Alltag von Kindern bestimmt, erfordert jedoch auch, dass Technikbildung für Kinder im Grundschulalter Thema des wissenschaftlichen Diskurses wird. Entwicklungspsychologische Studien belegen, dass bereits Kinder die notwendigen Voraussetzungen besitzen und eine Auseinandersetzung mit Technik so früh wie möglich gefördert und bereits im jungen Alter stattfinden sollte (z.B. Fthenakis et al., 2009; Robert Bosch Stiftung, 2011; Weinert et al., 2008). Auf diese Weise kann einer negativen Einstellung gegenüber Technik entgegengewirkt und technische Fähigkeiten und Fertigkeiten gefördert werden. So können für die Heranwachsenden Mündigkeit und Teilhabe in einer technisierten Gesellschaft sichergestellt und mehr Berufsanfänger*innen für ein technisches Berufsfeld begeistert werden.

Vor dem Hintergrund dieser Problemlage will die Forschungsarbeit Erkenntnisse zur Auseinandersetzung und den Berührungspunkten von Kindern im Grundschulalter mit dem Fachbereich Technik gewinnen. Dabei wird das Verhalten von Kindern zwischen neun und zehn Jahren beim selbstständigen Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems untersucht. Ziel ist es, den Verlauf des Problemlösens der Kinder zu untersuchen und herauszufinden, ob und inwieweit sich Unterschiede zwischen den Lösungsverläufen der Kinder abzeichnen. Eine Altersspanne zwischen neun und zehn Jahren wurde bei der Auswahl der Proband*innen berücksichtigt, um eine stark vorbelastete positive oder negative Einstellung zum Bereich Technik weitestgehend auszuschließen. Ziefle et al. (2009) können nachweisen,

dass bei Kindern die Entwicklung einer positiven oder negativen technischen Grundeinstellung und Selbsteinschätzung ab einem Alter von elf Jahren und damit insbesondere ab der Sekundarstufe I zu verzeichnen ist (siehe auch Baumert & Geiser, 1996).

Das technische Problemlösen soll zunächst ungeachtet der individuellen Bereitschaft der Kinder zur Auseinandersetzung mit Technik und unabhängig von deren Vorerfahrungen im Technikbereich betrachtet werden. Stattdessen steht der Problemlöseverlauf beim Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems im Fokus. Anhand der Auswertung von Video- und Interviewdaten sollen Rückschlüsse auf das Problemlösen von neun- und zehnjährigen Kindern gezogen und zu einem besseren Verständnis des technischen Problemlösevorgehens von Kindern beigetragen werden.

Durch die gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend Implikationen für die schulische und außerschulische Auseinandersetzung mit Technik abgeleitet. Damit sollen grundsätzliche Handlungsempfehlungen zum zielführenden und sensiblen Umgang von Kindern mit technischen Problemstellungen erschlossen und zu einer verbesserten schulischen Förderung im Technikbereich beigetragen werden.

1.3 Gliederung der Arbeit

An die Einleitung (Kapitel 1) knüpft der theoretische Teil der Arbeit an, der sich in drei Kapitel gliedert. In Kapitel 2 wird zunächst das Grundverständnis von Technik erläutert. Anschließend werden die Notwendigkeit technischer Bildung in der heutigen Gesellschaft sowie die daraus abgeleiteten Anforderungen an technische Bildung im Kindesalter dargestellt. Außerdem wird der Aspekt der Techniksozialisation hervorgehoben, welcher insbesondere durch die Technikinstanzen Familie und Schule beeinflusst wird. Kapitel 3 stellt das Konzept des Problemlösens vor und die grundlegenden Konstrukte „Problem“, „Problemlösen“ und „Problemlöseprozess“ werden definiert. Im anschließenden Kapitel 4 wird das Problemlösen auf den Technikbereich angewandt. Dabei wird zunächst auf das Problemlösen als natürliche Tätigkeit in der Auseinandersetzung mit Technik bei Kindern im Grundschulalter eingegangen. Es folgt eine Auseinandersetzung mit technischen Problemlösemodellen sowie der Methode des Konstruierens, welche im Prozess des technischen Problemlösens eine wichtige Rolle spielt. Anschließend wird der Forschungsstand zum technischen konstruktionsbasierten Problemlösen von Kindern im Grundschulalter in schulischen und außerschulischen Settings untersucht. Aus den theoretischen Befunden können schließlich wichtige Schlussfolgerungen für die vorliegende Forschungsarbeit gezogen werden. Kapitel 5 widmet sich der Entwicklung der Forschungsfrage, welche aus der theoretischen Fundierung und dem Stand der Forschung

resultiert. Die Forschungsfrage und zugehörigen Unterfragen, die im weiteren Verlauf der Arbeit beantwortet werden sollen, werden vorgestellt.

Im Anschluss an die herausgearbeiteten Erkenntnisse des Theorieteils, folgt der empirische Teil der Arbeit. Das entwickelte Erhebungskonzept wird in Kapitel 6 ausführlich vorgestellt. Dabei wird das Forschungsdesign, die Methode der Datenerfassung, die Auswahl der Forschungsumgebung und der Stichprobe, die Erprobung des Erhebungsinstruments und wichtige Rahmenbedingungen der Erhebung vorgestellt. Das darauffolgende Kapitel 7 beschreibt das methodische Vorgehen. Inhalte des Kapitels 7 bilden zunächst die Datenaufbereitung der Video- und Interviewdaten sowie die Auswertungsmethode der qualitativen Inhaltsanalyse. Anschließend wird das innerhalb der Studie angewandte Codier- und Auswertungsverfahren vorgestellt, wobei das entwickelte Kategoriensystem im Fokus steht. Es wird beschrieben, wie die Codierung der gesammelten Daten erfolgte und welche Gütekriterien eingehalten werden. In Kapitel 8 werden anschließend erhobene Daten ausgewertet und Ergebnisse präsentiert. Dabei wird zunächst der Problemlösevorgang der gesamten Stichprobe hinsichtlich der einzusetzenden Materialien und der angewandten Problemlöseschritte analysiert. Anschließend werden strukturelle Muster im Problemlösen der Proband*innen abgeleitet und ausgewertet. Zudem konnten übergeordnete Problemlösemuster abgeleitet werden, die in Form von drei Problemlösekreisläufen vorgestellt werden. In Kapitel 9 werden vor dem Hintergrund der Forschungsfrage eine Zusammenfassung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse dargestellt sowie praktische Implikationen und weitere Forschungsansätze formuliert.

2 Technische Bildung

Das Konstrukt technische Bildung wird in diesem Kapitel aufgegriffen. Daher wird zunächst der Begriff „Technik“ beschrieben und von dem der „Natur“ abgegrenzt. Anschließend wird „Technische Bildung“ definiert und die Notwendigkeit technischer Bildung diskutiert, wobei auch die technische Sozialisation eine wichtige Rolle spielt.

2.1 Zu den Begriffen „Technik“ und „Technische Bildung“

Technik wird typischerweise mit komplexen Erfindungen und Anschaffungen verbunden. Als Beispiele gelten hier Fernseher, Flugzeug, Fließbandfertigung oder Computer, die auf unterschiedliche Lebensbereiche des Menschen Einfluss nehmen. Es sind vor allem diese Erfindungen und Anschaffungen, die das Verständnis und Bewusstsein der Menschen für Technik prägen (vgl. Mammes, Adenstedt, & Gooß, 2020). Gleichzeitig sind sich Menschen den einfachen technischen Artefakten, die das alltägliche Leben umgeben (z. B. Tür, Messer, Regal oder Flasche) kaum bewusst (vgl. Fischer, 1996; Mammes et al., 2020; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012).

Die Technik steht in ihrer Verwendung und ihren Wirkungsweisen in enger Verbindung zur Natur. Naturwissenschaften werden für die Herstellung und Entwicklung technischer Artefakte genutzt und führen dadurch zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse (vgl. Wolffgramm, 1994). Aufgrund dessen wird Technik oftmals der Natur untergeordnet und als ein Anwendungsgebiet der Natur verstanden (vgl. Mammes, 2016). Für ein Verständnis von Technik ist jedoch eine Abgrenzung zwischen den Begriffen *Natur* und *Technik* notwendig. Die *Natur* kann als etwas *Gegebenes* aufgefasst werden, das ohne den Einfluss von menschlichen Handlungen existiert und abläuft (Graube & Mammes, 2013, S. 4). Im Gegensatz dazu lassen sich *Technik* und *technische Objekte* als etwas *Gemachtes*, *Hervorgebrachtes* oder *Erzeugtes* definieren (Banse, 2013, S. 26; vgl. Graube & Mammes, 2016, S. 210).

Der Begriff *Technik* bezieht sich auf „nutzenorientierte, künstliche und gegenständliche Gebilde“ (Mammes & Tuncsoy, 2013), denn es werden menschliche Handlungen und Einrichtungen, in denen technische Gebilde entwickelt werden, zu deren Erstellung benötigt. Neben den *Entstehungszusammenhängen* schließt Technik *Verwendungszusammenhänge* mit ein, also menschliche Handlungen, in denen technische Gebilde verwendet werden (Banse, 2013).

Ropohl (2009) hat eine allgemeine Begriffsbestimmung von Technik formuliert, die unter anderen in den Richtlinien des VDI² sowie in der Brockhaus Enzyklopädie aufgenommen wurde. Seiner Begriffsbestimmung liegt das weitere Vorgehen dieser Forschungsarbeit zu Grunde. Demnach ist Technik ein künstlicher Gegenstand, der vom Menschen geschaffen wurde und dem eine Zweckhaftigkeit zugesprochen werden kann (vgl. Ropohl, 2009). Als ein Beispiel führt er die Entstehung von Kleidung an: Stoffe werden zu Kleidung gewebt, um Schutz vor kaltem Wetter zu bieten (Ropohl, 2009). Dabei baut Ropohl auf einer Definition von Gottl-Ottlilienfeld (1923) auf. Dieser bezeichnet Technik als „Realtechnik“, welche Technik als das „Ganze der Verfahren und Hilfsmittel des naturbeherrschenden Handels“ betrachtet (Gottl-Ottlilienfeld, 1923, S. 7 ff.; vgl. Ropohl, 2009). Nach Ropohl kann Technik beschrieben werden als:

- „[...] die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen technische Sachsysteme entstehen und
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen technische Sachsysteme verwendet werden.“ (Ropohl, 2009, S. 31).

Des Weiteren leitet Ropohl drei Dimensionen der Technik ab, die für ein allumfassendes Verständnis von Technik betrachtet werden müssen (Abbildung 1).

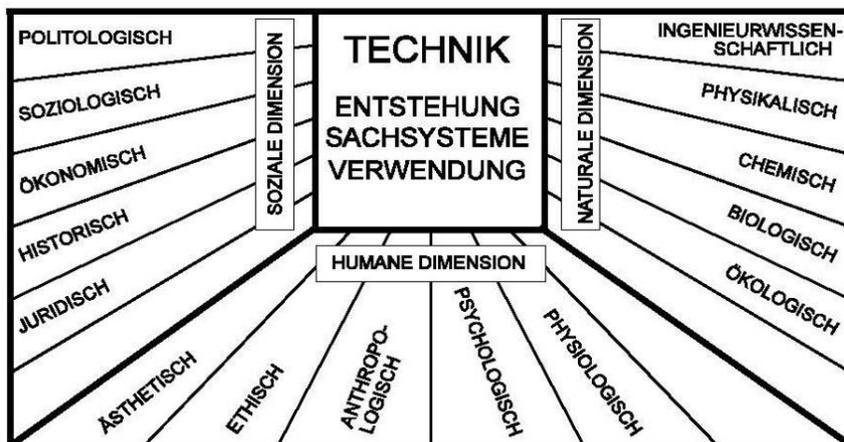


Abbildung 1 Dimensionen und Erkenntnisperspektiven der Technik nach Ropohl (2009, S. 32)

Hierzu gehören die naturale Dimension, die humane Dimension und die soziale Dimension. Die naturale Dimension beinhaltet zum einen Teilgebiete der Naturwissenschaften, denn technische

² VDI ist die Abkürzung für den „Verein Deutscher Ingenieure“. Der VDI ist ein technisch-wissenschaftlicher Verein in Deutschland, der sich aus Vertreter*innen des Ingenieurs- und Technikbereichs zusammensetzt. VDI-Richtlinien sind „richtungweisende und praxisorientierte Regelwerke, die Qualitätsstandards in vielen ausführenden Gewerken und allen möglichen Industriebereichen setzen.“ (Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2021).

Artefakte werden aus natürlichen Bestandteilen entwickelt und unterliegen den Naturgesetzen (Ropohl, 2009). Dazu gehören neben ingenieurwissenschaftlichen, physikalischen, chemischen und biologischen Aspekten und auch ökologische Aspekte, da technisches Handeln immer in Wechselwirkung mit dem Ökosystem stehen sollte (Ropohl, 2009). Die humane Dimension hebt die Beziehung zwischen Menschen und Technik in den Fokus. Technik führt zu einer künstlich hergestellten Lebenswelt, denn der Mensch fertigt technische Artefakte für seine eigenen Verwendungszwecke. Die Dimension bezieht daher psychologische, physische, ethische, ästhetische und anthropologische Bereiche mit ein (Ropohl, 2009). Im Rahmen des ethischen Bereichs erfolgt zum Beispiel ein reflektierter Umgang mit Technik (Labudde & Haselhofer, 2016). Die soziale Dimension betrachtet Technik als soziales Phänomen (Ropohl, 2009). Sie hebt die Beziehung zwischen Technik und Gesellschaft hervor, denn technische Artefakte entstehen durch den menschlichen Austausch (Mammes et al., 2020; Ropohl, 2009). Somit bezieht die soziale Dimension den politologischen, soziologischen, ökonomischen, historischen und juristischen Bereich mit ein (Ropohl, 2009). Die drei unterschiedlichen Dimensionen nehmen Einfluss auf das Konzept Technik und prägen den Technikbegriff.

Aufbauend auf der Definition und Beschreibung von Technik, umfasst technische Bildung „(...) Verlauf wie Resultat jener Prozesse, deren Zweck die Vermittlung bzw. Aneignung von Kenntnissen über technische Sachsysteme [ist] sowie deren Entstehung und Verwendung in lebensweltlichen Zusammenhängen (...)“ (Banse & Meier, 2013, S. 421). Somit sollte Technikbildung neben der Wissensaneignung auch die Aneignung technischer Fähigkeiten und Fertigkeiten einschließen, welche eine selbstständige Auseinandersetzung mit Technik fördern und unter anderem als Grundlage für entsprechende Fachkompetenzen auf dem Arbeitsmarkt verstanden werden können (Banse & Meier, 2013; Buhr & Hartmann, 2008; Schlagenhaut & Wiesmüller, 2018). Dabei sollte Technikbildung zum einen als Teil der Allgemeinbildung begriffen werden und zum anderen spezifische technische Bereiche umfassen, die beispielsweise für die berufliche Ausbildung notwendig sind (vgl. Banse & Meier, 2013; Buhr & Hartmann, 2008; Schlagenhaut & Wiesmüller, 2018). Um technische Bildung zu erreichen werden beispielsweise technisch-konstruktive Tätigkeiten empfohlen, die sich am technischen Problemlösen ausrichten und dadurch technische Handlungsfähigkeiten fördern sollen (z.B. Banse & Meier, 2013; Graube & Mammes, 2016).

Letztendlich sollte Technikbildung außerdem ein kritisches Verständnis von Technik unterstützen (vgl. Buhr & Hartmann, 2008). Durch technische Bildung kann eine reflektierte Auseinandersetzung des Einzelnen mit Technik ermöglicht werden, sodass eine Folgenabschätzung und Bewertung von Technik und ein eigenständiges Leben in der

technisierten Gesellschaft möglich ist (vgl. Banse & Meier, 2013; Schlagenhaut & Wiesmüller, 2018).

2.2 Notwendigkeit technischer Bildung

Technische Gebilde und Entwicklungen prägen alle Lebensbereiche des Menschen und somit auch die Lebenswelt von Kindern (vgl. Hallström, Elvstrand, & Hellberg, 2015; Möller, 2002; Welch, 1998; Ziefle et al., 2009). Eine Vielzahl von Berührungspunkten mit Technik finden sich auch im Alltag von Kindern wieder: Bausteine, Fernseher oder Computerspiele werden von Kindern täglich zu Hause genutzt und Spielplätze oder Skateparks regelmäßig besucht. Möller (2002) hält fest, dass Technik „[i]m häuslichen Spiel, beim Basteln, im Haushalt und im Umgang mit Kommunikationsmedien“ (Möller, 2002, S. 51) von Kindern genutzt wird. Insbesondere sind es die digitalen Kommunikationsmedien wie Tablet und Smartphone die in den letzten Jahren flächendeckend Einzug in die Haushalte erhalten und beispielsweise die Modelleisenbahnen oder die experimentellen Baukästen als Spielinstrument der Kinder abgelöst haben (acatech & VDI, 2009, S. 25 ff.).

Auch im allgemeinen Sprachgebrauch werden mit dem Begriff Technik insbesondere elektronische Geräte assoziiert (vgl. Aydın, 2011; Mawson, 2010). Ein konkretes Inspizieren oder Untersuchen dieser technischen Artefakte ist meist nicht möglich, da sie nicht einsehbar sind. So befinden sich beispielweise beim Smartphone Prozessor oder Kameratechnik unter einem Gehäuse und über das Innenleben kann der Nutzer meist nur wenig erfahren (vgl. Donick, 2019). Dadurch finden weniger aktiv-handelnde Erfahrungen mit Technik statt, sondern ein passiv-konsumtiver Umgang (vgl. acatech & VDI, 2009; Mammes, 2016; Möller, 2002). Technisches Wissen beschränkt sich aufgrund dessen vor allem auf ein „Bedienungs- und Umgangswissen“ (Möller, 2002, S. 51).

Die komplexen und nicht einzusehenden Prozesse hinter der Verkleidung technischer Artefakte sind für Nutzer*innen in der Regel eine Blackbox (vgl. Luhmann, 1996), weshalb die innere Struktur der Artefakte nur schwer verstanden werden kann und infolgedessen eine negative Einstellung gegenüber Technik und den eigenen technischen Fähigkeiten entwickelt wird (vgl. Möller, 2002). Dadurch kommt häufig keine tiefere Auseinandersetzung mit Technik zustande was auch Grund dafür ist, dass sich ein negativer Trend hinsichtlich der Wahl technischer Ausbildungs- und Berufsfelder bemerkbar macht. Statistiken zeigen, dass Fachkräfte in den MINT-Berufen fehlen und Stellen unbesetzt bleiben (Anger et al., 2019). Auffällig ist hierbei das Geschlechterungleichgewicht, denn verhältnismäßig wenige Frauen entscheiden sich beruflich für einen MINT-Fachbereich, was an dem seit Jahrzehnten

gleichbleibend geringen Frauenanteil sichtbar ist (Anger et al., 2019). Während Frauen vor allem in sozialen Berufen und Dienstleistungsberufen vertreten sind, entscheiden sich Männer eher für technische und naturwissenschaftliche Berufe (vgl. OECD, 2019). Diejenigen Frauen, die sich für einen MINT-Beruf entscheiden, wählen besonders häufig einen Beruf aus den Fachbereichen Textil und Bekleidung oder Pharmazie und Biologie. Hingegen ist ihr Anteil in den Bereichen der IT und den Ingenieurbereichen Elektrotechnik, Maschinenbau und Fahrzeugbau besonders gering (vgl. Anger et al., 2019). Hinsichtlich der Sicherung qualifizierter Arbeitskräfte für die Wirtschaft ist technische Bildung für die Zukunft also notwendig (vgl. destatis, 2012; Mammes & Tuncsoy, 2013; Möller, 2014; Ziefle et al., 2009). Nach Mioduser und Betzer (2008) können zwei Herausforderungen für die technische Bildung abgeleitet werden. Die erste Herausforderung umfasst die Sicherstellung einer angemessenen technischen Wissensbasis in der Gesellschaft. Die zweite Herausforderung gilt dem Gewinnen von Schüler*innen für die technische Berufswahl (vgl. Mioduser & Betzer, 2008). Demnach sollte es gesellschaftliche Aufgabe sein, bereits Kindern und Jugendlichen „[den] Nutzen der Auseinandersetzung mit technischen und naturwissenschaftlichen Fragen [näher zu bringen]“ (Ziefle et al., 2009, S. 125). Die ständigen technologischen Entwicklungen und Erneuerungen erfordern einen reflektierten und kritischen Umgang mit der Thematik. Ziel sollte die Förderung einer frühen technischen Bildung von Kindern sein, um eine mündige Teilhabe für Heranwachsende in der Gesellschaft sicherzustellen.

Entsprechend dieser Maßgabe liegt der Fokus der Forschungsstudie auf dem technischen Problemlösen von Kindern. Das technische Problemlösen kann technische Handlungsfähigkeiten fördern und wird genutzt, um Kindern Technik näherzubringen. Dabei wurde bei der Wahl der Proband*innen ein Alter zwischen neun und zehn Jahren festgelegt, da mit dieser Altersspanne davon ausgegangen werden kann, dass sich die Kinder selbstständig mit einem technischen Problem auseinandersetzen können (vgl. Beinbrech, 2003; Fleeer, 2000). Des Weiteren kann eine stark vorbelastete positive oder negative Einstellung zur Thematik Technik weitestgehend ausgeschlossen werden (vgl. Baumert & Geiser, 1996; Ziefle et al., 2009).

2.3 Technische Sozialisation

Wird von dem Ziel und der Notwendigkeit technischer Bildung gesprochen, muss berücksichtigt werden, dass eine entsprechende technische Sozialisation erforderlich ist. Technische Sozialisation sollte Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Technik vermitteln

(Adenstedt, 2016; Baumert & Geiser, 1996) und eine positive Einstellung gegenüber Technik fördern (Bandura & Walters, 1977; Baumert & Geiser, 1996; Bong & Skaalvik, 2003).

Der Fachkräftemangel im technischen Bereich und die vorherrschenden Muster bei der Berufswahl von Frauen und Männern (vgl. Kapitel 2.2) können mit einer unzureichenden technischen Sozialisation zusammenhängen. Sie führt dazu, dass sich Jungen und Mädchen in ihren Entscheidungs- und Entfaltungsmöglichkeiten einschränken und einen stereotypischen Beruf wählen. Die Sozialisationsinstanzen Familie und Schule nehmen dabei besonderen Einfluss auf die Auseinandersetzung von Kindern mit Technik (z.B. Faulstich-Wieland, 2010; Quaiser-Pohl, 2012; Ziefle et al., 2009).

2.3.1 Technische Sozialisation in der Familie

Im Elternhaus sammeln Kinder erste Erfahrungen mit Technik, weshalb hier initial ein Interesse am Themengebiet angeregt werden kann. Eltern neigen jedoch dazu ihre Kinder auf Basis von Stereotypen und Vorurteilen zu erziehen, was die Einstellung der Kinder gegenüber Technik negativ beeinflusst (vgl. Ertl, Luttenberger, & Paechter, 2014; Otto, 1991; Tenenbaum, 2009; Tenenbaum & Leaper, 2002). Das Bild vom technikinteressierten Jungen und dem nicht-technikinteressierten und technikumbegabten Mädchen ist in unserer Gesellschaft noch immer präsent (vgl. Björkholm, 2010; Gilbert, 2020; Kreienbaum & Metz-Göckel, 1992). Die vorherrschenden Stereotype sorgen dafür, dass vor allem Jungen von ihren Eltern im technischen Bereich gefördert werden. Dies zeigt sich bereits in der elterlichen Auswahl von Spielzeug für die Kinder, welches oftmals einem vorgefertigten Rollenverständnis entspricht. Söhne werden von ihren Eltern häufiger dazu ermutigt, sich mit technischem Spielzeug auseinanderzusetzen (z.B. Konstruktions- und Motivspielzeug) (vgl. Baumert & Geiser, 1996; Freeman, 2007; Kreienbaum & Metz-Göckel, 1992). Eltern schreiben Jungen eher technische Kompetenzen zu und gehen davon aus, dass sie gerne bauen, experimentieren und Materialien erkunden (Herwartz-Emden, Schurt, & Waburg, 2012, S. 78). Dementsprechend werden Jungen motiviert Neugierde und Forscherdrang zu entwickeln, indem sie darin gefördert werden ihre Umwelt zu erkunden (Quaiser-Pohl, 2012, S. 26; siehe auch Schmieder & Wittenberg, 2020). Im Gegensatz dazu wird bei Mädchen vor allem der soziale Aspekt gefördert. Dies hängt damit zusammen, dass Mädchen von Eltern vermehrt als „zärtlicher, liebevoller, gefühlsbetonter“ charakterisiert und behandelt werden (Quaiser-Pohl, 2012, S. 26). Es führt dazu, dass Mädchen von ihren Eltern eher dazu angeleitet werden mit geschlechterspezifischem Spielzeug zu spielen, sich Personen und Tieren zuzuwenden und sich mit ihrer Umgebung auf soziale Weise auseinanderzusetzen (z.B. Puppenhaus, Kaufmannsladen, Kochgeschirr) (Eggers, Neuburger, Schmid, & Till, 2021; Freeman, 2007; Kreienbaum

& Metz-Göckel, 1992, S. 11 und S. 30). Gleichzeitig werden Mädchen, unabhängig von ihren tatsächlichen Leistungen, von Eltern als weniger begabt in MINT-Fächern eingeschätzt (vgl. Dresel et al., 2007; Solga & Pfahl, 2009). Die explizite Förderung der Jungen schafft frühe Berührungspunkte mit technischen Objekten und beeinflusst nachhaltig ihre Einstellung zum Themenfeld (vgl. Grosch, Häckl, Kocher, & Bauer, 2020). Das führt dazu, dass sich nach Beenden der schulischen Ausbildung eher Männer für ein natur-, ingenieurs- oder technikwissenschaftliches Berufsfeld entscheiden (vgl. Adenstedt, 2016; Ardies, De Maeyer, Gijbels, & van Keulen, 2015; Ertl et al., 2014; Mammes, 2001).

Ein weiterer Aspekt, der auf die technische Sozialisation von Kindern Einfluss nimmt, ist durch die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung bedingt. Eine detaillierte und tiefgreifende Auseinandersetzung mit Technik kann nicht sichergestellt werden, da technische Funktions- und Wirkungszusammenhänge heutzutage meist nicht einsehbar sind (vgl. Mammes, 2016; Möller, 2002). Zwar prägen technische Artefakte unsere Lebenswelt und sind existenzieller Bestandteil unseres Berufs und Alltags, dennoch steht dabei vor allem eine passiv-konsumtive Auseinandersetzung mit Technik im Fokus (vgl. Kapitel 2.2). Dies wirkt sich auch auf die kindliche Lebenswelt aus. Klassische Spielzeuge im Kinderzimmer (z.B. Modelleisenbahn, Experimentierkästen) werden von elektronischen und digitalen Spielzeugen abgelöst (vgl. acatech & VDI, 2009). Aufgrund der zunehmend undurchschaubaren technischen Prozesse wird auch der spielerische Umgang mit technischen Objekten allein auf das Anwenden und Benutzen begrenzt. Der Aspekt des Herstellens und Konstruierens wird für die Fertigung technischer Spielzeuge nicht mehr berücksichtigt und kann somit in der spielerischen Begegnung des Kindes mit Technik nicht mehr stattfinden (vgl. Adenstedt, 2016; Möller, 1998a). Somit wird ein aktiv-handelnder Umgang mit Technik immer seltener (acatech & VDI, 2009).

Zusätzlich bedingen die geringen eigenen technischen Fähigkeiten und Kenntnisse der Eltern die technische Sozialisation des Kindes. Auch wenn Eltern die technische Erziehung ihres Kindes begünstigen möchten, geht die Auseinandersetzung mit Technik meist nicht über das gemeinsame Aufbauen, Installieren und Nutzen technischer Geräte hinaus (vgl. Bertram, 2012). Eine technische Sozialisation kann daher im familiären Umfeld meist nicht erreicht werden, wodurch eine positive Einstellung gegenüber Technik und ein Interesse an Technik bei Kindern hier nicht oder nur unzureichend realisiert werden kann. Dies nimmt langfristig Einfluss auf die Studien- und Berufswahl von Jugendlichen und führt dazu, dass sie sich seltener für technisch-orientierte Berufsfelder entscheiden (vgl. Adenstedt, 2016; Ziefle et al., 2009).

2.3.2 Technische Sozialisation in der schulischen Bildung

Neben dem Elternhaus bildet die Schule eine zweite Instanz, die auf die technische Sozialisation von Kindern und Jugendlichen Einfluss nimmt. Schulische Bildungsstätten tragen zur Identitätsentwicklung von Schüler*innen bei und sollten daher auch die Begegnung mit Technik fördern (Adenstedt, 2016). Dabei besteht die Möglichkeit, fehlenden oder negativen Technikerfahrungen der Kinder und Jugendlichen entgegenzuwirken.

In der Schule finden sich zahlreiche Anknüpfungspunkte zu technischen Frage- und Problemstellungen. Mammes und Schäffer (2014) weisen beispielsweise darauf hin, dass Kinder technischen Gegenständen im Spiel, im Haushalt, im Verkehr oder in der Schule begegnen und sich die Schule diese Allgegenwärtigkeit im Unterricht zunutze machen sollte (siehe auch AG Naturbild, 2010). Möller (2014) plädiert in diesem Zusammenhang dafür, das kindliche Interesse zu wecken etwas selbst zu bauen, herzustellen oder zu erfahren, wie etwas funktioniert. Kinder möchten sich ausprobieren und ihr Wissen verknüpfen. Die Technikbildung in der Grundschule sollte hierauf aufbauen und an die vorhandene kindliche Neugierde bezüglich des Verstehens technischer Prozesse anknüpfen (vgl. Möller, 2002; Möller, 2014). Diesem grundlegenden Ansatz gibt unter anderem das Problemlösen Raum, welches eine wichtige Kompetenz im Umgang mit technischen Fragestellungen darstellt. Bevor dieser Zusammenhang genauer erläutert wird (siehe Kapitel 4), wird zunächst auf die Inhaltsbereiche einer technischen Bildung in der Grundschule eingegangen.

Technische Bildung in der Grundschule

Ein reflektierter und umfassender Umgang mit Technik kann bei Kindern in der Grundschule nur erreicht werden, wenn Kinder die Möglichkeit bekommen, ihre Erfahrungen mit Technik zu erweitern (vgl. GDSU, 2013). Dafür ist die Integration von Technik in den Lehrplan ausschlaggebend.

In der Grundschule wird der Fachbereich Technik nicht als ein eigenes Unterrichtsfach unterrichtet (vgl. GDSU, 2013; Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Stattdessen ist technische Bildung, je nach Bundesland, in das Fach „Sachunterricht“ oder „Heimat- und Sachkunde“ integriert, wobei sich die inhaltlichen Schwerpunkte unterscheiden (vgl. Mammes & Schäffer, 2014; Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008).

Auf die bildungspolitische Anforderungen die mathematische, naturwissenschaftliche und technische Bildung zu fördern (Kultusministerkonferenz (KMK), 2009), entwickelte der Perspektivrahmen Sachunterricht der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU)

allgemeine Bildungsziele für den technischen Sachunterricht in der Grundschule (vgl. GDSU, 2013). Im Perspektivrahmen Sachunterricht bildet Technik neben Sozialwissenschaft, Naturwissenschaft, Geografie und Geschichte einen von fünf Perspektiven, die im Sachunterricht behandelt werden sollen (vgl. GDSU, 2013). Die übergeordneten Ziele der technischen Perspektive im Sachunterricht lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Erweitern von technischem Können und Wissen,
- Herstellen und Konstruieren, um so auch z.B. die Mittel-Zweck-Bindung im technischen Handeln zu erfahren,
- Verstehen von technischen Funktions- und Handlungszusammenhängen,
- Erkennen und Reflektieren von Bedingungsbeziehungen von Technik, Arbeit, Wirtschaft, Naturwissenschaften und Gesellschaft,
- Reflektieren von Technikfolgen und
- Abbau von Hemmnissen sowie Inkompetenzgefühlen im Umgang mit Technik (GDSU, 2013, S. 64).

Der Perspektivrahmen Sachunterricht bildet mit seinen Zielen und weiterführenden Inhalten konkrete Anknüpfungspunkte für den technischen Unterricht in Schulen und hat dazu geführt, dass technische Bildung in der Grundschule eine Aufwertung erfahren hat. Grundlegend soll im technischen Sachunterricht der Grundschule ein erstes Verständnis von Technik gefördert und zum kritischen technischen Denken und verantwortungsvollen Handeln angeregt werden, an welches bestenfalls zu Hause und in den weiterführenden Schulen angeknüpft wird (vgl. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008; Möller, 2014). Durch die Integration einer technischen Perspektive in den Grundschulunterricht soll die „technisch-praktische Handlungsfähigkeit“ erweitert, der „produktive Charakter von Technik im eigenen Herstellen und Konstruieren“ erlebt, „das Verstehen technischer Prinzipien und Funktionsbeziehungen“ gefördert und „an Beispielen die Bedeutung technischer Erfindungen“ aufgezeigt werden (Möller, 2014, S. 33).

Kritisch anzumerken ist dabei, dass die technische Perspektive, trotz Eingliederung in den „Sachunterricht“ bzw. in „Heimat- und Sachkunde“, in ihrer praktischen Umsetzung nicht die gleiche Stellung erhält wie beispielsweise die natur- und gesellschaftswissenschaftliche Perspektive (vgl. Mammes & Schäffer, 2014; Mammes, Schaper, & Strobel, 2012; Mammes & Tuncsoy, 2013; Möller, Jonen, & Kleickmann, 2004; Sobich, Große, Drechsler, & Mädler, 2020). Im Vergleich zu anderen Inhaltsbereichen in der Grundschule wird dem Bereich Technik mit 2% der insgesamt vorgesehenen Unterrichtspflichtzeit der geringste Anteil zugesprochen (OECD, 2019, S. 437). Die Auseinandersetzung mit technischen Objekten und ihren

Zusammenhängen und Funktionsweisen, sowie Nutzungsentscheidungen und Bewertungen gerät meist in den Hintergrund (vgl. Adenstedt, 2016; Mammes & Schäffer, 2014). Folglich wird Schüler*innen wenig Möglichkeit geboten, sich mit technischen Sachverhalten auseinanderzusetzen und diese zu erkunden. Zwar werden auch informelle, außerschulische Bildungsangebote (z.B. Schüler*innenlabore, Museum, Fernsehprogramme wie „Sendung mit der Maus“) genutzt, um technische Bildungsarbeit zu unterstützen, jedoch gibt es noch wenig Erkenntnisse darüber, inwieweit sie zu einem positiven Technikbild beitragen (vgl. Bünning & Lehmann, 2016; Ilgenstein, 2016). Festzuhalten ist, dass ein Anknüpfen an alltägliche technische Erfahrungen im Unterricht immer noch selten stattfindet, womit eine Erweiterung technischer Erfahrungen und Kompetenzen nicht gewährleistet wird (vgl. z.B. acatech & VDI, 2009).

Geschlechterstereotype und Vorurteile im technischen Unterricht

Gleichzeitig zeigt sich, dass auch im schulischen Setting immer noch eine negativ besetzte Geschlechterzuschreibung präsent ist. Untersuchungen zeigen, dass sich das Verhalten der Lehrkräfte in naturwissenschaftlichen und technischen Unterrichtseinheiten oft an geschlechertypischen Normen und Verhaltensweisen orientiert (vgl. Faulstich-Wieland, 2010). Die Arbeitsweise von Mädchen in MINT-Unterrichtsfächern wird von Lehrkräften als „fleißig“ und „sorgfältig“ beschrieben (Faulstich-Wieland, 2010, S. 20; vgl. Thies & Röhner, 2000) und gute Leistungen der weiblichen Schülerinnen oftmals diesen beiden Attributen zugeschrieben (vgl. Hoffmann, Häußler, & Lehrke, 1998). Eine „Hilflosigkeit“ der Mädchen im Technikunterricht wird von Lehrkräften als „normal“ eingestuft (Faulstich-Wieland, 2010, S. 24), und eine Unterstützungsanforderung bei der Bewältigung von Aufgaben im naturwissenschaftlichen und technischen Bereich wird von den Lehrkräften erwartet (vgl. Budde et al., 2008; Faulstich-Wieland, 2010). Entsprechend zeigt sich, dass Mädchen in MINT-Unterrichtsfächern sehr viel öfter und schneller Unterstützung durch Lehrkräfte oder Eltern erfahren als Jungen (vgl. Bhanot & Jovanovic, 2005; Herwartz-Emden et al., 2012, S. 80). Folglich wird Mädchen weniger zugetraut und die Leistungserwartungen an Mädchen fallen geringer aus (vgl. Budde et al., 2008; Faulstich-Wieland, 2010; Hofer, 2015). Im Gegensatz zu den Mädchen werden Jungen im technischen Unterricht eher als „lebhaft“ und „technikinteressiert“ beschrieben, und es wird ihnen ein schnelles Arbeitstempo zugesprochen (Faulstich-Wieland, 2010, S. 22). Lehrkräfte stufen Jungen im MINT-Bereich häufiger als kompetent und begabt ein, da sie davon ausgehen, dass diese bereits im außerschulischen Bereich praktische Erfahrungen sammeln konnten (vgl. Herwartz-Emden et al., 2012; Thies & Röhner, 2000). Außerdem wird ihnen zugetraut sich schwierige und neue Inhalte selbstständig

erschließen zu können, weswegen Jungen u.a. mehr Freiraum für das selbstständige Arbeiten in MINT-Fächern bereitgestellt bekommen (vgl. Faulstich-Wieland, 2010, S. 22; Herwartz-Emden et al., 2012, S. 80).

Eine mangelhafte Techniksozialisation in der Kindheit beeinflusst die Einstellung zu Technik im weiteren Leben und kann zu einer defensiven Haltung gegenüber Technik führen. Während im schulischen und familiären Umfeld grundsätzlich eher Jungen darin bestärkt werden sich mit Technik auseinanderzusetzen und ihr Technikinteresse gefördert wird, wird Mädchen der kompetente Umgang mit Technik oftmals nicht zugetraut. Dies hat zur Folge, dass insbesondere Mädchen eine eher negativ belastete Einstellung zu Technik entwickeln und sich in diesem Fachbereich wenig zutrauen (Faulstich-Wieland, 2009, S. 43; Möller, 1998b, S. 226), während Jungen Technik offener und routinierter gegenüber treten und bessere Leistungen erzielen (z.B. Björkholm, 2010; Li et al., 2016; Quaiser-Pohl & Endepohls-Ulpe, 2010). Langfristig führt es dazu, dass Jungen ein Interesse an Technik entwickeln, ihre Fähigkeiten im Umgang mit technischen Frage- und Problemstellungen gut einschätzen und sich eher für einen technischen Beruf entscheiden. Aufgrund dieser ungleichen Auseinandersetzung mit Technik belegen Studien, dass in der Sekundarstufe I geschlechterspezifische Differenzen im Umgang mit technischen Artefakten festzustellen sind (vgl. Baumert & Geiser, 1996; Ziefle et al., 2009).

Um einer negativen Einstellung gegenüber Technik entgegenzuwirken ist eines der Ziele der vorliegenden Studie herauszufinden, wie Kinder mit technischen Problemstellungen umgehen. Entsprechende Forschungsstudien gibt es wenige (siehe Kapitel 4.4). Die Studienergebnisse sollen daher Anknüpfungspunkte für die schulische und außerschulische Auseinandersetzung mit Technik bieten, die langfristig eine positive Technikeinstellung bei Kindern unterstützt.

3 Problemlösen als Grundannahme

Das Problemlösen stellt eine grundlegende Fähigkeit des Menschen in einer sich fortlaufend verändernden Gesellschaft dar. Nicht immer sind Entwicklungen und Veränderungen unserer Umwelt einsehbar, wodurch eingeübte Handlungsmuster und Regeln obsolet werden. Um unbekanntem Frage- und Problemstellungen entgegenzutreten zu können, ist daher die Methode des Problemlösens eine wichtige Voraussetzung (vgl. Csapó & Funke, 2017).

3.1 Problem

Ein Problem definiert sich dadurch, dass ein Zielzustand aufgrund eines Hindernisses bzw. einer Barriere nicht auf direktem Weg erreichbar ist (vgl. Edelman 2000, S. 178f.). Die folgenden Bestandteile sind dabei maßgebend für ein Problem:

- unerwünschter Anfangszustand,
- erwünschter Zielzustand,
- eine Barriere, welche den Weg vom Anfangszustand zum Zielzustand erschwert (vgl. Edelman, 2000, S. 209).

Ein Individuum steht einem Problem gegenüber, wenn es bei der Auseinandersetzung mit der Problemstellung nicht über die notwendigen Mittel verfügt, um das Problem lösen und einen gewünschten Zielzustand erreichen zu können. Das Problemlösen zielt in diesem Zusammenhang darauf ab, einen Zielzustand zu erreichen, indem Hindernisse überwunden werden (vgl. Edelman, 2000; Krech, Crutchfield, Livson, Wilson, & Parducci, 1985).

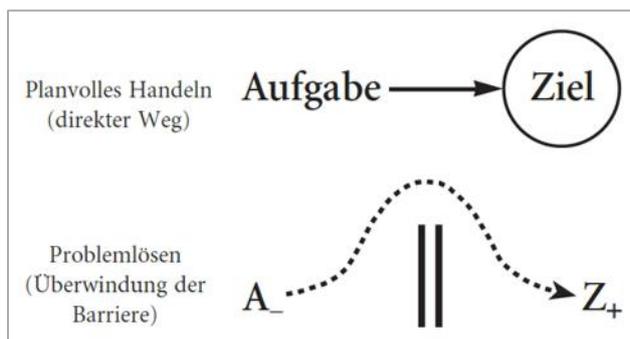


Abbildung 2 Aufgabe und Problem (Edelman & Wittmann, 2012, S. 179)

Dabei ist ein Problem von einer Aufgabe zu unterscheiden (siehe Abbildung 2). Eine Aufgabe verfügt über ein definiertes Ziel und kann über bekannte Mittel auf bekannte Weise gelöst werden, da sich das Individuum zuvor spezifisches Wissen angeeignet hat. Ein Problem definiert sich hingegen durch die „Unbestimmtheit seiner Elemente“ (z.B. in Bezug auf Anfangszustand, Zielzustand und Wege zur Lösung) (Graube & Mammes, 2016, S. 214). Den Problemlöser*innen ist der Weg zum gewünschten Zielzustand für das Problem zu

Lösungsbeginn unklar und sein Wissen allein ist nicht ausreichend, um eine geeignete Lösung für das Problem zu finden (vgl. Edelmann, 2000). Stattdessen ist die Suche nach einer Lösung mit Hindernissen verbunden, die es zu überwinden gilt. Entsprechend sind einerseits der „Grad der Bestimmtheit bzw. Unbestimmtheit“ (Graube & Mammes, 2016, S. 213) und andererseits Wissen und Vorerfahrungen eines Individuums entscheidend dafür, was als Problem oder Aufgabe wahrgenommen wird (vgl. Edelmann, 2000).

Nach Graube und Mammes (2016, S. 214) ist ein Problem durch seine Unbestimmtheit definiert, welche sich auf die drei Elemente „Anfangszustand“, „Zielzustand“ und „Wege zur Lösungsfindung“ bezieht. So kann der „Anfangszustand“ (sog. Problemstellung) beispielsweise nur unvollständige Informationen hinsichtlich des Problems aufzeigen, entsprechende Zielkriterien zur Erreichung des gewünschten „Zielzustand“ nicht klar festlegen oder unbekannte Mittel zur Zielerreichung enthalten (vgl. Edelmann & Wittmann, 2012; Graube & Mammes, 2016; Zimbardo & Gerrig, 2004). In diesem Zusammenhang kann zwischen gut und schlecht strukturierten Problemen unterschieden werden. Während bei einem gut strukturierten Problem alle Informationen zur Lösungserreichung gegeben sind (z.B. Ausgangssituation, Zielzustand, Mittel zur Zielerreichung), lässt sich ein schlecht definiertes Problem durch unbekannte und gegensätzliche Ziele sowie eine Vielzahl an möglichen Lösungswegen charakterisieren (vgl. Doornekamp & Streumer, 1996; Jonassen, 1997). Edelmann (2000, S. 210 f.) unterscheidet in diesem Zusammenhang drei Arten von Barrieren, welche unterschiedliche Problemtypen ausmachen:

- Interpolationsbarriere: Der Zielzustand und die Mittel zu seiner Erreichung sind bekannt. Die Problemlöser*innen müssen die ihnen zur Verfügung stehenden Mittel richtig miteinander verknüpfen, damit sie das Ziel erreichen können. Es handelt sich um ein „gut definiertes“ Problem.
- Synthesebarriere: Der Zielzustand ist bekannt, jedoch fehlt es an Informationen zur Zielerreichung.
- Dialektische Barriere: Zielkriterien sind ungenau oder nicht bekannt. Entsprechende Lösungsversuche müssen oft geprüft und revidiert werden. Es handelt sich um ein „schlecht definiertes“ Problem.

3.2 Problemlösen

Das Problemlösen beinhaltet komplexe Denkprozesse und ist als ein Sonderfall des planvollen Handelns zu verstehen (vgl. Edelmann, 2000; Graube & Mammes, 2016). Problemlösen beschreibt dabei die zielgerichtete Handlung eines Individuums, die den Ausgangszustand eines

Problems zu seinem gewünschten Zielzustand, der Lösung für das Problem, führt (vgl. Rollett, 2008; Stemmann, 2017). Bei der zielgerichteten Handlung kommt es zur Anwendung von bekannten oder im Rahmen der Auseinandersetzung mit dem Problem entwickelten Operatoren (Anderson, 2007, S. 292). Ein wesentlicher Bestandteil dieser Vorgehensweise ist das problemlösende Denken, bei dem es zur Entwicklung, Veränderung und Anwendung von Operatoren in Verbindung mit Vorerfahrungen zur Problemsituation kommt (vgl. Ausubel, Novak, & Hanesian, 1974). Problemlösendes Denken beeinflusst den Verlauf der Aneignung und Anwendung von Wissensbeständen im Problemlöseprozess (vgl. Stemmann, 2017; Süß, 1996). In diesem Zusammenhang kann insbesondere das „bereichsspezifische Wissen“ das Problemlösen fördern (Betsch, Funke, & Plessner, 2011, ff. 139 f., 184). Edelman (2000) fasst fünf Strategien des problemlösenden Denkens zusammen, die das Problemlösen lenken können (Edelman, 2000, S. 181 ff.):

- Problemlösen durch Versuch und Irrtum: Beim Problemlösen durch Versuch und Irrtum wird die Lösung für das Problem eher zufällig gefunden. Es findet selten ein reines Ausprobieren statt, sondern vielmehr im Ansatz ein Anwenden von Strategien, indem Hypothesen aufgestellt und überprüft werden.
- Problemlösen durch Umstrukturieren: Die Problemsituation wird neu geordnet und ihre einzelnen Elemente in neue Zusammenhänge gebracht (Situationsanalyse). Indem die Problemlöser*innen versuchen die Elemente der Problemsituation für sich übersichtlich herauszuarbeiten, gewinnen sie Einsicht in das Problem und können das Problem aus unterschiedlichen Perspektiven betrachten. Dies hilft ihnen dabei eine optimale Struktur und Lösung für das Problem zu finden.
- Problemlösen durch Anwendung von Strategien: Eine Strategie wird als heuristische Regel (Problemlöseverfahren) aufgefasst, welche die Planung und Durchführung von Entscheidungen innerhalb eines Gesamtkonzeptes beinhaltet. Bei der Anwendung von Strategien erfolgt der Lösungsweg aus einer längeren Kette von Entscheidungen heraus.
- Problemlösen durch Kreativität: Beim Problemlösen durch Kreativität folgt im Idealfall nach einer Entspannungsphase im Zuge einer Eingebung oder einem Gedankenblitz die spontane Lösungsfindung.
- Problemlösen durch Systemdenken: Die Lösungsfindung beim Systemdenken erfolgt, indem eine Ähnlichkeit (Analogie) mit anderen bereits gelösten Problemen festgestellt wird. Entsprechende Lösungsprinzipien und Strukturschemata, die in diesem Zusammenhang als erfolgreich eingestuft wurden, werden übernommen und auf das aktuelle Problem angewandt (Transfer).

Problemlösen und problemlösendes Handeln wird neben bereichsspezifischem Wissen auch von Emotion und Motivation bedingt (Stemmann, 2017; Strohschneider & Schaub, 1991). Emotion und Motivation beeinflussen die Problemsensibilität und dementsprechend auch die Durchführung der Problemlösung im Problemlöseprozess. Dabei spielt auch die Selbsteinschätzung der Problemlöser*innen eine Rolle im Problemlösen (Betsch et al., 2011, S. 138 ff.). Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD)³ weist in diesem Zusammenhang auf die Notwendigkeit der Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit Problemsituationen hin, damit Bürger*innen zu konstruktiven und reflektierten Mitgestalter*innen ihrer Umwelt werden (vgl. OECD, 2013).

Da im Rahmen dieser Forschungsarbeit allein die Auswertung der Handlungsmuster beim Problemlösen der Proband*innen entscheidend ist, wird das technische Problemlösen ungeachtet von Vorerfahrungen und der Bereitwilligkeit der Proband*innen untersucht. Entsprechend werden die hier kurz aufgeführten Einflussfaktoren nicht weiter ausgeführt. Stattdessen wird der Fokus auf den Problemlöseprozess gelegt, welcher im anschließenden Kapitel genauer betrachtet wird.

3.3 Problemlösemodelle

Das Problemlösen ist als ein Prozess zu verstehen, der von einem Anfangszustand, dem Problem, zu einem gewünschten Zielzustand, der Lösung für das Problem, führen soll (vgl. Edelman, 2000; Pólya, 2010). Dieser Problemlöseprozess zeichnet sich durch mehrere Stufen aus, die Problemlöser*innen beim Lösen des Problems durchlaufen. In der Literatur existiert eine Vielzahl von Modellen, die den Problemlöseprozess abbilden. Während die zugrundeliegenden Strukturen dieser Modelle viele Gemeinsamkeiten aufweisen, unterscheiden sie sich jedoch in ihrer detaillierten Ausgestaltung, z.B. hinsichtlich der Anzahl an Stufen, die die Problemlöser*innen im Problemlöseprozess durchlaufen (vgl. Doornekamp & Streumer, 1996).

Exemplarisch lässt sich die grundlegende Struktur von Pólya (1949) anführen, der für das Lösen eines Problems heuristische Fragen entwickelt, die den Problemlöseprozess in vier Stufen gliedern und so zum Lösen des Problems führen. Der Problemlöseprozess wird so in die Abschnitte (1) Problem verstehen, (2) Ausdenken eines Plans, (3) Ausführen des Plans und (4) Rückschau unterteilt (vgl. Pólya, 1949). Darauf aufbauend untergliedert Schoenfeld (1985) die einzelnen Abschnitte des Problemlöseprozesses in weitere Unterkategorien. Dazu gehört das „Verstehen des Problems“, welches in Lesen, Analysieren und Exploration unterteilt wird. Es

³ OECD ist eine englische Abkürzung und steht für „Organisation for Economic Co-operation and Development“.

kommt anschließend zur „Planung einer Lösung“ sowie zur „Ausführung der Lösung“. Letztendlich erfolgt die „Überprüfung der Lösung“. Im Gegensatz zu Pólya oder Schoenfeld legen Newell und Simon (1972) nur drei wesentliche Elemente fest, die einen Problemlöseprozess charakterisieren. Hierzu zählt zunächst die Problemsituation (1). Auf dieses erste Element folgt der gewünschte Zielzustand (2), welcher die Lösung für das Problem beinhaltet. Das dritte Element bildet der Suchraum (3). Hier werden die notwendigen Informationen zur Lösung des Problems analysiert, geordnet und in den richtigen Kontext gebracht. Der Problemlöseprozess nach Newell und Simon stellt das Problemlösen damit in eher abstrakten Stufen dar. Das Problemlösen wird hierbei als der Prozess verstanden, der den Suchraum zwischen Ausgangszustand und Zielzustand navigiert (vgl. Middleton, 2009). Edelman (2000) versucht die wesentlichen Merkmale unterschiedlicher Problemlösekonzepte zusammenzufassen. Dies führt dazu, dass er den Problemlöseprozess in vier Phasen gliedert (vgl. Edelman, 2000, S. 223 f.):

1. Problemraum: Das Individuum trifft auf die Problemsituation, welche unterschiedlich aufgefasst wird. Eine entscheidende Rolle spielen „das Wissen des Problemlösers über den Realitätsbereich und das Erlebnis der Barriere“ (Edelman, 2000, S. 223). Je nach Vorwissen der Problemlöser*innen wird innerhalb dieser Phase das Problem gegebenenfalls in eine Aufgabe umgewandelt.
2. Situationsanalyse: Es erfolgt die Problemanalyse und die Problemdefinition. Die Problemlöser*innen machen sich das Ziel und die Hindernisse auf dem Weg zur Zielerreichung bewusst und untersuchen diese ausführlich.
3. Suchraum: Die Problemlöser*innen verknüpfen Merkmale der Problemsituation mit Handlungsmöglichkeiten im Problemlösen und versucht dadurch eine Lösung für das Problem zu finden. Sie orientieren ihr Handeln an jenen Aspekten der Problemsituation, an denen sie „[...] mit [ihren] Mitteln Veränderungen vornehmen [können] („Wie könnte es geschehen?“)“ (Edelman, 2000, S. 223). Die Lösungssuche kann demnach sehr unterschiedlich ausfallen, da sie sich an dem individuellen Vorgehen der Problemlöser*innen ausrichtet (z.B. Versuch und Irrtum, Kreativität, Systemdenken).
4. Lösung und Evaluation: Eine Lösung wird gefunden und anschließend evaluiert. Dafür wird die Lösung angesichts ihrer verwendeten Mittel und ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet. Möglicherweise kommt es zum Transfer, wenn erkennbar wird, dass sich Lösungsschemata auch auf zukünftige Probleme anwenden lassen.

Für einen präziseren Ablauf im Problemlösen kann der entwickelte Problemlöseprozess von Ehrlenspiel und Meerkamm (2013) herangezogen werden. Auch sie verweisen auf drei

übergeordnete Phasen im Problemlöseverlauf: Problemraum, Suchraum und Lösungsraum. Jedoch werden diese drei Phasen nochmals in mehrere Schritte unterteilt. Damit beschreiben sie den Problemlöseprozess im Vergleich zu den vorangegangenen Modellen detaillierter und kleinteiliger. Die einzelnen Schritte werden im Folgenden erläutert (vgl. Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 89 ff.):

1. Problem: Es ist ein Problem gegeben, welches von den Problemlöser*innen als solches erkannt werden muss.
2. Problem klären: Das Problem wird analysiert, strukturiert und formuliert.
3. Lösungen suchen: Es wird nach Lösungen für das Problem gesucht. Hierfür können schon vorhandene Wissensbestände und Lösungsansätze herangezogen oder neue Lösungen entwickelt und hervorgebracht werden. Des Weiteren kommt es in diesem Schritt zur Systematisierung und Ergänzung der Lösungen.
4. Lösungen auswählen: Es erfolgt die Auswahl eines geeigneten Lösungsansatzes. Hierfür werden die zuvor entwickelten Lösungsansätze analysiert, bewertet und gegebenenfalls optimiert.
5. Lösung: Mittels eines ausgewählten Lösungsansatzes kommt es zur Zielerreichung.

Zu jedem Zeitpunkt und innerhalb jedes Schritts im Problemlöseprozess kann es vorkommen, dass die Problemlöser*innen ihr Problemverständnis oder die gewählte Lösung noch einmal revidieren müssen. Die Problemlöser*innen kehren dann zu einem vorherigen Schritt des Problemlösemodells zurück (vgl. Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013).

Die vorgestellten Problemlösemodelle reichen von einem eher größeren Prozess bis zu einer präziseren Vorgehensweise des Problemlösens. Alle Problemlösemodelle zeigen dabei Überschneidungen in ihren Problemlöseschritten. Gleichzeitig unterscheiden sie sich hinsichtlich der Anzahl ihrer Schritte im Problemlöseprozess und weisen unterschiedliche Akzentuierungen auf (vgl. Doornekamp & Streumer, 1996; Greefrath, 2018).

Auf Grundlage der in Kapitel 2 und 3 vorgestellten theoretischen Konstrukte soll im Folgenden explizit auf das technische Problemlösen eingegangen werden, um anschließend untersuchen zu können, ob und inwieweit technisches konstruktionsbasiertes Problemlösen bei Kindern stattfindet.

4 Technisches Problemlösen bei Kindern im Grundschulalter

Technik findet sich in allen Lebensbereichen wieder und nimmt z.B. Einfluss auf Ökonomie, Sicherheit, Gesundheit, Freizeitkultur oder auch die allgemeine Lebensqualität (vgl. Mioduser & Betzer, 2008). Somit sind Probleme, die uns in unterschiedlichen Lebensbereichen begegnen, häufig technikbezogen und entwickeln sich entsprechend des ständigen Wandels dieser Lebensbereiche fortlaufend weiter und verändern sich. Als Konsequenz aus dieser Entwicklung ergibt sich die Anforderung eines fortlaufenden Lernprozesses, wobei das Problemlösen eine Schlüsselfähigkeit darstellt, um mit unbekanntem technischen Innovationen umgehen zu können (vgl. Barnes, 1989; McCade, 1990). Aufgrund dessen sollte Problemlösen in der Auseinandersetzung mit technischen Problemen und Fragestellung bereits im Kindesalter stattfinden und gefördert werden, damit es in den folgenden Lebensabschnitten als grundlegende Kompetenz angewendet werden kann.

4.1 Problemlösen im Technikbereich

Das Problemlösen im Technikbereich wird als eine genuine Tätigkeit verstanden, die aus dem menschlichen Bedürfnis heraus entsteht: Um geografische Hindernisse wie Flüsse zu überwinden, werden beispielsweise Brücken gebaut. Dem Brückenbau ist in diesem Beispiel das Bedürfnis vorausgesetzt, den Weg zwischen zwei Orten zu verkürzen (vgl. Mammes et al., 2020). Dem Problemlösen wird also die Wahrnehmung eines Problems vorausgesetzt.

Besonders für die frühe technische Bildung ist das Problemlösen eine geeignete Methode, um Kinder an Technik heranzuführen (z.B. Graube & Mammes, 2016; Möller, 1998b; Ziefle et al., 2009). Ullrich und Klante (1994) bezeichnen das Problemlösen als geeignete Methode, um ein technisches Verständnis bei Kindern aufzubauen und zu fördern. Im Kindesalter kann das „selbständige [...] Lösen von technischen Problemen durch elementares Konstruieren, Nacherfinden, Experimentieren und Erforschen [...]“ (Ullrich & Klante, 1994, S. 10) unterstützt werden und in der spielerischen Auseinandersetzung stattfinden (vgl. auch Graube, 2013). Weiter verweisen Ullrich und Klante (1994) darauf, dass „[...] [i]m selbstständigen Lösen von technischen Problemen [...] Verhaltensweisen entwickelt [werden], die es dem Schüler ermöglichen, auch in neuen Situationen erfolgreich zu lernen.“ (Ullrich & Klante, 1994, S. 10). In diesem Kontext hebt auch Aebli (1985) hervor, dass „[a]m Anfang [...] eine geeignete Problemstellung stehen [muss]. Sie reizt zum Denken an und richtet auf das Ziel aus.“ (Aebli, 1985, S. 35).

Die Bedeutung des Problemlösens für die technische Bildung im schulischen und außerschulischen Kontext ist auf mehreren Ebenen festzustellen (vgl. Graube & Mammes,

2013, 2016; Mandl & Reinmann-Rothmeier, 1999). Zum einen kann technisches Problemlösen bei Kindern ein Interesse an Technik wecken und ihre Motivation für das Erwerben von Kompetenzen im technischen Bereich fördern. Das technische Problemlösen findet sich im Alltag der Kinder wieder und regt daher die aktive Nutzung von fachspezifischem Wissen und zuvor gewonnenen Erfahrungen an. Entsprechende Problemstellungen können also einen einmaligen Charakter besitzen, da sie sich aus einem spezifischen Kontext heraus ergeben und durch die Situation bedingt werden. Zum anderen kann Problemlösen innerhalb der technischen Bildung selbstständiges und eigenständiges Arbeiten begünstigen, da Problemlöseprozesse in ihrem Ablauf an die Autonomie und Selbstbestimmung der Problemlöser*innen anknüpfen (siehe auch Möller, 2010). Gleichzeitig ist eine Förderung der sozialen Komponente möglich, denn Problemlösen kann kooperativ verlaufen und den sozialen Austausch unterstützen (vgl. Graube & Mammes, 2013, 2016; Mandl & Reinmann-Rothmeier, 1999). Schlussfolgernd kann die Methode des Problemlösens in verschiedenen Alltagssituationen Anwendung finden, aber auch als spezielle Lernmethode im Unterricht eingesetzt werden (z.B. Ullrich & Klante, 1994). Der Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU, 2013) sieht im Problemlösen einen zentralen Ausgangspunkt für den Technikbereich in der Grundschule und hält diesen wie folgt fest: „Das Identifizieren und produktive Lösen technischer Probleme mit den Prozessen der Problemfindung, des praktischen Handelns, Erkundens, Konstruierens, Optimierens und Bewertens ist zentrales Element einer technischen Bildung.“ (GDSU, 2013, S. 63).

Das Problemlösen wird in der Auseinandersetzung mit technischen Objekten und Zusammenhängen als grundlegende Fähigkeit betrachtet (z.B. Csapó & Funke, 2017; OECD, 2019). Dabei kommt dem Konstruieren eine besondere Bedeutung beim Problemlösen im Technikbereich zu (z.B. GDSU, 2013; Ullrich & Klante, 1994). Das Konstruieren steht im engen Zusammenhang mit dem Problemlösen und wird in der Literatur als eine Voraussetzung im Umgang mit Technik hervorgehoben (vgl. GDSU, 2013; ITEA, 2007; Mioduser, 2009; Mioduser & Kipperman, 2002; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012; Ullrich & Klante, 1994; Westberry, 2009). Das Konstruieren wird dabei als das Fundament der Technik verstanden (vgl. ITEA, 2007), dessen Einsatz insbesondere in der Behandlung realer Problemstellungen eine wertvolle Methode in technischen Lernumgebungen darstellt (vgl. Westberry, 2009). Im Kontext des technischen Problemlösens ist das Konstruieren als eine Methode des Problemlösens zu verstehen, die entsprechend einen Prozessschritt im Problemlöseverlauf darstellen kann (vgl. GDSU, 2013). Bei Anwendung des Konstruierens im Kontext eines Problemlöseprozesses, kann das Konstruieren als Kern dieses Prozesses in Bezug auf technische Entwicklungen aufgefasst werden (vgl. Hill, 1998; ITEA, 2007).

Das Problemlösen sowie das Konstruieren knüpfen beide an authentische und experimentelle Lernsituationen an und können dadurch individuelle Lernmöglichkeiten hervorrufen und Kreativität fördern (vgl. Flowers, 1998; Westberry, 2009). Eine Verknüpfung beider Elemente spielt eine wichtige Rolle im Umgang mit Technik und kann einen geeigneten Ansatz für die Auseinandersetzung mit Technik bieten. Dieser Ansatz kann dazu beitragen, ein grundlegendes Verständnis von Technik bei Kindern aufzubauen, ihnen die Notwendigkeit von Technik in unserer Gesellschaft bewusst zu machen und das konstruktionsbasierte Problemlösen als wichtiges Werkzeug beim Begreifen und Beurteilen neuer und unbekannter technologischer Entwicklungen zu erkennen (ITEA, 2007, S. 4).

4.2 Technische Problemlösemodelle

In der Literatur existieren eine Vielzahl von Problemlösemodellen (siehe Kapitel 3.3). Sie wurden für unterschiedliche Zwecke entwickelt und fokussieren zum Beispiel das Lösen mathematischer, technischer oder naturwissenschaftlicher Probleme. Entsprechend setzen sie unterschiedliche Schwerpunkte beim Problemlösen und weichen in der Beschreibung ihrer zugehörigen Prozessschritte voneinander ab.

Liegt jedoch der Fokus auf Problemlöseprozessen in der Technik, zeigt sich, dass Modelle die konkret für diesen Zweck entwickelt wurden selten sind. Stattdessen wird im Technikbereich oftmals von Konstruktionsprozessen (engl. „design process“) gesprochen. Auch wenn Problemlösen und Konstruieren viele Gemeinsamkeiten aufweisen und das Konstruieren teilweise als eine Methode oder ein Prozessschritt des Problemlösens aufgefasst wird, können die Begriffe nicht synonym verwendet werden. Das Konstruieren legt den Hauptfokus auf das Erstellen eines Prototyps bzw. technischen Objekts (Banse, Grundwald, König, & Ropohl, 2006; Welch & Lim, 2000), während das Problemlösen nicht unbedingt auf ein physisches Artefakt abzielt.

Im Folgenden werden zwei in der Literatur häufig angewandte technische Problemlösemodelle vorgestellt und miteinander verglichen. Sie finden in nationaler und internationaler Literatur Erwähnung und zeigen Parallelen in der theoretischen Ausführung eines technischen Problemlösekreislaufes. Es gilt anzumerken, dass kein allgemeingültiges Modell eines technischen Problemlöseprozesses existiert.

Die Wissenschaftler*innen Hennessy und McCormick (1994) bestimmen drei Sub-Prozesse, die den Problemlöseprozess mit Technikbezug charakterisieren sollen. Dazu zählen: (1) Problem erkennen, (2) Lösungen generieren und implementieren und (3) die Evaluierung des Ergebnisses. Im Gegensatz zu Hennessy und McCormick nennt McCade (1990) vier Schritte,

die einen technischen Problemlöseverlauf charakterisieren. McCade hat in seiner Forschung die grundlegenden Schritte für einen allgemeinen technischen Problemlöseprozess aus der Literatur abgeleitet. Der Prozess des Problemlösens im Technikbereich sollte nach McCade (1990) die folgenden vier Schritte beinhalten: (1) Problem identifizieren, (2) mögliche Lösungen entwickeln, (3) eine Lösung auswählen und testen und (4) festlegen, ob die Lösung zum gewünschten Ziel führt.

Die hier dargestellten technischen Problemlösemodelle greifen die grundlegenden Problemlöseschritte auf, wie dargestellt in Kapitel 3.3. Des Weiteren weisen beide Modelle einen gemeinsamen roten Faden auf. Sie zeichnen einen Prozess auf, der von der Problemerkennung zur Reflexion der Lösung für das Problem reicht. Dabei unterteilt McCade die Lösungssuche und Lösungsumsetzung in zwei separate Schritte, während Hennessy und McCormick diese zusammenfassen. Des Weiteren greift McCade den Aspekt des Testens der Lösung auf, welcher von Hennessy und McCormick nicht berücksichtigt wird. Ein mögliches Optimieren der Lösung für das Problem wird von beiden Seiten nicht im technischen Problemlöseverlauf aufgenommen.

4.3 Konstruieren im technisches Problemlösen

Das Problemlösen bildet auch im Technikbereich die Basis einer natürlichen Tätigkeit und ist gemeinsam mit dem Konstruieren als ein wichtiges methodisches Konstrukt beim technischen Problemlöseprozess zu verstehen (z.B. GDSU, 2013; ITEA, 2007; Mioduser, 2009; Mioduser & Kipperman, 2002; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012; Webster, Campbell, & Jane, 2006). Das Konstruieren kann dabei als eine Schlüsselmethode im technischen Problemlösen verstanden werden (z.B. Bucciarelli, 1996; Mioduser, 1998).

4.3.1 Konstruieren

Das Konstruieren ist zum einen „als Tätigkeit der Menschen und deren Werkzeug“ und zum anderen als „Entwicklung des zu konstruierenden Objektes“ zu verstehen (Banse et al., 2006, S. 289). Menschen treffen Entscheidungen, setzen Ziele und haben bestimmte Werte und Bedürfnisse, die sie in das Konstruieren einfließen lassen (vgl. Banse et al., 2006). Damit bleibt das Konstruieren auch unter dem Einsatz von Geräten (z.B. Computer, Fließband) eine menschliche Tätigkeit (Banse et al., 2006, S. 287). Während das Konstruieren Anfang des 20. Jahrhunderts unter Fachleuten noch als „Berechnungstätigkeit“ und unter Außenstehenden als „Zeichentätigkeit“ charakterisiert wurde, hat die Konstruktionsarbeit in den 50er und 60er Jahren an Bedeutung zugenommen. Mit der Rationalisierungsbewegung wurde das Konstruieren zunehmend als eine „wissenschaftlich-technische“ Tätigkeit anerkannt (Hubka &

Eder, 1992, S. 21). Gleichzeitig gilt zu berücksichtigen, dass der Begriff „konstruieren“ nicht allein mit dem „technisch-zweckmäßigen“ in Verbindung gebracht werden sollte (Klößner, 1957). Das Konstruieren ist allgegenwärtig und aufgrund dessen versteht Klößner (1957) darunter die „bewusste Durchführung eines geistigen Ordnungsprinzips und so eine echte künstlerische Tätigkeit“ (Klößner, 1957, S. 184f.).

Gleichwohl kann das Konstruieren eine Möglichkeit darstellen, durch die das Erkunden und Erforschen technischer Sachverhalte sowie die Auseinandersetzung mit Technik gefördert wird (vgl. GDSU, 2013; ITEA, 2007). Grundsätzlich ist das Konstruieren als eine problemlösende Tätigkeit zu verstehen, die zielgerichtet verläuft (vgl. Archer, 1969). Dabei ist Konstruieren an bestimmte Anforderungen gebunden (z.B. Art des Problems, Materialien, Zeit), die vorher festgelegt werden (z.B. im Lernsetting der Schule). Des Weiteren verläuft das Konstruieren systematisch sowie iterativ und ist als ein kreativer Prozess zu verstehen, der mehrere mögliche Lösungen enthalten kann (vgl. ITEA, 2007; Thomas & Litowitz, 1986). Die durchführenden Handlungen des Konstruierens dienen „(...) dem Finden, Realisieren und Überprüfen technischer Problemlösungen“ (Möller, 2004, S. 159).

4.3.2 Konstruktionsprozess

Der Konstruktionsprozess im Technikkontext ist ein komplexer Vorgang, der das Ziel verfolgt, eine Lösung für ein technisches Problem zu entwickeln oder umzustrukturieren (Fletcher, 2005, S. 171f.; Nadler, 1967). Es wird dabei grundlegend die Entwicklung eines technischen Objekts vorangetrieben (Banse et al., 2006). Hierbei wird auf das Wissen über den Sachverhalt und die Durchführung unterschiedlicher Tätigkeiten zurückgegriffen (vgl. Banse et al., 2006; Esau & Fletcher, 2018; Mioduser, 2009). Letzteres führt vor allem dazu, dass das Konstruieren als ein Prozess zu verstehen ist (vgl. Banse et al., 2006). Das aus dem Konstruktionsprozess resultierende Objekt kann beliebig Gestalt annehmen (z.B. Haus, Unterrichtsplan, Spielzeug) (vgl. Nadler, 1967).

Kennzeichnende Merkmale des Konstruierens überschneiden sich mit denen des Problemlösens, da das Konstruieren eine Methode des technischen Problemlösens darstellt. Der Konstruktionsprozess führt zum Erkunden der Umwelt, regt prozedurales und konzeptuelles Wissen und Handeln an und unterstützt die Auseinandersetzung mit Technik sowie die soziale und ökologische Interaktion (vgl. Hill, 1998).

In der Fachliteratur existieren unterschiedliche Modelle eines Konstruktionsprozesses, die sich in ihrer Komplexität unterscheiden (vgl. Hill, 1998, S. 203). Hubka und Eder (1992) ebenso wie Banse (2000) ordnen dem Konstruktionsprozess vier Konstruktionsetappen zu: Planen,

Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten (Banse, 2000, S. 64; Banse et al., 2006, S. 127; Hubka & Eder, 1992, S. 120). Die Planungsphase dient zunächst der Problemlklärung und dem Klären vorherrschender Anforderungen an die Problemlösung. In der Phase des Konzipierens werden unterschiedliche Lösungswege entwickelt, überprüft und eine Lösung ausgewählt. Innerhalb der Entwurfsphase kommt es zum Skizzieren der ausgewählten Lösung. In der abschließenden Ausarbeitungsphase werden die Fertigungsunterlagen erstellt und die Lösung überprüft und ggf. optimiert (Hubka & Eder, 1992, S. 121). Im Gegensatz dazu hat Mioduser (1998) einen ausführlicheren Konstruktionsprozess entwickelt. Der Konstruktionsprozess nach Mioduser verläuft zyklisch und in wiederkehren Phasen. Er beinhaltet die folgenden sechs Stufen: (1) Bedürfnis und Problemlage identifizieren, (2) Konstruktionsauftrag aufzeigen, (3) mögliche Lösungen erkunden und generieren, (4) Lösung auswählen, (5) Lösung bauen und (6) Ergebnis evaluieren (Mioduser, 1998, S. 178). Alle Tätigkeiten sind dabei miteinander verknüpft und können in jeder beliebigen Phase entlang der Lösungsgenerierung auftreten. Der Konstruktionsprozess verläuft nicht sequenziell, sondern erfolgt funktional (vgl. Mioduser, 1998).

Einen weiteren theoretischen Zugang für einen Konstruktionsablauf hat die Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012) für den Elementar- und Grundschulbereich entwickelt. Der Konstruktionsverlauf wird in sechs aufeinanderfolgende Phasen gegliedert (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Konstruktionsablauf (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012, S. 20f.)

| 1. Phase | 2. Phase | 3. Phase | 4. Phase | 5. Phase | 6. Phase |
|----------------------|--|--|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Lösungs-ideen finden | Lösungsideen planen, entwerfen, festhalten (z.B. mündlich, schriftlich, skizzenhaft) | Lösungsmodell realisieren (z.B. bauen) | Lösungsmodell testen | Lösung auswerten und reflektieren | Wissen anwenden und Optimieren |

Auch Graube und Mammes (2016) haben in Anlehnung an den Problemlösekreislauf von Ehrlenspiel und Meerkamm (2013) (siehe Kapitel 3.3) Leitlinien für einen technikgenerierten Zugang entwickelt, welche auf das Hervorbringen eines „ideellen und/oder materiellen Konstrukts“ ausgerichtet sind (Graube & Mammes, 2016, S. 220). Das theoretische Modell wurde ursprünglich hinsichtlich der bestehenden natur- und technikwissenschaftlichen Bildung für die Sekundarstufe I entwickelt und fokussiert einen konstruktionsbasierten Problemlösevorgang für die Auseinandersetzung mit Technik (Graube & Mammes, 2013). Die Leitlinien nach Graube und Mammes (2016) setzen sich aus fünf Phasen zusammen (Graube & Mammes, 2013, S. 20; 2016, S. 220):

1. (Konstruktions-)Problem erkennen: Es tritt eine unbefriedigende Bedürfnislage ein und es gilt das technische Problem zu erkennen.
2. (Konstruktions-)Problem formulieren: Das technische Problem wird entsprechend der Bedürfnislage formuliert.
3. (Konstruktions-)Lösungen suchen: Die Problemlöser*innen greifen auf vorhandene technische Lösungen zurück oder suchen nach neuen technischen Lösungsansätzen.
4. (Konstruktions-)Lösungen umsetzen, testen und optimieren: Eigene technische Lösungen werden entwickelt und anschließend getestet. Führt keine der Lösungen zu dem gewünschten Ergebnis, wird der naheliegendste Lösungsansatz gegebenenfalls optimiert oder verworfen und ein neuer Lösungsansatz herangezogen.
5. (Konstruktions-)Lösungen reflektieren: Die Problemlöser*innen überprüfen, ob mit Hilfe der gewählten Lösung und seiner Mittel der gewünschte Zielzustand erreicht und dabei alle Faktoren bedacht werden konnten.

Bei den vorgestellten Modellen kommt es im Verlauf von der Problemstellung bis zum Zielzustand zur Überprüfung, ob die entwickelte Lösung (z.B. Prototyp, Modell) zu dem gewünschten Zielzustand führt (vgl. Hill, 1998). Wie bereits bei den technischen Problemlösemodellen dargestellt (siehe Kapitel 4.3), existiert auch beim Konstruktionsprozess kein allgemeingültiges Modell. Dennoch finden sich auch hier ähnliche Strukturen in allen Konstruktionsprozessen wieder. Der Konstruktionsprozess ist jeweils an den Schrittfolgen des technischen Problemlöseprozesses ausgerichtet, legt seinen Fokus jedoch u.a. auf die Realisierung eines Prototyps.

Inwieweit sich Kinder tatsächlich an den theoretischen Prozessschritten des technischen Problemlösemodells bzw. des Konstruktionsprozesses orientieren, wurde noch nicht ausreichend erforscht. Die aktuelle Forschungslage zum Problemlösen von Kindern im Grundschulalter soll im folgenden Kapitel aufgezeigt werden. Es soll analysiert werden inwieweit bereits Erkenntnisse zum Lösen von technischen konstruktionsbasierten Problemen bei Kindern vorliegen.

4.4 Forschungslage zum Problemlösen und Konstruieren von Kindern im Technikbereich

Vorhandene empirische Untersuchungen zum technischen Problemlösen und Konstruieren konzentrieren sich insbesondere auf Kinder im Kindergartenalter sowie ältere Kinder und Jugendliche von der Sekundarstufe I bis Sekundarstufe II (z.B. Mioduser & Betzer, 2008; Mioduser & Kipperman, 2002; Möller, 1998b; Welch, 1998). Die Ergebnisse entsprechender

Studien liegen dabei verhältnismäßig lange zurück. Inhaltlich relevante Studien zur Erhebung des technischen konstruktionsbasierten Problemlösens von Kindern im Grundschulalter gibt es wenige. Diese sollen im Folgenden vorgestellt und diskutiert werden.

4.4.1 Technisches Problemlösen und Konstruieren von Kindern im Kindergartenalter

Eine Analyse der Forschungslage verdeutlicht, dass relevante Studien auf die Notwendigkeit einer technischen Bildung im frühen Kindesalter verweisen, damit eine Techniksozialisation und Technikmündigkeit erreicht werden kann. Milne (2013) vertritt die Ansicht, dass bereits im Alter von fünf Jahren Technikunterricht stattfinden sollte. Als geeignete Methode um Kindern Technik nahezubringen, nennt Milne das Erlernen von Design- und Konstruktionsstrategien im Unterricht. Um dies zu erreichen, sollte bei den weniger strukturierten Alltagssituationen der Kinder oder an dem vom Kind initiierten Spiel angesetzt werden.

Fleer (2000) führte im Rahmen ihrer Studie eine Unterrichtsintervention zum technischen Konstruieren mit 16 Kindern zwischen drei und fünf Jahren durch. Die Auswertung erfolgte video- und audiobasiert und zeigt, dass bereits Kinder ab drei Jahren an der mündlichen und visuellen Planung von technischen Objekten teilhaben können. Schwerer wird es, wenn sie ihren Plan in die Tat umsetzen und etwas aus verschiedenen Materialien konstruieren sollen. Zwar fand eine Lösungsumsetzung bei den Vorschulkindern statt, jedoch war selbstständiges Arbeiten selten und die Kinder kopierten sich untereinander (vgl. Fleer, 2000).

Auch Hallström et al. (2015) zeigen in ihrer Studie, dass ein technisches Konstruieren bereits bei Vorschulkindern stattfindet. Mittels der Auswertung von Videoaufzeichnungen und informellen Gesprächen, konnten sie das spielerische Verhalten von 45 Kindern zwischen einem und sechs Jahren an zwei Vorschulen in Schweden analysieren. Dabei konnten sie das Konstruieren als natürliche Tätigkeit im Spiel der Kinder beobachten. Es wurde deutlich, dass Jungen das Konstruieren aktiv als eine zentrale Tätigkeit in ihr freies Spiel einbetten, während Mädchen technisches Konstruieren eher am Rande in ihr freies Spiel integrieren. Sie verwenden technische Objekte ohne zentralen Fokus als Zusatz zu ihrem eigentlichen Spiel (Hilfsmittel, Nebenbeschäftigung) (vgl. Hallström et al., 2015).

Hallström et al. (2015) bestätigen damit grundsätzlich die Ergebnisse vorheriger Studien: Diese fanden heraus, dass auch im Technikbereich ungeübte Schüler*innen unbewusst Wissen zum Konstruieren besitzen, welches von ihnen auch zum Lösen technischer Probleme eingesetzt wird (vgl. Outterside, 1993; Welch, 1998). Denn auch im freien Spiel sind Kinder umgeben von Konstruktionsbeispielen (z.B. Staudamm, Sandburg). Ihr Wissen setzt sich aus den Erfahrungen mit Konstruieren mittels verschiedener Materialien und Objekte außerhalb der

Schule zusammen (vgl. Hallström et al., 2015; Welch, 1998, S. 242). Das Konstruieren im Technikbereich bietet in diesem Zusammenhang eine kreative, kritische und spielerische Auseinandersetzung mit dem Problemlösen (vgl. Parker-Rees, 1997). Zusätzlich geht Welch (1998) davon aus, dass Kinder zwar bei Eintritt in die weiterführende Schule durch ihre Alltagserfahrungen unterbewusst signifikantes Wissen zum Konstruieren angesammelt haben, dieses jedoch nicht unbedingt dem vorausgesetzten Wissen in Schulbüchern entspricht (vgl. Welch, 1998).

4.4.2 Technisches Problemlösen mit Konstruktionsbezug von Kindern im Grundschulalter

Untersuchungen zum Problemlösen von Grundschulkindern im Sachunterricht konnten feststellen, dass problemorientierte Denkprozesse im technischen Sachunterricht unter den richtigen Voraussetzungen bei den Schüler*innen möglich sind (vgl. Beinbrech, 2003; Möller, 1998b). Zu den Voraussetzungen zählen laut Möller (1998b) u.a. Einsicht in das Problem, Präsenz von Hilfestellungen, Freiraum, kein Zeitdruck sowie die Möglichkeit des Mitteilens durch Sprache, Gesten, Zeichnungen oder demonstrativen Handlungen. Außerdem hebt Möller hervor, dass nicht nur das vorhandene technische Wissen der Kinder, sondern auch die Qualität des Lernprozesses für ein erfolgreiches Problemlösen bei Kindern entscheidend ist (vgl. Möller, 1998a). Eine der wichtigsten Voraussetzung hierfür stellt für Möller die Auswahl von geeigneten Materialien dar (Möller, 2010, S. 33). Des Weiteren konnte Beinbrech (2003) einen Zusammenhang zwischen Selbststeuerung und Problemlösen im technischen Unterricht in einer Unterrichtserhebung mit Grundschulkindern feststellen. Dafür untersuchte sie wie sich die Problemlösefähigkeiten von Kindern im dritten Schuljahr im technischen Sachunterricht durch verschiedene Ausmaße an Selbststeuerung verändern. Ihre Ergebnisse weisen darauf hin, dass technische Problemlöseprozesse in der Grundschule durch Selbststeuerung positiv beeinflusst werden können (vgl. Beinbrech, 2003). Auch Möller (2010) hebt hervor, dass problemorientierte Lernprozesse komplex sind und mit viel Selbststeuerung einhergehen, wobei darauf geachtet werden muss, dass diese das Kind nicht überfordern.

Li et al. (2016) konnten bei Grundschulkindern der vierten Klasse einen positiven Effekt zwischen Arbeiten mit Legobausätzen in Kleingruppen und technisch-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten und Problemlösefähigkeiten erkennen. Eine Verbesserung der Problemlösefähigkeit in darauffolgenden Unterrichtseinheiten trat vor allem bei den männlichen Probanden auf. Gleichzeitig zeigte sich, dass die weiblichen Probandinnen im Laufe der Bearbeitung eine Assistenzrolle in der Gruppe einnahmen und sich im Vergleich zu den Jungen weniger aktiv mit den Legobausätzen auseinandersetzten und dementsprechend weniger am Arbeitsprozess beteiligten (vgl. Li et al., 2016).

4.4.3 Technisches Problemlösen mit Konstruktionsbezug von Schüler*innen in der weiterführenden Schule

Hinsichtlich des technischen Problemlösens von Schüler*innen der weiterführenden Schule können aus bestehender Literatur einschlägige Erkenntnisse angeführt werden. So erforschte Welch (1998) das Lösungsverhalten von Schüler*innen der 7. Klasse. In Zweiergruppen sollten die Proband*innen eine 3D-Modellierung für das Lösen eines technischen Problems konstruieren (vgl. Welch, 1998). Die Ergebnisse zeigen, dass die Schülerschaft den Schritt des Zeichnens bzw. Festhaltens ihrer Lösungsideen im Konstruktionsprozess übersprangen (2D-Modellierung) und stattdessen direkt mit der 3D-Modellierung begannen. Außerdem wurde deutlich, dass die Proband*innen zu Beginn nicht mehrere Lösungsideen entwickelten, sondern eine Idee hatten, zu der sie ein Modell entwickelten, auswerteten und gegebenenfalls verwarfen, wodurch sich ein nächster Lösungsansatz entwickelte. Außerdem zeigte sich, dass die Gruppen ihre Modellentwicklung nicht erst nach dem Beenden der Aufgabe reflektierten, sondern von Beginn an ständig auswerteten (vgl. Welch, 1998).

Auch Barlex und Welch (2001) bestätigen in weiteren Untersuchungen, dass Kinder ihre Lösungen für ein Problem direkt umsetzen, anstatt zu Beginn des Problemlösens mehrere Lösungsideen zu erkunden und sich anschließend für eine zu entscheiden. Die Kinder wechselten dadurch schnell von einer Konstruktionsaktivität zur nächsten.

Mioduser und Kipperman (2002) untersuchten innerhalb ihrer Erhebung das Lösungsverhalten von Schüler*innen der 7. Klasse im Umgang mit einer konstruktionsbasierten Aufgabe innerhalb einer unstrukturierten Lernumgebung (Bau eines 3D-Modells u.a. mit Lego-Baukästen). Aus dem Problemlöseprozess der Proband*innen können drei Phasen abgeleitet werden, die den Lösungsverlauf der Schüler*innen bestimmen: Lösungsaufbau (Planung und Konstruktion des Modells), Evaluation (Testen des Modells) und Modifikation (Abänderung der Lösung entsprechend der Evaluation). Des Weiteren zeigen die Auswertungen, dass die Phasen Evaluation und Modifikation zyklisch und miteinander verflochten verlaufen, bis sich die Schüler*innen dazu entscheiden, dass die Aufgabe beendet ist. Außerdem verfolgte keiner der Schüler*innen beim Problemlösen einen linearen Lösungsweg. Es zeigt sich, dass ein Innovationsprozess, welcher von Evaluations- und Modifikationsschleifen geprägt ist, nach dem Erstellen des ersten Konstruktionsmodells ausschlaggebend für einen erfolgreichen Problemlöseprozess ist (vgl. Mioduser & Kipperman, 2002).

4.4.4 Technisches Problemlösen mit Konstruktionsbezug in Lehr- und Lernsituationen

Das konstruktionsbasierte Problemlösen ist für McCormick (1995) ein Mittel, um Schüler*innen Technik näherzubringen. McCormick spricht sich dafür aus, den

Konstruktionsprozess in Unterrichtssituationen einzubauen. Er hebt hervor, dass Aufgaben im Unterricht so strukturiert werden sollten, dass Schüler*innen nicht nur Teilaspekte des Problemlösens, sondern den gesamten Prozess des konstruktionsbasierten Problemlösens erfahren und das Konzept der Kontinuität im Prozess verstehen. Erst dann verinnerlichen sie das Problemlösen und können es auch auf andere technische Probleme anwenden (vgl. McCormick, 1995). Auch She, Yu und Lee (2010) ziehen aus ihren Untersuchungen eine ähnliche Erkenntnis. Bei Schüler*innen lag ein Scheitern beim Problemlösen mitunter daran, dass sie den Problemlöseprozess nicht verstanden haben. Daher sollten technische Unterrichtsinhalte nach Yu, Fan und Lin (2015) die einzelnen Schritte des Problemlöseprozesses betonen und Schüler*innen vor allem flexible Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit gut und insbesondere schlecht definierten Problemen in verschiedenen Kontexten vermitteln.

In schulischen Lernkontexten zeigt sich jedoch immer wieder, dass die Schritte des Problemlöse- bzw. Konstruktionsprozesses in strikter Abfolge angewandt und ihr zyklischer Charakter vernachlässigt wird (z.B. Yu et al., 2015). Lehrpläne greifen das Problemlösen als linearen Prozess auf, der allgemeine und starr strukturierte Abläufe im Unterricht vermittelt. Die Unterrichtsmaterialien integrieren daher nur bestimmte und vorgegebene Phasen des Problemlöse- bzw. Konstruktionsprozesses in ihre Lerneinheiten (vgl. Hutchinson & Karsnitz, 1994a; Hutchinson & Karsnitz, 1994b), wodurch eine einseitige Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsthema und der Methode des Problemlösens erfolgt. Außerdem wird den Schüler*innen wenig Raum für eine ausführliche Reflektion, eine formative Auswertung oder eine einfallsreiche Ideen- und Entscheidungsfindung innerhalb des Problemlösens bereitgestellt (vgl. McCormick, 2004; Mioduser & Kipperman, 2002). Grund ist, dass Schüler*innen im Unterricht vor allem lernen mit gut strukturierten und fachbezogenen Problemen zurechtzukommen, anstatt sich mit schlecht strukturierten Problemen auseinanderzusetzen (vgl. Dixon & Brown, 2012; Johnson, Dixon, Daugherty, & Lawanto, 2011; Sutherland, 2002). Es wird nicht berücksichtigt, dass Problemlöseerfahrungen im Alltag meist schlecht definiert, äußerst komplex und vielschichtig sind, weswegen den Schüler*innen die Auseinandersetzung mit geeigneten Problemlöseerfahrungen innerhalb realer Kontexte verwehrt bleibt (vgl. Yu et al., 2015).

Forschungsbezogene Unterrichtsbeobachtungen bestätigen, dass Schüler*innen der weiterführenden Schulen an forcierte Problemstellungen anders herantreten als in der jeweiligen schulischen Lernsituation antizipiert oder erwartet (z.B. Hennessy & McCormick, 1994; McCormick, 2004; Mioduser & Kipperman, 2002). Die Schüler*innen weichen in ihrem

Problemlöseverhalten von einem standardisierten Modell ab und treten auf unterschiedliche Weise an das Problem heran (z.B. Fleer, 2000; Mioduser & Kipperman, 2002). Dies führt zu der Erkenntnis, dass Konstruktionsprozesse nicht linear und geordnet ablaufen, sondern iterativ und zyklisch (vgl. Hennessy & McCormick, 1994; Mioduser & Kipperman, 2002). Auch Hill (1998) hebt hervor, dass technisches Problemlösen in einen authentischen Kontext gesetzt werden und sich mit nahbaren und wirklich existierenden Problemen auseinandersetzen sollte, die menschliche Bedürfnisse ansprechen. Erst dann kann Problemlösen wirksam in Unterricht und Lernsettings integriert werden. Mettas und Constantinou (2008) plädieren in diesem Zusammenhang, dass Schüler*innen das Konstruieren als einen Problemlösezugang im Technikbereich in der Schule erlernen und verinnerlichen müssen. Erst dann können sie mit technischen Problemen umgehen und Problemlösefähigkeiten entwickeln (vgl. Mettas & Constantinou, 2008). Daher müssen bereits Lehrkräfte Problemlösefähigkeiten besitzen, worauf Mettas und Constantinou ihre Erhebung aufbauen. Innerhalb eines Technikprojekts sollten angehende Lehrkräfte gemeinsam mit Kindern zwischen zehn und zwölf Jahren ein menschliches Bedürfnis aufzeigen, ein entsprechendes technisches Problem formulieren und für dieses eine Lösung entwickeln. Die Ergebnisse der Erhebung zeigen eine hohe Motivation und Begeisterung der Schüler*innen und angehenden Lehrkräfte in der Auseinandersetzung mit dem Lösen der technischen Probleme (vgl. Mettas & Constantinou, 2008, S. 99). Dieses Ergebnis verstärkt die Notwendigkeit der Verknüpfung eines wirklichen existierenden technischen Bedürfnisses mit einer schulischen Lernsituation.

4.4.5 Fazit zum technischen Problemlösen mit Konstruktionsbezug

Es ist kritisch anzumerken, dass Problemlösen in Lernkontexten selten als Prozess und vermehrt als ein einheitliches Konzept angesehen wird (vgl. Fletcher, 2005; Hennessy, McCormick, & Murphy, 1993; McCormick, 2004). Der Einsatz des Problemlösens in Unterrichtsfächern bzw. Lernsituationen verläuft fälschlicherweise entlang strukturierter und konzeptioneller Problemlöseprozesse (Mioduser & Kipperman, 2002). Jedoch sind Problemlöse- bzw. Konstruktionsprozesse nicht systematisch, sondern verlaufen iterativ und kreativ (vgl. Hill, 1998; Möller, 1998a). Die meisten Problemlöser*innen folgen beim Lösen eines Problems keinem geordneten Ablauf, sondern weisen erfinderische und flexible Ansätze auf (z.B. Hill, 1998; Lave, 1988). Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Probleme differenziert betrachtet und angegangen werden müssen. McCormick, Murphy und Hennessy (1994) heben in ihren Untersuchungen die Komplexität von Konstruktionsprozessen hervor. Dies wird von Lehrkräften oftmals nicht erkannt und im Unterricht daher nicht vermittelt (vgl. McCormick et al., 1994). Kreative und flexible Problemlöseprozesse mit Konstruktionsbezug

werden somit in Unterrichts- und Lernsituationen in starre und durchstrukturierte Modelle gefügt, was zur Folge hat, dass die Auseinandersetzung mit technischen Problemstellungen von Schüler*innen weniger motiviert erfolgt (De Vries, 1996).

Um Schüler*innen in ihren Problemlösefähigkeiten zu fördern, muss im Unterricht mit realen Problemlöseszenarien gearbeitet werden. Erst dann wird Schüler*innen die Möglichkeit geboten, wirkliche Problemlösefähigkeiten zu entwickeln (vgl. Wright, 2001). Darüber hinaus gibt es keine klaren Erkenntnisse dazu bzw. Einigung darüber, ob ein uniformer technischer Problemlöseprozess existiert (vgl. Mettas & Constantinou, 2008). Es wird darauf verwiesen, dass Konstruktionsprozesse unter funktionalen und nicht sequentiellen Bedingungen ablaufen und zyklischen Charakter aufweisen (vgl. Mioduser, 1998). In der Forschung konnten dabei bereits Unterschiede zwischen den standardisierten Problemlösemodellen und dem tatsächlichen Lösen technischer Probleme von Schüler*innen in der Sekundarstufe I festgestellt werden (vgl. Mioduser & Kipperman, 2002). Auch Murphy und Hennessy (2001) plädieren, dass es kein einheitliches Muster gibt, wie Schüler*innen bei der Lösungssuche für ein Problem vorgehen. Grundsätzlich ist unser Verständnis davon, wie Schüler*innen an technisches Problemlösen herantreten und Lösungen generieren unvollständig und lückenhaft (Mioduser & Kipperman, 2002, S. 124). Es ist entsprechend wichtig herauszufinden, wie das Problemlösen als Prozess bei Kindern stattfindet. Insbesondere für die fachdidaktische Perspektive sind einschlägige Erkenntnisse von Bedeutung.

Festgehalten werden kann, dass das Problemlösen eine natürliche Tätigkeit darstellt, die an reale Situationen anknüpft. Die Anwendung von konstruktionsbasierten Problemlöseprozessen kann in unterschiedlichen Situationen erfolgen, da Technik unser Leben allumfassend umgibt. Daher ist ein zwangloses Anknüpfen in schulischen und außerschulischen Lernsituationen möglich. Entsprechend bietet das Problemlösen eine Möglichkeit, auch Kinder mit wenig technischen Erfahrungen an technische Fragestellungen heranzuführen und eine Auseinandersetzung mit Technik zu fördern (vgl. Moriyama, Satou, & King, 2002; Walker, 2000).

4.5 Schlussfolgerungen für die vorliegende Forschungsstudie

Eine Auseinandersetzung mit Technik ist in der heutigen Gesellschaft notwendig, denn Technik ist ein fester Bestandteil unserer Lebensbereiche. Technische Entwicklungen schreiten ständig und mit hoher Dynamik voran, was hohe Ansprüche an den Menschen stellt – unabhängig davon, ob Technik Gegenstand des beruflichen Bereichs darstellt oder uns im Alltag begegnet. In der Realität zeigt sich jedoch, dass im schulischen oder familiären Bereich technische

Bildung häufig nicht ausreichend gefördert wird und sich bereits ab der Kindheit Defizite im Umgang mit Technik abzeichnen. Hinzu kommt, dass die uns umgebenden technischen Artefakte hinsichtlich ihrer funktionsweise selten einsehbar sind und somit auch eine intensive Nutzung die Verständnisbarriere über die technischen Vorgänge nicht abbaut. Infolgedessen sind Ausbildungsberufe oder Studiengänge aus dem Technikbereich, die ein solches Verständnis typischerweise erfordern, wenig nachgefragt. Entsprechend bleiben Stellen in MINT-Fachbereichen und insbesondere dem Technikbereich unbesetzt.

Um einem passiv-konsumtiven Umgang mit Technik entgegenzuwirken und eine reflektierte Auseinandersetzung mit Technik zu begünstigen, fordern Expert*innen technische Bildung bereits im frühen Kindesalter zu fördern (z.B. Mammes, 2016; Ziefle et al., 2009). Auch der Alltag von Kindern ist von technischen Artefakten geprägt und eine Begegnung mit Technik ist natürlicher Bestandteil ihrer Lebenswelt. Technik setzt bei natürlichen Bedürfnissen des Menschen an, wobei das Problemlösen zur Befriedigung dieses Bedürfnisses dient, indem Problemlösemethoden für technische Frage- und Problemstellungen angewandt werden. Damit findet Problemlösen in realen Lebenskontexten statt. Aufgrund dessen wird die Methode des Problemlösens für technischen Lernsituationen geplant und eingesetzt, so auch im schulischen Unterricht (GDSU, 2013; Graube & Mammes, 2016; Mioduser, 2015; Möller, 1998b). Relevante Forschungsergebnisse verweisen jedoch darauf, dass in Unterrichtssituationen das Problemlösen als starrer Prozess durchgeführt und Schüler*innen kein Freiraum beim Problemlösen gewährt wird. Stattdessen sind Problemsituationen stark an vorgegebene Rahmenbedingungen gebunden, die häufig realitätsfern sind (z.B. McCormick, 2004; Mioduser & Kipperman, 2002). Die Individualität von Problemlöseprozessen wird dadurch außer Acht gelassen und Problemlöser*innen werden in ihrer Vorgehensweise nicht differenziert betrachtet.

In den vorangegangenen Kapiteln wurden unterschiedliche Modelle technischer Problemlöseprozesse vorgestellt sowie das Konstrukt des Konstruierens im technischen Problemlösen dargelegt. Die Vielzahl an entwickelten Modellen zum technischen Problemlösen zeigt, trotz ähnlicher Muster, dass kein einheitliches Modell zum technischen Problemlösen existiert und sich Modelle des technischen Problemlösens mit und ohne explizitem Konstruktionsbezug in ihrem Ablauf stark ähneln. Des Weiteren wurden die entwickelten und zum Teil erprobten Modelle oftmals an Schüler*innengruppen der Sekundarstufe I und älter ausgerichtet (z.B. Mioduser & Kipperman, 2002; Welch, 1998).

In Bezug auf das technische Problemlösen im Kindesalter finden sich in der Literatur bisher wenige Erkenntnisse. Inwieweit Kinder einzelne Problemlöseschritte beim Bearbeiten einer

technischen Problemstellung anwenden, wurde noch nicht ausreichend untersucht. Es gibt vergleichsweise wenige Erkenntnisse darüber, wie Kinder beim Lösen technischer Probleme vorgehen und eine Überprüfung theoretischer Modelle in der Praxis findet selten statt. In der Forschung wurde das Problemlöseverhalten von Kindern im Grundschulalter vor allem in Gruppeninteraktionen untersucht oder die Anwendung des Problemlösens im Unterricht betrachtet (z.B. Beinbrech, 2003; Li et al., 2016). Es gibt keine Einblicke, wie einzelne Kinder beim Problemlösen vorgehen und welche Schritte des theoretischen Problemlösemodells sich in ihren Lösungsverläufen wiederfinden.

Ausgehend von den vorgestellten Modellen zum technischen und konstruktionsbasierten Problemlösen (siehe Kapitel 4.2 und 4.3), wird das Modell von Graube und Mammes (2016) als Grundlage für die Auswertung der innerhalb der Forschungsarbeit erhobenen Daten herangezogen (sog. Arbeitsmodell für die vorliegende Forschungsarbeit). Das konstruktionsbezogene Problemlösemodell von Graube und Mammes (2016) wurde für einen technikgenerierten Zugang im allgemeinen Bildungsbereich entwickelt und fokussiert Kinder der Sekundarstufe I. Dabei vereint das Modell die wesentlichen in der Literatur vorherrschenden Problemlöseschritte, erläutert diese Schritte und bezieht sie in den Problemlöseverlauf ein. Im Vergleich zu anderen in Kapitel 4.2 und 4.3.2 vorgestellten Problemlösemodellen versteht das Modell von Graube und Mammes das technische Problemlösen als einen Kreislauf und schließt die Rückkehr zu bereits durchlaufenen Problemlöseschritten nicht aus. Der technische Problemlösekreislauf wird in Abbildung 3 grafisch dargestellt.

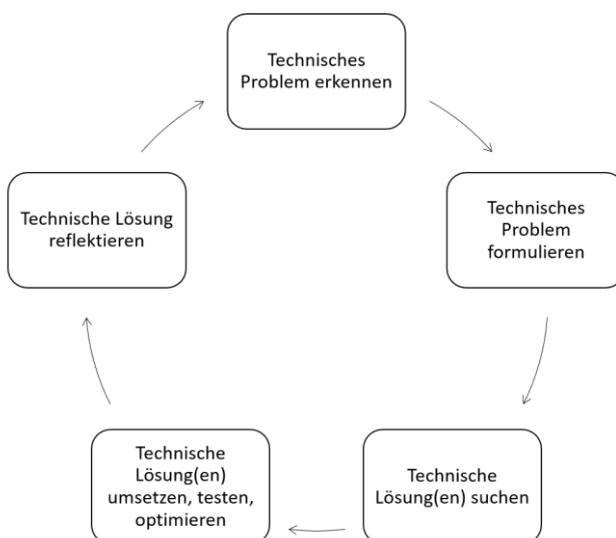


Abbildung 3 Modell eines technischen Problemlösekreislaufs nach Graube und Mammes (2016)

Das Modell umfasst die Schritte (1) technisches Problem erkennen, (2) technisches Problem formulieren, (3) technische Lösung(en) suchen, (4) technische Lösung(en) umsetzen, testen und optimieren sowie (5) technische Lösung reflektieren (siehe Abbildung 3).

Ausgehend vom theoretischen Kreislaufmodell kann ein fiktiver Problemlöseverlauf abgeleitet werden (Abbildung 4). Dieser beinhaltet Durchschnittszeiten (in Minuten), die von den Ergebnissen der vorliegenden und im Anschluss diskutierten Studie abgeleitet und an die Schritte des theoretischen Modells angepasst wurden. Der abgebildete Problemlöseverlauf soll allein zur Verdeutlichung der Anwendung der Problemlöseschritte, entsprechend des theoretischen Modells, dienen und aufzeigen, wie ein Lösungsverlauf entsprechend des theoretischen Modells aussehen würde.

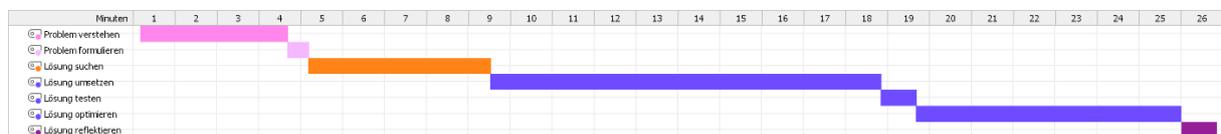


Abbildung 4 Theoretischer Problemlöseverlauf (eigene Darstellung)

Das Modell des technischen Problemlösekreislaufs nach Graube und Mammes (2016) wird im Rahmen der hier vorgestellten Studie herangezogen und als Arbeitsmodell verwendet (siehe Abbildung 3). Das Arbeitsmodell soll dabei helfen zu untersuchen, wie Kinder zwischen neun und zehn Jahren ein technisches konstruktionsbasiertes Problem lösen (siehe Kapitel 5). Auf Grundlage des Arbeitsmodells können im Rahmen der Studie einzelne Problemlöseschritte weiterentwickelt und für den Lösungsverlauf der Proband*innen genutzt werden. Dafür werden die Problemlöseschritte in Kategorien und Unterkategorien unterteilt. Außerdem werden zusätzliche Problemlöseschritte im Problemlöseverlauf der Stichprobe abgeleitet (siehe Kapitel 7 und 8).

5 Entwicklung der Forschungsfrage

Wie in Kapitel 4.4 herausgearbeitet, ist wenig erforscht, inwiefern Kinder mit technischen Problemstellungen umgehen und inwieweit Unterschiede in den Problemlöseverläufen von Kindern im Grundschulalter erkennbar sind. Es fehlt vor allem an aktuellen Studien, die sich mit dem technischen konstruktionsbasierten Problemlösen von Kindern im Grundschulalter befassen. Vorhandene Studien liegen verhältnismäßig lang zurück und fokussieren das technische Problemlösen in der Gruppeninteraktion oder in Unterrichtssituationen.

Das hier vorgestellte Forschungsprojekt soll dazu beitragen herauszufinden, wie Kinder im Alter zwischen neun und zehn Jahren mit technischen Problemen umgehen. Es soll folgende Hauptfragestellung durch die Erhebung und Datenauswertung beantwortet werden:

Wie lösen Kinder zwischen neun- und zehn Jahren ein technisches konstruktionsbasiertes Problem?

Um die übergeordnete Forschungsfrage differenziert beantworten zu können, lassen sich folgende Unterfragen ableiten:

- 1.1 Welche Problemlöseschritte durchlaufen neun- und zehnjährige Kinder beim Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems?
- 1.2 Inwieweit und in welcher Abfolge implementieren neun- und zehnjährige Kinder systematisch Problemlöseschritte in ihren Lösungsverlauf?
- 1.3 Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede finden sich im Lösungsverlauf von neun- und zehnjährigen Kindern wieder?

Ausgehend von den Forschungsergebnissen ist es Ziel dieser Forschungsarbeit, Ansätze zu erarbeiten, wie Kinder im Grundschulalter mit Hilfe des Problemlösens an Technik herangeführt werden können. Dafür sollen praktische Hinweise abgeleitet werden, um das Problemlösen im Technikbereich grundsätzlich zielführend zu gestalten. Schließlich soll diskutiert werden, welche Aspekte dabei besonders berücksichtigt werden müssen, damit technisches Problemlösen in Lernkontexten sinnvoll eingesetzt werden kann, um bereits im frühen Kindesalter eine Auseinandersetzung mit Technik zu fördern.

6 Konzeption des Erhebungsinstruments

Um die Forschungsfrage beantworten zu können, wurde ein Erhebungsinstrument entwickelt, welches ermöglicht das Problemlöseverfahren von Kindern im Grundschulalter zu dokumentieren. Im Fokus steht ein technisches konstruktionsbasiertes Problem, das von den Proband*innen selbstständig gelöst werden sollte.

6.1 Forschungsdesign

Die Auswertung der Fallstudie erfolgte vor dem Hintergrund der Fragestellung, wie Kinder zwischen neun und zehn Jahren beim Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems vorgehen. Für die Datenerfassung wurden Videoaufzeichnung und Leitfadeninterview eingesetzt (siehe Kapitel 6.2). Das entwickelte Forschungsdesign zur Erhebung des Problemlösens unterteilt sich in vier aufeinander aufbauende Phasen (Abbildung 5). Entsprechend wurde auf Basis der zuvor aufbereiteten theoretischen Erkenntnisse ein technisches konstruktionsbezogenes Problem entwickelt, mit welchem sich die Proband*innen innerhalb der vier Phasen auseinandersetzen. Abbildung 5 stellt den, für diese Erhebung eigens entwickelten, Erhebungsablauf grafisch dar.

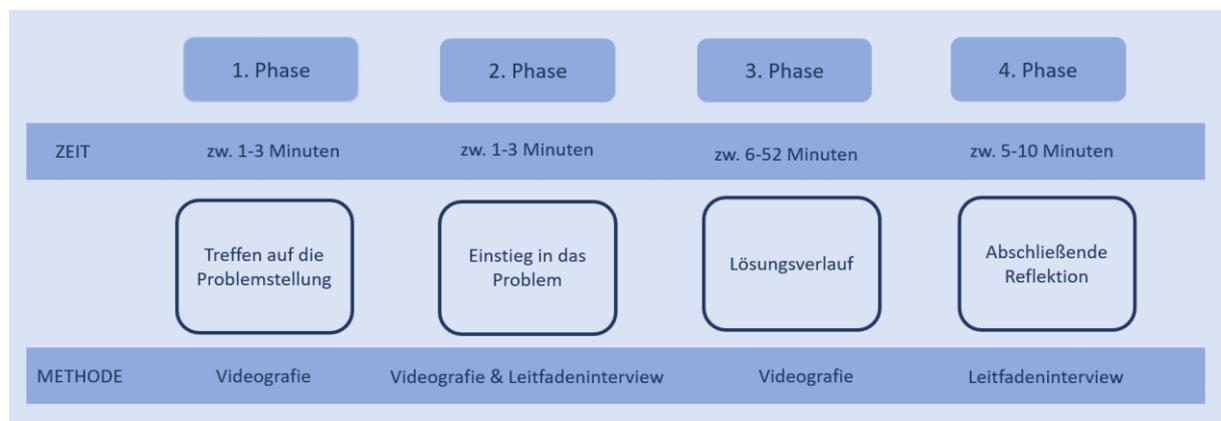


Abbildung 5 Erhebungsablauf

Zunächst treffen die einzelnen Proband*innen auf die Problemstellung und setzen sich mit dieser zum ersten Mal auseinander (Phase 1). Die erste Auseinandersetzung mit dem Problem wird mit Hilfe der Videografie aufgezeichnet. Um zu erheben, inwieweit die Proband*innen die Problemstellung verstanden und erste Lösungsideen entwickelt haben, wurden den Proband*innen daraufhin drei Fragen aus dem Leitfadeninterview gestellt (Phase 2). Auch dieser Vorgang wird zusätzlich durch die Videografie aufgezeichnet. Anschließend nehmen die Proband*innen den Problemlösevorgang wieder auf und setzen sich mit der praktischen Problembearbeitung auseinander (Phase 3). Währenddessen dokumentieren Videokameras das Vorgehen der Proband*innen. Unmittelbar im Anschluss an das Beenden des Problemlösens

wird mit Hilfe eines Leitfadenterviews die Problemlösung gemeinsam mit dem/der jeweiligen Proband*in besprochen und der Lösungsvorgang reflektiert (Phase 4). Die vier Phasen werden im Folgenden explizit erläutert.

6.1.1 Phase 1: Problemlösen (Videografie) – Problemstellung

Um beide Geschlechter gleichermaßen für die Problemstellung zu gewinnen, wurde eine geschlechterneutrale Problemlöseaufgabe ausgewählt, die gleichermaßen das Interesse von Jungen und Mädchen wecken soll, sich mit der Problemstellung auseinander zu setzen.

Die Problemstellung verbindet den Bereich Technik unter Einbezug des Konstruierens (Legosteine, Legoplatte) mit dem sozialen Aspekt „Schutz und Sicherheit“ und der Nutzung digitaler Medien (iPad, App, Alarmanlage bestehend aus Licht- und Alarmwürfel). Studien können nachweisen, dass das Bauen und Konstruieren eine gängige und alltägliche Beschäftigung im Alltag von Mädchen und Jungen darstellt (z.B. Hallström et al., 2015). Zudem ist kein signifikanter Geschlechterunterschied in Bezug auf Interesse an ICT⁴ erkennbar (vgl. Adenstedt, 2018). Des Weiteren weisen Endepohls-Ulpe et al. (2010) darauf hin, dass das Konstruieren und der Umgang mit neuen Medien zur Attraktivität in der Auseinandersetzung mit Technik beitragen können und so die Neugierde von Jungen und Mädchen gleichermaßen geweckt wird.

Das ausgewählte Problem fordert die Proband*innen dazu auf, eine Lösung zum sicheren Verwahren von Goldtalern zu entwickeln. An die Problemstellung wurden die Proband*innen mittels eines Aufgabenblatts herangeführt, welches sie zu Beginn erhalten. Das Aufgabenblatt ist ein laminiertes DIN-A4 Papier, bei dem Vorder- und Rückseite beschriftet und mit Bildern versehen sind. Um wichtige Informationen hervorzuheben, wurden einzelne Wörter im Text fett markiert oder unterstrichen.

Für die Erhebung wurde eine Problemstellung mit Interpolationsbarriere gewählt. Die Proband*innen bekommen den gewünschten Zielzustand genannt und die notwendigen Materialien zur Zielerreichung sind vorhanden. Um den gewünschten Zielzustand erfolgreich erreichen zu können, müssen die Proband*innen die zur Verfügung stehenden Mittel verstehen und richtig einsetzen.

Die Vorderseite des Aufgabenblatts enthält zunächst einen kurzen Einführungstext (Storyline), bestehend aus drei kurzen Sätzen und zwei Bildern, die in das Problem einleiten. Die Storyline geht wie folgt: „*Du leitest die Bank in der Stadt Entenhausen. Dagobert Duck ist der reichste*

⁴ Die englische Abkürzung ICT steht für „Information and Computer Technology“, welche übersetzt Informations- und Kommunikationstechnik bedeutet.

Bewohner der Stadt Entenhausen. Diebe versuchen ihm seine Goldtaler zu stehlen.“ (Abbildung 6). Als fiktive Charaktere wurden „Dagobert Duck“ als der reiche Stadtbewohner und die „Panzerknacker“ als Diebesbande ausgewählt. Die Geschichte soll greifbar sein und so das Interesse der Kinder wecken und Spaß beim Lösen des Problems bereiten. Anschließend wird in Textform an die Kinder appelliert „Dagobert Duck“ zu helfen und dafür folgende Materialien zu verwenden: Legosteine, Goldtaler, Lichtsensor und Alarmwürfel, iPad mit App.



Abbildung 6 Aufgabenblatt Seite 1 (Vorderseite)

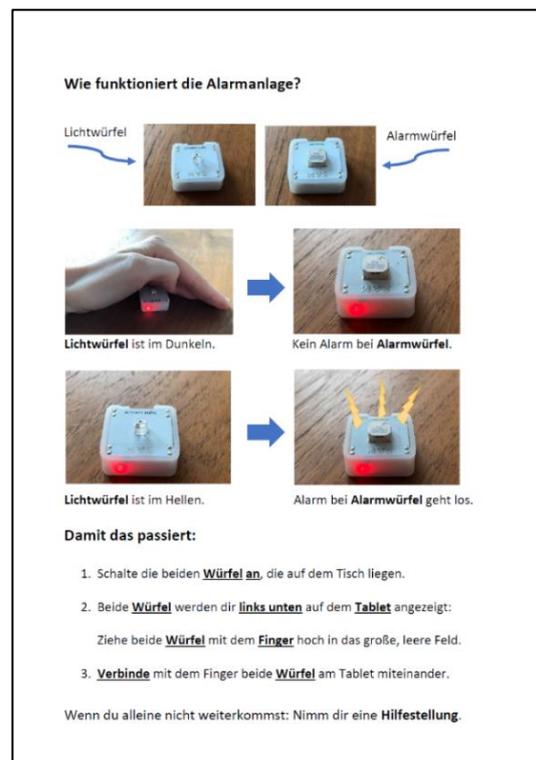


Abbildung 7 Aufgabenblatt Seite 2 (Rückseite)

Eine besondere Herausforderung beim Lösen des Problems bildet das Material „Alarmanlage“. Dabei handelt es sich um eine lichtempfindliche Alarmanlage, welche über eine App gesteuert wird. Die Alarmanlage besteht aus einem Lichtsensorwürfel und einem Alarmwürfel. Beide Elemente werden, wenn sie manuell angeschaltet wurden, über Bluetooth mit der App „Sam Labs“ drahtlos gekoppelt.⁵ Dort werden sie als Licht- und Alarmwürfelsymbole dargestellt und können mit der Computermouse oder der Bildschirm-Touch-Funktion miteinander verbunden werden. Fällt nach erfolgreicher Kopplung Licht auf den Lichtsensorwürfel, wird beim Alarmwürfel ein Alarmton ausgelöst.

Die Rückseite des Aufgabenblatts enthält Informationen zur Funktionsweise der Alarmanlage (Abbildung 7). Zwei Bilder mit Beschriftung verdeutlichen, dass die Alarmanlage aus dem

⁵ Die Grundidee für die Aufgabe wurde dem edtech Unternehmen „SamLabs“ entnommen, welches die Sensoren für die genutzte Alarmanlage entwickelt hat. Für weitere Informationen siehe <https://int.samlabs.com>, Abgerufen am 08.09.2021.

Lichtsensoren und dem Alarmwürfel besteht. Vier weitere Bilder mit Bildunterschriften demonstrieren das Hell-Dunkel-Prinzip der Alarmanlage. Des Weiteren wird in vier kurzen Sätzen erläutert, wie die Alarmanlage aktiviert wird, damit sie einsatzbereit ist. Die Hinweise zur Aktivierung der Alarmanlage verfolgen dabei nicht den Zweck den Proband*innen die Vorgehensweise genau vorzugeben. Stattdessen müssen die Hinweise von den Proband*innen erfasst, interpretiert und miteinander verknüpft werden, damit sie die Alarmanlage aktivieren können. Ein Hinweis, dass eine Hilfestellung genutzt werden kann (schriftliche Anleitung, Bilderanleitung oder Fertiges Beispiel), wenn das Kind allein nicht weiterkommt, bildet den Abschluss des Aufgabenblatts.

6.1.2 Phase 2: Leitfadeninterview – Einstieg in das Problem

Nach dem erstmaligen Lesen des Aufgabenblatts durch den/die Probanden*in stellt die Beobachterin zwei vorgegebene Fragen aus dem Leitfaden. Die Fragen beziehen sich auf das Verstehen des Problems sowie die erste Lösungsidee (Tabelle 2). Für die Fragen wurde ein offenes Antwortformat gewählt, um die Meinungsäußerungen der Proband*innen nicht zu begrenzen und Ja/Nein-Antworten zu vermeiden (vgl. Misoch, 2015).

Tabelle 2 Leitfadeninterview Themenblock I

| Themenblock I – Problemerkundung | |
|---|--|
| 1. Was ist das Problem? | |
| 2. Hast du eine Idee für die Lösung des Problems? | a. Was ist deine Idee? b. Wie willst du das machen? |

Außerdem weist die Beobachterin vor Beginn der weiteren Problembearbeitung darauf hin, dass alle zur Verfügung stehenden Materialien für die Problembearbeitung zu verwenden sind. Zusätzlich erfolgt eine genaue Beschreibung der zur Verfügung stehenden Hilfestellungen durch die Beobachterin. Abschließend fragt die Beobachterin, ob seitens der Proband*innen Fragen offen sind, bevor die Proband*innen mit dem Problemlösen beginnen können.

6.1.3 Phase 3: Problemlösen (Videografie) – Lösungsverlauf

Im Anschluss an die kurze Unterbrechung durch das Leitfadeninterview, nehmen die Proband*innen die Problemerkundung wieder auf oder beginnen unmittelbar mit der Problembearbeitung. Die Videokameras zeichnen den gesamten Verlauf ohne Unterbrechungen auf.

Im Folgenden wird ein möglicher Lösungsweg für die Problemlösung in Stichpunkten aufgeführt:

- Anschalten des Lichtwürfels und des Alarmwürfels (Abbildung 8)
- Lichtwürfel und Alarmwürfel werden nach dem Anschalten in der App am iPad als aktivierte Symbole angezeigt (Abbildung 9), per Touch-Funktion ins große Aktivierungsfeld der App gezogen und dort mittels einer Verbindungslinie verknüpft (Abbildung 10)
- Bauen eines Schutzraums aus Legobausätzen (Abbildung 11)
- Goldtaler, Licht- und Alarmwürfel werden in den Schutzbau gelegt (Abbildung 12) und der Schutzraum lichtgeschützt verschlossen (Abbildung 13)

Die Lösung muss nicht in der oben beschriebenen Reihenfolge umgesetzt werden, jedoch muss eine korrekte Lösung alle Teillösungen beinhalten und diese richtig miteinander verknüpfen. Neben dem vorgestellten Lösungsweg wurde auch eine weitere, alternative Lösungsumsetzung als richtig gewertet:

- Goldtaler und Lichtsensorwürfel werden in den abgedunkelten Schutzraum aus Legobausteinen gelegt, während der Alarmwürfel außerhalb des Schutzraums verbleibt oder in einem zusätzlichen, abgetrennten Raum aus Legobausteinen gelegt wird.

Sollte einem/r Probanden*in die eigenständige Lösungsfindung für das Problem nicht gelingen, kann zwischen drei unterschiedlichen Hilfestellungen gewählt werden: einer schriftlichen Anleitung, einer Bilderanleitung und einem fertigen Beispiel. Die schriftliche Anleitung enthält einen genauen Ablauf der einzelnen Vorgehensschritte, bestehend aus zwei DIN-A4-Blättern. Die Bilderanleitung hingegen stellt die einzelnen Schritte mittels 13 DIN-A6-Bildern dar. Das fertige Beispiel enthält den konstruierten Schutzraum mit integrierten Goldtalern und Alarmanlage sowie ein Tablet mit Anzeige der richtigen Verknüpfung des Alarm- und Lichtwürfels in der App. Die drei Hilfestellungen wurden in verschlossenen Kartons an einem zusätzlichen Tisch im Erhebungsraum positioniert, sodass sie für die Proband*innen frei zugänglich sind.

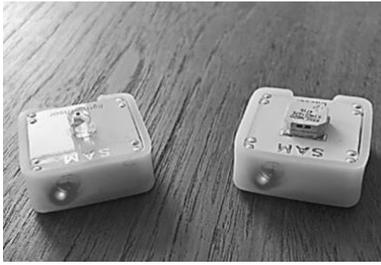


Abbildung 8 Lichtsensor und Alarmwürfel

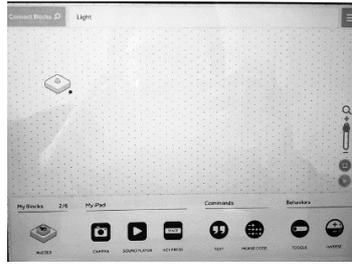


Abbildung 9 Die Würfelsymbole werden in der App angezeigt und müssen ins große Feld verschoben werden

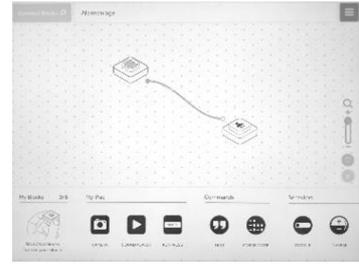


Abbildung 10 Verbinden der beiden Würfelsymbole in der App

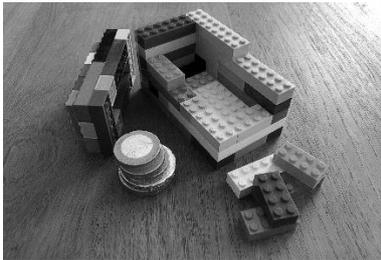


Abbildung 11 Bauen eines Schutzraums aus Legobausteinen

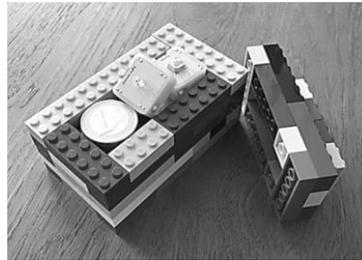


Abbildung 12 Einfügen der Goldtaler und der beiden Würfel in den Schutzraum

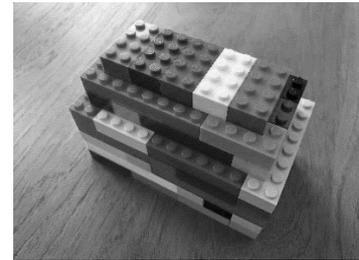


Abbildung 13 Abdunkeln des Schutzraums

Die Entscheidung unterstützend Hilfestellungen in die Erhebung zu integrieren erfolgt in Anlehnung an die Theorie der Doppelstimulation nach Vygotsky (1978). Entsprechend dieser Theorie bildet im Rahmen der Erhebung das technische konstruktionsbasierte Problem eine erste Stimulation, während zur Verfügung stehende Hilfsmaterialien eine zweite Stimulation darstellen (Lund & Rasmussen, 2008, S. 388; Vygotsky, 1978). Dabei ist es wichtig, dass eine dynamische Beziehung zwischen beiden Reizen herrscht, welche dazu beiträgt, dass das Lösen des technischen konstruktionsbasierten Problems mit dem unterstützenden zweiten Reiz gelöst werden kann und nicht aussichtslos erscheint (vgl. Lund & Rasmussen, 2008, S. 388; Vygotsky, 1978, S. 74). Mit der Möglichkeit zur Nutzung einer zusätzlichen Hilfestellung sollte innerhalb der Studie einer möglichen Frustration und einem Abbruch des Problemlösens entgegengewirkt werden.

6.1.4 Phase 4: Leitfadeninterview – Abschließende Reflektion

Im Anschluss an das Lösen der praktischen Problemstellung folgte das Leitfadeninterview. Durch die Befragung aller 24 Proband*innen konnte damit das Problemlöseverfahren sowie die Problemlösung gemeinsam mit der Beobachterin reflektiert werden. Die Interviews wurden von der Beobachterin in Einzelgesprächen mit allen Proband*innen durchgeführt und als Audiodateien aufgezeichnet. Ein Interview dauert im Durchschnitt acht Minuten pro Kind.

Der Leitfaden setzt sich aus acht Hauptfragen und fünf Unterfragen zusammen und kann in zwei Themenblöcke gegliedert werden. Themenblock I (Problemerkundung), wurde bereits im Rahmen der Phase 1 abgedeckt (siehe Kapitel 6.2.1). Der zweite Themenblock setzt sich aus Fragen bezüglich der Reflektion der Lösung und des Lösungsverlaufs zusammen. Auch für die Fragen aus Themenblock II wurde ein offenes Antwortformat gewählt, um die Meinungsäußerungen der Proband*innen nicht zu begrenzen und Ja/Nein-Antworten zu vermeiden (vgl. Misoch, 2015).

Das Leitfadenterview im Anschluss an den Problemlöseverlauf beginnt zunächst mit einer offenen Frage, um den Einstieg in das Interview zu erleichtern (vgl. Misoch, 2015). Dementsprechend sollen die Proband*innen zunächst die eigene fertige Lösung beschreiben (Themenblock II, Frage 1). Es folgt die Hauptphase des Interviews, welche relevante Themen in Bezug auf die Forschungsfrage abdeckt. Sie betreffen das Reflektieren der Lösung und des Lösungsverlaufs (Tabelle 3).

Tabelle 3 Leitfadenterview Themenblock II

| Themenblock II – Reflektion | |
|---|---|
| 1. Was für eine Lösung hast du dir am Ende überlegt? | |
| 2. Du hast die Aufgabe gelöst bzw. nicht lösen können. Woran lag das? | |
| 3. Hättest du gerne etwas anders gemacht? Was? | |
| 4. Hat etwas gut bzw. nicht so gut funktioniert? | <ul style="list-style-type: none"> a. Warum hat es gut bzw. nicht so gut funktioniert? b. Wie hast du dich gefühlt, wenn etwas gut/schlecht lief? |
| 5. Hast du dich mal unsicher gefühlt? | |
| 6. Warum hast du dich für bzw. gegen eine Hilfestellung entschieden? | <ul style="list-style-type: none"> a. Warum hast du genau diese Hilfestellung ausgewählt? |

6.2 Methode der Datenerfassung

Um das Problemlöseverfahren von Kindern untersuchen zu können, ist die Methode der Beobachtung notwendig, die es ermöglicht auch nonverbales Verhalten festhalten zu können. Die Erfassung des Problemlösens erfolgte daher unter Durchführung von Videoaufzeichnungen und unterstützenden Leitfadenterviews. Die Auswahl der Erhebungsmethode soll im Folgenden begründet werden.

6.2.1 Videobasierte Einzelfallanalysen

Die Videoaufzeichnung ermöglicht die Dokumentation verbaler und nonverbaler Handlungen in ihrer chronologischen Zeitabfolge (vgl. Huhn, Dittrich, Dörfler, & Schneider, 2012; Thiel, 1997). Die Methode der Videoaufzeichnung wurde im letzten Jahrzehnt vermehrt in den Sozialwissenschaften eingesetzt (vgl. Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010; Knoblauch, 2012; Moritz, 2018). In der Bildungs- und Erziehungswissenschaft wird sie insbesondere genutzt, um Lehr- und Lernprozesse innerhalb der Unterrichtserfassung zu erforschen (vgl. Helmke, 2003; Petko, Waldis, Pauli, & Reusser, 2003; Seidel, Prenzel, Duit, & Lehrke, 2003; Wagner, 2015), aber auch für die Durchführung von Verhaltensbeobachtungen (vgl. Dittrich, Dörfler, & Schneider, 2001; Huhn et al., 2012; Moritz, 2011). Die Sozialwissenschaft macht sich seit den 80er Jahren die Videoaufzeichnung in der Forschung zu nutzen, wenn nonverbales Verhalten beobachtet werden soll (Huhn et al., 2012, S. 135). Indem standardisierte Verfahren zum Videografieren eingesetzt werden, wird eine anschließende neutrale Einschätzungen der videografierten Situationen durch den/die Beobachter*in möglich (vgl. Helmke, 2003; Leuchter, 2009).

Der Einsatz der Videoaufzeichnung ermöglicht die Erfassung authentischer Situationen, die ein adäquates Abbild der Realität darstellen. Durch die Aufzeichnung der realitätsgetreuen Situation, kann ihr Inhalt wiederholt betrachtet und ausgewertet werden (vgl. Huhn et al., 2012; Krammer, 2009). Dementsprechend haben Videoaufzeichnungen gegenüber der Methode der Beobachtung einen wesentlichen Vorteil: Handlungen, verbales und non-verbales Verhalten sowie Interaktionen werden dokumentiert und können mehrmals und innerhalb unterschiedlicher Zeitabstände betrachtet werden (vgl. Dittrich, 2005, S. 3; Wagner, 2015, S. 94). Während bei einer teilnehmenden Beobachtung festgelegte Beobachtungsmerkmale möglicherweise übersehen werden, können diese durch die Methode der Videoaufzeichnung rückverfolgt werden (vgl. Huhn et al., 2012). Zusätzlich kann die Auswertung eines Untersuchungsmaterials mit Hilfe der Videoaufzeichnung mehrmals und unter Berücksichtigung unterschiedlicher Auswertungskriterien stattfinden, was insbesondere für die Berechnung der Intercoder-Reliabilität von Bedeutung ist (siehe Kapitel 7.5.1).

Innerhalb der vorgestellten Studie wurde der Lösungsverlauf der Proband*innen mittels der Videoaufzeichnung erhoben. Dies wurde in Form von Observierungsvideos über festinstallierte Kameras umgesetzt (vgl. Moritz, 2018). Dadurch kann eine realitätsgetreue Rekonstruktion des Problemlösevorgangs der Proband*innen wiederkehrend gewährleistet werden. Im Fokus der Videoaufzeichnung steht das Problemlöseverfahren der einzelnen Proband*innen, da sie selbstständig und außerhalb des Unterrichts und der sozialen Gruppeninteraktion ein

technisches konstruktionsbasiertes Problem lösen. Damit einzelne Handlungen der Proband*innen in der anschließenden Auswertung besser nachvollzogen und rekonstruiert werden können, wurden unterstützend Leitfadeninterviews mit den Proband*innen durchgeführt.

6.2.2 Leitfadeninterviews

Die durch die videobasierte Beobachtung gewonnenen Daten werden durch leitfadengestützte Interviews mit den Proband*innen angereichert. Die entsprechenden Leitfragen orientieren sich an dem Problemlösen der Proband*innen und sollen deren Vorgehen reflektieren. Die Ergebnisse der Auswertung der Leitfadeninterviews sollen dazu beitragen, das Problemlöseverhalten der Proband*innen besser einordnen und interpretieren zu können.

Das Leitfadeninterview ist ein teilstrukturiertes Interview, das auf einem vorgefertigten Leitfaden beruht und zwischen einem strukturierten und einem offenen Interview eingeordnet werden kann (vgl. Strübing, 2013). Der Anwendungsbereich von Leitfadeninterviews ist vielseitig und kann zur Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen herangezogen werden. Dennoch zeigt sich, dass sie vor allem dann eingesetzt werden, wenn die subjektive Sichtweise von Interviewpartner*innen zu einem Gegenstandsbereich ermittelt werden soll (vgl. Rager, Oestmann, Werner, Schreier, & Groeben, 1999).

Das Leitfadeninterview orientiert sich an einem von der Autorin entwickelten Leitfaden, in welchem eine Reihe von Fragen vorgegeben werden. Die Fragen beziehen sich auf das Lösen des technischen konstruktionsbasierten Problems und sollen helfen, die entwickelte Lösung sowie den Lösungsverlauf der Proband*innen nachvollziehen zu können. Der Leitfaden dient dabei der Strukturierung und Vergleichbarkeit der Interviews (vgl. Rager et al., 1999; Strübing, 2013). Gleichzeitig ermöglicht das Leitfadeninterview eine freie Gestaltung des Interviews durch den/die Interviewer*in, da er/sie die Fragen in keiner bestimmten Reihenfolge stellen muss und flexibel auf Antworten der Interviewpartner*innen eingehen kann (vgl. Trautmann, 2010, S. 74). Dies ist insbesondere für die Durchführung von Interviews mit Kindern von Vorteil. Durch die Vorstrukturierung ist die Interviewdurchführung meist kürzer und die Interviews müssen nicht von dem/der Untersuchungsleiter*in selbst durchgeführt werden (vgl. Rager et al., 1999). Die Reihenfolge der Fragen ist bei der Interviewdurchführung nicht einzuhalten (siehe Kapitel 6.1.4), jedoch müssen alle Fragen im Zuge der Befragung und jeweils im Anschluss an den Problemlöseverlauf gestellt werden, damit eine Vergleichbarkeit der Aussagen möglich ist (vgl. Misoch, 2015; Strübing, 2013). Diese Vorgehensweise ermöglicht einen gewissen Freiraum im Interviewaufbau auf Beobachtungen oder Aussagen, die im Laufe

des Interviews auftreten, flexibel einzugehen und explizite Nachfragen zu stellen (vgl. Mayer, 2013).

6.3 Die Auswahl der Forschungsumgebung und Stichprobe

Die Video- und Interviewdaten im Rahmen der Forschungsarbeit wurden zwischen Mai und Juli 2018 erhoben. Für die Durchführung der Erhebung musste vorab ein geeignetes Setting und eine passende Stichprobe gefunden werden. Die entsprechenden Auswahlkriterien werden im Folgenden erläutert.

6.3.1 Auswahl der Forschungsumgebung

Die Erhebung erfolgte im schulischen Kontext an drei Grundschulen in Nordrhein-Westfalen. Über einen Zeitraum von vier Tagen nahmen 26 Kinder an der Erhebung teil. Die Auswahl der Schulen und der damit einhergehenden Stichprobe erfolgte in zwei Schritten: (1) Anfragen von geeigneten Schulen und (2) Auswahl der Schulklassen und Proband*innen bei den ausgewählten Schulen.

Das Anfragen von geeigneten Schulen im Rahmen von Schritt 1 erfolgte zufällig, indem das Forschungsprojekt bei 100 Grundschulen im Stadtkreis Düsseldorf (Nordrhein-Westfalen) mit einem Anschreiben per E-Mail beworben wurde. In diesem Anschreiben erhielten die Schulen Informationen zu der geplanten Erhebung sowie der damit verbundenen personenbezogenen Datenaufzeichnung. Es meldeten sich drei Schulen mit Interesse zurück. Bei diesen drei Schulen wurde die Erhebung durchgeführt. In einem zweiten Schritt erfolgte die Rekrutierung von Schüler*innen. Dafür wurde den Eltern der Schüler*innen der 4. Klassen über die Schulleitung ein Elternbrief zugesandt, welcher ausführliche Informationen zum Forschungsprojekt, zu den Bedingungen der Datenerhebung sowie eine Einverständniserklärung enthielt. Nur jene Kinder konnten an der Erhebung teilnehmen, die eine unterschriebene Einverständniserklärung vorgewiesen haben. Hier haben die Eltern zugestimmt, dass ihr Kind bei dem Forschungsprojekt, inklusive Datenaufzeichnung per Videokamera, teilnehmen darf und die erhobenen Daten zur weiteren Verarbeitung und Nutzung im Rahmen des Forschungsvorhabens verwendet werden können. Am Tag der Erhebung wurden aus dem Pool der zur Verfügung stehenden Proband*innen per Zufallsmethode die Teilnehmenden für die Erhebung ausgewählt. Aufgrund des hohen Zeitaufwands der Erhebung konnte diese nur mit einer begrenzten Anzahl an Teilnehmern*innen durchgeführt werden. Je nach Länge des Schultages konnten pro Tag fünf bis sechs Kinder an der Erhebung teilnehmen. Dabei wurde darauf geachtet, ein Geschlechtergleichgewicht zu bewahren.

6.3.2 Auswahl der Stichprobe

Das Forschungsinstrument wurde speziell zur Erhebung des technischen Problemlösevorgehens von Kindern im Grundschulalter entwickelt und sollte mit Kindern zwischen neun und zehn Jahren durchgeführt werden.

An der Erhebung nahmen 26 Kinder aus drei nordrhein-westfälischen Grundschulen teil (13 Jungen, 13 Mädchen). Die anschließende Sichtung der Daten zeigte, dass die Daten zweier männlicher Probanden nicht mit in die Auswertung einbezogen werden können (Proband*in 15, Proband*in 24). Grund hierfür ist, dass die Technik ausfiel und entsprechende Aufnahmen im Nachhinein nicht mehr rekonstruiert werden konnten. Die Reliabilität der Daten kann damit in beiden Fällen nicht gewährleistet werden. Es sind daher 24 Kinder (11 Jungen, 13 Mädchen), deren Daten zur Auswertung innerhalb der Forschungsarbeit berücksichtigt werden (Tabelle 4). Die 24 Teilnehmer*innen waren zum Zeitpunkt der Erhebung zwischen neun und zehn Jahre alt und besuchten die 4. Klasse (Abbildung 14).

Tabelle 4 Stichprobe

| Geschlecht | Proband*innenanzahl |
|------------|---------------------|
| Jungen | 11 |
| Mädchen | 13 |
| Gesamt | 24 |

Das Durchschnittsalter der Kinder betrug 9,54 Jahre ($M_{\text{Jungen}} = 9.45$ Jahre; $M_{\text{Mädchen}} = 9.62$ Jahre). Das vorliegende Durchschnittsalter der Stichprobe wurde ausgewählt, da Studien belegen, dass bei Kindern die Entwicklung einer positiven oder negativen technischen Grundeinstellung und Selbsteinschätzung ab einem Alter von elf Jahren zu verzeichnen ist (z.B. Ziefle et al., 2009). Ein Altersdurchschnitt von neun bis zehn Jahren sollte eine bereits stark vorbelastete positive oder negative Einstellung zur Thematik weitestgehend ausschließen. Des Weiteren müssen die Proband*innen ein Mindestalter von neun Jahren erreicht haben, damit sie alt genug sind, sich mit der entwickelten Problemstellung auseinanderzusetzen.

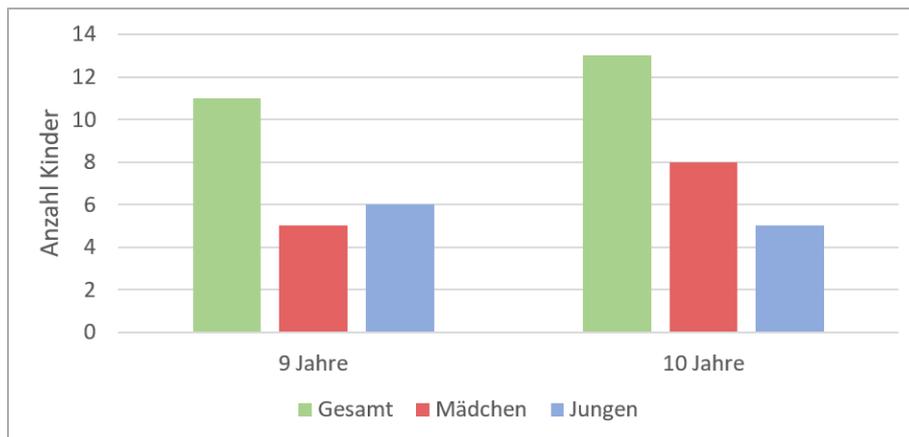


Abbildung 14 Altersverteilung der Stichprobe

6.4 Erprobung des Erhebungsinstruments

Vor Durchführung des Pre-Tests wurde die entwickelte technische konstruktionsbasierte Problemstellung mit einer Grundschullehrkraft besprochen und anschließend mit einer Gruppe von 14 Studierenden im Rahmen einer Seminarsitzung an der Universität Duisburg-Essen erprobt und diskutiert. Anschließend wurde das Lösen des Problems mit einem Grundschulkind der vierten Klasse getestet (Pilotversuch). Die daraus gezogenen Erkenntnisse wurden zur Weiterentwicklung des Materials genutzt und anschließend für den Pre-Test mit größerer Stichprobe genutzt. Eine zeitliche Übersicht der Entwicklung und Durchführung der Erhebung ist in Abbildung 15 dargestellt.

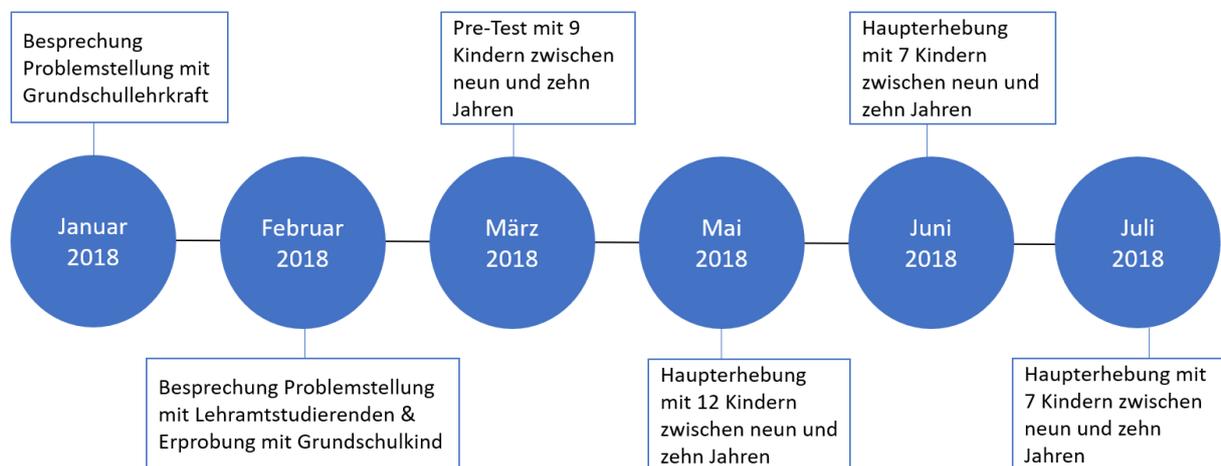


Abbildung 15 Zeitplan - Vorbereitung und Durchführung der Erhebung

Der Pre-Test fand im März 2018 mit neun Kindern der vierten Klasse einer Grundschule in Hessen statt. Die Problemlöseaufgabe wurde mit vier Mädchen und fünf Jungen zwischen neun und zehn Jahren an drei aufeinanderfolgenden Tagen erprobt. Zusätzlich wurde mit den Proband*innen das Leitfadenterview durchgeführt. Besonders hervorgehoben werden muss, dass die Problemstellung in diesen drei Tagen im Abschluss eines jeden Tages reflektiert und optimiert wurde. Aus den Erfahrungen des Pre-Tests konnten folgende Optimierungen der

Problemstellung und der Rahmenbedingungen für die Hauptuntersuchung vorgenommen werden:

- Aufgrund des erschwerten Umgangs mit einem eingesetzten Laptop inklusive Maus im Rahmen des Pre-Tests, wurde entschieden diese Materialien in der Hauptuntersuchung durch ein iPad bzw. Tablet zu ersetzen, da dieses durch die Touchfunktion deutlich leichter für Kinder zu bedienen ist.
- Das zu Beginn eingeplante Material „Klebestreifen“ wurde aus der Materialliste zum Bearbeiten der Problemstellung herausgenommen. Es sollte genutzt werden, um Lichtsensor und/oder Alarmwürfel im Schutzraum aus Legosteinen zu befestigen. Jedoch kannte ein Teil der Kinder das Material nicht und konnte nichts damit anfangen. Da das Material kein gravierender Bestandteil der Problemlösung war, bedarf es keinem Ersatzmaterial.
- Schriftliche Ausführungen innerhalb des Aufgabenblattes wurden angepasst, damit die Informationen optimal für das Bearbeiten des Problems genutzt werden konnten. Diese Änderungen betreffen eine z.T. neue Anordnung der abgebildeten Informationen, veränderte Überschriften, Hervorheben wichtiger Informationen durch die Fettmarkierungen einzelner Wörter sowie das Einfügen von Zusatzinformationen zur Funktionsweise der Alarmanlage.
- Des Weiteren wurden neue Bilder zur Funktionsweise der Alarmanlage in das Aufgabenblatt eingefügt, welche detailliert demonstrieren wie das Hell-Dunkel-Prinzip der Alarmanlage zu verstehen ist.
- Die Schriftliche Anleitung und die Bilderanleitung wurden überarbeitet, da anstelle eines Laptops ein iPad sowie keine Klebestreifen für die Problemlösung eingesetzt wurden.

Des Weiteren wurde im Pre-Test ersichtlich, dass die Anordnung der Tische, Materialien und Multimediageräte zur Erhebung des Problemlösens in dem geplanten Maß umsetzbar ist. Ihre Anordnung wurde entsprechend beibehalten.

6.5 Rahmenbedingungen

Die inhaltliche Vergleichbarkeit der Problemlöseaufgabe wurde dadurch gewährleistet, dass allen teilnehmenden Proband*innen alle Infomaterialien in gleicher Weise zur Verfügung gestellt werden (siehe Kapitel 6.1). Es erfolgt zusätzlich eine Standardisierung der Rahmenbedingungen für die Erhebung. Die Rahmenbedingungen schließen zum einen das räumliche Setting und die mediale Ausstattung ein. Zum anderen bezieht sich die

Standardisierung der Rahmenbedingungen auf die Rolle der Beobachterin sowie ihre Instruktionen an die Proband*innen. Im Laufe der Erhebung war es wichtig, dass entsprechend der Bezeichnung die Beobachterin eine beobachtende Rolle einnimmt und vorgegebene Instruktionen an jede/n Proband*innen gleichermaßen weitergibt. Die Einhaltung der Rahmenbedingungen führt letztendlich zur Vergleichbarkeit der gewonnenen Daten (vgl. Corvacho del Toro, Berner, & Mösko, 2013; Jacobs et al., 2003; Petko, 2006; Seidel, Prenzel, et al., 2003).

6.5.1 Setting für die Datenerhebung

Da das Problemlösen eigenständig durch die Teilnehmenden erfolgte, war es bei der Durchführung der Erhebung notwendig, dass den Proband*innen für das Problemlösen ein eigener Raum zur Verfügung stand. An allen drei Grundschulen konnte ein separater Raum auf dem Schulgelände genutzt werden. Einer Ablenkung oder Störung im Lösungsverlauf durch äußere Einwirkungen konnte damit weitestgehend ausgeschlossen werden.

Die Ausstattung der Räume und die Anordnung verwendeter Gegenstände erfolgte nach festgelegten Kriterien, die eine Vergleichbarkeit der Daten möglich machen. Die genutzten Erhebungsräume waren mit mindestens drei Tischen und zwei Stühlen ausgestattet. Der erste Tisch (Tisch 1) wurde mit den Materialien für das Lösen des Problems präpariert (Abbildung 16). In der linken Ecke des Tisches wurde eine große Kiste mit Legosteinen in verschiedenen Farben und Größen aufgebaut. In der rechten Tischecke befand sich ein iPad und in der Mitte des Tisches die Goldtaler sowie Alarm- und Lichtwürfel. Des Weiteren wurden zwei Bildelemente aus Papier ausgedruckt und auf der Tischoberfläche aufgestellt, um die Einführungsgeschichte des Problems aufzugreifen. Abgebildet wurden auf dem ersten Bild „Dagobert Duck“ und auf dem zweiten Bild die „Panzerknacker“. Die Bildelemente mussten nicht in die Lösung eingebaut werden. Am Tisch wurde außerdem ein Stuhl für die Proband*innen aufgestellt, welcher so positioniert wurde, dass alle Materialien von den Problemlöser*innen ideal erreicht werden konnten, ohne aufstehen zu müssen. Vor und hinter dem Tisch wurde jeweils ein festes Stativ mit Videokamera aufgestellt, welche die Tischoberfläche fokussierten (Kameras 1 und 2). Zudem wurde auf dem Tisch ein Audio-Aufnahmegerät positioniert.

Auf dem zweiten Tisch (Tisch 2), unweit des ersten Tisches, wurden die zur Verfügung stehenden Hilfestellungen in drei voneinander abgegrenzten und verschlossenen Kartons aufgestellt (Abbildung 16). Damit der Tisch mit den Hilfestellungen erreicht werden konnte, mussten die Proband*innen von dem ersten (Material-)Tisch (Tisch 1) aufstehen und wenige

Schritte zum zweiten Tisch mit den Hilfestellungen laufen. Der dritte Tisch (Tisch 3) befand sich außerhalb des von der Kamera eingefangenen Bilds. Tisch 3 wurde von der Beobachterin genutzt, um schriftlich Notizen und Beobachtungen festzuhalten (Abbildung 16).

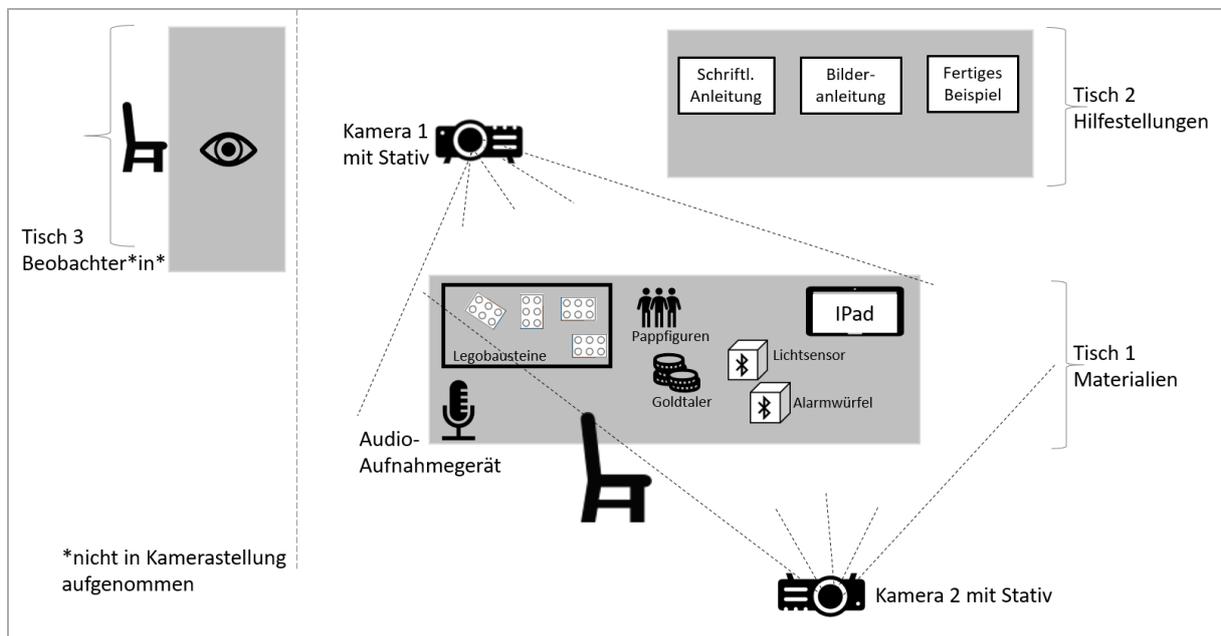


Abbildung 16 Raumausstattung

6.5.2 Mediale Ausstattung

Das Lösen des Problems sowie das Leitfadeninterview wurde jeweils mit zwei Camcordern mit integrierten Mikrofonen und einem Audio-Aufnahmegerät aufgezeichnet. Die Modellbezeichnung der Camcorder lautet „Panasonic HC-V500 Full-HD“, welche mit einer 64 GB-Speicherkarte versehen waren. Sie wurden mittels eines Kamerastativs fest in den Raum integriert und zum Aufzeichnen des nonverbalen Verhaltens der Kinder während des Problemlösens eingesetzt. So konnte in der anschließenden Auswertung der Daten der Lösungsvorgang realitätsgetreu analysiert werden. Das digitale Audio-Aufnahmegerät „Zoom H4n“ wurde zur zusätzlichen Unterstützung eingesetzt, falls die Tonaufnahmen der Videoaufzeichnungen Defekte aufweisen oder die Lautstärke der Aufnahmen zu leise sind. Des Weiteren wurden die Tonaufnahmen des Audio-Aufnahmegeräts für das spätere Transkribieren der Leitfadeninterviews verwendet.

Das Audio-Aufnahmegerät wurde im unmittelbaren Umfeld der Proband*innen auf der Arbeitsfläche von Tisch 1 platziert (siehe Abbildung 16). Die beiden Camcorder wurden jeweils mit einem halben Meter Abstand vor und hinter der Arbeitsfläche von Tisch 1 auf einem festen Stativ positioniert. Die Kameras mussten leicht angewinkelt werden, damit sie das Geschehen auf der Arbeitsfläche festhalten konnten. Außerdem musste der hintere Camcorder zusätzlich den zweiten Tisch mit den Hilfestellungen in seinem Bildausschnitt einfangen. Im Laufe eines

Lösungsvorgangs wurde zweimal die korrekte technische Funktion der Videoaufzeichnung bei beiden Videokameras überprüft. Dadurch wurde z.B. bei Kind 23 (J23) bemerkt, dass die vordere Kamera 1 (Vorderansicht) ihren Fokus verloren hatte und die Kamera konnte neu gestartet werden. Durch die zusätzliche Auswertung der zweiten Kameraeinstellung (Kamera 2, Hinteransicht) konnte gewährleistet werden, dass keine Daten bei der Auswertung von J23 verloren gingen.

6.5.3 Rolle des Beobachters

Die Studienleiterin nahm gleichzeitig die Rolle der Beobachterin ein und hielt sich während der gesamten Problembearbeitung mit den Proband*innen im selben Raum auf. Vor Beginn der Bearbeitung begrüßte die Beobachterin die teilnehmenden Proband*innen und führte sie an den Tisch 1 im Erhebungsraum (siehe Kapitel 6.5.1). Vor dem Beginn des Problemlösens erklärte die Beobachterin den Proband*innen wofür die zwei Kameras aufgebaut wurden und klärte sie darüber auf, was mit den Kameras aufgezeichnet wird. Die Beobachterin erläuterte den Proband*innen in einer ersten Informationsphase das Ziel der Videoaufzeichnung und die vertrauliche Behandlung der Daten. Anschließend schaltete die Beobachterin die Kameras und das Aufnahmegerät ein und teilte das Aufgabenblatt an die Proband*innen aus. Die Proband*innen wurden gebeten, das Aufgabenblatt in Ruhe zu lesen und der Beobachterin nach dem Lesen Bescheid zu geben. Während der Lesezeit setzte sich die Beobachterin abseits des Geschehens an Tisch 3 (siehe Kapitel 6.5.1), beobachtete die Handlungen der Proband*innen und machte sich gegebenenfalls Notizen für spätere Nachfragen im Rahmen des Leitfadeninterviews. Nachdem die Proband*innen die Problemstellung gelesen hatten, stellte die Beobachterin jedem Kind die Fragen 1 und 2 aus Themenblock I des Leitfadeninterviews (siehe Kapitel 6.1.2). Nach dem Beantworten dieser Fragen durch den/die Probanden*in, gab die Beobachterin noch eine kurze Einführung in die bevorstehende Problembearbeitung. Dabei hob sie die folgenden vier Aspekte hervor:

1. Die Beobachterin benennt die zur Verfügung stehenden Materialien zum Lösen der Problemstellung.
2. Die Beobachterin erklärt, an welchem Tisch die Hilfestellungen zu finden sind und woraus die Hilfestellungen bestehen (Schriftliche Anleitung, Bilderanleitung, fertiges Beispiel).
3. Die Beobachterin erkundet sich, ob noch offene Fragen bei den Proband*innen bestehen.

4. Die Beobachterin weist darauf hin, dass in der nun folgenden Problemlösephase keine Fragen in Bezug auf die Problemlösung beantwortet werden.

Im Anschluss begann der Lösungsverlauf der Proband*innen. Während dieser Zeit machte sich die Beobachterin an Tisch 3 Notizen zu Auffälligkeiten in den Handlungen und dem Lösungsvorgehen der Proband*innen. Das Beobachtungsverfahren ist notwendig, um im abschließenden Leitfadeninterview spezifische Fragen zum individuellen Lösungsverlauf stellen zu können. Des Weiteren überprüfte die Beobachterin während des Lösungsverlaufs mehrmals die Aufnahmequalität der Videokameras, da die Qualität von Bild und Ton für spätere Auswertungsarbeiten eine entscheidende Voraussetzung sind (vgl. Seidel, Prenzel, et al., 2003). Außerdem stand die Beobachterin den Proband*innen bei außerordentlichen technischen Schwierigkeiten zur Seite (z.B., wenn Lichtsensor oder Alarmwürfel nicht in der App angezeigt werden). Sollten seitens der Proband*innen im Lösungsverlauf Fragen auftreten, beantwortete die Beobachterin diese nur, wenn es der Untersuchungsrahmen zulässt oder verwies darauf, dass diese Frage nicht beantwortet werden kann. Nach Beenden des Lösungsverlaufs führte die Beobachterin mit den Kindern das abschließende Leitfadeninterview durch (siehe Kapitel 6.2.4).

6.5.4 Instruktionen für die Erhebungsteilnehmenden

Die Proband*innen erhielten zunächst die Instruktion die Anweisung zur Aufgabenstellung für die Bearbeitung des Problems in Ruhe zu lesen. Nach dem Lesen der Aufgabenstellung wurden den Kindern zwei Leitfragen gestellt, welche sie mündlich beantworteten (siehe Kapitel 6.1.2). Anschließend erhielten sie von der Beobachterin die Instruktion, das Problem selbstständig zu lösen und dabei alle zur Verfügung stehenden Materialien zu verwenden. Entschieden sich die Proband*innen während des Lösens des Problems für eine Hilfestellung, konnten sie eine schriftliche Anleitung, Bildanleitung oder ein fertiges Beispiel wählen. Nach Beenden des Lösungsverlaufs beantworteten die Proband*innen mündlich Fragen zu ihrer fertigen Lösung sowie zu ihrem Lösungsvorgang (siehe Kapitel 6.2.4).

7 Methodisches Vorgehen

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen beschrieben, welches zur Auswertung der gesammelten Daten herangezogen wurde.

7.1 Datenaufbereitung

Damit eine Analyse der erhobenen Daten stattfinden kann, müssen die erhobenen Video- und Interviewdaten verarbeitet werden. Dies beinhaltet zum Teil die Verschriftlichung der Daten (Leitfadeninterview), aber auch die Verschlüsselung der Dateinamen (z.B. Bezeichnung Videodateien) sowie das Anonymisieren der Inhalte (z.B. Anonymisierung der Namen).

7.1.1 Vorbereitung der Videodaten

Damit eine Auswertung der Videodaten erfolgen konnte, mussten diese entsprechend verarbeitet werden. Dafür wurden mündliche Aussagen transkribiert, die während des Problemlöseverlaufs auftraten. Diese Transkriptionen beziehen sich zum Beispiel auf Ausrufe und Fragen der Proband*innen oder Aussagen der Beobachterin während des Problemlöseverlaufs der Proband*innen. Die nonverbalen Handlungen der Kinder innerhalb der Videoaufzeichnungen wurden nicht verschriftlicht, sondern durch die Anwendung vorgefertigter Codes sortiert und mit Kommentaren versehen, welche die beobachtbaren Handlungen der Proband*innen stichpunktartig zusammenfassen (vgl. Moritz, 2011). Die verwendeten Codes werden anschließend vorgestellt und erläutert (siehe Kapitel 7.3.3). Anhand dieser Verarbeitung des Materials erfolgte im Anschluss eine schriftliche Aufbereitung des Lösungsvorgangs für alle 24 Proband*innen, welcher sich an den verwendeten Codes orientiert. Die Verschriftlichung diente einer ersten Sortierung und Ordnung der gewonnenen Daten.

Alle Videodateien wurden den entsprechenden Proband*innen zugeordnet und ihre Dateinamen verschlüsselt. Da jedem Teilnehmenden zwei Videoaufzeichnungen (Vorder- und Rückansicht) zugeordnet werden kann, bekommen die Dateien unterschiedliche Identifikations-Bezeichnungen. „V1“ steht dabei für die Vorderansicht und „V2“ für die Rückansicht der Videoaufnahme. Sollte eine Videoaufnahme während der Erhebung neu gestartet worden sein und daher aus zwei Videodateien bestehen, würde das zweite Video mit der Vorderansicht die Bezeichnung „V3“ erhalten. Männliche Probanden bekommen zusätzlich den Buchstaben „J“ und weibliche Probandinnen den Buchstaben „M“ sowie jeweils eine Zahl zugeschrieben. Eine mögliche Bezeichnung kann folgendermaßen aussehen: V1_J3.

7.1.2 Transkription der Interviewdaten

Die 24 halboffenen Leitfadeninterviews, durchgeführt während sowie im Anschluss an das Problemlösen, wurden in Form von Einzelgesprächen geführt und innerhalb der Videoaufzeichnung sowie zusätzlich als Audiodateien aufgezeichnet. Die Audiodateien wurden vollständig im Sinne einer literarischen Umschrift nach Abschluss der Erhebung transkribiert (vgl. Dittmar, 2009; Misoch, 2015; Rager et al., 1999). Demnach erfolgte die Verschriftlichung nach deutscher Rechtschreibung. Sprachliche Besonderheiten, wie die Umgangssprache, werden im Transkript jedoch sichtbar gemacht. Die Darstellung der transkribierten Interviews wurde entsprechend der für diese Arbeit entwickelten Transkriptionsrichtlinien vorgenommen, die sich an den Transkriptionsrichtlinien der qualitativen Sozialforschung orientieren (Tabelle 5) (vgl. Dittmar, 2009; Flick, 2007; Langer, 2010; Misoch, 2015).

Tabelle 5 Darstellungsrichtlinien der transkribierten Interviews

| Zeichen | Erklärung | Beispiel |
|--------------------------------|---|---|
| (...) oder ... | Pausen innerhalb des Redeflusses | „(...) Eigentlich finde ich es an sich schon eine gute Sache“ |
| [Kommentar] | Anmerkungen des/der Transkribierenden | Mädchen 3: [Keine Angaben]. |
| [unverständlich Zeitangabe] | Zeitmarker geben an, wenn die Antwort des Befragten akustisch nicht verstanden werden konnte. | [unverständlich 0:03:42] |

Damit Zitationen aus Interviews in der Ergebnisdarstellung eindeutig zugeordnet werden können, wurden die Zeilen der Interviews durchgehend nummeriert. Um den Datenschutz der Proband*innen zu gewährleisten, wurden die Interviews anonymisiert. Die Interviewpartner*innen bekommen eine verschlüsselte Identifikations-Bezeichnung zugeordnet, aus der lediglich ersichtlich ist, ob es sich um eine/n weibliche oder männlichen Probanden*in handelt. Männliche Probanden bekommen den Buchstaben „J“ und weibliche Probandinnen den Buchstaben „M“ sowie jeweils eine Nummerierung zugeordnet (z.B. J3).

7.2 Qualitative Inhaltsanalyse

Die Auswertung der Video- und Interviewdaten soll ermöglichen, das Problemlösen der Proband*innen objektiv abzubilden, systematisch miteinander zu vergleichen und regelgeleitet Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede im Lösungsverhalten der Stichprobe abzuleiten.

Zur Auswertung des Datenmaterials wurde die qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) herangezogen, welche der US-amerikanischen Kommunikationswissenschaft entstammt (vgl.

Mayring, 2000; Mayring & Brunner, 2006). Die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring wurde in den 1980er Jahren in Zusammenhang mit Interviewstudien entwickelt und bietet „ein Bündel an Verfahrensweisen zur systematischen Textanalyse“ (Mayring, 2000, S. 1). Grundgedanke war damals, die Technik der Inhaltsanalyse auf qualitative Interpretationsschritte anzuwenden (vgl. Mayring & Brunner, 2006). Es sollte das Auswerten und Interpretieren von Kommunikation durch ein inhaltsanalytisches Vorgehen ermöglichen (vgl. Mayring & Gläser-Zikuda, 2008). Auswertungsgegenstand der qualitativen Inhaltsanalyse ist vor allem die Sprache, aber auch Bilder oder Videos können Gegenstand qualitativer Inhaltsanalysen sein (vgl. Mayring, 2015). Berelson (1952) fasst die Breite möglicher Auswertungsgegenstände der Inhaltsanalyse als „symbols (verbal, musical, pictorial, plastic, gestual) which make up the communication itself“ (Berelson, 1952, S. 13) zusammen. Die qualitative Inhaltsanalyse wird eingesetzt, um systematisch und regelgeleitet Materialien auszuwerten und dabei beschreibbar und überprüfbar zu machen (siehe z.B. Gläser-Zikuda, Hagenauer, & Stephan, 2020; Kuckartz, 2014; Mayring, 2000, 2010, 2015; Mayring, Gläser-Zikuda, & Ziegelbauer, 2005).

7.3 Codier- und Auswertungsverfahren

Die qualitative Auswertung der Video- und Interviewdaten innerhalb der Studie orientiert sich, wie zuvor erläutert an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015). Insbesondere die beobachtbaren nonverbalen Handlungen der Proband*innen in einem vorgegebenen Setting sollen feingliedrig betrachtet und analysiert werden.

Die Auswertung kann auf den drei Analysetechniken der qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring basieren, die getrennt voneinander genutzt, aber auch in einer Mischform angewandt werden können (vgl. Bortz & Döring, 2006; Mayring, 2015). Diese drei Analysetechniken beinhalten die zusammenfassende, explizite und strukturierende Inhaltsanalyse. Ziel der Zusammenfassung ist es, die wesentlichen Inhalte aus dem Video- und Interviewmaterial herauszufiltern und überschaubar aufzubereiten, sodass es ein realistisches Abbild des Grundmaterials darstellt (Mayring, 2015, S. 67). Die explizite Inhaltsanalyse wird hinzugezogen, wenn bestimmte Beobachtungen im Datenmaterial näher betrachtet werden sollen (vgl. Bortz & Döring, 2006). Das Ziel der strukturierten Analyse ist es, „bestimmte Aspekte aus dem Material herauszufiltern, unter vorher festgelegten Ordnungskriterien einen Querschnitt durch das Material zu legen oder das Material aufgrund bestimmter Kriterien einzuschätzen“ (Mayring, 2015, S. 67).

Die strukturierende Inhaltsanalyse wurde auf die vorliegende Studie angewandt. Dabei wird das Datenmaterial mittels Kategorien geordnet und gegliedert (vgl. Bortz & Döring, 2006). Das kategorisierte Datenmaterial wird anschließend hinsichtlich der Themen und Inhaltsbereiche

sowie typisierend in Bezug auf wiederkehrende und wesentliche Merkmalsausprägungen strukturiert (vgl. Bortz & Döring, 2006).

7.3.1 Auswertungsverfahren: Strukturierende qualitative Inhaltsanalyse

Die Kategorienbildung innerhalb der hier vorliegenden Studie erfolgte als Mischform. Die Mischform basiert auf einer deduktiv-induktiven Kategorienbildung (Kuckartz, 2014, S. 69). Im Rahmen einer deduktiv-induktiven Kategorienbildung empfiehlt Kuckartz (2014, 2016) die Anwendung der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse. Die strukturierte Inhaltsanalyse basiert auf einem mehrschichtigen Vorgehen, welches in Abbildung 17 dargestellt und anschließend erklärt wird.

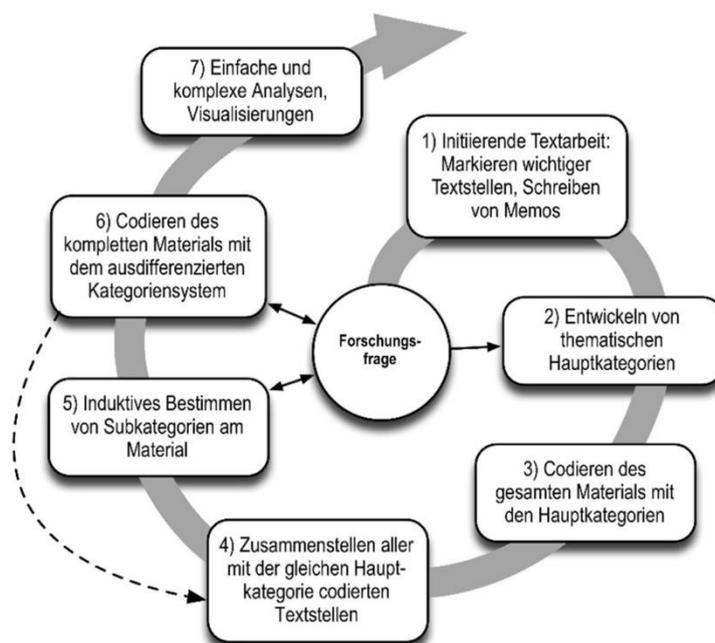


Abbildung 17 Ablaufschema einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016, S. 78)

Das Modell der strukturierten Inhaltsanalyse von Kuckartz wurde für die Analyse der Daten innerhalb der vorliegenden Studie angewandt. In einem ersten und zweiten Schritt wurden zunächst Hauptkategorien auf der Grundlage von theoretischen Modellen gebildet. In einem dritten Schritt wurden die entwickelten Hauptkategorien auf das bestehende Datenmaterial angewendet. Im Anschluss wurden die codierten Hauptkategorien einzeln betrachtet (Schritt 4) und in einem fünften Schritt neue Hauptkategorien sowie Subkategorien aus dem Datenmaterial abgeleitet. Das Kategoriensystem wurde somit ständig weiterentwickelt und überarbeitet, sodass letztendlich ein festes differenziertes Kategoriensystem entstehen konnte. Anschließend wurde das Datenmaterial mit dem ausdifferenzierten Kategoriensystem codiert und Codierungen gegebenenfalls erneut überarbeitet (Schritt 6). Das mehrschichtige Vorgehen

führte dazu, dass das kategorisierte Datenmaterial letztendlich strukturiert ausgewertet und vergleichbare Ergebnisse dargestellt werden können (Schritt 7).

7.3.2 Kategorienbildung

Im Zentrum der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse steht das Kategoriensystem. Die Kategorien werden entwickelt, um die gesammelten Daten systematisch und regelgeleitet auszuwerten (vgl. Mayring, 2015). Die Kategorienbildung innerhalb der Forschungsarbeit erfolgte mittels einer deduktiv-induktiven Herangehensweise in Anlehnung an Lotz (2016), Mayring und Gläser-Zikuda (2008) sowie Seidel (2003). Deduktive und induktive Prozesse zur Kategorienentwicklung werden dabei in Kombination angewendet. In Abbildung 18 ist die Vorgehensweise zur Kategorienbildung schematisch dargestellt.

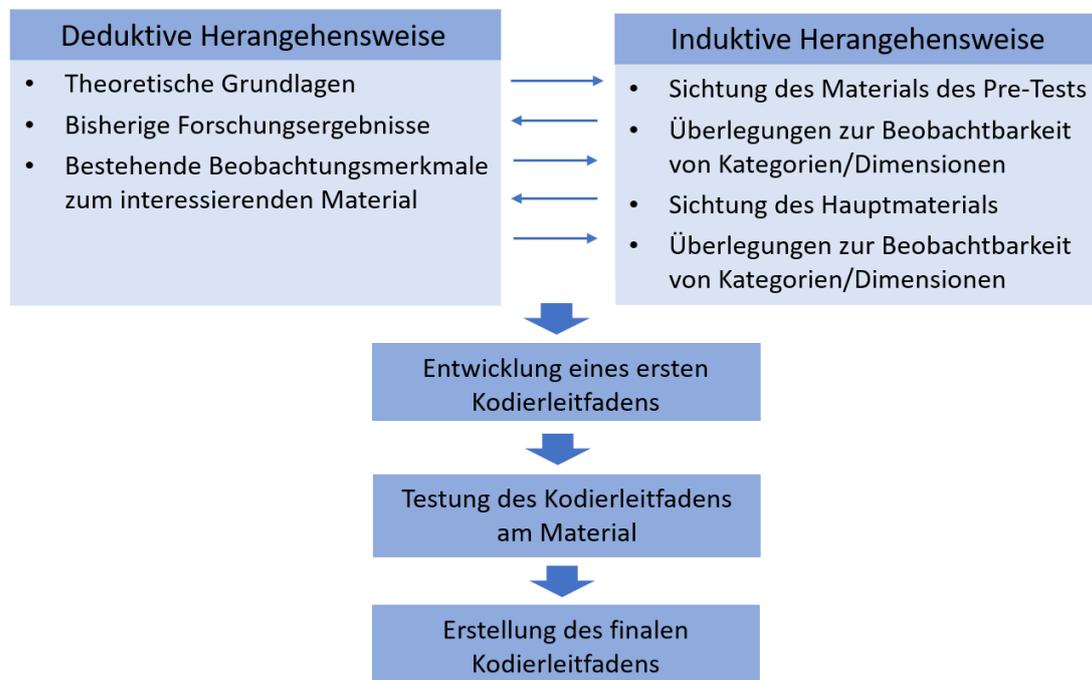


Abbildung 18 Darstellung des deduktiv-induktiven Vorgehens bei der Entwicklung des Kategoriensystems, Erstellt in Anlehnung an Lotz (2016)

Während die deduktive Kategorienbildung auf vorhandener Theorie und bisherigen Forschungsergebnissen zum Themenbereich basiert und diese an den Gegenstandsbereich heranträgt, werden induktiv erschlossene Kategorien aus dem zu untersuchendem Material abgeleitet (vgl. Bortz & Döring, 2006; Kuckartz, 2014).

Innerhalb der vorliegenden Studie wurden zunächst auf Grundlage bestehender Theorie, des Forschungsstands und der Forschungsfrage übergeordnete Hauptkategorien abgeleitet. Entsprechend wurde das theoretische Modell des technischen Problemlösekreislaufs von Graube und Mammes (2016) hinzugezogen (siehe Kapitel 4.5). Die dort festgehaltenen Problemlöseschritte bildeten die ersten Hauptkategorien für die Auswertung des Datenmaterials

und wurden als Anker für die weitere Kategorienbildung verwendet. Somit wurden die erhobenen Daten zunächst nach den Hauptkategorien des theoretischen Modells durchsucht (vgl. Kapitel 4.5), wobei gegebenenfalls eine Überarbeitung der Kategorien stattfand. Des Weiteren wurden, ausgehend vom Material, weitere Hauptkategorien abgeleitet sowie zugehörige Subkategorien erschlossen, die den Hauptkategorien zugeordnet werden können (vgl. Kuckartz, 2014). In ständiger Rückkopplung und Reflektion wurde ein Kategoriensystem entwickelt, am Gegenstand getestet, anschließend überarbeitet und letztendlich gefestigt. Das entwickelte Kategoriensystem zur Analyse der Video- und Interviewdaten, welches letztendlich für die Auswertung der erhobenen Daten verwendet wurde, ist schriftlich festgehalten worden und wird im anschließenden Kapitel 7.3.3 vertieft dargestellt und erläutert. Es führt die Kategorien mit Kategoriendefinitionen und Ankerbeispielen auf. Die einzelnen Hauptkategorien werden dabei in ihre Subkategorien und Unterkategorien aufgespalten und jede Kategorie enthält zusätzlich ein oder mehrere Ankerbeispiele. Durch die schriftliche Darstellung der Kategorien soll die systematische und genaue Codierung des Materials durch alle Codierer*innen sichergestellt werden. Dies ist insbesondere für eine gute Inter-coder-Reliabilität ausschlaggebend und für die Gewährleistung der Objektivität wichtig (vgl. Mayring et al., 2005). Während der Entwicklung und Testung des Kategoriensystems wurden die Hauptgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität überprüft (siehe Kapitel 7.5).

7.3.3 Beschreibung des Kategoriensystems

Für eine detaillierte Auswertung des Problemlösens der Proband*innen wurde entlang der Forschungsfrage ein Codierleitfaden mit Kategoriendefinition und Ankerbeispielen entwickelt (vgl. Mayring, 2000), welcher auf die aufgezeichneten Video- und Interviewdaten angewendet werden kann. Das entsprechend entwickelte Kategoriensystem soll hier vorgestellt werden.

Für die Auswertung des Materials wurden neun Hauptkategorien, 32 Subkategorien und 15 Unterkategorien gebildet.

Die Hauptkategorien orientieren sich an den Problemlöseschritten des theoretischen Modells von Graube und Mammes (2016) (vgl. Kapitel 4.5). Sie bildeten die grundlegenden Hauptkategorien zur Auswertung des Datenmaterials. Diese übernommenen Hauptkategorien wurden im anschließenden Auswertungsprozess weiterentwickelt. Zusätzlich konnten weitere Hauptkategorien und eine Reihe von Subkategorien und Unterkategorien am Datenmaterial abgeleitet werden. Letztendlich konnten sechs Hauptkategorien gebildet werden, welche die einzelnen Schritte des Problemlöseverlaufs abbilden (siehe Tabelle **6Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Für die Hauptkategorien „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“ und „Lösung reflektieren“ wurden neben dem Videomaterial außerdem die

transkribierten Interviews in die Auswertung einbezogen. Sie geben zusätzlich Aufschluss über das Problemverständnis, die Lösungssuche und den Lösungsverlauf und dienen der anschließenden Reflektion der Lösung und des Lösungsverlaufs.

Tabelle 6 Codierleitfaden, Übersicht Hauptkategorien Problemlösen

| Hauptkategorie | Definition bzw. Beschreibung |
|---------------------------------------|---|
| Problem erkennen und verstehen (PE&V) | Lesen der Aufgabenstellung und Erkunden des Problems. Mündliche Formulierung des Problems, indem die Fragestellung „ <i>Was ist das Problem?</i> “ (s. Interviewleitfaden) beantwortet wird. |
| Lösung suchen (LS) | Mündliche Formulierung einer eigenen Lösungsidee, indem die Fragestellung „ <i>Hast du schon eine Idee, wie du Dagobert Duck helfen kannst?</i> “ (s. Interviewleitfaden) beantwortet wird. Es wird ermittelt, wie Materialien funktionieren und zur Lösung des Problems einzusetzen sind. |
| Lösung umsetzen (LU) | Bearbeitung des Problems und der Versuch die zu Beginn genannte Lösung oder einen alternativen Lösungsweg umzusetzen. Dieser Lösungsweg zieht sich ggf. bis zum Beenden der Problembearbeitung durch. |
| Lösung testen (LT) | Eigenständiges Testen der entwickelten Teillösungen (z.B. Stabilität Schutzraum, Funktion Alarmanlage) oder der Gesamtlösung. |
| Lösung optimieren (LO) | Verbesserung und Überarbeitung der angestrebten oder umgesetzten Lösung. |
| Lösung reflektieren (LRE) | Reflektion von Zwischenlösungen oder der fertigen Lösung für das Problem im Lösungsverlauf. Mündliche Reflektion des Lösungsverlaufs, indem von den Proband*innen Fragen (s. Leitfadeninterview) zur Lösung und Vorgehensweise beantwortet werden. |

Neben den sechs Hauptkategorien in Tabelle 6 konnten drei zusätzliche Hauptkategorien aus dem gesichteten Videomaterial abgeleitet werden (Tabelle 7). Zu diesen Zusatzkategorien zählen „Materialien nutzen“, „Hilfestellungen nutzen“ und „Sonstiges“. Sie unterstützen die systematische Auswertung der Datenmenge und decken Beobachtungskriterien ab, die sich den Hauptkategorien zum Problemlösen (Tabelle 6) nicht zuordnen lassen. Die zusätzlichen Beobachtungskriterien (bzw. Zusatzkategorien) ermöglichen eine differenzierte Sichtung des Datenmaterials.

Tabelle 7 Codierleitfaden, Übersicht Zusatzkategorien

| Zusätzliche Hauptkategorien | Definition bzw. Beschreibung |
|-----------------------------|---|
| Materialien nutzen (MTR) | Verwendung der vorgegebenen Materialien zur Lösung des Problems (Lego, Goldtaler, Alarm- und Lichtwürfel, iPad, App). |
| Hilfestellung nutzen (HIL) | Kein selbstständiges Lösen der Problemstellung, sondern Wahl einer der drei Hilfestellungen (schriftliche Anleitung, Bildanleitung, fertiges Beispiel). |
| Sonstiges (S) | Auffälligkeiten im Lösungsverlauf, die sich keiner der anderen Hauptkategorien zuordnen lassen (z.B. Gespräche). |

Im Folgenden werden die identifizierten sechs Hauptkategorien, drei Zusatzkategorien sowie entsprechende Sub- und Unterkategorien erläutert.

Problem erkennen und verstehen (PE&V) – Subkategorien und Unterkategorien

Die Subkategorien der Hauptkategorie „Problem erkennen und verstehen“ (PE&V) beziehen sich auf das Recherchieren und Sammeln von Informationen, um das Problem lösen zu können. Sie umschließen das Lesen sowie wiederholte Lesen der Aufgabenstellung im gesamten Lösungsprozess, das Verschaffen eines Überblicks, indem Materialien zu Beginn des Lösungsverlaufs begutachtet werden und das Innehalten beim Lösen des Problems. Ob das Problem von den Proband*innen verstanden wurde, wurde zusätzlich mündlich erhoben, indem die Beobachterin die Proband*innen nach Lesen der Aufgabenstellung hierzu befragte (Tabelle 8).

Tabelle 8 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Problem erkennen und verstehen"

| Hauptkategorie | Subkategorie | Unterkategorie | Definition | Beispiel |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------|---|---|
| Problem erkennen und verstehen (PE&V) | Lesen der Aufgabenstellung (LA) | | Seiten 1 und 2 des Aufgabenblatts werden zum ersten Mal gelesen. | Kind liest still die Aufgabenstellung oder liest sich diese leise vor. |
| | Überblick verschaffen (UEV) | | Die Materialien auf dem Tisch werden ein erstes Mal begutachtet. Die Materialien werden dabei noch nicht eingesetzt, sondern der/die Proband*in verschafft sich einen ersten Überblick. | Kind sieht sich auf dem Tisch um und der Blick verweilt kurz auf den unterschiedlichen Materialien. |

| | | |
|---|--|--|
| Problem formulieren (PF) | Das Ausgangsproblem wurde verstanden und kann mündlich benannt werden. Leitfadeninterview: I. 1) Was ist das Problem? | J1: „Die Diebe (zeigt auf vor sich stehende Abbildung) wollen in Dagoberts Goldvorräte, halt stehlen.“ |
| Wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung (WLA) | Zurückkehren zum Aufgabenblatt, nachdem es zu Beginn bereits einmal gelesen wurde. Die Proband*innen recherchieren nach weiteren Informationen zur Problembearbeitung. | Kind betrachtet die Bilder von Seite 2 der Aufgabenstellung. |
| Innehalten (IH) | Die zur Verfügung stehenden Materialien werden zur weiteren Lösungsfindung begutachtet und das Kind überlegt wie das weitere Vorgehen ablaufen könnte. | Kind betrachtet nach dem Umsetzen des Schutzbaus die Würfel, welche es zuvor noch nicht benutzt hatte, und überlegt vermutlich, wie es diese in die Lösung integrieren kann. |

Lösung suchen (LS) – Subkategorien und Unterkategorien

Die Hauptkategorie „Lösung suchen“ (LS) schließt Kategorisierungen von Leitfragen des Leitfadeninterviews sowie Videosequenzen des Lösungsprozesses ein (Tabelle 9). Die Subkategorie „Lösungsidee formulieren“ (LF) erschließt sich aus der Beantwortung einer Interviewfrage durch den/die Probanden*in nach dem ersten Lesen der Aufgabenstellung. Hierbei benennt er/sie mündlich seine/ihre Lösungsidee und es erfolgt eine Kategorisierung in die Unterkategorien „Genaue Lösungsidee“ (LGE), „Ungenau Lösungsidee“ (LUN) und „Keine Lösungsidee“ (LKE). Die Subkategorie „Material/Lösungsweg erkunden“ (LER) bezieht sich hingegen auf den gesamten videografierten Lösungsverlauf der Proband*innen.

Tabelle 9 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung suchen"

| Hauptkategorie | Subkategorie | Unterkategorie | Definition | Beispiel |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Lösung suchen (LS) | Lösungsidee formulieren (LF) | Genaue Lösungsidee (LGE) | Die eigene erste Lösungsidee kann mündlich beschrieben werden. Leitfadeninterview: I. 2) Hast du eine Idee für die Lösung des Problems? a. Was ist deine Idee? b. Wie willst du das machen? | J1: „Ich habe vor eine große Burg zu bauen und da drin den Gold, also die (...). Die Goldtaler. Dann baue ich da halt einen Raum, wo ich die Goldtaler drin verstecke. (...) Und dann halt vor dem Eingang von dem Goldtalertresor mache ich die Alarmanlage hin.“ |
| | | Ungenau Lösungsidee (LUN) | Eine eigene erste Lösungsidee kann vage mündlich beschrieben werden. Leitfadeninterview: I. 2) Hast du eine Idee für die Lösung des Problems? a. Was ist deine Idee? b. Wie willst du das machen? | M2: „Man könnte das Ipad hier vorne dran stellen (zeigt mit den Händen eine Linie vor die Goldtaler). (...) Und dann hier hinten so eine Art Schutz fürs Ipad bauen. (...) Oder man könnte hier erst mit den Legosteinen so eine Mauer bauen.“ |
| | | Keine Lösungsidee (LKE) | Es kann keine erste eigene Lösungsidee mündlich beschrieben werden. Leitfadeninterview: I. 2) Hast du eine Idee für die Lösung des Problems? a. Was ist deine Idee? b. Wie willst du das machen? | Kind schüttelt Kopf. |
| | | Material (Lösungsweg) erkunden (LER) | Die Materialien oder mögliche Lösungswege werden erkundet, analysiert und ausprobiert. | Kind dreht und wendet Lichtwürfel in der Hand, um den An-Knopf zu finden. |

Lösung umsetzen (LU) – Subkategorien und Unterkategorien

Die Hauptkategorie „Lösung umsetzen“ (LU) setzt sich aus drei Subkategorien zusammen (Tabelle 10). Während sich die Subkategorie „Lösungskonzept verwirklichen“ (LV) in die Unterkategorien „L1“ und „L2“ unterteilt, stehen die restlichen Subkategorien „Wiederherstellen (korrekter) Lösung“ (LWI) und „Pausieren (korrekter) Lösung“ (LPA) für sich. Die Kategorien beziehen sich allein auf die Auswertung der Videos.

Tabelle 10 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung umsetzen"

| Hauptkategorie | Subkategorie | Unterkategorie | Definition | Beispiel |
|----------------------|---|---|--|--|
| Lösung umsetzen (LU) | Lösungskonzept verwirklichen (LV) | L1 | Ein erster Lösungsweg wird ausgewählt und umgesetzt. | Kind widmet sich einer ersten Lösungsumsetzung, indem es Legomauern um Goldtaler herum baut und die Würfel vor eine der Legomauern legt. |
| | | L2 | Der erste Lösungsweg wird verworfen und ein zweiter Lösungsweg verfolgt, der einen neuen Lösungsansatz innehat. | Kind verwirft ersten Lösungsvorgang und nimmt sich eine Legoplatte, legt Goldtaler und Würfel darauf, baut Legomauern herum und setzt ein Dach oben drauf. |
| | Wiederherstellen (korrekter) Lösung (LWI) | Ein zuvor erreichter Zustand wird wiederhergestellt. | Kind baut eigenen Schutzbau wieder so zusammen, wie er war, nachdem es diesen für einen Test aufgebrochen hatte. | |
| | Pausieren (korrekter) Lösung (LPA) | Nachdem die richtige Teillösung gefunden wurde, geht Proband*in bewusst einen Schritt zurück. | Kind verbindet Würfel in der App richtig miteinander und ein lauter Alarmton geht los. Kind trennt Verbindung in der App, damit der Alarmton nicht durchgehend ertönt. | |

Lösung testen (LT) – Subkategorien

Die Subkategorien der Hauptkategorie „Lösung testen“ (LT) beziehen sich auf das eigenständige Testen von Lösungszwischenschritten oder der Gesamtlösung durch den/die Probanden*in (Tabelle 11). Demnach werden die Subkategorien zur Auswertung des Problemlösens innerhalb der Videos herangezogen.

Tabelle 11 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung testen"

| Hauptkategorie | Subkategorie | Definition | Beispiel |
|--------------------|-----------------------------|---|--|
| Lösung testen (LT) | Zwischenschritt testen (TZ) | Einzelne Zwischenschritte der Lösung werden getestet. | Kind testet, ob im Schutzraum genug Platz für die Goldtaler ist. |
| | Gesamtlösung testen (TG) | Die fertige Lösung wird getestet. | Kind öffnet Deckel des Schutzbaus und testet damit, ob ein Alarm bei dem Alarmwürfel ausgelöst wird. |

Lösung optimieren (LO)

Der Hauptkategorie „Lösung optimieren“ (LO) wurden keine weiteren Abstufungen durch entsprechende Subkategorien zugeordnet. Die Kategorie wird zur Analyse des Lösungsvorgehens der Proband*innen innerhalb der Videosequenzen eingesetzt. Tabelle 12 bietet eine Definition sowie ein Ankerbeispiel für diese Kategorie.

Tabelle 12 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung optimieren"

| Hauptkategorie | Definition | Beispiel |
|------------------------|--|---|
| Lösung optimieren (LO) | Verbesserung oder Überarbeitung der angestrebten oder umgesetzten (Gesamt-)Lösung. | Kind vergrößert Legoschutzraum, damit Goldtaler und Würfel gemeinsam darin Platz haben. |

Lösung reflektieren (LRE) – Subkategorien und Unterkategorien

Die zugeordneten Sequenzen der Hauptkategorie „Lösung reflektieren“ (LR) sowie seiner Subkategorien setzten sich aus Videoausschnitten sowie Antworten der Leitfadeninterviews zusammen. Codierungen, die den Leitfragen des Interviews zugeordnet wurden, beziehen nicht nur entsprechende Antworten ein, sondern generieren auch Informationen, die außerhalb der gestellten Leitfragen (z.B. durch explizite Nachfragen der Proband*innen) aufgenommen wurden (Tabelle 13).

Tabelle 13 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung reflektieren"

| Hauptkategorie | Subkategorie | Unterkategorie | Definition | Beispiel |
|---------------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| Lösung reflektieren (LRE) | Lösung reflektieren (LR) | | Die eigene Lösung bzw. Teillösungsschritte werden während des Lösungsverlaufs (Videoaufzeichnung) begutachtet und ggf. reflektiert. | Kind schaut nachdenklich auf den Schutzbau vor sich. |
| | Gesamtlösung beschreiben (LGB) | Fantasievolle Lösung Neutrale Lösung | Die eigene finale Lösung wird mündlich beschrieben. Leitfadeninterview: Frage II. 1) Was für eine Lösung hast du dir am Ende überlegt? | J22: „Ein Haus. (...) Also das da ist die Tür, also Panzerglas, das Glas und das da ist der Schornstein. (...) Und das da ist das Dach und drin ist das Geld und drin ist noch der Alarm.“ |
| | Gesamtlösung reflektieren (LGR) | | Es wird beschrieben, was ggf. verändert werden müsste, damit eine korrekte Lösung erreicht werden würde. Leitfadeninterview: Frage II. 3) Hättest du gerne etwas anders gemacht? Was? | M2: „(...) ich habe nur nicht den Würfel angeschaltet. Das habe ich jetzt nicht gemacht.“ J13: „Die [Würfel] waren nicht an. Das war das Problem.“ |
| | Lösungsprozess reflektieren (LPR) | Gut funktioniert Nicht funktioniert Unsicherheiten | Es wird beschrieben, wie der Lösungsprozess ablief. Leitfadeninterview: Frage II. 2) Du hast die Aufgabe gelöst bzw. nicht lösen können. Woran lag das? Frage II. 3) Hättest du gerne etwas anders gemacht? Was? | M4: „Ja, aber ich hatte hier noch so eine (M4 hält mit der Hand einen Anbau aus Lego an gebaute Box), wo die Alarmanlage drin war. Ich war mir nicht sicher, ob das so gut ist. Da habe ich die Box dann geholt. Da stand, dass man eine Box aus Lego bauen soll. Mit Alarmanlage und da habe ich das so gemacht.“ |

| | | |
|---|--|--|
| | <p>Frage II. 4) Hat etwas gut bzw. nicht so gut funktioniert?</p> <p>a) Warum hat es gut bzw. nicht gut funktioniert?</p> <p>Frage II. 5) Hast du dich manchmal unsicher gefühlt?</p> <p>a) Wann und warum?</p> <p>b) Was hast du dann gemacht?</p> <p>Frage II 6) Warum hast du dich für bzw. gegen eine Hilfestellung entschieden?</p> <p>a) Warum hast du genau diese Hilfestellung ausgewählt?</p> | |
| <p>Funktionsweise Alarmanlage (FAL)</p> | <p>Kind trifft während des Leitfadeninterviews mündlich Aussagen zur Alarmanlage, die für die Problemlösung verwendet werden sollte.</p> | <p>M2: „Wenn da jemand vorbei geht. Wenn da Licht oder irgendwas hinkommen. Eine Bewegung.“</p> <p>J5: „Ich habe nicht kapiert, was das war (J5 zeigt auf die unteren zwei Bilder der Aufgabenstellung). Aber ich kapiere es jetzt. Weil die Alarmanlage ist halt aus, wenn es dunkel ist und die ist an, wenn es hell ist (J5 zeigt auf die vier Bilder der Aufgabenstellung).“</p> |

Materialien nutzen (MTR) – Subkategorien und Unterkategorien

Die Subkategorien der Hauptkategorie „Materialien nutzen“ (MTR) ergeben sich aus den zur Lösung notwendigen Materialien (Tabelle 14). Lediglich die Subkategorien „Schutzraum Lego bauen“ und „App (Symbolik) nutzen“ enthalten weitere Unterkategorien. Diese wurden

gebildet, um die Nutzung der entsprechenden Materialien durch die Proband*innen genauer analysieren und vergleichen zu können.

Tabelle 14 Codierleitfaden, Zusatzkategorie "Material nutzen"

| Zusätzliche Hauptkategorie | Subkategorie | Unterkategorie | Definition | Beispiel |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Material nutzen (MTR) | Würfel anschalten (WAN) | | Das Anschalten oder der An-Knopf des Alarm- und Lichtwürfels stehen im Fokus der Handlungen. | Kind schaltet Alarmwürfel manuell an, sodass ein Licht beim Würfel aufleuchtet. |
| | | Würfelposition lokalisieren (WPO) | Die Würfel werden bewusst an einen bestimmten Ort platziert. | Kind schiebt Alarmwürfel um den Schutzbau herum und positioniert diesen letztendlich vor einer Legomauer. |
| | Alarmanlagenprinzip verstehen (AVE) | | Hell-Dunkel-Prinzip der Alarmanlage wird erkundet/ getestet usw. | Kind deckt Würfel mit Handfläche ab. |
| | Schutzraum aus Lego bauen (LEG-B) | | Legobausteine werden zum Bauen des Schutzraums verwendet. | Kind baut aus Lego ein Pyramidendach. |
| | | Durchsuchen Legoschachtel (LEG-D) | In der Legoschachtel wird nach bestimmten Steinen oder Platten gesucht. | Kind sucht Legosteine mit bestimmter Länge in der Schachtel. |
| | | Farbschema (LEG-F) | Ein bestimmtes farbliches System wird beim Bauen mit Legosteinen berücksichtigt. | Kind sucht nur rote Legosteine aus und verwendet sie beim Bauen. |
| | | Stabilität (LEG-S) | Die Stabilität des Schutzbaus wird sichergestellt. | Kind drückt Legosteine besonders fest aufeinander. |
| | | Systematisches Bauen (LEG-SYB) | Es wird auffällig systematisch bzw. sehr geordnet und | Kind sammelt Legosteine auf dem Tisch oder in der Hand zusammen, um |

| | | |
|--------------------------------------|--|---|
| | strukturiert gebaut. | anschließend schneller bauen zu können. |
| Goldtalerposition lokalisieren (GPO) | Goldtaler werden bewusst an einem bestimmten Ort platziert. | Goldtaler werden von Mauern aus Legosteinen umgeben. |
| iPad bedienen (IBE) | Das iPad wird bedient. | Kind drückt auf Home-Button des iPads. |
| App (Symbolik) nutzen (ANU) | Beschäftigung mit der App; Nutzung der App, um Würfel zu verknüpfen. | Licht- und Alarmwürfelsymbole werden innerhalb der App ins große Feld gezogen. |
| | Systematischer Umgang App/iPad (ANU-SYM) | Kind verwendet iPad und nutzt App auffallend routiniert und kundig. Kind schaltet Bluetooth Verbindung am iPad ein und wieder aus. |

Hilfestellung nutzen (HIL) – Subkategorien

Die Subkategorien der Hauptkategorie „Hilfestellung nutzen“ fokussieren die zur Verfügung stehenden Hilfestellungen in Form der schriftlichen Anleitung, Bilderanleitung und des fertigen Beispiels (Tabelle 15). Bei der Entscheidung eines/r Probanden*in eine Hilfestellung einzusetzen, wurde der entsprechende Code gesetzt.

Tabelle 15 Codierleitfaden, Zusatzkategorie "Hilfestellung nutzen"

| Zusätzliche Hauptkategorie | Subkategorie | Definition | Beispiel |
|----------------------------|-------------------------------|---|--|
| Hilfestellung nutzen (HIL) | Schriftliche Anleitung (SHIL) | Schriftliche Anleitung wird gelesen. | Kind öffnet Umschlag 1 der schriftlichen Anleitung und liest den Text leise durch. |
| | Bilderanleitung (BHIL) | Bilder der Bilderanleitung werden angeschaut. | Kind schaut sich alle Bilder der Bilderanleitung der Reihe nach an. |
| | Fertiges Beispiel (FBHIL) | Fertiges Beispiel wird angeschaut. | Kind öffnet den Deckel der Legobox des fertigen Beispiels und ein lauter Alarmton geht an. |

Sonstiges (S) – Subkategorien

Die sechs Subkategorien der erstellten Hauptkategorie „Sonstiges“ lassen sich keiner der anderen Hauptkategorien zuordnen, können jedoch zusätzlich Aufschluss über das Problemlöseverfahren der Proband*innen geben. Sie wurden aus diesem Grund der Kategorie „Sonstiges“ zugeordnet (Tabelle 16). Die ausgewerteten Daten zur Hauptkategorie „Sonstiges“ wurden zur Analyse der einzelnen Problemlöseverläufe hinzugezogen.

Tabelle 16 Codierleitfaden, Zusatzkategorie "Sonstiges"

| Zusätzliche Hauptkategorie | Subkategorien | Definition | Beispiel |
|----------------------------|--------------------------------|---|--|
| Sonstiges (S) | Selbstgespräch (SEG) | Kind spricht während des Lösungsprozesses mit sich selbst. | Kind murmelt etwas vor sich hin. |
| | Unterhaltung (UNT) | Kind oder Beobachterin äußern sich verbal und wenden sich während des Lösungsverlaufs an den jeweils anderen. Die Gespräche beziehen sich nicht auf die Fragen des Leitfadeninterviews. | Kind richtet Frage an Beobachter*in. |
| | Geordneter Arbeitsplatz (GAR) | Kind strukturiert den eigenen Arbeitsplatz. | Kind räumt Arbeitsplatz auf, indem nicht genutzte Legosteine in die Legobox zurückgelegt werden. |
| | Problem mit Elektronik (PRELE) | Es tritt ein Problem mit den Würfeln, der App oder dem iPad auf, das der/die Proband*in nicht beeinflussen kann. | Obwohl die Würfel richtig angeschaltet werden, erkennt die App beide Würfel nicht. Beobachterin muss App resetten. |
| | Ablenkung Außenfaktor (AAU) | Durch ungewollten äußeren Einfluss wird Kind in seinem Problemlöseprozess unterbrochen oder abgelenkt (z.B. Lehrkraft, Schulkind, Lärm). | Klassenkamerad*innen betreten den Raum und suchen einen Fußball. |

7.4 Codierung der Daten

Ziel der vorliegenden Studie ist es, das Problemlöseverhalten von Kindern zwischen neun und zehn Jahren herauszuarbeiten und mögliche Muster im Vorgehen der Proband*innen zu

identifizieren. Das vorgestellte Kategoriensystem wurde für diese Zielerreichung entwickelt, denn es beinhaltet beobachtbare Schritte eines Problemlöseverlaufs. Der Entwicklungsprozess des Kategoriensystems wurde bereits dargestellt. Nun soll genauer erläutert werden, wie die Kategorien bei der Auswertung der Video- und Interviewdaten angewandt wurden.

7.4.1 Analyseeinheit

Während die Analyse von transkribierten Interviewdaten über die Zuordnung relevanter Textstellen des Interviews zu den Kategorien erfolgt (vgl. Rager et al., 1999), kann die Auswertung qualitativ erhobener Videodaten über zwei unterschiedliche Verfahren stattfinden (vgl. Böhm-Kasper, Schuchart, & Weishaupt, 2009; Mayring et al., 2005; Seidel, Kobarg, & Rimmele, 2003):

- Time-sampling Verfahren („timesampling“)
- Event-sampling Verfahren („eventsampling“)

Bei einem Time-sampling Verfahren werden die Erhebungsdaten in konstante, zuvor festgelegte Zeitintervalle unterteilt. Oftmals wird hierbei eine Zeiteinheit von 10 Sekunden gewählt. Jedes Zeitintervall wird dabei mit einem Code in Zusammenhang gebracht (vgl. Wagner, 2015). Kritisch hervorgehoben wird bei dieser Vorgehensweise, dass der Sinn von Gesprächsinhalten oder Handlungen durch das einmalige Codieren verloren gehen kann. Aufgrund dessen wird das Time-sampling Verfahren nicht für eine inhaltsanalytische Vorgehensweise empfohlen (Wagner, 2015, S. 98). Das Event-sampling Verfahren ist hingegen eine ereignisbezogene Auswertung von Datenmaterial. Die Dauer eines Transkriptionsintervalls ist bei diesem Verfahren davon abhängig, wie lang ein bestimmtes Ereignis andauert (vgl. Berner, Corvacho del Toro, Gabriel, & Denn, 2013; Mayring et al., 2005; Seidel, Kobarg, et al., 2003). Für die vorliegende Forschungsarbeit wurde eine ereignisbezogene Analyse der Daten vorgenommen. Die Codierung der Daten erfolgte entsprechend nach Ereignissen. Einem Ereignis können dabei mehrere Codes zugeordnet werden, wenn zum Beispiel während der Anwendung eines Problemlöseschritts außerdem ein Material verwendet oder eine sprachliche Äußerung getätigt wurde. Doppelcodierungen hinsichtlich der Hauptkategorien der Problemlöseschritte (siehe Tabelle 6) wurden hingegen vermieden, um eine spätere Auswertung der Daten zu vereinfachen. Des Weiteren wurden folgende Aktionen innerhalb der Auswertung des Problemlösens nicht berücksichtigt:

- Reine Mimik/Gestik der Proband*innen,
- Beobachter*in – Proband*in – Interaktion, die nicht mit dem Problemlösen in Zusammenhang stehen sowie

- Schüler*innen – Schüler*innen – Interaktion (z.B. indem ein nicht beteiligter Schüler*innen den Erhebungsraum betrat, um etwas aus dem Raum herauszuholen).

7.4.2 Analysesoftware MAXQDA

Um die Auswertung der Videos und Interviews zu ermöglichen, wurden diese in das qualitative Auswertungsprogramm MAXQDA – The Art of Data Analysis (Release 20.0.2; 1995 – 2020 Verbi GmbH Berlin) übertragen. Die Analysesoftware MAXQDA ermöglicht eine systematische Auswertung der Datenmenge nach den Regeln der qualitativen Inhaltsanalyse und wird in der Literatur für die qualitative Inhaltsanalyse von Videos und Interviews empfohlen (vgl. Kuckartz & Rädiker, 2019). Insbesondere für die Analyse der Videodaten erweist sich das Programm geeignet, da es eine zeitsynchrone Auswertung der entwickelten Beobachtungskriterien zulässt.

Um die gewonnenen Daten mit Hilfe der Software auszuwerten, wurden die 51 Videodateien in ein „mp4“-Format umgewandelt und anschließend in MAXQDA überführt. Die 24 Interviews wurden transkribiert und als „doc“-Format in die Analysesoftware übertragen. In MAXQDA wurde für jede/n Proband*in eine eigene Dokumentengruppe angelegt. Diese enthält je Proband*in zwei Videos (Vorder- und Rückansicht) und eine Interviewdatei. Allein den Proband*innen M11, M21 und J23 wurden jeweils drei Videodateien zugeordnet, da ihre Videoaufzeichnung während der Erhebung neu gestartet werden musste. Dies ergibt letztendlich 24 Dokumentengruppen.

Der Hauptfokus bei der Auswertung der 51 Videodateien lag auf der ersten Kameraeinstellung, welche die Vorderansicht beim Problemlösen aufnahm. Die Aufnahmen der Rückansicht der zweiten Kameraeinstellung wurden für die Auswertung von Handlungen am iPad hinzugezogen. Durch die Möglichkeit mit, MAXQDA einzelnen Ereignissen Codes zuzuordnen, konnte der Lösungsverlauf der Proband*innen analysiert und miteinander verglichen werden. Die gesetzten Codes wurden dabei mit einem schriftlichen Kommentar versehen, welcher die zu beobachtende Handlung zusammenfasst. Außerdem wurde jedem Code ein spezifisches „Gewicht“ zugeordnet, wenn die dort zu beobachtenden Handlungen von hoher oder geringer Bedeutung oder Qualität sind. Während alle Codierungen automatisch mit einer Gewichtung von „50“ versehen wurden, erhielten besonders aussagekräftige Codes die Gewichtung „100“ und wenig aussagekräftige Codes die Gewichtung „0“. Durch diese Maßnahme kann der Problemlöseverlauf der Proband*innen schriftlich dokumentiert und ggf. nach auffälligeren und weniger auffälligen Handlungen sortiert werden, was die Sichtung und spätere Auswertung des Materials erleichterten. Mit Hilfe der zur Verfügung stehenden „Visual

Tools“ (z.B. Code-Matrix- und Code-Relations-Browser, Dokument-Portrait, Codeline) und Analysefunktionen (z.B. Codehäufigkeiten, Codeabdeckungen, Intercoder-Übereinstimmung) des Programms MAXQDA konnten die vergebenen Codes anschließend betrachtet und die Ergebnisse ausgewertet werden.

Innerhalb der 24 Interviews wurden einzelne Textstellen analysiert und verglichen. Auch hier wurde die Qualität einzelner Textteile gewichtet („100“, „50“ oder „0“) und die Kommentarfunktion einzelner Codes für wichtige Anmerkungen verwendet. Die Summary-Funktion des Programms wurde zusätzlich eingesetzt, um codierte Aussagen der Proband*innen in eigenen Worten zusammenzufassen. Die „Visual-Tools“ und Analysefunktionen von MAXQDA wurden auch hier beim Analysieren der Codes hinzugezogen.

7.5 Güte der Codierungen

Innerhalb der qualitativen Studie wurde die Einordnung der Gütekriterien nach Bortz und Döring (2006) vorgenommen. Die Gütekriterien setzten sich aus den Hauptgütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität zusammen, die im Rahmen einer qualitativen Forschung voneinander abhängig sind. Im Zentrum einer qualitativen Erhebung und Auswertung steht dabei die Intercoder-Reliabilität, welche zur Messung der prozeduralen Übereinstimmung zwischen mehreren unabhängigen Codierer*innen beiträgt. Bei einer hohen Intercoder-Reliabilität ist von einer Einhaltung der Objektivität und Validität auszugehen (vgl. Misoch, 2015; Rager et al., 1999; Wagner, 2015).

7.5.1 Reliabilität

Die Codierung der Daten erfolgte durch eine Hauptcodiererin (Autorin). Mittels des entwickelten Kategoriensystems wurden die Video- und Interviewdaten gesichtet und codiert. Die Stabilität der Zuordnung der Codierungen wurde zunächst durch die Codierung und anschließende Re-Codierung des Datenmaterials an zwei unterschiedlichen Zeitpunkten durch die Hauptcodiererin überprüft (vgl. Krippendorff, 1980; Mayring, 1983): Nachdem alle erhobenen Videodateien innerhalb von fünf Monaten von der Hauptcodiererin codiert wurden, erfolgte im Anschluss eine Doppelt-Codierung von drei zufällig ausgewählten Videos. Die Codierungen wurden anschließend mit Hilfe des Softwareprogramms MAXQDA verglichen und überarbeitet, bis eine Übereinstimmung von mindestens 90% zwischen den analysierten Videodateien ermittelt wurde. Anschließend wurden die Codierungen der restlichen 48 Videos in einem zweiten Durchlauf über einen Zeitraum von drei Monaten entsprechend überarbeitet.

Um die Reliabilität des Codiersystems zu gewährleisten, wurde ein Teil des Datenmaterials zusätzlich durch unabhängige Codierer*innen codiert (vgl. Bortz & Döring, 2006; Mayring, 2015; Misoch, 2015). Diese wurden mit Hilfe des Kategorienleitfaden und einer Einführung in die Analysesoftware von der Autorin für eine Codierung des Materials geschult. Im Rahmen einer Überprüfung der Intercoder-Reliabilität wurde anschließend die Übereinstimmung der Codierungen von zwei unabhängigen Codierer*innen an mehreren Segmenten des Datenmaterials gemessen. Ziel der Prüfung der Reliabilität ist es, ungeschlüsselte Codevergaben aufzudecken und kritisch zu hinterfragen (vgl. Wagner, 2015; Waldis, Gautschi, Hodel, & Reusser, 2006).

Mit Hilfe der Software MAXQDA kann die Übereinstimmung bei der Vergabe von Codes zwischen zwei Codierer*innen auf dem Vergleichslevel Segment ausgegeben werden (vgl. Barth, 2017; VERBI Software GMBH, 2017). Dabei überprüft die Software, ob die Codierer*innen die identische Kategorie einem Ereignis zugeordnet haben und mit welchem prozentualen Anteil eine Übereinstimmung stattfand (vgl. Barth, 2017; VERBI Software GMBH, 2017, S. 159). Dabei ist anzumerken, dass die Software identische Codierungen von zwei Codierer*innen nur als Übereinstimmung wertet, wenn diese auch in ihrer zeitlichen Länge genau übereinstimmen. Es besteht zwar die Möglichkeit, die Prozentschwelle für die Übereinstimmung der Zeitlänge anzupassen (z.B. Codeüberlappung an Segmenten von mindestens 50%), dennoch führt dies bei einer zu hohen Toleranz zur Unschärfe zu (z.B. Barth, 2017). Von der Autorin wurde eine Prozentschwelle von 80% für das videobasierte Datenmaterial festgelegt. Für die interviewbasierten Daten wurde hingegen eine Prozentschwelle von 95% definiert.

Es wird empfohlen, 10% des gesamten Datenmaterials mit Hilfe der Intercoder-Reliabilität zu überprüfen (vgl. Lombard, Snyder-Duch, & Bracken, 2002, S. 601). Demgemäß wurden drei Videos und drei Interviews durch jeweils zwei unabhängige Codierer*innen codiert. Es wurde eine durchschnittliche prozentuale Segmentübereinstimmung von 77,6% bei den videobasierten Daten und 88,6% bei den interviewbasierten Daten errechnet. Es kann daher von einer zufriedenstellenden Reliabilität ausgegangen werden (vgl. Lotz, 2016).

Zusätzlich wurde der Wert der prozentualen Übereinstimmung auf Zufälligkeit geprüft (vgl. Wagner, 2015; Wirtz & Caspar, 2002). Hierfür wurde der Kappa(κ_n)-Wert nach Brennan und Prediger (1981) berechnet. Der κ_n -Wert kann äquivalent zum Cohen's Kappa (κ) verstanden werden (vgl. von Eye, 2006). Der Wert basiert auf der prozentualen Übereinstimmung und berücksichtigt bei seiner Berechnung die zufällige Wahrscheinlichkeit, dass die richtige Codierung vergeben wurde (vgl. Bortz & Döring, 2006; Lotz, Berner, & Gabriel, 2013). Der

Mindestwert wurde hierbei auf $\kappa = .70$ festgelegt (vgl. Fleiss & Cohen, 1973; Lotz et al., 2013, S. 96). Liegt der Wert über $\kappa = .70$ deutet dies auf eine gute Übereinstimmung hin. Im Rahmen der Erhebung wurde ein durchschnittlicher Wert von $\kappa_n = .76$ für die videobasierten Daten und $.87$ für die interviewbasierten Daten errechnet. Das Kategoriensystem kann somit als reliabel gewertet werden (vgl. Landis & Koch, 1977).

7.5.2 Objektivität

Die Objektivität schließt die Neutralität des Forschenden im Hinblick auf die Datenauswertung und Ergebnisinterpretation ein (vgl. Misoch, 2015). Die Vergabe der Codes muss unabhängig erfolgen und darf nicht vom Forschenden beeinflusst werden (vgl. Bortz & Döring, 2006). Da bei einer qualitativen Analyse oftmals eine Subjektivität nicht zu vermeiden ist, wird darauf verwiesen, die Subjektivität zu kontrollieren, indem zum Beispiel Vorurteile vermieden werden und eine sensible Datenaufbereitung und regelgeleitete Datenauswertung angestrebt wird. Die Kontrolle der Objektivität kann durch die Intercoder-Reliabilität erfolgen, denn sie beschäftigt sich mit der Unabhängigkeit im Codieren und überprüft die Übereinstimmung zwischen den Beobachtungen unabhängiger Auswerter*innen (Bortz & Döring, 2006; Misoch, 2015; Rager et al., 1999; Wagner, 2015). Da das innerhalb der Studie entwickelte Codiersystem nach Überprüfung als reliabel gilt, wird angenommen, dass auch die Objektivität der Studie gewährleistet ist.

7.5.3 Validität

Die Validität befasst sich mit der Gültigkeit von Daten (vgl. Misoch, 2015, S. 238). Die Datenerhebung innerhalb dieser Forschungsarbeit fand in der natürlichen Schulumgebung der Proband*innen statt. Auch die Kommunikation zwischen der Beobachterin und Proband*innen erfolgte ungezwungen (vgl. Bortz & Döring, 2006; Misoch, 2015). Die Erhebungssituation sollte den Proband*innen die Möglichkeit geben, auf Problemstellung und Interviewfragen authentisch einzugehen. Einer Verzerrung der Daten sollte bestmöglich entgegengewirkt werden.

Die Datenauswertung erfolgte mittels einer wiederkehrenden Betrachtung des Datenmaterials und Überarbeitung des Kategoriensystems. Es wurde ein Kategorienleitfaden mit Codedefinitionen und Ankerbeispielen erstellt (vgl. Bortz & Döring, 2006). Der Kategorienleitfaden basiert auf theoretischen Grundlagen sowie dem erhobenen Datenmaterial und wurde in ständiger Reflexion und wechselseitigem Austausch erarbeitet (vgl. Lotz et al., 2013). Der erarbeitete Kategorienleitfaden wurde als Grundlage für die Codierung aller Daten verwendet (siehe Kapitel 7.3.3). Durch die Messung der prozentualen Übereinstimmung

zwischen mehreren unabhängigen Codierer*innen konnte die Qualität des Codierleitfadens überprüft werden. Durch den erreichten Wert bei der Intercoder-Reliabilität kann von einer guten Beobachter*innen-Übereinstimmung ausgegangen werden, was auch auf eine gute Validität der Studie hinweist (vgl. Wirtz & Caspar, 2002).

8 Auswertung und Interpretation der Forschungsdaten

Um die im Fokus stehende Forschungsfrage „Wie lösen Kinder zwischen neun und zehn Jahren ein technisches konstruktionsbasiertes Problem?“ zu beantworten, erfolgt die Auswertung der Daten von 24 Proband*innen. Dabei werden zunächst die Videoaufzeichnungen der 24 Proband*innen zum Lösen einer technischen konstruktionsbasierten Problemstellung analysiert (Kapitel 8.1.1) und in einem zweiten Schritt zusätzlich die Leitfadeninterviews zur Auswertung hinzugezogen (Kapitel 8.1.2). Für die Ergebnisauswertung werden die folgenden Unterfragen zur Forschungsfrage berücksichtigt:

- 1.1 Welche Problemlöseschritte durchlaufen neun- und zehnjährige Kinder beim Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems?
- 1.2 Inwieweit und in welcher Abfolge implementieren neun- und zehnjährige Kinder systematisch Problemlöseschritte in ihren Lösungsverlauf?
- 1.3 Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede finden sich im Lösungsverlauf von neun- und zehnjährigen Kindern wieder?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die erhobenen Forschungsdaten in Kapitel 8.1 zunächst übergeordnet für die gesamte Stichprobe ausgewertet. Es folgt anschließend in Kapitel 8.2 eine detaillierte Auswertung der individuellen Problemlöseverläufe, woraus sich strukturelle Problemlösemuster ableiten lassen können. Schließlich werden in Kapitel 8.3 auf Grundlage der zuvor herausgearbeiteten spezifischen Problemlösemuster stilisierte Problemlöseverläufe erstellt.

8.1 Problemlösevorgang der Stichprobe

Für die Ergebnisauswertung werden zunächst die übergeordneten Merkmale des Problemlösens innerhalb der Stichprobe identifiziert, um einen übergeordneten Blick auf den Lösungsverlauf der Stichprobe zu erhalten. Anschließend werden die einzelnen Lösungsverläufe der Proband*innen ausgewertet (siehe Kapitel 8.2).

8.1.1 Umsetzung von (Teil-) Lösungen unter Einbezug der verfügbaren Materialien

Eine erfolgreiche Problemlösung hängt im Rahmen des für die vorliegende Forschungsstudie entwickelten technischen konstruktionsbasierten Problems mit dem Verstehen und der korrekten Verwendung aller für die Lösung zur Verfügung stehenden Materialien zusammen. Dies umfasst:

- (1) das manuelle Anschalten der Würfel (Alarmwürfel und Lichtwürfelsensor),
- (2) das Aktivieren und Bedienen des iPads,

- (3) das Verwenden der App (Symbolik) zur Verknüpfung der durch Bluetooth übertragenen Würfelsymboliken,
- (4) das Bauen eines abgedunkelten Schutzraums aus Legobausteinen,
- (5) das Positionieren der zu schützenden Goldtaler im abgedunkelten Schutzraum,
- (6) das Positionieren der angeschalteten Würfel (Alarm- und Lichtwürfelsensor) im abgedunkelten Schutzraum sowie
- (7) das korrekte Nachvollziehen der Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage.

Abbildung 19 führt alle oben genannten Materialien in einem Baumdiagramm auf. Ein Material gilt als korrekt verstanden, wenn die Lösung der Proband*innen oder Teile ihrer Lösung mit einer der in Kapitel 6.1.3 aufgeführten Lösungsvarianten übereinstimmt. Entsprechend kann der jeweilige Materialeinsatz als „verstanden“ oder „nicht verstanden“ gewertet werden.

(1.) Insgesamt 19 der 24 Proband*innen konnten die beiden Würfel (Licht- und Alarmwürfel) manuell korrekt anschalten, sodass jeweils ein Licht beim Alarmwürfel und Lichtwürfelsensor aufleuchtet, welches ihre weitere Einsatzbereitschaft signalisiert.

(2.) Den Einsatz des iPads haben vier der 24 Proband*innen nicht verstanden, da sie dieses nicht zur Problembearbeitung einsetzten (M2, J13, M19, M25). Zur korrekten Handhabung des iPads zählt, dass das iPad durch die Touch-Funktion oder das Drücken des Home-Buttons angeschaltet oder aktiviert wird, falls sich der Bildschirm verdunkelt hat. Alle verbleibenden 20 Proband*innen konnten das iPad anschalten und aktivieren. Für die Nutzung des iPads haben die Proband*innen eine kurze Einweisung erhalten.

(3.) Die Applikation (App) „Sam Lab“ mit der zugehörigen digitalen Symbolik wurde von 17 Proband*innen richtig verwendet. Im Gegensatz dazu waren es sieben Proband*innen, die die Funktionsweise und Handhabung der App nicht korrekt verstanden und nicht korrekt mit der Alarmanlage verbinden konnten (J1, M2, J3, J13, J14, M19, M25). Zu diesen sieben Kindern zählen unter anderen die vier Proband*innen, die auch das iPad nicht zur Problembearbeitung einsetzten (M2, J13, M19, M25).

(4.) Das Material „Schutzraum aus Lego bauen“ wurde von allen 24 Proband*innen für das Lösen des Problems genutzt und das Material wurde somit „verstanden“. Dabei haben sechs Proband*innen einen Safe oder Tresor aus Legosteinen gebaut (M8, M11, J13, J14, J17, M18). Drei Probandinnen haben jeweils eine Art Fach bzw. Schließfach (M19) oder eine Box (M4, M21) gebaut. Fünf Proband*innen beschreiben ihren Schutzbau als ein Haus mit Innenraum (J1, M2, J5, M6, J22). Zwei weitere Proband*innen erläutern ihren Schutzbau etwas genauer: M26 beschreibt ihn als ein videoüberwachtes Gebäude und J3 als Bankgebäude. Drei Proband*innen verbinden mit ihrem jeweiligen Schutzbau eine Burg (J7), ein Verlies (M25)

oder eine Pyramide (J9). Allein M12 gibt eine unklare Beschreibung eines einfachen Gebäudes ab.

(5.) Das Material „Goldtaler“ haben 23 Proband*innen richtig in ihre Lösung integriert. Einzig J20 hat die Goldtaler nicht für die Lösung berücksichtigt.

(6.) Insgesamt haben 17 Proband*innen das Material „Lichtwürfelsensor und Alarmwürfel“ richtig in ihrer Lösung etabliert. Sie haben den Lichtwürfelsensor, zum Teil in Verbindung mit dem Alarmwürfel, gemeinsam mit den Goldtalern in einem abgedunkelten Schutzraum positioniert. Die verbleibenden sieben Proband*innen haben die beiden Würfel gar nicht oder nicht korrekt in ihre Lösung integriert. Entsprechend haben sie nicht verstanden, dass mindestens der Lichtwürfel gemeinsam mit den Goldtalern in einen abgedunkelten Schutzraum positioniert werden muss. Von diesen sieben Proband*innen bauten zwei Proband*innen einen eigenen Innenraum oder ein eigenes Zusatzgebäude für beide Würfel (M6, J20) und weitere fünf Proband*innen positionierten den Alarm- sowie Lichtwürfel außerhalb des Schutzbaus im Hellen (M2, J5, M19, M25, M26).

(7.) 17 Proband*innen verstanden die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage und konnten die Alarmanlage in ihre Lösung einbauen oder der Interviewerin das Prinzip der Alarmanlage im anschließenden Leitfadeninterview erklären. Die sieben Proband*innen, die das Prinzip der Alarmanlage nicht richtig umsetzten, hatten das Prinzip der Alarmanlage entweder missverstanden, indem sie davon ausgingen, dass es sich um einen Bewegungsmelder handelt (z.B. M6) oder sich gar nicht weiter mit der Alarmanlage auseinandergesetzt (z.B. M25).

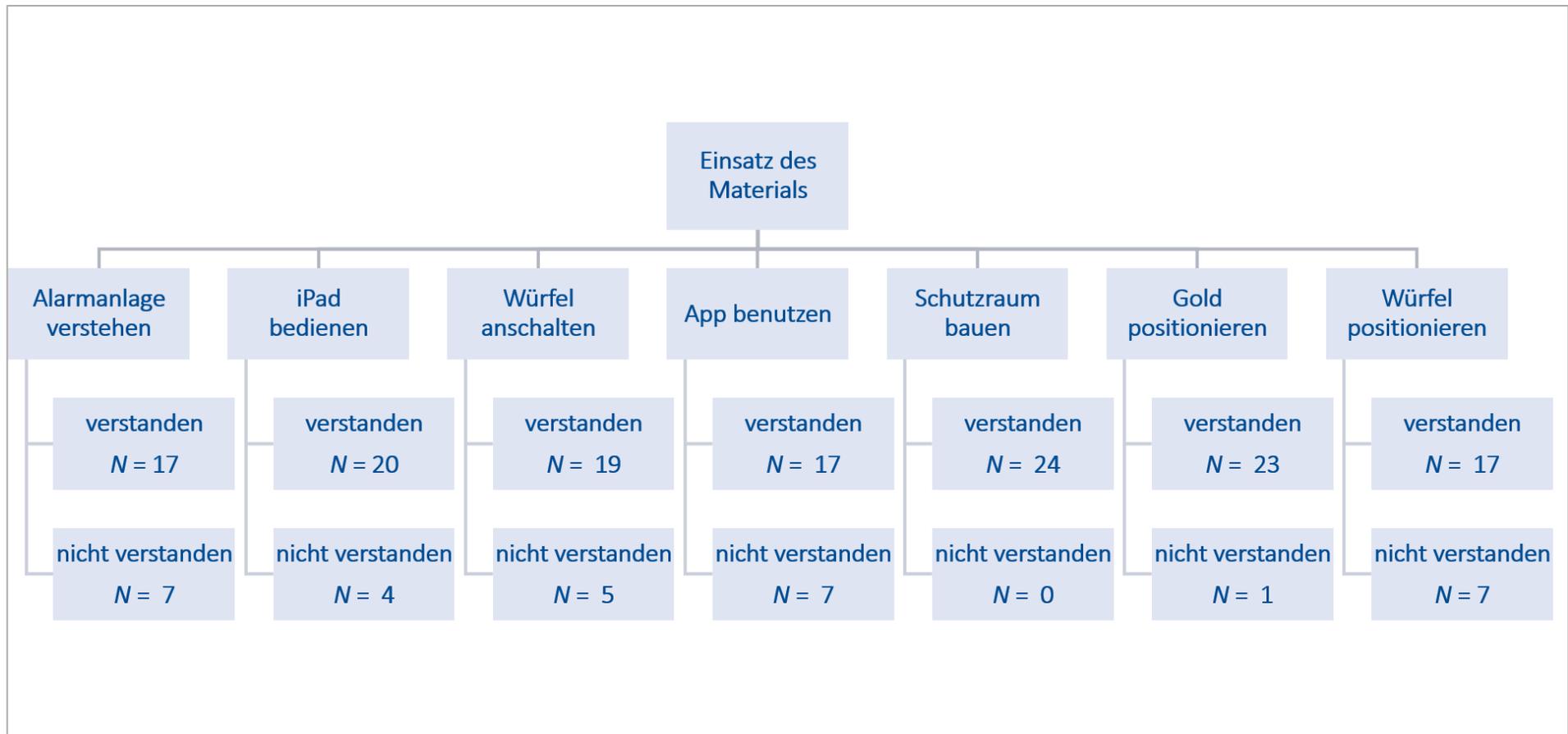


Abbildung 19 Einsatz des Materials

Die zur Verfügung stehenden Materialien können zwei Problemräumen zugeordnet werden (vgl. Edelmann, 2000): Zum einen dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“ und zum anderen dem Problemraum „Alarmanlage installieren“. Während der Problemraum „Schutzraum konstruieren“ die Materialien Lego und Goldtaler einschließt, bezieht der Problemraum „Alarmanlage installieren“ die Materialien Würfel, iPad und App (Symbolik) mit ein. Diese Materialien müssen richtig verstanden und genutzt werden, damit Alarmanlage und Schutzbau richtig miteinander verknüpft werden und eine korrekte Lösung erreicht werden kann. Tabelle 17 liefert eine Übersicht, inwieweit die beiden Problemräume im Rahmen der Erarbeitung einer Lösung für die Problemstellung miteinander verbunden sind. Dafür werden drei Dimensionen gebildet: „Schutzraum konstruieren“, „Alarmanlage installieren“ und „Alarmanlage und Schutzbau verknüpfen“. Jede dieser Dimension enthält drei Level, die es zu erreichen gilt, damit eine Lösung als korrekt gewertet werden kann.

Tabelle 17 Dimensionen zur Verknüpfung des Material Einsatzes und Level zur Lösungserarbeitung

| Dimensionen | | | |
|-------------|---|---|---|
| Level | Problemraum 1 (P1): Schutzraum konstruieren | Problemraum 2 (P2): Alarmanlage installieren | Verknüpfung P1 + P2: Alarmanlage und Schutzbau verknüpfen |
| 1. Level | Die Proband*innen bauen einen Schutzraum aus Lego. | Lichtwürfelsensor und Alarmwürfel werden angeschaltet. | Mindestens der Lichtwürfelsensor wird im Schutzraum oder in Nähe des Schutzbaus positioniert. |
| 2. Level | Die Goldtaler werden im Schutzraum oder in Nähe des Schutzbaus aus Lego positioniert. | Das iPad wird anschaltet und die dort geöffnete App (Symbolik) genutzt. | Der Lichtwürfelsensor wird mit den Goldtalern gemeinsam im abgedunkelten Schutzraum positioniert. |
| 3. Level | Der Schutzbau aus Lego enthält einen abgedunkelten Raum für die Goldtaler. | Die in der App abgebildeten Würfelsymbole werden miteinander verbunden. | Die Hell-Dunkel-Funktionsweise der Alarmanlage wird verstanden. |

Erreicht ein/e Proband*in alle drei Level der drei Dimensionen kann er/sie das Problem korrekt lösen. Das Spinnennetzdiagramm in Abbildung 20 bildet die drei Level aller drei Dimensionen grafisch ab und das eingezeichnete Dreieck stellt das ideale Einbeziehen aller Materialien in die Lösungserarbeitung dar. Entsprechende Spinnennetzdiagramme wurden für alle Proband*innen erstellt und für die Auswertungen in Kapitel 8.2 einbezogen.

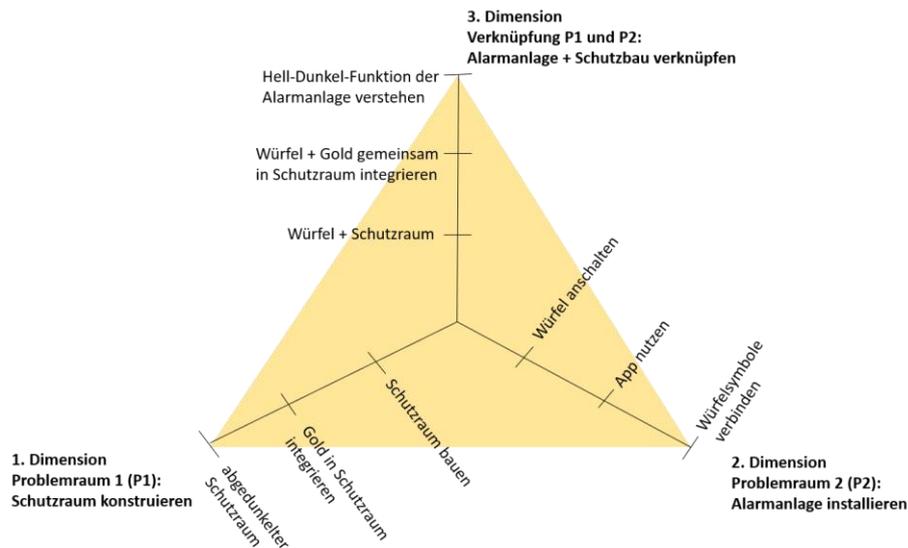


Abbildung 20 Spinnennetzdiagramm zur dreidimensionalen Darstellung des vollständigen Einbezugs der Materialien für die Problemlösung; Erstellt in Anlehnung an Feltes (2016)

Einsatz einer zusätzlichen Hilfestellung

Als zusätzliche Unterstützung konnten die Proband*innen während des Problemlöseverfahrens auf eine Hilfestellung zurückgreifen. Zur Auswahl wurden eine schriftliche Anleitung, eine Bilderanleitung und ein fertiges Beispiel bereitgestellt, jeweils verpackt in einen von außen nicht einsehbaren Karton. Entschied sich ein/e Proband*in während des Problemlösens für eine Hilfestellung, konnte diese für den gesamten weiteren Lösungsverlauf verwendet werden. Dreizehn Proband*innen entschieden sich im Lösungsverlauf dafür eine Hilfestellung zu nutzen. Drei Proband*innen verwendeten die schriftliche Anleitung, acht Proband*innen die Bilderanleitung und zwei männliche Probanden das fertige Beispiel (Tabelle 18). Eine Übersicht aller Proband*innen, die das Problem mit oder ohne Hilfestellung korrekt bzw. nicht korrekt lösen konnten, bietet Tabelle 20.

Tabelle 18 Mögliche Hilfestellungen und Nutzung

| Angeborene Hilfestellung | Proband*innen |
|--------------------------|--|
| Schriftliche Anleitung | M4, M12, J23 |
| Bilderanleitung | J5, M10, M11, J14, M16, J17, M21, J22, |
| Fertiges Beispiel | J3, J9 |

Von den 13 Proband*innen die eine Hilfestellung verwendeten, konnten zehn das Problem richtig lösen.

(S1) Hilfestellung von Beginn an:

Besonders viel Unterstützung mittels Hilfestellungen benötigten die Proband*innen M10 und J23 (siehe Tabelle 19). J23 kann im Lösungsverlauf keinen eigenen Lösungsansatz entwickeln und zieht die schriftliche Anleitung fast unmittelbar hinzu. Er nutzt die Hilfestellung für den gesamten Lösungsverlauf und kann dadurch schließlich alle Materialien korrekt verwenden. M10 hatte bereits vor dem Hinzuziehen der Hilfestellung wenige Materialien eigenständig richtig verstanden. Lediglich die Würfel konnte M10 selbstständig anschalten, bevor sie zu einer Hilfestellung griff. Dementsprechend startet M10 mit der Problembearbeitung erst nach Hinzuziehen der Hilfestellung und nutzt die Hilfestellung dann für den gesamten Lösungsverlauf. Letztendlich können M10 und J23 das Problem richtig lösen.

Tabelle 19 Einsatz der angebotenen Hilfestellungen durch Proband*innen

| Szenario | (zeitlicher) Einsatz Hilfestellung | Proband*innen |
|----------|---|----------------------|
| S1 | Zu Beginn des Lösungsverlaufs, da kein eigener Lösungsansatz entwickelt wird | M10, J23 |
| S2 | Nach dem Erproben eines ersten eigenen Lösungsansatzes wird mit der Hilfestellung eine neue Lösung entwickelt | J14 |
| S3 | Im Lösungsverlauf, für die Installation der Alarmanlage | J3, M12, J22 |
| S4 | Im Lösungsverlauf, für die Nutzung der App (Symbolik) | M11, M21 |
| S5 | Gegen Ende des Lösungsverlaufs zum Abgleich der eigenen Lösung | M4, J5, J9, M16, J17 |

(S2) Hilfestellung nach dem ersten Lösungsansatz:

J14 kann bereits eine erste Idee hinsichtlich des Schutzraums aus Legosteinen umsetzen, bevor er zu einer Hilfestellung greift. Dennoch startet J14 nach dem Hinzuziehen der Hilfestellung die Problembearbeitung noch einmal neu und nutzt die Hilfestellung für den gesamten Lösungsverlauf. Im Lösungsverlauf hat J14, trotz Nutzung der Hilfestellung, Schwierigkeiten mit der App (Symbolik) und kann das Problem nicht korrekt lösen.

(S3) Hilfestellung im Lösungsverlauf für die Alarmanlage:

J3, M12 und J22 hatten bereits eigenständig einen Schutzraum aus Lego für die Goldtaler gebaut, bevor ihnen das Anschalten der Würfel misslingt und sie sich für eine Hilfestellung entscheiden. Anschließend wurde die Hilfestellung auch für das weitere Verstehen der Alarmanlage eingesetzt (App-Nutzung, Hell-Dunkel-Funktion Alarmanlage, Würfelposition). Allein bei J3 ist unklar, ob die Hilfestellung bereits zur richtigen Verwendung des iPads Einsatz finden musste. Von dieser Gruppe kann allein J3 das Problem nicht richtig lösen.

(S4) Hilfestellung im Lösungsverlauf für allein ein Material:

Zwei Probandinnen (M11, M21) hatten bereits einen Schutzraum aus Legosteinen für die Goldtaler gebaut und die beiden Würfel angeschaltet, bevor sie sich für eine Hilfestellung entschieden. Sie benötigten die Hilfestellung, um die App zu verstehen. Die Hilfestellung half ihnen dabei, eine Verknüpfung zwischen den beiden Würfelsymbolen in der App herzustellen. Dabei ist bei M11 unklar, ob die Hilfestellung auch bereits zur richtigen Bedienung des iPads Einsatz finden musste oder ob dies ohne Hilfestellung hätte gelöst werden können. Beide Probandinnen können anschließend die Würfel richtig im Schutzraum positionieren, optimierten gegebenenfalls ihren Schutzraum noch einmal, und konnten das Problem richtig lösen. Dabei fällt auf, dass sich M21 nach der Zuhilfenahme der Anleitung dazu entschließt, ihre bereits detailreiche Lösung eines eigenen Legoschutzbaus grundlegend, im Sinne der Hilfestellung, zu überarbeiten.

(S5) Hilfestellung gegen Ende des Lösungsverlaufs:

Insgesamt fünf Kinder (M4, J5, J9, M16, J17) befinden sich bereits am Ende ihres Lösungsverlaufs, als sie sich für eine Hilfestellung entscheiden. Mit der Hilfestellung wollen sie die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage besser verstehen (J5, J9) und sich der Richtigkeit ihrer eigenen Lösung versichern (M4, J5, J9, M16, J17). Die Lösungen von M4, J5 und M16 weisen dabei einen Fehler in der Würfelposition auf. Während M4 und M16 ihre Lösungen überarbeiten, entscheidet sich J5, trotz Sichtung der Bilderanleitung, für eine falsche Position der Würfel in seiner Lösung, sodass die Alarmanlage nicht richtig funktionieren kann. Außer J5 haben aus dieser Gruppe alle Proband*innen das Problem richtig gelöst.

Tabelle 20 Übersicht Lösungsumsetzung mit und ohne Hilfestellung

| Lösungsumsetzung | mit Hilfestellung | ohne Hilfestellung | Gesamt |
|------------------|-------------------|--------------------|--------|
| richtige Lösung | 3 | 10 | 13 |
| falsche Lösung | 8 | 3 | 11 |
| keine Lösung | 0 | 0 | 0 |
| | 11 | 13 | 24 |

Zwischenfazit

- Das Bauen eines Legoschutzraums haben alle 24 Proband*innen richtig verstanden und das sichere Positionieren der Goldtaler haben fast alle Proband*innen (23 Proband*innen) richtig verstanden.

- Die Bedienung des iPads haben 20 Proband*innen richtig verstanden. Jene vier Proband*innen, die hier der Einteilung „nicht verstanden“ zu geordnet wurden, haben das iPad nicht zur Problembearbeitung hinzuzogen.
- Die größten Schwierigkeiten hatten die Proband*innen mit dem Materialeinsatz „Würfel positionieren“.
- Die korrekte Nutzung der App und das Verstehen der Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage waren die zweitgrößten Hindernisse beim richtigen Lösen des Problems.
- Wurde die App nicht für die Problemlösung verwendet, wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die Hell-Dunkel-Funktionsweise der Alarmanlage nicht richtig verstanden.
- Elf Proband*innen nutzen keine zusätzliche Hilfe für die Problembearbeitung. Von ihnen konnten drei Kinder das Problem korrekt lösen.
- Insgesamt 13 Proband*innen verwendeten zum Lösen des Problems eine Hilfestellung. Von diesen konnten zehn das Problem richtig lösen.
- Ein häufiger Grund für das Hinzuziehen einer Hilfestellung war das Absichern der eigenen Lösung.

8.1.2 Einfluss der Bearbeitungszeit und Schrittwechsel auf den Lösungsverlauf

Die 24 Proband*innen wenden in Summe 10 Stunden für das Lösen des Problems auf. Im Durchschnitt setzen sie sich 1.453 Sekunden (24,2 Minuten) mit der Problembearbeitung auseinander. Deutlich mehr Zeit als die Durchschnittszeit und im Vergleich die längste Bearbeitungszeit verbringt mit 3.133 Sekunden (52,2 Minuten) M21 mit dem Lösen des Problems. Auch die Proband*innen J5, J7, M11 und M18 liegen mit 2.181 bis 2.814 Sekunden deutlich über der Durchschnittszeit. Im Gegensatz dazu beendet J13 seine Problembearbeitung nach 389 Sekunden (6,9 Minuten) am schnellsten und auch M2 und M19 verbringen mit jeweils 543 und 531 Sekunden deutlich weniger Zeit mit dem Lösen des Problems als der Rest der Proband*innen.

Tabelle 21 und Tabelle 22 enthalten eine Übersicht der aufgewendeten Gesamtzeiten je Proband*in unter Angabe ob die Problemlösung erfolgreich war und ob eine Hilfestellung in Anspruch genommen wurde. Ein Vergleich der benötigten Bearbeitungszeiten in Verknüpfung mit einer erfolgreichen Problemlösung verdeutlicht, dass Proband*innen die länger als die Durchschnittszeit zur Bearbeitung des Problems benötigten, eher eine richtige Lösung erreichten. Insgesamt elf Proband*innen (J1, J5, M6, J7, M8, J9, M11, J14, M16, M18, M21) benötigten mehr als die durchschnittliche Bearbeitungszeit. Von ihnen können sieben

Proband*innen (rd. 64%) das Problem korrekt lösen können (J7, M8, J9, M11, M16, M18, M21). Es erreichen dabei mehr weibliche als männliche Proband*innen eine korrekte Lösung für das Problem (Mädchen=5; Jungen=2). Von den sieben Proband*innen, die hierbei das Problem korrekt lösen, nutzten vier eine Hilfestellung (Mädchen=3; Jungen=1). Eine Bearbeitungszeit unter der Durchschnittszeit lässt sich bei 13 Proband*innen feststellen (M2, J3, M4, M10, M12, J13, J17, M19, J20, J22, J23, M25, M26). Die 13 Proband*innen lösten das Problem seltener richtig. Insgesamt sechs von ihnen (rd. 46%) können das Problem richtig lösen (M4, M10, M12, J17, J22, J23) und alle ausschließlich mit einer Hilfestellung. Es erreichten gleich viele Jungen und Mädchen eine korrekte Problemlösung.

Eine Verknüpfung der in Kapitel 8.1.1 vorgestellten Materialien zur Lösungsreichung, mit der in diesem Kapitel diskutierten Bearbeitungszeit, lässt darauf schließen, dass Proband*innen, die in ihrem Lösungsverlauf mehr Materialien korrekt eingesetzt haben, mehr Zeit für die Problembearbeitung benötigten. Diese Tendenz zeigt sich bei neun Proband*innen (J1, M6, J7, M8, J9, M11, M16, M18, M21). Sie haben mehr als die Durchschnittszeit für die Problembearbeitung gebraucht und sechs oder sieben der zur Verfügung stehenden Materialien richtig verstanden und eingesetzt. Hingegen haben sieben Proband*innen weniger Zeit als die Durchschnittszeit für die Problembearbeitung gebraucht und dennoch sechs oder sieben Materialien richtig verstanden haben (J3, M4, M10, M12, J17, J22, J23). Im Gegensatz zur ersten Gruppierung nutzte in dieser Gruppe jedoch jede/r Proband/in eine Hilfestellung zur Unterstützung.

Tabelle 21 und Tabelle 22 bilden zusätzlich die Anzahl der Schrittwechsel in Bezug auf die verwendeten Problemlöseschritte der Proband*innen ab. Der Schrittwechselwert gibt Aufschluss über die Anzahl der Wechsel zwischen den Hauptkategorien „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“ und „Lösung reflektieren“ im Lösungsverlauf der Proband*innen. Zusätzlich wird die Hauptkategorie „Hilfestellung nutzen“ mit einbezogen (siehe Kapitel 7.3.3). Die Auswertung der Schrittwechsel liefert Hinweise darauf, wie oft Proband*innen zwischen den vorgestellten Hauptkategorien wechseln. Entsprechend können in späteren Auswertungen Rückschlüsse gezogen werden, inwieweit einzelne Problemlöseschritte Einfluss auf den Problemlöseverlauf der Proband*innen nehmen. Die Abbildung 21 zeigt wie ein solcher Schrittwechsel am Beispiel des Lösungsverlaufs von Proband J1 aussieht. Es wurde für alle 24 Proband*innen ein grafischer Schrittwechsel erstellt.

Tabelle 21 Lösungszeit (in Sekunden), Wechsel Problemlöseschritte, Erfolgreiche Lösung, Einsatz Hilfestellung; Proband*innen J1 – J13

| Proband | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|----------------------------------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Bearbeitungszeit (in Sek.) | 1.459 | 543 | 1.401 | 1.010 | 2.300 | 1.497 | 2.181 | 1.504 | 1.787 | 1.390 | 2.814 | 1.440 | 389 |
| Schrittwechsel (Hauptkategorien) | 31 | 19 | 47 | 39 | 59 | 30 | 85 | 64 | 62 | 67 | 157 | 46 | 9 |
| Erfolgreiche Lösung | - | - | - | Ja | - | - | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | - |
| Hilfestellung | - | - | Ja | Ja | Ja | - | - | - | Ja | Ja | Ja | Ja | - |

Tabelle 22 Lösungszeit (in Sekunden), Wechsel Problemlöseschritte, Erfolgreiche Lösung, Einsatz Hilfestellung; Proband*innen J14 – M26

| Proband | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 |
|----------------------------------|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-----|
| Bearbeitungszeit (in Sek.) | 1.688 | 1.468 | 862 | 2.127 | 531 | 727 | 3.133 | 1.369 | 844 | 1.397 | 989 |
| Schrittwechsel (Hauptkategorien) | 40 | 49 | 34 | 63 | 13 | 31 | 95 | 54 | 22 | 22 | 54 |
| Erfolgreiche Lösung | - | Ja | Ja | Ja | - | - | Ja | Ja | Ja | - | - |
| Hilfestellung | Ja | Ja | Ja | - | - | - | Ja | Ja | Ja | - | - |

Im Durchschnitt finden bei den Proband*innen 50 Schrittwechsel zwischen den übergeordneten Hauptkategorien statt. Innerhalb der Stichprobe liegt J22 mit 1.360 Sekunden Bearbeitungszeit und 54 Schrittwechseln am nächsten zur durchschnittlichen Bearbeitungszeit und den durchschnittlichen Schrittwechseln. Er kann das Problem mit Hilfe einer Hilfestellung lösen.

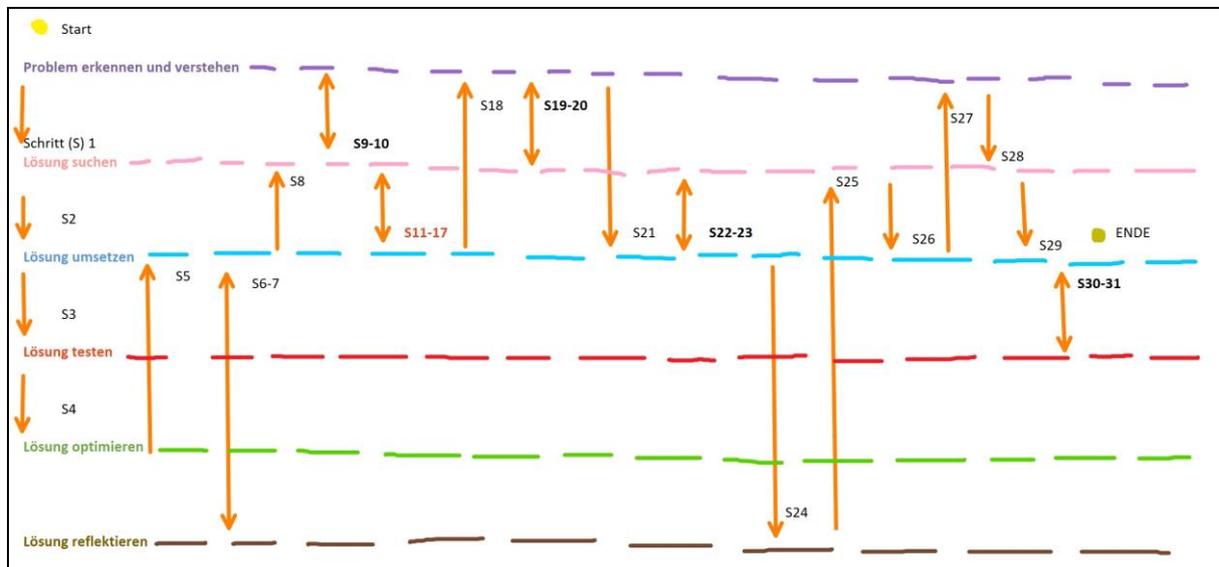


Abbildung 21 Schrittwechsel Proband J1

Es zeigt sich, dass Proband*innen mit einer über dem Durchschnitt liegenden Bearbeitungszeit eher dazu neigen eine hohe Anzahl an Schrittwechseln zu durchlaufen. Ihre Schrittwechselanzahl liegt größtenteils bei über 61 Schrittwechseln. Dementsprechend sind es M11 und M21, die mit jeweils 157 und 95 Schrittwechseln nicht nur die meisten Schrittwechsel verzeichneten, sondern auch die längsten Bearbeitungszeiten benötigten. Beide konnten das Problem mit Nutzung der Hilfestellungen lösen. Auch die Proband*innen J5, J7, M8, J9 und M18 liegen mit ihrer Bearbeitungszeit und Schrittwechseln über dem Durchschnitt und konnten das Problem richtig lösen. Im Gegensatz dazu zeichnet sich bei Proband*innen mit einer deutlich kürzeren Bearbeitungszeit als die Durchschnittszeit ab, dass sie weniger Schrittwechsel vollziehen. Die Schrittwechselanzahl liegt bei einem Großteil dieser Proband*innen bei unter 40 Schrittwechseln. Es sind M2, J13, M19 und J23, die eine kurze Bearbeitungszeit und die wenigsten Schrittwechsel aufweisen (Schrittwechsel unter 22). Von ihnen kann einzig J23 das Problem mit Hilfestellung richtig lösen. Auffallend ist, dass auch Proband*innen mit kurzer Bearbeitungszeit mit 32 bis 67 Schrittwechseln eine vergleichsweise hohe Schrittzahl aufweisen (M10, M12, J17, J20, M26). Aus dieser Gruppe sind es M10, M12 und J17, die das Problem richtig lösen konnten.

Zwischenfazit

- Proband*innen, deren Problemlöseverlauf über der errechneten Durchschnittszeit liegt, lösen das Problem häufiger richtig als Proband*innen die deutlich unter der Durchschnittszeit liegen.
- Es sind eher weibliche Probandinnen, die sich überdurchschnittlich lang mit der Problembearbeitung auseinandersetzen. Sie benötigen im Durchschnitt rd. 26 Minuten, wohingegen die Jungen 22 Minuten lang das Problem bearbeiten.
- Das Hinzuziehen einer Hilfestellung führt nicht unbedingt zu einer über dem Durchschnitt liegenden Bearbeitungszeit. Dies hängt damit zusammen, dass sich ein Großteil der Proband*innen früh im Lösungsverlauf entscheidet eine Hilfestellung hinzuziehen. Dementsprechend fällt ein selbstständiges Erkunden der Materialien und möglicher Lösungswege bei diesen Proband*innen eher kurz aus.

8.1.3 Codeverteilung Problemlöseschritte

In Kapitel 8.1.2 wurde die Gesamtbearbeitungszeit und die Anzahl der Schrittwechsel zwischen den Hauptkategorien im Lösungsverlauf der Proband*innen analysiert. Nun soll verglichen und analysiert werden, inwieweit sich die Proband*innen mit den einzelnen Hauptkategorien auseinandersetzen. Dazu werden erneut die übergeordneten Hauptkategorien „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“ und „Lösung reflektieren“ sowie „Hilfestellung nutzen“ herangezogen. Im Fokus stehen die Codehäufigkeit und der Zeitaufwand für die einzelnen Hauptkategorien im Problemlöseverlauf der Proband*innen (siehe Tabelle 23 und Tabelle 24).

Die meisten Codierungen wurden mit durchschnittlich 15 Codes den Hauptkategorien „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung umsetzen“ zugeteilt. Die meiste Zeit ihrer codierten Gesamtzeit verbringen die Proband*innen hingegen, mit durchschnittlich 553 Sekunden (38,6%), mit der Hauptkategorie „Lösung umsetzen“. Im Gegensatz dazu verbringen die Proband*innen im Verhältnis zur Gesamtdauer die geringste Zeit mit den Hauptkategorien „Lösung testen“ und „Lösung reflektieren“. Die beiden Hauptkategorien machen durchschnittlich 32 Sekunden (ca. 2%) ihrer codierten Gesamtzeit aus. Gleichzeitig weist die Kategorie „Lösung reflektieren“, neben der Hauptkategorie „Hilfestellung nutzen“, mit durchschnittlich vier Codes, die niedrigste Anzahl an Codierungen auf.

Tabelle 23 Problemlöseschritte Proband*innen J1 – J13 (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden)

| Hauptkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Problem erkennen und verstehen | 7 | 10 | 13 | 13 | 14 | 25 | 18 | 33 | 14 | 16 | 31 | 22 | 3 |
| | 7,7% | 20,1% | 14,4% | 18,1% | 8,2% | 18,6% | 9,9% | 19,9% | 10,2% | 13,3% | 10,6% | 15,1% | 25,2% |
| | 113 | 110 | 204 | 184 | 212 | 279 | 214 | 299 | 183 | 185 | 301 | 217 | 98 |
| Lösung suchen | 10 | 5 | 16 | 10 | 15 | 8 | 16 | 11 | 21 | 13 | 19 | 15 | 4 |
| | 17,2% | 11,4% | 22,9% | 14,9% | 7,6% | 9,3% | 12,7% | 15,9% | 25,7% | 15,7% | 14,5% | 22,0% | 13,3% |
| | 251 | 62 | 321 | 152 | 175 | 140 | 280 | 239 | 458 | 218 | 408 | 318 | 52 |
| Lösung umsetzen | 18 | 4 | 9 | 16 | 19 | 8 | 27 | 30 | 21 | 23 | 31 | 15 | 2 |
| | 69,7% | 35,4% | 28,2% | 46,1% | 62,1% | 21,0% | 38,0% | 44,1% | 40,4% | 45,4% | 28,9% | 41,6% | 52,3% |
| | 1.017 | 192 | 395 | 466 | 1.429 | 315 | 827 | 662 | 721 | 630 | 812 | 598 | 202 |
| Lösung testen | 2 | 0 | 2 | 0 | 5 | 1 | 6 | 1 | 2 | 1 | 24 | 1 | 1 |
| | 0,6% | 0 | 0,5% | 0 | 1,1% | 1,2% | 2,6% | 1,5% | 1,7% | 0,4% | 8,9% | 0,4% | 0,8% |
| | 8 | 0 | 7 | 0 | 26 | 18 | 56 | 23 | 30 | 5 | 253 | 6 | 3 |
| Lösung optimieren | 1 | 5 | 3 | 5 | 10 | 6 | 16 | 9 | 4 | 1 | 36 | 2 | 2 |
| | 1,3% | 24,9% | 11,8% | 11,8% | 19,0% | 50,2% | 30,2% | 31,4% | 7,7% | 1,7% | 31,3% | 11,1% | 5,1% |
| | 19 | 135 | 165 | 119 | 438 | 752 | 659 | 473 | 138 | 23 | 880 | 160 | 20 |
| Lösung reflektieren | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 13 | 11 | 4 | 1 | 22 | 0 | 1 |
| | 0,5% | 4,2% | 1,6% | 2,2% | 0,7% | 0,4% | 5,7% | 7,4% | 1,3% | 1,9% | 5,1% | 0 | 1,8% |
| | 8 | 23 | 23 | 22 | 17 | 6 | 125 | 112 | 23 | 26 | 143 | 0 | 7 |
| Hilfestellung nutzen | 0 | 0 | 8 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 25 | 18 | 4 | 0 |
| | 0 | 0 | 18,9% | 9,8% | 1,2% | 0 | 0 | 0 | 4,9% | 19,7% | 6,0% | 4,9% | 0 |
| | 0 | 0 | 266 | 99 | 27 | 0 | 0 | 0 | 88 | 274 | 169 | 70 | 0 |

Tabelle 24 Problemlöseschritte Proband*innen J14 – M26 (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden)

| Hauptkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------------|
| Problem erkennen und verstehen | 18 | 11 | 12 | 35 | 2 | 11 | 21 | 12 | 5 | 8 | 12 | 365 | 15 |
| | 21,0% | 12,7% | 16,9% | 28,2% | 19,9% | 21,4% | 8,6% | 19,8% | 24,5% | 10,1% | 15,1% | 390,4% | 16,3% |
| | 355 | 188 | 146 | 596 | 106 | 156 | 269 | 272 | 207 | 142 | 147 | 5.183 | 216 |
| Lösung suchen | 14 | 12 | 11 | 16 | 2 | 8 | 7 | 12 | 8 | 5 | 10 | 266 | 11 |
| | 37,3% | 11,0% | 37,4% | 37,3% | 8,6% | 20,8% | 12,4% | 15,0% | 10,0% | 6,0% | 8,2% | 407,2% | 16,9% |
| | 629 | 161 | 323 | 776 | 46 | 152 | 387 | 205 | 85 | 85 | 81 | 6.003 | 250 |
| Lösung umsetzen | 9 | 16 | 14 | 16 | 5 | 10 | 23 | 14 | 5 | 4 | 12 | 351 | 14,6 |
| | 24,8% | 28,4% | 27,5% | 28,7% | 63,7% | 40,9% | 28,3% | 31,5% | 30,8% | 41,2% | 34,4% | 926,4% | 38,6% |
| | 418 | 468 | 237 | 609 | 338 | 297 | 890 | 431 | 260 | 572 | 481 | 13.267 | 552,8 |
| Lösung testen | 0 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 | 10 | 1 | 2 | 3 | 9 | 89 | 8,7 |
| | 0 | 1,8% | 0,5% | 2,4% | 1,1% | 3,2% | 2,8% | 2,8% | 1,4% | 3,4% | 4,0% | 43,1% | 1,8% |
| | 0 | 25 | 10 | 42 | 6 | 23 | 88 | 39 | 12 | 48 | 40 | 768 | 32 |
| Lösung optimieren | 3 | 9 | 0 | 3 | 2 | 7 | 18 | 5 | 2 | 4 | 16 | 169 | 7 |
| | 9,0% | 36,2% | 0 | 2,1% | 3,4% | 10,6% | 42,4% | 17,6% | 1,7% | 35,6% | 22,1% | 418,2% | 17,4% |
| | 152 | 531 | 0 | 44 | 18 | 77 | 1.329 | 241 | 14 | 498 | 219 | 7.104 | 296 |
| Lösung reflektieren | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 5 | 0 | 3 | 1 | 95 | 4 |
| | 1,8% | 1,4% | 1,9% | 1,6% | 2,6% | 0,8% | 0,7% | 2,2% | 0 | 3,5% | 1,3% | 50,6% | 2,1% |
| | 31 | 21 | 16 | 34 | 14 | 6 | 21 | 30 | 0 | 49 | 13 | 770 | 32 |
| Hilfestellung nutzen | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | 2 | 0 | 0 | 84 | 3,5 |
| | 4,4% | 3,5% | 3,6% | 0 | 0 | 0 | 3,1% | 8,9% | 23,8% | 0 | 0 | 112,7% | 4,7% |
| | 75 | 51 | 31 | 0 | 0 | 0 | 98 | 122 | 201 | 0 | 0 | 1.571 | 65,5 |

Eine hohe Codeanzahl eines/r Probanden*in kann dabei auf eine hohe Sprunghaftigkeit in seinen/ihren Handlungen hinweisen. Dies muss in den weiteren Auswertungen des Problemlösens genauer analysiert werden. Ein Betrachten der Verteilung der Gesamtcodemenge in Bezug auf die Gesamtbearbeitungszeit lässt darauf schließen, dass Proband*innen, die für das Lösen des Problems länger als die errechnete Durchschnittszeit von 1.453 Sekunden brauchen, insgesamt mehr Codes und Zeit für die Hauptkategorien zugewiesen bekommen haben. Gleichzeitig ist zu erkennen, dass die Codehäufigkeit nichts darüber aussagt, wie ausdauernd und intensiv sich ein/e Proband*in mit den einzelnen Problemlöseschritten auseinandersetzt. Eine hohe Codeanzahl bringt somit nicht unbedingt eine lange Problembearbeitung mit sich. Während zum Beispiel J1 bei der Hauptkategorie „Lösung suchen“ 10 Codierungen und eine Zeit von 251 Sekunden (17,2% seiner codierten Gesamtzeit) erreicht, kommt J5 bei diesem Hauptcode auf 16 Codierungen und eine Zeit von 174 Sekunden (7,6% seiner codierten Gesamtzeit). J5 kehrt somit häufiger zu „Lösung suchen“ zurück, beschäftigt sich jedoch innerhalb dieser Phasen zeitlich kürzer mit der Lösungssuche.

Übersicht der Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden)

Die Abbildung 22 zeigt die unterschiedliche Spannweite der oben aufgelisteten Problemlöseschritte hinsichtlich ihrer Bearbeitungszeit. Alle sieben Grafiken („Boxplots“) weisen Ausreißer*innen auf (mit „o“ gekennzeichnet). Dabei bilden einzelne Proband*innen wiederkehrend extreme Ausreißer*innen, was insbesondere auf die Mädchen zutrifft. M18 bildet die äußerste Ausreißerin bei „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“. M11 zeigt deutliche Ausschläge bei „Lösung testen“ und „Lösung reflektieren“. M21 bildet einen Ausreißer bei „Lösung optimieren“ und M10 bei „Hilfestellung nutzen“. Einzig bei „Lösung umsetzen“ bildet ein Junge einen extremen Ausreißer (J5).

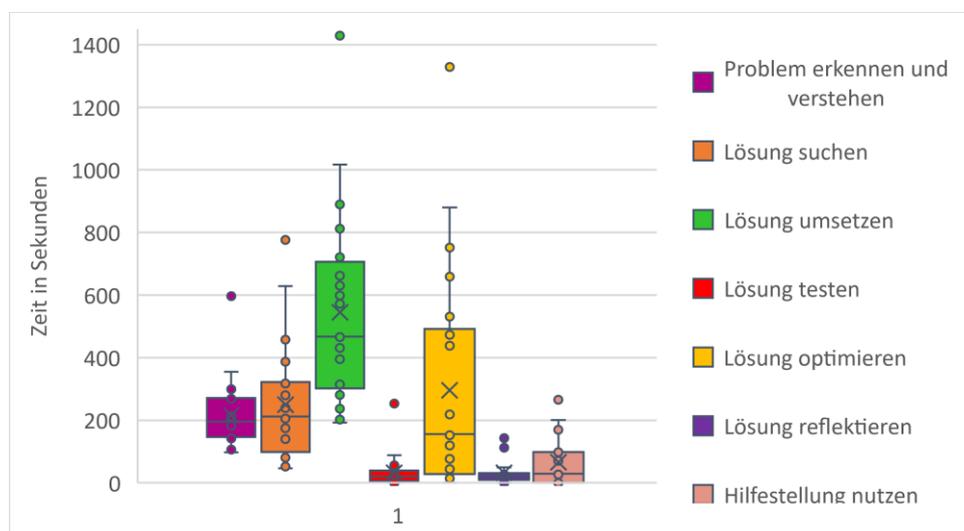


Abbildung 22 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe

Des Weiteren zeigt sich in Abbildung 22, dass die Werte von „Lösung umsetzen“, „Lösung optimieren“ und „Hilfestellung nutzen“ linkssteil verteilt sind. Der Median innerhalb der Box ist jeweils stark nach links verschoben (Cleff, 2008). Somit verbringt ein Großteil der Stichprobe weniger als die durchschnittlich berechnete Zeit mit dem Lösungsschritt. Dabei weisen insbesondere die Verteilungen „Lösung umsetzen“ und „Lösung optimieren“ einen auffallend breiten Interquartilsbereich (IQR) auf. Die Verteilung der Werte ist hier besonders groß und die Proband*innen unterscheiden sich im untersuchten Merkmal stark. Die Werte von „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung testen“ und „Lösung reflektieren“ sind hingegen symmetrisch verteilt. Der Median befindet sich in der Mitte der Box, von welcher die Whisker links und rechts ungefähr gleich lang abgehen (Cleff, 2008). Sie zeigen außerdem einen schmalen IQR, womit sich die Proband*innen in ihren Merkmalsausprägungen eher ähneln. Beispielsweise wenden 50% der Proband*innen für den Schritt „Lösung reflektieren“ zwischen 20 und 30 Sekunden auf, während die Spannweite bei „Lösung umsetzen“ bei 50% der Proband*innen zwischen 300 und 710 Sekunden liegt.

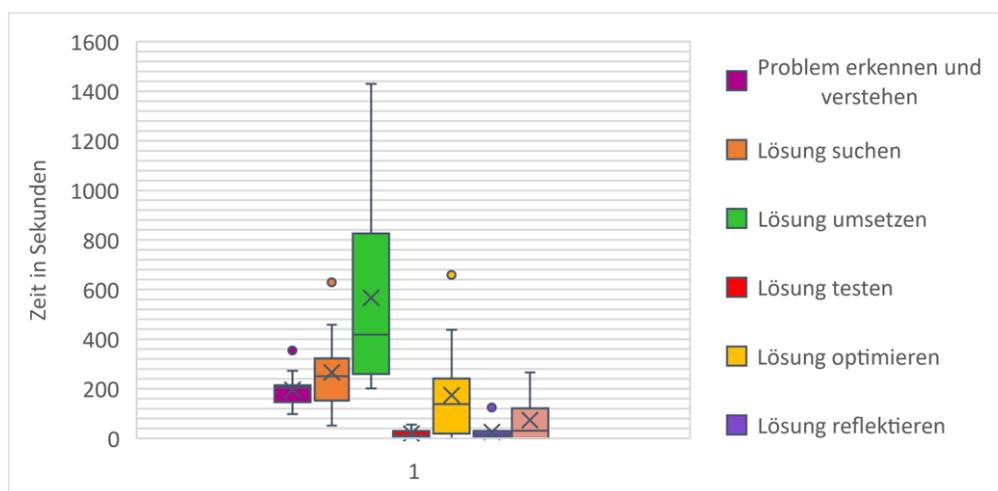


Abbildung 23 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) bei den Jungen

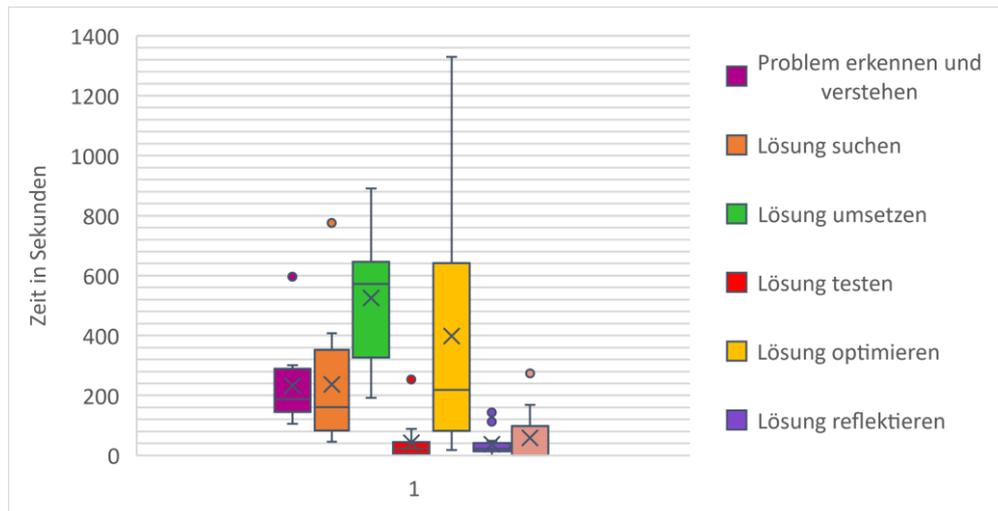


Abbildung 24 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) bei den Mädchen

Ein Vergleich der Mädchen und Jungen (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24) zeigt, dass bei beiden Gruppierungen innerhalb der Problemlöseschritte „Lösung testen“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“ eine ähnliche Spannweite in der codierten Zeit vorliegt, wobei innerhalb der Gruppierung der Mädchen mehr Ausreißerinnen zu erkennen sind. Das Maximum der Zeit für den Schritt „Lösung umsetzen“ liegt bei den Jungen deutlich über dem Wert der Mädchen. Außerdem ist bei den Jungen eine größere Streuung der Werte zu vermerken. Im Gegensatz dazu liegt das zeitliche Maximum von „Lösung optimieren“ bei den Mädchen deutlich über den Werten der Jungen. Dabei ist auch bei ihnen die Verteilung der Werte deutlich breiter gefächert als bei den Jungen. Hinsichtlich der Problemlöseschritte „Problem erkennen und verstehen“ sowie „Lösung suchen“ zeigen sich nur leichte Unterschiede zwischen den beiden Gruppierungen.

Übersicht der Verteilung der Codehäufigkeiten

Eine Analyse der Problemlöseschritte und ihrer Codehäufigkeiten zeigt, dass die Problemlöseschritte „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung umsetzen“ mit ihrem IQR die breiteste Verteilung ihrer Werte aufweisen (Abbildung 25). Die Spannweite bei „Problem erkennen und verstehen“ verläuft von einem bis 35 Codes. Eine linkssteile Verteilung ist bei „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“ und „Hilfestellung nutzen“ zu beobachten: Die Werte drängen sich jeweils im niedrigen Bereich. Eine symmetrische Verteilung liegt hingegen bei „Lösung umsetzen“ vor. Eine leicht rechtssteile Verteilung ist bei „Lösung reflektieren“ zu erkennen, denn der Median ist in der zugehörigen Box nach rechts verschoben (Cleff, 2008). Extreme Ausreißer*innen sind bei den Hauptkategorien „Lösung optimieren“ (M11), „Hilfestellung nutzen“ (M10), „Lösung testen“ (M11) und „Lösung reflektieren“ (M11) zu vermerken.

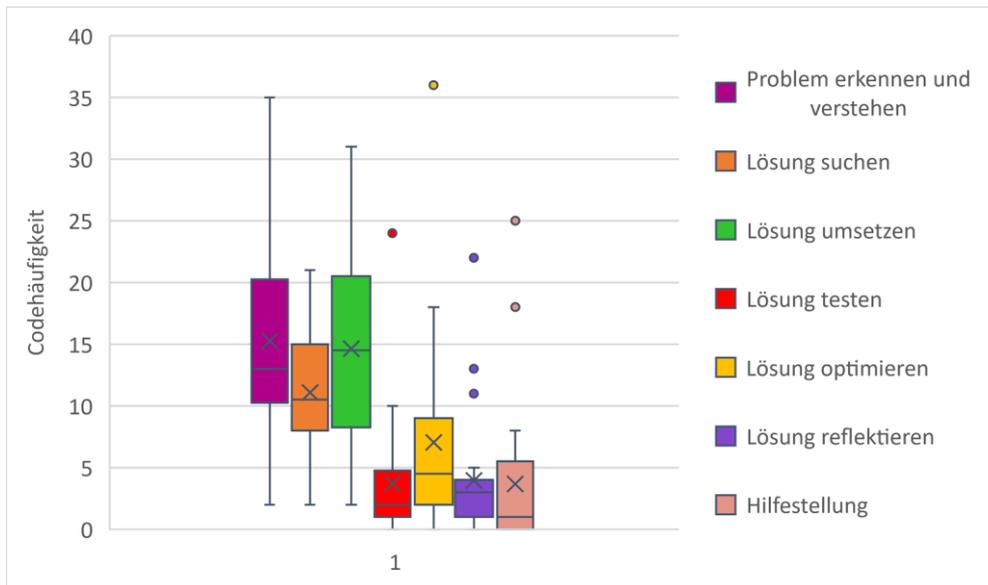


Abbildung 25 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe

Es zeigt sich, dass insbesondere die Mädchen in der Verteilung Ausreißerinnen darstellen und somit häufiger Werte erzielen, die außerhalb des „Boxplots“ liegen. Bei einer Unterteilung in Mädchen und Jungen wird außerdem deutlich, dass die Jungen hinsichtlich „Lösung suchen“ eine breite Streuung aufweisen und eher höhere Werte erzielen, während diese Tendenz bei den Mädchen hinsichtlich des Schritts „Problem erkennen und verstehen“ zu verzeichnen ist (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27).

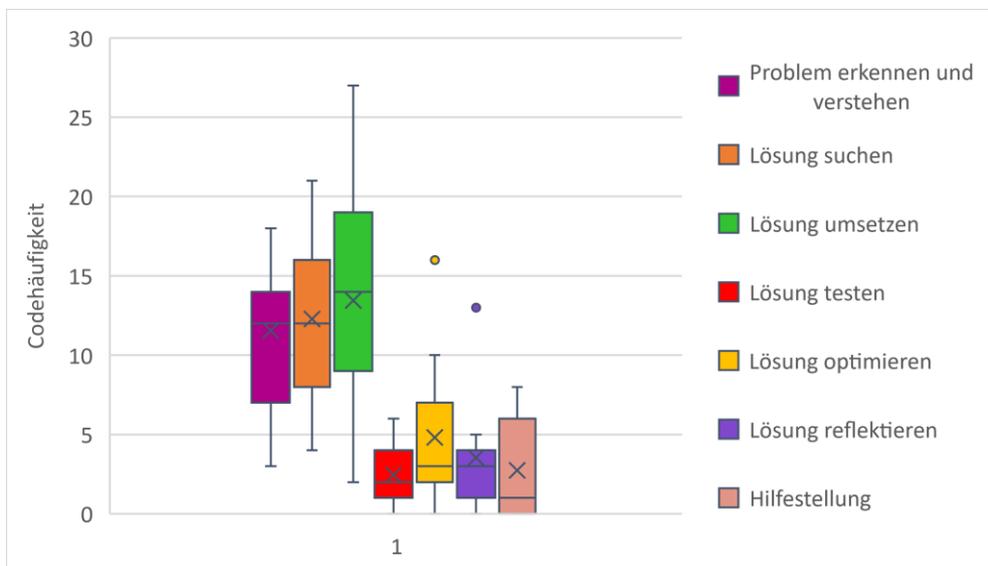


Abbildung 26 Verteilung der Codehäufigkeiten bei den Jungen

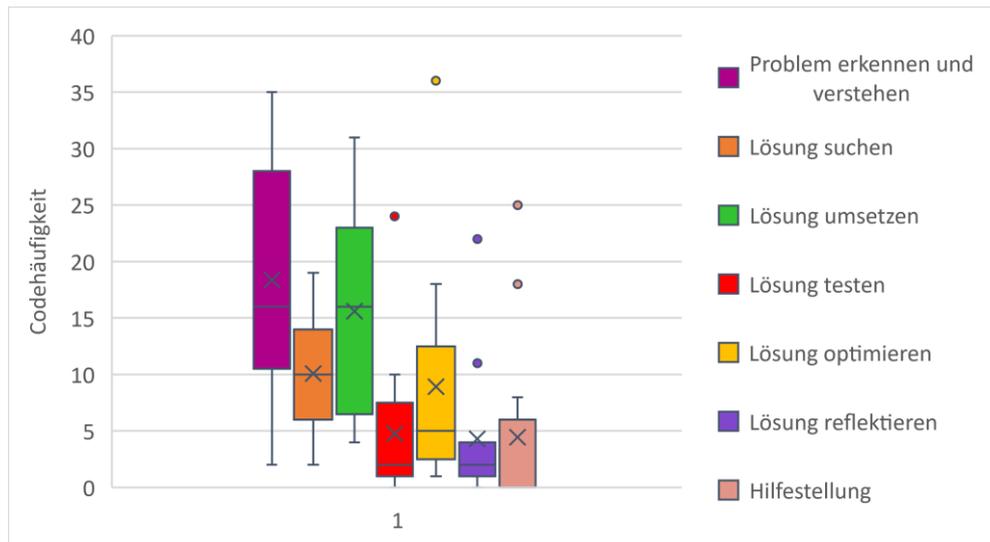


Abbildung 27 Verteilung der Codehäufigkeiten bei den Mädchen

Zwischenfazit

- Die meiste Zeit ihrer codierten Gesamtzeit verbringen die Proband*innen mit der Hauptkategorie „Lösung umsetzen“. Es folgen die Hauptkategorien „Lösung optimieren“, „Lösung suchen“, „Problem erkennen und verstehen“, „Hilfestellung nutzen“, „Lösung testen“ und „Lösung reflektieren“.
- Die meisten Codierungen wurden für die Hauptkategorien „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung umsetzen“ vorgenommen. Es folgen die Hauptkategorien „Lösung suchen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“.
- 9 Proband*innen liegen über der durchschnittlichen Codehäufigkeit (J5, J7, M8, J9, M10, M11, M18, M21, M26) und 15 Proband*innen unter der durchschnittlichen Codehäufigkeit von 59 Codierungen.
- M12 liegt als einzige im Durchschnittswert von 59 Codierungen und weist eine unter dem Durchschnitt liegende Zeit bei der Auseinandersetzung mit den Kategorien auf.
- Den Jungen werden mit durchschnittlich 50 Codierungen weniger Codes zugeordnet als den Mädchen, die im Mittel 67 Codierungen aufweisen.

8.1.4 Analyse einzelner Problemlöseschritte

Eine genauere Analyse der einzelnen Hauptkategorien „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“ und „Lösung reflektieren“ sowie der Hauptkategorie „Hilfestellung nutzen“ soll Aufschluss darüber liefern, inwieweit einzelne Proband*innen ihren Fokus auf bestimmte Lösungsschritte legen. Daher werden die Hauptkategorien unter Einbezug ihrer zugehörigen Subkategorien untersucht.

8.1.4.1 Analyse des Schritts „Problem erkennen und verstehen“

Alle 24 Proband*innen starten ihren Problemlöseverlauf mit der Hauptkategorie „Problem erkennen und verstehen“. Um das Problem erkennen und verstehen zu können, stand den Proband*innen ein Aufgabenblatt in schriftlicher Form zur Verfügung. Dieses galt es zu Beginn des Problemlöseverlaufs zu lesen (Subkategorie „Lesen Aufgabenstellung“). Auf das Aufgabenblatt konnte jedoch auch während des Lösungsverlaufs zurückgegriffen werden (Subkategorie „Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“). Zusätzlich wurde bei den Proband*innen ein „Problem erkennen und verstehen“ festgehalten, wenn sie sich einen ersten Überblick der zur Aufgabenstellung zugehörigen Materialien verschafften (Subkategorie „Überblick verschaffen“) oder ein Begutachten der Materialien während des Lösungsverlaufs stattfand (Subkategorie „Innehalten“). Eine weitere Subkategorie ist die Formulierung des Problems in eigenen Worten durch die Problemlöser*innen (Subkategorie „Problem formulieren“).

Der Hauptkategorie „Problem erkennen und verstehen“ können mit fünf Subkategorien die meisten Kategorien zugeordnet werden (siehe Kapitel 7.3.3). Die Tabelle 25 und Tabelle 26 erfassen die Codierungen in Bezug auf die Codehäufigkeit, den zeitlichen Prozentanteil sowie den absoluten Zeitgebrauch (in Sekunden) für die einzelnen Proband*innen. Während sich die Subkategorien „Aufgabenstellung lesen“, „Überblick verschaffen“ sowie „Problem formulieren“ auf die erste Auseinandersetzung mit dem Problem beziehen und somit beim ersten Treffen auf die Problemstellung erkennbar werden, sind es die Subkategorien „Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“ und „Innehalten“, die während des gesamten Problemlöseverlaufs wiederholt auftreten.

Tabelle 25 Subkategorien von „Problem erkennen und verstehen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 - J13

| Subkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|-------------------------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lesen Aufgabenstellung lesen | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 |
| | 5,2% | 6,3% | 4,3% | 6,6% | 4,3% | 4,4% | 2,2% | 5,8% | 2,7% | 3,5% | 1,6% | 3,5% | 21,1% |
| | 76 | 34 | 60 | 67 | 98 | 66 | 47 | 87 | 48 | 49 | 45 | 51 | 82 |
| Überblick verschaffen | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 6 | 0 | 1 |
| | 0,3% | 5,8% | 0,2% | 0,7% | 0 | 3,5% | 0,4% | 1,9% | 0,4% | 0,3% | 0,8% | 0 | 1,03% |
| | 5 | 32 | 3 | 7 | 0 | 53 | 8 | 29 | 7 | 4 | 22 | 0 | 4 |
| Problem formulieren | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 0,6% | 1,8% | 1,4% | 1,7% | 0,5% | 0,7% | 1,6% | 1,2% | 1,8% | 1,3% | 0,6% | 0,49% | 3,1% |
| | 8 | 10 | 20 | 17 | 12 | 11 | 35 | 18 | 33 | 18 | 18 | 7 | 12 |
| Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung | 3 | 3 | 9 | 5 | 8 | 14 | 9 | 21 | 6 | 5 | 9 | 9 | 0 |
| | 1,4% | 5,3% | 7,9% | 5,2% | 3,3% | 8,3% | 3,6% | 9,8% | 3,1% | 5,3% | 2,7% | 5,5% | 0 |
| | 21 | 29 | 112 | 53 | 76 | 124 | 79 | 147 | 56 | 73 | 77 | 79 | 0 |
| Innehalten | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 11 | 11 | 0 |
| | 0,2% | 0,9% | 0,6% | 3,9% | 1,1% | 1,7% | 2,1% | 1,2% | 2,2% | 2,9% | 4,9% | 5,6% | 0 |
| | 3 | 5 | 9 | 40 | 26 | 25 | 45 | 18 | 39 | 41 | 139 | 80 | 0 |
| Total | 7 | 10 | 13 | 13 | 14 | 25 | 18 | 33 | 14 | 16 | 31 | 22 | 3 |
| | 7,7% | 20,1% | 14,4% | 18,1% | 8,2% | 18,6% | 9,9% | 19,9% | 10,2% | 13,3% | 10,6% | 15,1% | 25,2% |
| | 113 | 110 | 204 | 184 | 212 | 279 | 214 | 299 | 183 | 185 | 301 | 217 | 98 |

Tabelle 26 Subkategorien von „Problem erkennen und verstehen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26

| Subkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------------|
| Lesen Aufgabenstellung | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 41 | 1,7 |
| | 7,5% | 7,5% | 8,6% | 5,3% | 17,5% | 4,5% | 2,2% | 11,2% | 14,3% | 5,9% | 8,8% | 164,8% | 6,9% |
| | 127 | 110 | 74 | 113 | 93 | 33 | 70 | 154 | 121 | 82 | 87 | 1.874 | 78,1 |
| Überblick verschaffen | 1 | 0 | 3 | 4 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 44 | 2 |
| | 0,7% | 0 | 0,9% | 1,8% | 0 | 0,6% | 0,3% | 0,44% | 0 | 1,0% | 0,8% | 21,9% | 0,9% |
| | 12 | 0 | 8 | 36 | 0 | 4 | 10 | 6 | 0 | 14 | 5 | 269 | 11 |
| Problem formulieren | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 24 | 1 |
| | 0,3% | 0,7% | 2,3% | 0,3% | 2,4% | 3% | 0,8% | 0,9% | 2,7% | 1,1% | 1,7% | 32,9% | 1,4% |
| | 5 | 11 | 20 | 6 | 13 | 22 | 25 | 13 | 23 | 16 | 17 | 390 | 16,3 |
| Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung | 4 | 9 | 3 | 13 | 0 | 7 | 8 | 8 | 1 | 2 | 6 | 162 | 7 |
| | 7,2% | 4,5% | 3,7% | 10,1% | 0 | 13,3% | 2,9% | 6,9% | 1,9% | 1,2% | 3,8% | 116,9% | 4,9% |
| | 121 | 67 | 32 | 214 | 0 | 97 | 90 | 94 | 16 | 17 | 38 | 1.712 | 71 |
| Innehalten | 10 | 0 | 2 | 15 | 0 | 0 | 6 | 1 | 2 | 1 | 0 | 94 | 3,9 |
| | 5,3% | 0 | 1,4% | 10,7% | 0 | 0 | 2,4% | 0,37% | 5,6% | 0,9% | 0 | 53,9% | 2,2% |
| | 90 | 0 | 12 | 227 | 0 | 0 | 74 | 5 | 47 | 13 | 0 | 938 | 39,1 |
| Total | 18 | 11 | 12 | 35 | 2 | 11 | 21 | 12 | 5 | 8 | 12 | 365 | 15 |
| | 21,0% | 12,7% | 16,9% | 28,2% | 19,9% | 21,4% | 8,6% | 19,8% | 24,5% | 10,1% | 15,1% | 390,4% | 16,3% |
| | 355 | 188 | 146 | 596 | 106 | 156 | 269 | 272 | 207 | 142 | 147 | 5.183 | 216 |

Die Verteilung der Codes für die Hauptkategorie „Problem erkennen und verstehen“ verläuft linkssteil und es zeigt sich insbesondere hinsichtlich der Mädchen eine breite Streuung in den Werten (vgl. Abbildung 22). Auch die Verteilung der codierten Gesamtzeit für die Hauptkategorie „Problem erkennen und verstehen“ verläuft leicht linkssteil und ein Vergleich der Mädchen und Jungen zeigt, dass die weiblichen Probandinnen in ihren Werten breiter verteilt sind, während die Werte der Jungen näher beieinander liegen (vgl. Abbildung 23 und Abbildung 24). Um die Streubreite der zeitlichen Dauer um den Mittelwert zu berechnen, wurde der Variationskoeffizient (VarK) berechnet. Dieser fällt entsprechend der oben beschriebenen Verteilung innerhalb der Gruppe der Mädchen mit 53% höher aus als innerhalb der Jungen mit 35%.⁶

Ein detaillierter Blick auf die einzelnen Subkategorien zeigt, dass die Verteilung für die codierte Zeit von Subkategorie (erstes) „Lesen der Aufgabenstellung“ symmetrisch verläuft (siehe Abbildung 28). Extreme Ausreißer*innen gibt es nicht. Ein Vergleich der Geschlechter zeigt jedoch, dass sich insbesondere die Mädchen (VarK: 32%) in ihrer Merkmalsausprägung ähnlich sind (siehe Abbildung 30), während bei den Jungen (VarK: 43%) ein breiterer IQR und eine höhere Streuung der Werte erkennbar sind (siehe Abbildung 29). Ein erstes Lesen der Aufgabenstellung findet bei 12 Proband*innen ohne eine Unterbrechung statt. Erst nachdem sie die Aufgabenstellung einmal komplett gelesen haben, findet gegebenenfalls ein wiederholtes Lesen statt. Die verbleibenden 12 Kinder unterbrechen ihren ersten Lesevorgang hingegen mehrmals, um sich z.B. einen Überblick der Materialien zu verschaffen oder die Lösungsschritte „Lösung suchen“ und „Lösung umzusetzen“ vorzeitig einzuschieben (M21, J22). Die Verteilung der Codehäufigkeit innerhalb der Stichprobe verläuft bei dieser Subkategorie symmetrisch (siehe Abbildung 31). Bei der Subkategorie „Überblick verschaffen“ liegt eine symmetrische Verteilung der Codehäufigkeit innerhalb der Stichprobe vor, wobei die Mädchen im Durchschnitt häufiger zur Subkategorie wechseln (siehe Abbildung 33). Es ist anzumerken, dass die Subkategorie maßgeblich mit dem ersten Lesen der Aufgabenstellung im Zusammenhang steht. Als Beispiel kann angefügt werden, dass Proband*innen sich nach dem Lesen der Aufgabenstellung die dort benannten Materialien auf dem Tisch anschauen und sich bewusst machen, was ihnen für die Problemlösung zur Verfügung steht (z.B. J1, J9, J13). Die Stichprobe liegt in ihrer codierten Zeit für „Überblick verschaffen“ nah beieinander und weist eine symmetrische Verteilung auf (siehe Abbildung

⁶ Auf Anfrage kann eine Tabelle mit den berechneten Werten zur Standardabweichung (N=24) und den Variationskoeffizienten für Jungen und Mädchen für alle Problemlöseschritte sowie den Zusatzschritt „Hilfestellung nutzen“ eingesehen werden.

28). Dennoch sind vereinzelt Ausreißer*innen zu beobachten (z.B. M6). Ein Vergleich der Geschlechter zeigt, dass die Mädchen mehr Zeit für die Subkategorie „Überblick verschaffen“ aufbringen und ihre Werte breiter verteilt sind (siehe Abbildung 29 und Abbildung 30). Der Variationskoeffizient fällt dementsprechend innerhalb der Mädchen mit 99% im Vergleich höher aus als innerhalb der Jungen mit 66%.

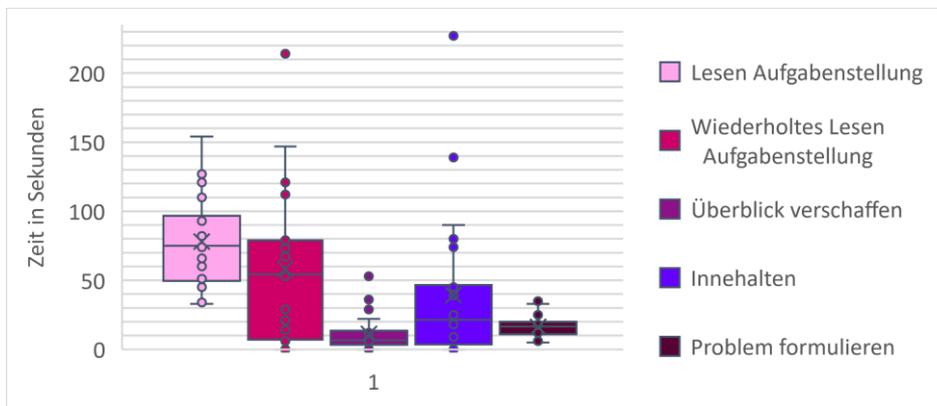


Abbildung 28 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"

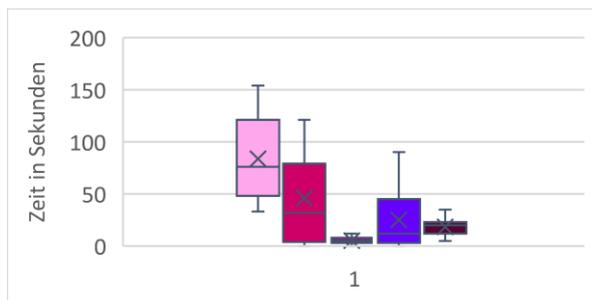


Abbildung 29 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Jungen

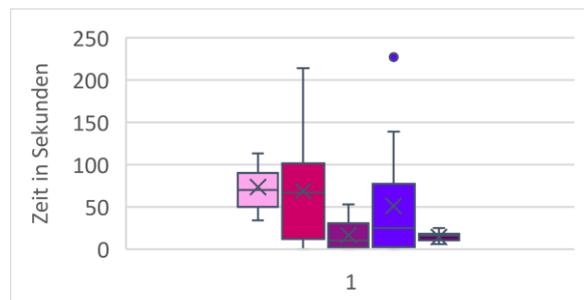


Abbildung 30 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Mädchen

Das „Problem benennen“ (Unterkategorie von „Problem formulieren“) können alle 24 Proband*innen, wobei sich einige Proband*innen mehr Zeit für die verbale Formulierung nehmen und das Problem ausführlicher beschreiben als andere. Dementsprechend wird die Unterkategorie im Durchschnitt einmal je Proband*in vergeben (siehe Tabelle 25 und Tabelle 26) und nimmt zwischen 0,3% (5 Sekunden) und 1,8% (33 Sekunden) der codierten Gesamtzeit der Proband*innen ein. Die folgenden zwei Beispielantworten verdeutlichen diesen Zeitunterschied.

J1: Die Diebe (J1 zeigt auf die Abbildung) wollen in Dagoberts Goldvorräte, halt, stehlen. (J1, Interview, Zeile 12-13)

M4: Also Dagobert (M4 zeigt auf aufgestellte Abbildung) ist der Reichste aus Entenhausen (M4 schaut im Text nach wie Stadt heißt). Die Diebe hier (M4 zeigt auf aufgestellte Abbildung), die wollen sein Geld stehlen (M4 zeigt auf aufgestellte Abbildung Dagoberts). Und man soll jetzt versuchen das Geld zu schützen. (M4, Interview, Zeile 8-10)

Dennoch wird aus der Abbildung 31 deutlich, dass die Stichprobe in ihrer Antwortzeit nah beieinander liegt und nur eine leichte rechtssteile Verteilung vorliegt. Ein Vergleich der Werte der Mädchen und Jungen bestätigt diese Beobachtung, wobei der Variationskoeffizient bei den Mädchen mit 35% etwas geringer ausfällt als bei den Jungen mit 49% (siehe Abbildung 32 und Abbildung 33).

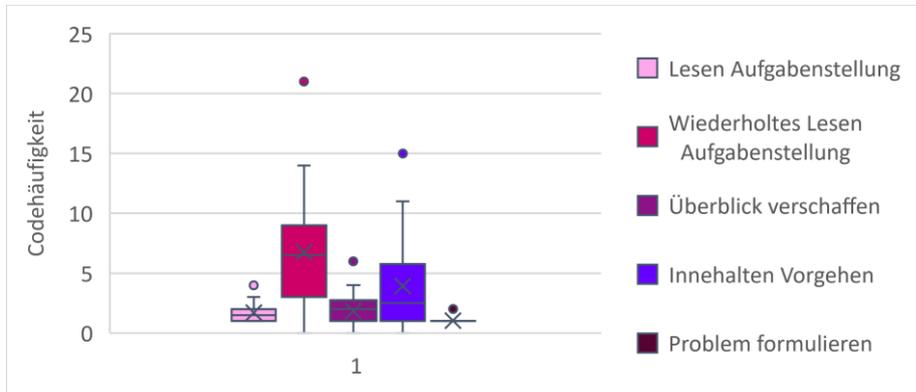


Abbildung 31 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"

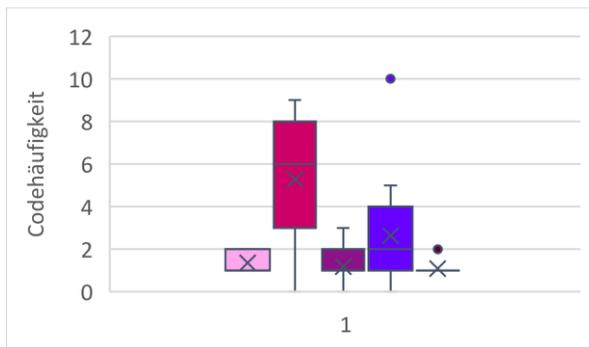


Abbildung 32 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Jungen

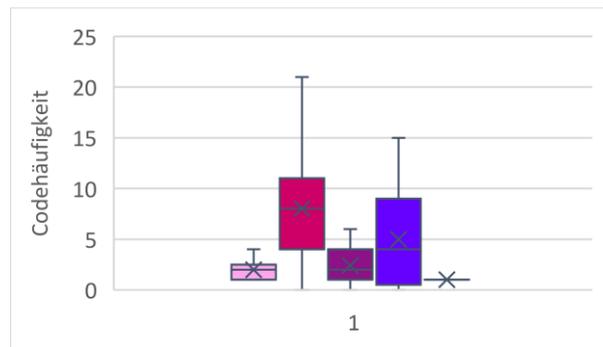


Abbildung 33 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Mädchen

Die Codierung der Subkategorie „Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“ wurde an 22 Proband*innen mindestens einmal vergeben. Aus Abbildung 28 wird deutlich, dass der IQR (für Zeit in Sekunden) eine breite Spannweite aufweist und rechtssteil verteilt ist. Ausreißer*innen sind im oberen Bereich zu vermerken (z.B. M18). Ein Vergleich der Mädchen und Jungen zeigt, dass die weiblichen Probandinnen mehr Zeit für ein wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung aufbringen (siehe Abbildung 29 und Abbildung 30) und mit 71% ein höherer Variationskoeffizient festgestellt werden kann als bei den Jungen mit 61%. Entsprechend weisen die Mädchen auch in der Verteilung der Codehäufigkeit eine durchschnittlich höhere Codeanzahl für „Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“ auf (siehe Abbildung 32 und Abbildung 33). Auch die Subkategorie „Innehalten“ kann im gesamten Lösungsverlauf der Proband*innen beobachtet werden. Im Vergleich wurde die Subkategorie häufiger an weibliche

Probandinnen vergeben (siehe Tabelle 25 und Tabelle 26). Die Verteilung weist hinsichtlich der codierten Zeit eine eher breite IQR mit extremen Ausreißer*innen auf, die sich eher auf weibliche Probandinnen beziehen (M18, M11) (vgl. Abbildung 30). Demgemäß fällt der Variationskoeffizient innerhalb der Mädchen mit 126% höher aus als bei den Jungen mit 107%. Während bei den Subkategorien „Innehalten“ und „Problem formulieren“ keine großen Unterschiede zwischen den Werten der Jungen und Mädchen in ihrer codierten Gesamtzeit zu erkennen sind, zeigen sich in den Subkategorien „Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“ und „Überblick verschaffen“ Unterschiede, da die Mädchen deutlich über der durchschnittlichen Gesamtzeit liegen.

Eine Übersicht der wichtigsten Daten zum Problemlöseschritt „Problem erkennen und verstehen“ liefert abschließend die Tabelle 27.

Tabelle 27 Zusammenfassende Übersicht von "Problem erkennen und verstehen" (PE&V)

| Problem erkennen und verstehen (PE&V) | |
|---------------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Σ Codes: 365 Codes; \emptyset 15 Codes pro Kind • IQR-Codehäufigkeit: breit & linkssteile Verteilung; breitere Streuung der Werte bei Mädchen • Zeit: 2 min. - 10 min. (8% - 28% der codierten Gesamtzeit); \emptyset 4 min. pro Kind • IQR-Zeit: schmal & symmetrische Verteilung |
| Subkategorien | <p>Lesen der Aufgabenstellung (LA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeit: 33 sek. - 2 min. 30 sek. (2% - 21% der codierten Gesamtzeit) • Symmetrische Verteilung bei Mädchen; breiterer IQR bei Jungen • Alle 24 Proband*innen lesen zum Start des Problemlösens die Aufgabenstellung • Hälfte der Kinder unterbricht den Lesevorgang |
| | <p>Überblick verschaffen (UEV)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeit: 3 sek. – 53 sek. (0,2% - 4% der codierten Gesamtzeit) • Symmetrische Verteilung; Mädchen bilden eher Ausreißer (z.B. M6) • 19 von 24 Proband*innen überblicken Materialien zu Beginn des Lösungsverlaufs • Mädchen verbringen mehr Zeit mit UEV |
| | <p>Problem formulieren (PF)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeit: 5 sek. – 33 sek. (0,3% - 2% der codierten Gesamtzeit) • Leichte rechtssteile Verteilung; Werte von Mädchen und Jungen nah beieinander • Alle 24 Proband*innen können verbal das Problem formulieren |
| | <p>Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung (WLA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeit: 21 sek. - 1 min. 30 sek. (1% - 13% der codierten Gesamtzeit) • Breite Spannweite für IQR und rechtsteile Verteilung • 22 Proband*innen lesen die Aufgabenstellung mehrmals, \emptyset mehr als 7 Mal pro Kind • Mädchen wiederholen den Lesevorgang häufiger als die Jungen |
| | <p>Innehalten (IH)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeit: zw. 3 sek. – 27 sek. (0,2% - 11% der codierten Gesamtzeit) • Breiter IQR mit extremen Ausreißern (Ausreißer v.a. Mädchen) • 19 Proband*innen halten während des Lösungsverlaufs inne, \emptyset 5 Mal pro Kind • Werte von Jungen und Mädchen liegen nah beieinander |

8.1.4.2 Analyse des Schritts „Lösung suchen“

Im Anschluss an das erste Lesen der Aufgabenstellung und dem mündlichen Formulieren des Problems im Leitfadeninterview (Hauptkategorie „Problem erkennen und verstehen“), wenden sich alle Proband*innen zunächst der Lösungssuche zu. Die Hauptkategorie „Lösung suchen“

fokussiert im Lösungsverlauf dabei zunächst das mündliche Formulieren einer Lösungsidee im direkten Anschluss an das Benennen des Problems im Rahmen des Leitfadeninterviews (vgl. Kapitel 6.1.2). Dabei wurde die Subkategorie „Lösungsidee formulieren“ hinsichtlich der Ausführlichkeit der Lösungsidee in die Unterkategorien „Genaue Lösungsidee“, „Vage Lösungsidee“ und „Keine Lösungsidee“ untergliedert. An jede/n Proband*in wurde eine dieser drei Unterkategorien einmal vergeben. Neun Proband*innen formulieren eine genaue Lösungsidee, elf Proband*innen einen vagen Lösungsansatz und vier Proband*innen können keine Lösungsidee benennen (siehe Tabelle 28 und Tabelle 29). Während sich die Verteilung zwischen den Geschlechtern beim Formulieren einer genauen und vagen Lösungsidee fast gleicht, sind es eher die Mädchen, die keine Lösungsidee nennen können.

Die aufgebrauchte Zeit für die Subkategorie „Lösung formulieren“ reicht dabei von 6 bis 54 Sekunden (siehe Tabelle 28 und Tabelle 29 oder Abbildung 34). Dabei zeigt sich bei den Proband*innen eine symmetrische Verteilung hinsichtlich der codierten Zeit. Mit Ausnahme weniger Ausreißer*innen wenden die Proband*innen ähnlich viel Zeit für das Formulieren ihrer Idee auf. Die Variationskoeffizienten liegen mit 54% bei den Jungen und 57% bei den Mädchen ebenfalls nah beieinander. Folgende Interviewausschnitte können als Beispiel einer Lösungsformulierung herangezogen werden:

J1: Ich habe vor eine große Burg zu bauen und darin [das] Gold, also die...
 (...) Die Goldtaler. Dann baue ich da halt einen Raum, wo ich die Goldtaler drin verstecke. (...) Und dann halt vor dem Eingang von dem Goldtalertresor mache ich die Alarmanlage hin. (J1, Interview, Zeile 19-23)

M26: Ja, ich mache hier so eine Mauer und da drin sind so die Goldtaler und dann mache ich hier eine und hier eine, Alarmanlage, und davor stelle ich das Tablet und gucke dann so ob Einbrecher kommen oder nicht. (M26, Interview, Zeile 17-19)

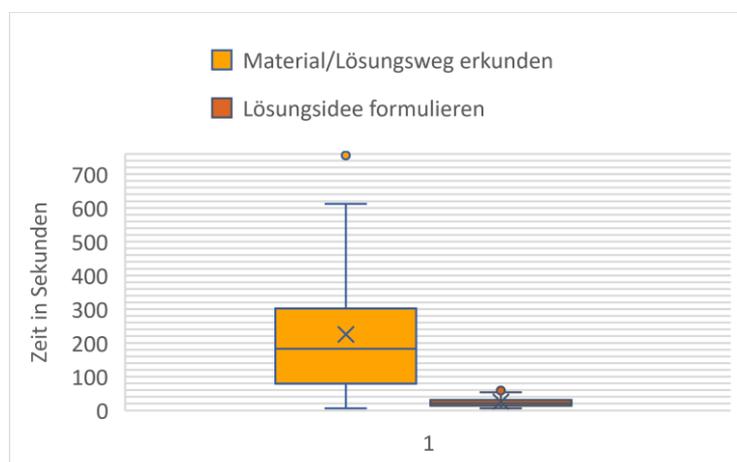


Abbildung 34 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung suchen"

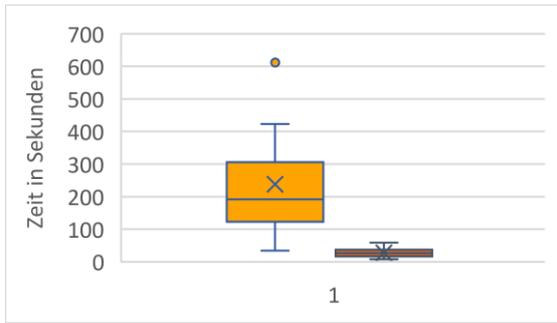


Abbildung 35 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen

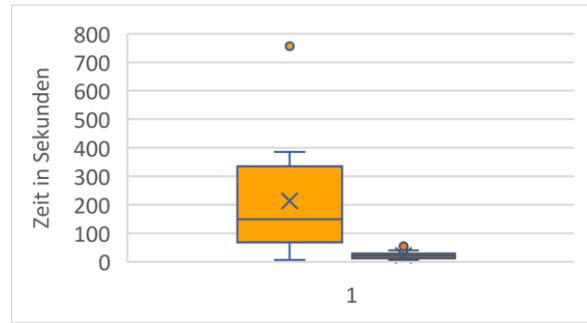


Abbildung 36 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen

Des Weiteren wird der Hauptkategorie „Lösung suchen“ die Subkategorie „Material/ Lösungsweg erkunden“ zugeordnet. Diese Subkategorie kann bei allen Proband*innen wiederkehrend im Lösungsverlauf beobachtet werden. Dabei sind es acht Proband*innen, die sich im direkten Anschluss an das mündliche Formulieren ihrer Lösungsidee der Subkategorie „Material/ Lösungsweg erkunden“ zuwenden (J3, J20, J23, M8, M10, M11, M16, M25). Die Proband*innen M21 und J22 setzten sich als einzige bereits vor dem Formulieren einer Lösungsidee ausführlicher mit der Subkategorie „Materialien/ Lösungsweg erkunden“ auseinander. Hinsichtlich der Subkategorie „Material/ Lösungsweg erkunden“ sind es eher die männlichen Probanden, die über der durchschnittlichen Zeit (in Prozent) für die Subkategorie „Material/ Lösungsweg erkunden“ liegen ($N_{\text{Mädchen}} = 2$; $N_{\text{Jungen}} = 5$) und mehr Codierungen zugewiesen bekommen haben (siehe Tabelle 28 und Tabelle 29). Des Weiteren liegen die Jungen (VarK: 66%) in der Verteilung ihrer codierten Zeit für „Material/ Lösungsweg erkunden“ deutlich näher aneinander als die Werte der Mädchen (VarK: 92%) (vgl. Abbildung 35 und Abbildung 36). Dies zeigt sich auch bei der Verteilung der Werte zur Codehäufigkeit. Die Streuung der Werte der Mädchen ist dagegen wesentlich größer (siehe Abbildung 38 und Abbildung 39).

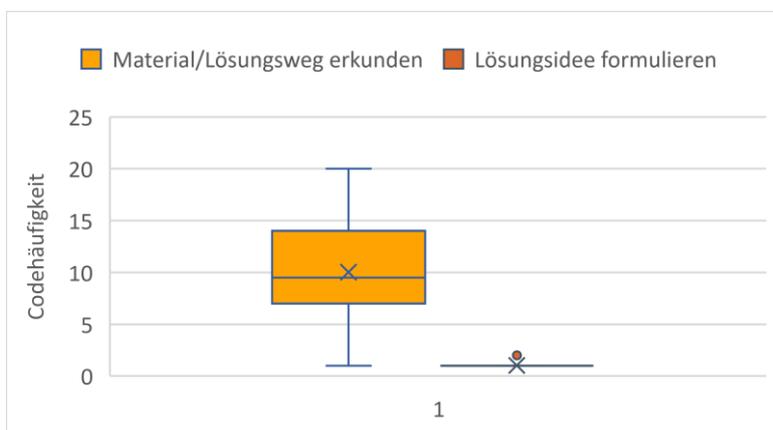


Abbildung 37 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung suchen"

Tabelle 28 Subkategorien von „Lösung suchen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13

| Subkategorie | Unterkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 | |
|-------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| Lösungsidee formulieren | Genauere Lösungsidee | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | |
| | | 4,0% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,45% | 0 | 0,8% | 0 | 4,6% | |
| | | 59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 22 | 0 | 18 |
| | Vage Lösungsidee | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | | 0 | 5,5% | 2,6% | 2,0% | 0,6% | 3,6% | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,9% | 0 |
| | | 0 | 30 | 37 | 21 | 13 | 54 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 |
| | Keine Lösungsidee | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,8% | 0 | 0,4% | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| | Material/ Lösungsweg erkunden | 9 | 4 | 15 | 9 | 14 | 7 | 15 | 10 | 20 | 12 | 18 | 14 | 2 | |
| | | 13,2% | 5,9% | 20,3% | 12,9% | 7,0% | 5,7% | 10,7% | 14,1% | 24,2% | 15,3% | 13,7% | 20,1% | 8,7% | |
| | | 192 | 32 | 284 | 131 | 162 | 86 | 233 | 212 | 432 | 212 | 386 | 290 | 34 | |
| Total | 10 | 5 | 16 | 10 | 15 | 8 | 16 | 11 | 21 | 13 | 19 | 15 | 4 | | |
| | 17,2% | 11,4% | 22,9% | 14,9% | 7,6% | 9,3% | 12,7% | 15,9% | 25,7% | 15,7% | 14,5% | 22,0% | 13,3% | | |
| | 251 | 62 | 321 | 152 | 175 | 140 | 280 | 239 | 458 | 218 | 408 | 318 | 52 | | |

Tabelle 29 Subkategorien von „Lösung suchen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 – M26

| Subkategorie | Unterkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) | |
|-------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|-------|----------------------|-------|
| Lösungsidee formulieren | Genauere Lösungsidee | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 10 | 0,4 | |
| | | 0 | 0 | 1,9% | 1,8% | 7,5% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,9% | 1,7% | 24,7% | 1,0% | |
| | | 0 | 0 | 17 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 17 | 232 | 10 | |
| | Vage Lösungsidee | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0,5 |
| | | 1,0% | 0,8% | 0 | 0 | 0 | 3,9% | 0 | 2,3% | 0 | 0 | 0 | 0 | 26,4% | 1,1% |
| | | 17 | 12 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 319 | 13,3 |
| | Keine Lösungsidee | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0,2 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,19% | 0 | 0,9% | 0 | 0 | 0 | 3,3% | 0,14% |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 46 | 1,9 |
| | Material/ Lösungsweg erkunden | 13 | 9 | 10 | 15 | 1 | 7 | 6 | 11 | 7 | 4 | 9 | 241 | 10 | |
| 36,3% | | 10,1% | 35,5% | 35,5% | 1,1% | 16,9% | 12,2% | 12,7% | 9,1% | 5,1% | 6,5% | 352,8% | 14,7% | | |
| 612 | | 149 | 306 | 756 | 6 | 123 | 381 | 174 | 77 | 72 | 64 | 5.406 | 250 | | |
| Total | 14 | 12 | 11 | 16 | 2 | 8 | 7 | 12 | 8 | 5 | 10 | 266 | 11 | | |
| | 37,3% | 11,0% | 37,4% | 37,3% | 8,6% | 20,8% | 12,4% | 15,0% | 10,0% | 6,0% | 8,2% | 407,2% | 16,9% | | |
| | 629 | 161 | 323 | 776 | 46 | 152 | 387 | 205 | 85 | 85 | 81 | 6.003 | 250 | | |

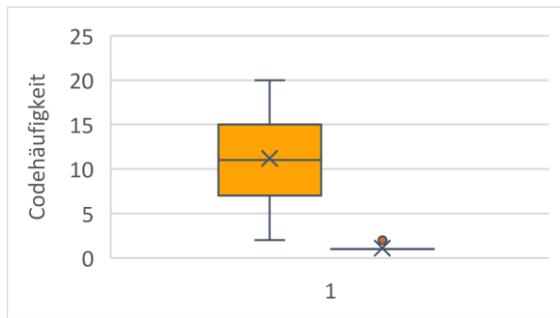


Abbildung 38 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen

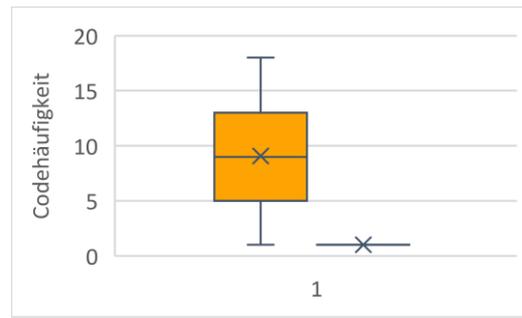


Abbildung 39 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen

Eine abschließende Übersicht zum Problemlöseschritt „Lösung suchen“ mit den wichtigsten Informationen kann in Tabelle 30 eingesehen werden.

Tabelle 30 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung suchen" (LS)

| | |
|---------------------------|--|
| Lösung testen (LT) | <ul style="list-style-type: none"> • Σ Codes: 89 Codes; \emptyset 4,2 Codes pro Kind (N=21) • Codehäufigkeit linkssteil verteilt (extreme Ausreißerin: M11) • Zeit: 3 sek. - 4 min. (0,4% - 9% der codierten Gesamtzeit); \emptyset 38 sek. pro Kind • IQR-Zeit: schmal & symmetrische Verteilung; Mädchen bilden mehr Ausreißer*innen |
| Subkategorien | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> <div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; width: 150px; text-align: center;">Zwischenschritt testen (TZ)</div> <div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Codes: 3,6 Codierungen pro Kind (N=15) • Zeit: \emptyset 26 sek. pro Kind (\emptyset 2% der codierten Zeit) (N=15) • Zeitverteilung sehr breit gestreut (extreme Ausreißerin: M21) • Subkategorie TZ bei 15 Proband*innen zu beobachten (8 Mädchen; 7 Jungen) • 3 Proband*innen testen zusätzlich die Gesamtlösung (Subkategorie TG) </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; width: 150px; text-align: center;">Gesamtlösung testen (TG)</div> <div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Codes: 4 Codierungen pro Kind (N=9) • Zeit: \emptyset 43 sek. pro Kind (\emptyset 2% der codierten Zeit) (N=9) • ähnliche Code- und Zeitverteilung bei Mädchen und Jungen (extreme Ausreißerin: M11) • Subkategorie TG bei 9 Proband*innen zu beobachten (5 Mädchen; 4 Jungen) </div> </div> |

8.1.4.3 Analyse des Schritts „Lösung umsetzen“

Die Hauptkategorie „Lösung umsetzen“ setzt sich aus den Subkategorien „Lösungskonzept verwirklichen“, „Wiederherstellen (korrekter) Lösung“ und „Pausieren (korrekter) Lösung“ zusammen. Nach dem Formulieren einer ersten Lösungsidee und dem gegebenenfalls ersten Erkunden der Materialien innerhalb der Hauptkategorie „Lösung suchen“, wenden sich alle Proband*innen dem Umsetzen ihrer Lösung zu. Dabei wird die Hauptkategorie „Lösung umsetzen“ von einigen Proband*innen zeitlich sehr intensiv (z.B. J1: 24 Minuten) und von anderen nur kurz durchlaufen (z.B. M2: 3 Minuten). Grundsätzlich ist die Streuung der Werte für die Lösungsumsetzung um den Mittelwert bei den Mädchen geringer (VarK: 35%) als bei den Jungen (VarK: 66%).

Tabelle 31 Subkategorien von „Lösung umsetzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13

| Subkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|--|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Lösungskonzept verwirklichen | 12 54,9% 801 | 4 35,4% 192 | 5 20,6% 288 | 12 38,7% 391 | 17 60,8% 1.399 | 7 20,7% 311 | 16 35,8% 780 | 14 30,9% 464 | 11 29,7% 530 | 16 36,3% 504 | 15 20,5% 577 | 13 40,8% 587 | 1 50,5% 195 |
| Wiederherstellen (korrekter) Lösung | 5 12,2% 178 | 0 0 0 | 4 7,6% 107 | 4 7,4% 75 | 2 1,3% 30 | 1 0,3% 4 | 7 1,3% 28 | 12 9,8% 147 | 9 10,1% 180 | 6 8,4% 117 | 13 7,0% 197 | 2 0,76% 11 | 1 1,8% 7 |
| Pausieren (korrekter) Lösung | 1 2,6% 38 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 4 0,9% 19 | 4 3,4% 51 | 1 0,6% 11 | 1 0,65% 9 | 3 1,4% 38 | 0 0 0 | 0 0 0 |
| Total | 18 69,7% 1.017 | 4 35,4% 192 | 9 28,2% 395 | 16 46,1% 466 | 19 62,1% 1.429 | 8 21,0% 315 | 27 38,0% 827 | 30 44,1% 662 | 21 40,4% 721 | 23 45,4% 630 | 31 28,9% 812 | 15 41,6% 598 | 2 52,3% 202 |

Tabelle 32 Subkategorien von „Lösung umsetzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26

| Subkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------------|
| Lösungskonzept verwirklichen | 7 | 8 | 13 | 13 | 5 | 7 | 13 | 10 | 5 | 4 | 9 | 237 | 9,9 |
| | 24,3% | 26,4% | 27,0% | 28,2% | 63,7% | 36,7% | 25,5% | 27,6% | 30,8% | 41,2% | 32,6% | 839,6% | 34,9% |
| | 410 | 392 | 233 | 599 | 338 | 267 | 800 | 378 | 260 | 572 | 455 | 11.723 | 488,5 |
| Wiederherstellen (korrekter) Lösung | 2 | 5 | 1 | 2 | 0 | 2 | 9 | 4 | 0 | 0 | 2 | 93 | 3,9 |
| | 0,47% | 2,0% | 0,46% | 0,4% | 0 | 2,1% | 2,6% | 3,9% | 0 | 0 | 1,6% | 71,5% | 3,4% |
| | 8 | 30 | 4 | 8 | 0 | 15 | 83 | 53 | 0 | 0 | 23 | 1305 | 54,4 |
| Pausieren (korrekter) Lösung | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 21 | 0,8 |
| | 0 | 3,1% | 0 | 0,1% | 0 | 2,1% | 0,2% | 0 | 0 | 0 | 0,2% | 15,3% | 0,6% |
| | 0 | 46 | 0 | 2 | 0 | 15 | 7 | 0 | 0 | 0 | 3 | 239 | 10 |
| Total | 9 | 16 | 14 | 16 | 5 | 10 | 23 | 14 | 5 | 4 | 12 | 351 | 14,6 |
| | 24,8% | 28,4% | 27,5% | 28,7% | 63,7% | 40,9% | 28,3% | 31,5% | 30,8% | 41,2% | 34,4% | 926,4% | 38,6% |
| | 418 | 468 | 237 | 609 | 338 | 297 | 890 | 431 | 260 | 572 | 481 | 13.267 | 552,8 |

Aus Tabelle 31 und Tabelle 32 geht deutlich hervor, dass der Fokus bei „Lösung umsetzen“ auf der Subkategorie „Lösungskonzept verwirklichen“ liegt. Die Subkategorie ist im Lösungsverlauf aller Proband*innen zu beobachten. Die Verteilung der codierten Zeit für „Lösungskonzept verwirklichen“ verläuft innerhalb der Stichprobe symmetrisch mit einzelnen Ausreißer*innen (J5) (vgl. Abbildung 40). Ein Vergleich von Mädchen und Jungen zeigt, dass Jungen eine linkssteile Verteilung bilden (VarK: 69%), während die Verteilung der Mädchen symmetrisch bleibt (VarK: 32%) (siehe Abbildung 41 und Abbildung 42). Hinsichtlich der Codeverteilung ergibt sich bei Jungen und Mädchen ein ähnlicher Umfang, wobei Jungen leicht mehr Codierungen zugeordnet bekommen haben (vgl. Abbildung 44 und Abbildung 45).

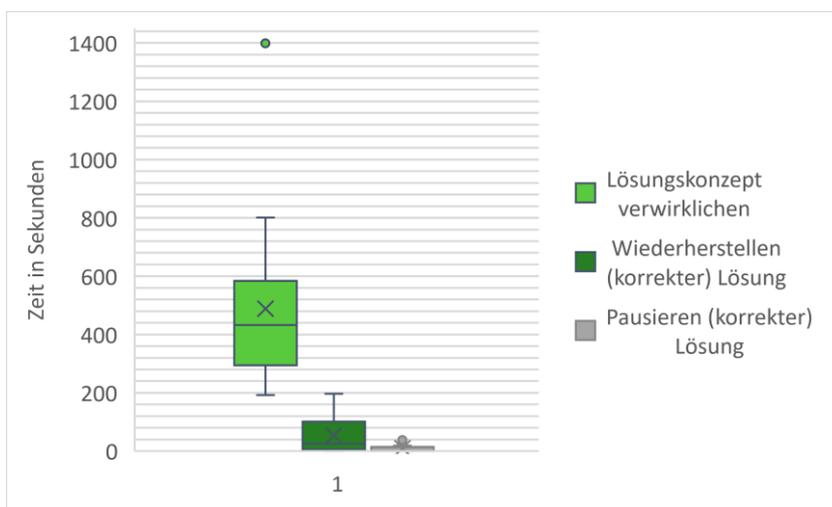


Abbildung 40 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung umsetzen"

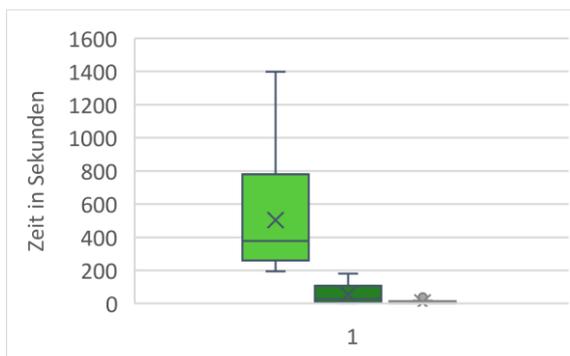


Abbildung 41 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen

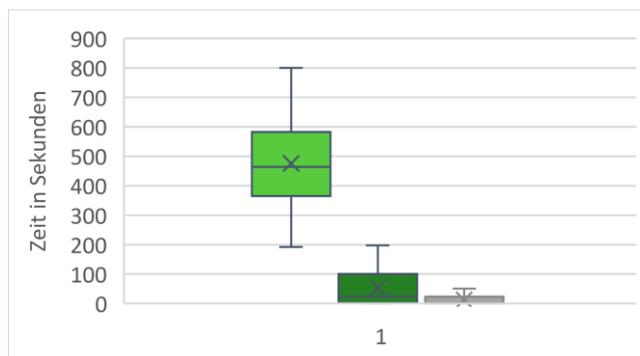


Abbildung 42 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen

Der Subkategorie „Lösungskonzept verwirklichen“ wurden außerdem die Unterkategorien „L1“ und „L2“ zugeordnet (siehe Kapitel 7.3.3). In der Videoanalyse zeigt sich, dass nur ein kleiner Teil der Proband*innen während des Lösungsverlaufs den ersten Lösungsansatz

verwirft (Unterkategorie „L1“) und stattdessen einen zweiten Lösungsansatz entwickelt und verwirklicht (Unterkategorie „L2“) (J14, M18, M21).

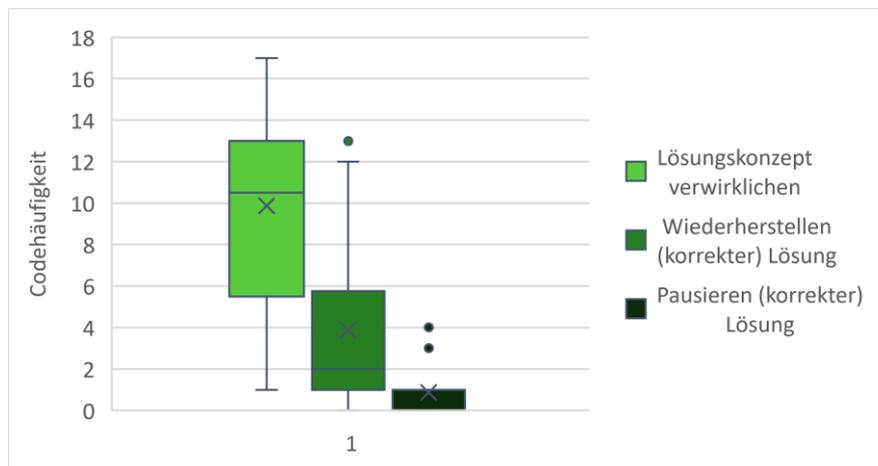


Abbildung 43 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung umsetzen"

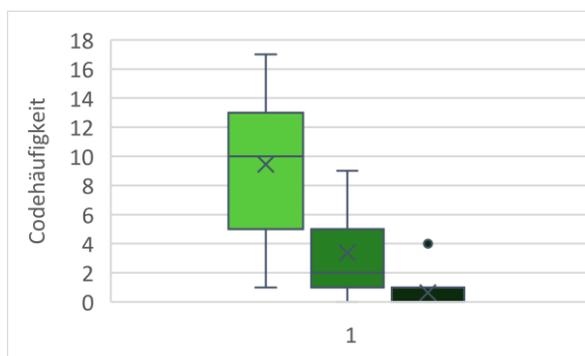


Abbildung 44 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen

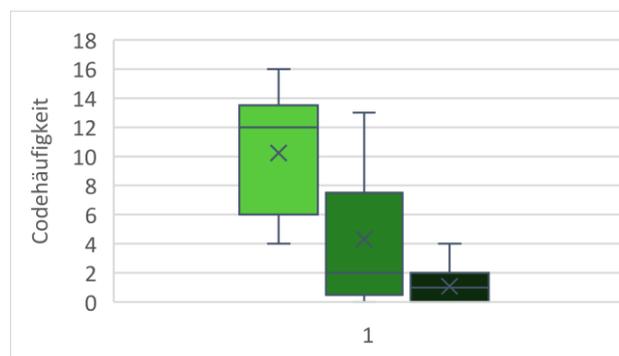


Abbildung 45 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen

Die Subkategorie „Wiederherstellen (korrekter) Lösung“ findet sich bei 20 Proband*innen wieder. Es ist M11, die sich mit 197 Sekunden am längsten und mit 13 Codierungen am häufigsten mit der Subkategorie auseinandersetzt. M6 und J17 weisen hingegen die niedrigsten Werte auf (jeweils 1 Codierung und 4 Sekunden). Die Subkategorie „Pausieren (korrekter) Lösung“ wurde im Vergleich zu den anderen Subkategorien am seltensten zugeteilt. Im Durchschnitt wurde die Subkategorie einmal codiert und für 10 Sekunden bei den Proband*innen beobachtet. M16 weist mit 46 Sekunden die längste codierte Zeit und J7 sowie M8 die meisten Codierungen (jeweils 4 Codierungen) auf; M26 mit 3 Sekunden und einer Codierung die kürzeste Zeit und wenigsten Codierungen. Sowohl „Wiederherstellen (korrekter) Lösung“ ($\text{VarK}_{\text{Mädchen}}: 117\%$; $\text{VarK}_{\text{Jungen}}: 117\%$) als auch „Pausieren (korrekter) Lösung“ ($\text{VarK}_{\text{Mädchen}}: 153\%$; $\text{VarK}_{\text{Jungen}}: 156\%$) weisen jeweils hohe aber nahezu identische Variationskoeffizienten aus.

In Tabelle 33 kann eine zusammenfassende Übersicht zum Problemlöseschritt „Lösung umsetzen“ eingesehen werden.

Tabelle 33 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung umsetzen" (LU)

| | |
|-----------------------------|---|
| Lösung umsetzen (LU) | <ul style="list-style-type: none"> Σ Codes: 351 Codes; $\bar{\varnothing}$ 14,6 Codes pro Kind Codehäufigkeit symmetrisch angeordnet Zeit: 3 min. 12 sek. und 24 min. (21% - 69,7% der codierten Gesamtzeit); $\bar{\varnothing}$ 9 min. pro Kind IQR-Zeit: breit & linkssteile Verteilung Jungen verbringen mehr Zeit mit LU |
| Subkategorien | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="background-color: #1A3A5A; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; width: 150px; text-align: center;"> Lösungskonzept verwirklichen (LV) </div> <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> Zeit: $\bar{\varnothing}$ 8 min. pro Kind ($\bar{\varnothing}$ 35% der codierten Zeit) (N=24) Zeit verläuft symmetrisch (extremer Ausreißer: J5); Jungen leicht linkssteile Verteilung LV bei allen 24 Proband*innen zu beobachten Jungen bekommen mehr Kodierungen zugeordnet & verbringen mehr Zeit mit LV </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="background-color: #1A3A5A; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; width: 150px; text-align: center;"> Wiederherstellen (korrekter) Lösung (LWI) </div> <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> Zeit: $\bar{\varnothing}$ 65 sek. pro Kind ($\bar{\varnothing}$ 4% der codierten Zeit) (N=20) LWI bei 20 Proband*innen mind. 1 Mal codiert Mädchen verbringen etwas mehr Zeit mit LWI ($\bar{\varnothing}$ 70 sek.) </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: #1A3A5A; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; width: 150px; text-align: center;"> Pausieren (korrekter) Lösung (LPA) </div> <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> Zeit: $\bar{\varnothing}$ 22 sek. pro Kind ($\bar{\varnothing}$ 1% der codierten Zeit) (N=11) LPA bei 11 Proband*innen mind. 1 Mal codiert insb. bei weiblichen Probandinnen zu beobachten </div> </div> |

8.1.4.4 Analyse des Schritts „Lösung testen“

Die Hauptkategorie „Lösung testen“ gliedert sich in die Subkategorien „Zwischenschritt testen“ und „Gesamtlösung testen“. Es zeigt sich, dass große Unterschiede insbesondere hinsichtlich der Durchführung von „Lösung testen“ zu verzeichnen sind. Während die im Lösungsverlauf von den Proband*innen M2, M4 und J14 kein „Lösung testen“ stattfindet, ist zu beobachten, dass für 12 Proband*innen lediglich die Subkategorie „Zwischenschritt testen“ zutrifft. Das bedeutet, dass sie Zwischenlösungen überprüfen, nicht aber ihre Gesamtlösung (siehe Kapitel 8.1.5).

Die Verteilung der Werte für die Subkategorie „Zwischenschritt testen“ ist hinsichtlich der codierten Zeit sowie Codehäufigkeit linkssteil ausgerichtet (siehe Abbildung 46). In Bezug auf die codierte Zeit findet sich dabei eine starke Ausreißerin (M21) und die gesamte Werteverteilung ist sehr breit gestreut. Die Verteilung in den Gruppierungen Mädchen (VarK: 130%) und Jungen (VarK: 140%) zeigt dabei keine deutlichen Unterschiede (siehe Abbildung 47 und Abbildung 48).

Tabelle 34 Subkategorien von „Lösung testen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13

| Subkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|---------------------------|------|----|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Zwischenschritt testen | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 0,6% | 0 | 0 | 0 | 1,1% | 1,2% | 2,6% | 0 | 0,2% | 0,4% | 0 | 0 | 0,8% |
| | 8 | 0 | 0 | 0 | 26 | 18 | 56 | 0 | 4 | 5 | 0 | 0 | 3 |
| Gesamtlösung testen | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 24 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | 0,5% | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5% | 1,5% | 0 | 8,9% | 0,4% | 0 |
| | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 26 | 0 | 253 | 6 | 0 |
| Total | 2 | 0 | 2 | 0 | 5 | 1 | 6 | 1 | 2 | 1 | 24 | 1 | 1 |
| | 0,6% | 0 | 0,5% | 0 | 1,1% | 1,2% | 2,6% | 1,5% | 1,7% | 0,4% | 8,9% | 0,4% | 0,8% |
| | 8 | 0 | 7 | 0 | 26 | 18 | 56 | 23 | 30 | 5 | 253 | 6 | 3 |

Tabelle 35 Subkategorien von „Lösung testen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 – M26

| Subkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----------------------|
| Zwischenschritt testen | 0 | 2 | 2 | 6 | 2 | 4 | 9 | 0 | 0 | 3 | 9 | 54 | 2,3 |
| | 0 | 0,6% | 0,5% | 2,4% | 1,1% | 3,2% | 2,7% | 0 | 0 | 3,4% | 4,0% | 24,8% | 1,0% |
| | 0 | 9 | 10 | 42 | 6 | 23 | 84 | 0 | 0 | 48 | 40 | 382 | 15,9 |
| Gesamtlösung testen | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 35 | 1,5 |
| | 0 | 1,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1% | 2,8% | 1,4% | 0 | 0 | 18,3% | 0,8% |
| | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 39 | 12 | 0 | 0 | 386 | 16,1 |
| Total | 0 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 | 10 | 1 | 2 | 3 | 9 | 89 | 8,7 |
| | 0 | 1,8% | 0,5% | 2,4% | 1,1% | 3,2% | 2,8% | 2,8% | 1,4% | 3,4% | 4,0% | 43,1% | 1,8% |
| | 0 | 25 | 10 | 42 | 6 | 23 | 88 | 39 | 12 | 48 | 40 | 768 | 32 |

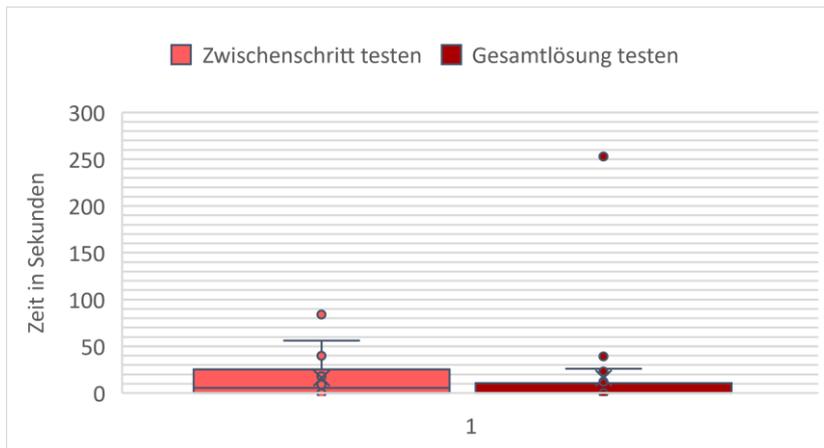


Abbildung 46 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung testen"

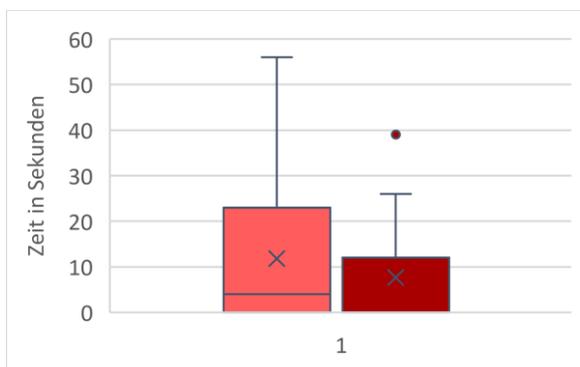


Abbildung 47 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung testen"; Jungen

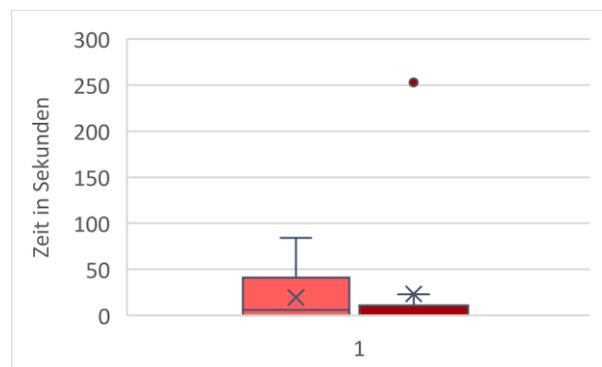


Abbildung 48 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung testen"; Mädchen

Neun Proband*innen kann die Subkategorie „Gesamtlösung testen“ zugeordnet werden, wobei sich bei einzelnen dieser Proband*innen zusätzlich die Subkategorie „Zwischenschritt testen“ wiederfindet (siehe Tabelle 34 und Tabelle 35). Insgesamt fünf Mädchen (M8, M11, M12, M16, M21) und vier Jungen (J3, J9, J22, J23) testen ihre Gesamtlösung im Lösungsverlauf. Die codierte Zeit von Subkategorie „Gesamtlösung testen“ zeigt zwischen den weiblichen und männlichen Proband*innen eine ähnliche Werteverteilung (siehe Abbildung 47 und Abbildung 48). Allein eine extreme Ausreißerin ist bei den Mädchen zu verzeichnen (M11), die mit über 4 Minuten rd. zehn Mal so viel Zeit zum Testen der Lösung in Anspruch nimmt wie der zweithöchste Wert (J9 mit 26 Sekunden). Auf Grund dieser Ausreißerin fällt der Variationskoeffizient für Mädchen mit 287% deutlich höher aus als bei den Jungen mit 165%.. Hinsichtlich der Codehäufigkeit ist eine ähnliche Verteilung der Werte zu erkennen. Auch hier bildet M11 eine Ausreißerin in der Datenmenge (vgl. Abbildung 50 und Abbildung 51). Eine übersichtliche Zusammenfassung der gewonnenen Daten zu „Lösung testen“ kann in Tabelle 36 eingesehen werden.

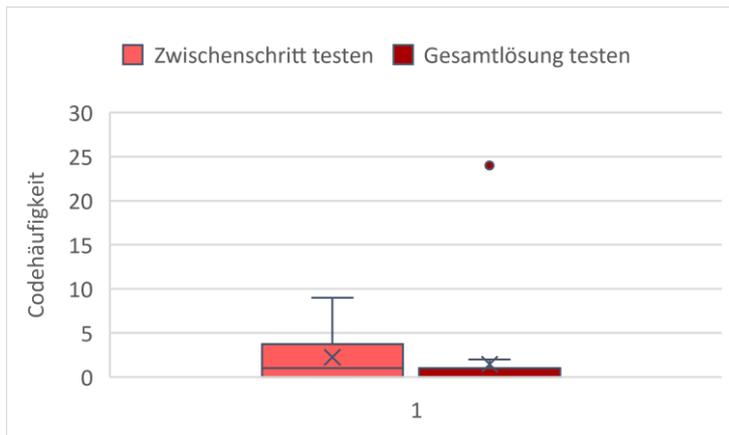


Abbildung 49 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung testen"

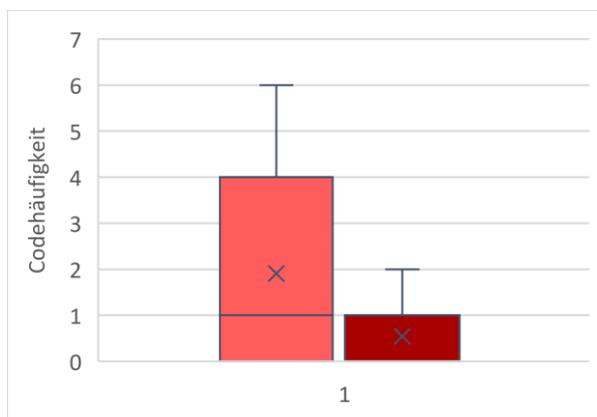


Abbildung 50 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung umsetzen"; Jungen

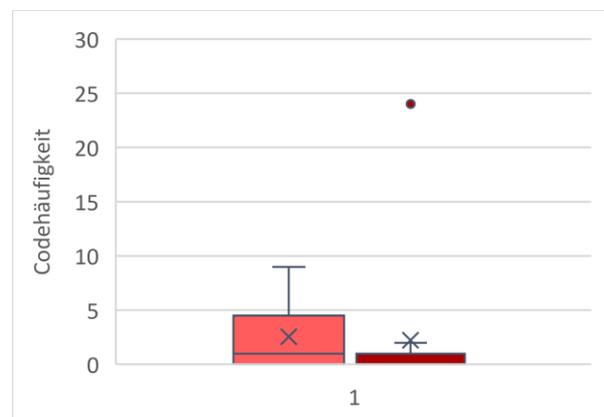


Abbildung 51 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung umsetzen"; Mädchen

Tabelle 36 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung testen" (LT)

| | |
|---------------------------|--|
| Lösung testen (LT) | <ul style="list-style-type: none"> • Σ Codes: 89 Codes; \emptyset 4,2 Codes pro Kind (N=21) • Codehäufigkeit linkssteil verteilt (extreme Ausreißerin: M11) • Zeit: 3 sek. - 4 min. (0,4% - 9% der codierten Gesamtzeit); \emptyset 38 sek. pro Kind • IQR-Zeit: schmal & symmetrische Verteilung; Mädchen bilden mehr Ausreißer*innen |
| Subkategorien | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; width: 150px; text-align: center;">Zwischenschritt testen (TZ)</div> <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Codes: 3,6 Codierungen pro Kind (N=15) • Zeit: \emptyset 26 sek. pro Kind (\emptyset 2% der codierten Zeit) (N=15) • Zeitverteilung sehr breit gestreut (extreme Ausreißerin: M21) • Subkategorie TZ bei 15 Proband*innen zu beobachten (8 Mädchen; 7 Jungen) • 3 Proband*innen testen zusätzlich die Gesamtlösung (Subkategorie TG) </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; width: 150px; text-align: center;">Gesamtlösung testen (TG)</div> <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Codes: 4 Codierungen pro Kind (N=9) • Zeit: \emptyset 43 sek. pro Kind (\emptyset 2% der codierten Zeit) (N=9) • ähnliche Code- und Zeitverteilung bei Mädchen und Jungen (extreme Ausreißerin: M11) • Subkategorie TG bei 9 Proband*innen zu beobachten (5 Mädchen; 4 Jungen) </div> </div> |

8.1.4.5 Analyse Schritts „Lösung optimieren“

Die Hauptkategorie „Lösung optimieren“ wurde, mit Ausnahme von J17, an alle 23 Proband*innen mindestens einmal vergeben (siehe Tabelle 39 und Tabelle 40). Es zeigt sich, dass vor allem die Mädchen mit ihrer Zeit häufiger über der durchschnittlich codierten Gesamtzeit für die Hauptkategorie „Lösung optimieren“ liegen ($N_{\text{Mädchen}} = 8$; $N_{\text{Jungen}} = 3$). Sie verbringen mit der Lösungsoptimierung im Durchschnitt 3 Minuten und 40 Sekunden länger als die Jungen.

Die Analyse der codierten Zeit für „Lösung optimieren“ zeigt, dass hier eine linkssteile Verteilung vorliegt (vgl. Abbildung 22). Der IQR ist breit und bildet extreme Ausreißer*innen ab (z.B. J7 und M21). Ein Vergleich der Mädchen und Jungen macht deutlich, dass sowohl die Werteverteilung der Mädchen (VarK: 96%) als auch der Jungen (VarK: 112%) breit gefächert sind (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24). Hinsichtlich der Codehäufigkeit zeigt sich, dass den Mädchen deutlich mehr Codierungen zugeordnet wurden. Dabei weisen sie außerdem eine breitere Verteilung der Werte sowie extreme Ausreißerinnen auf (M11) (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27).

Eine Übersicht der wichtigsten Daten zum Problemlöseschritt „Lösung optimieren“ liefert abschließend die Tabelle 37.

Tabelle 37 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung optimieren" (LO)

| | |
|-------------------------------|---|
| Lösung optimieren (LO) | <ul style="list-style-type: none">• Kategorie LO bei 23 Proband*innen codiert (Ausnahme J17)• Σ Codes: 169 Mal Codes; \emptyset 7 Codes pro Kind (N=23)• Codehäufigkeit linkssteil verteilt (extreme Ausreißerin: M11)• Zeit: 14 sek. - 22 min. (1% - 42% der codierten Gesamtzeit); \emptyset 5 min. pro Kind (N=23)• IQR-Zeit: breit & linkssteile Verteilung (extreme Ausreißer*in: M21)• Mädchen verbringen mehr Zeit mit LO; Mädchen bekommen \emptyset mehr Codes zugeteilt |
|-------------------------------|---|

8.1.4.6 Analyse des Schritts „Lösung reflektieren“

Eine Codierung der Hauptkategorie „Lösung reflektieren“ kann bei 22 der 24 Proband*innen beobachtet werden. Es sind die Proband*innen M12 und J23, bei denen kein Reflektieren der eigenen Lösung im Lösungsverlauf beobachtet werden konnte.

Eine Analyse der Codehäufigkeit deutet auf eine leichte rechtssteile Verteilung mit Ausreißer*innen (M11, M8, J7) hin (siehe Abbildung 25). Die Werte der Mädchen und Jungen weisen dabei einen ähnlichen Umfang auf (jeweils 50% zwischen 1 und 4 Codierungen). Eine Analyse der codierten Zeit macht deutlich, dass die Stichprobe relativ breit verteilt ist mit vereinzelt Ausreißer*innen (M11, M8, J7). Ein Vergleich von Mädchen und Jungen zeigt, dass die weiblichen Probandinnen tendenziell mehr Zeit mit „Lösung reflektieren“ verbringen (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24). Sie liegen häufiger über der durchschnittlich codierten Gesamtzeit ($N_{\text{Mädchen}} = 5$; $N_{\text{Jungen}} = 1$) (siehe Tabelle 41 und Tabelle 42). Mädchen (VarK: 109%) und Jungen (VarK: 125%) weisen dabei jeweils hohe Streuungen der Werte für „Lösung reflektieren“ um den Mittelwert auf.

Innerhalb der Tabelle 38 kann eine zusammenfassende Übersicht zum Schritt „Lösung reflektieren“ eingesehen werden.

Tabelle 38 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung reflektieren" (LR)

| | |
|---------------------------------|---|
| Lösung reflektieren (LR) | <ul style="list-style-type: none">• Kategorie LR bei 22 Proband*innen codiert (Ausnahme: M12 und J23)• Σ Codes: 95 Codes; \emptyset 4 Codes pro Kind (N=22)• Codehäufigkeit leicht rechtssteil verteilt (extreme Ausreißerin: M11)• Zeit: 6 sek. - 2 min. (0,4% - 7% der codierten Gesamtzeit); \emptyset 35 sek. pro Kind (N=22)• IQR-Zeit: schmal & breite Verteilung der Werte• Mädchen verbringen mehr Zeit mit LR und bilden mehr Ausreißer (z.B. J7, M8, M11) |
|---------------------------------|---|

Tabelle 39 Hauptkategorie „Lösung optimieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13

| Hauptkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|
| Lösung optimieren | 1 | 5 | 3 | 5 | 10 | 6 | 16 | 9 | 4 | 1 | 36 | 2 | 2 |
| | 1,3% | 24,9% | 11,8% | 11,8% | 19,0% | 50,2% | 30,2% | 31,4% | 7,7% | 1,7% | 31,3% | 11,1% | 5,1% |
| | 19 | 135 | 165 | 119 | 438 | 752 | 659 | 473 | 138 | 23 | 880 | 160 | 20 |

Tabelle 40 Hauptkategorie „Lösung optimieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26

| Hauptkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|-------------------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------------------|
| Lösung optimieren | 3 | 9 | 0 | 3 | 2 | 7 | 18 | 5 | 2 | 4 | 16 | 169 | 7 |
| | 9,0% | 36,2% | 0 | 2,1% | 3,4% | 10,6% | 42,4% | 17,6% | 1,7% | 35,6% | 22,1% | 418,2% | 17,4% |
| | 152 | 531 | 0 | 44 | 18 | 77 | 1.329 | 241 | 14 | 498 | 219 | 7.104 | 296 |

Tabelle 41 Hauptkategorie „Lösung reflektieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13

| Hauptkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Lösung reflektieren | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 13 | 11 | 4 | 1 | 22 | 0 | 1 |
| | 0,5% | 4,2% | 1,6% | 2,2% | 0,7% | 0,4% | 5,7% | 7,4% | 1,3% | 1,9% | 5,1% | 0 | 1,8% |
| | 8 | 23 | 23 | 22 | 17 | 6 | 125 | 112 | 23 | 26 | 143 | 0 | 7 |

Tabelle 42 Hauptkategorie „Lösung reflektieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26

| Hauptkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|----------------------|
| Lösung reflektieren | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 5 | 0 | 3 | 1 | 95 | 4 |
| | 1,8% | 1,4% | 1,9% | 1,6% | 2,6% | 0,8% | 0,7% | 2,2% | 0 | 3,5% | 1,3% | 50,6% | 2,1% |
| | 31 | 21 | 16 | 34 | 14 | 6 | 21 | 30 | 0 | 49 | 13 | 770 | 32 |

8.1.4.7 Analyse des Zusatzschritts „Hilfestellung nutzen“

Die Hauptkategorie „Hilfestellung nutzen“ unterteilt sich in drei Subkategorien: „Schriftliche Anleitung“, „Bilderanleitung“ und „Fertiges Beispiel“. Diese Subkategorien wurden bei 13 der 24 Proband*innen beobachtet (siehe Tabelle 44 und Tabelle 45). Proband J5 verbringt im Vergleich am wenigsten seiner codierten Gesamtzeit mit der Hilfestellung (1,2%) und zieht die Hilfestellung nur ein einziges Mal zur Unterstützung hinzu. Im Gegensatz dazu nimmt die Hilfestellung 20% der codierten Gesamtzeit von M10 in Anspruch. Sie verbringt mit der Hilfestellung im Vergleich zum Rest der Stichprobe am meisten Zeit und kehrt insgesamt 25 Mal zur Hilfestellung zurück. Insgesamt streuen die Werte von „Hilfestellung nutzen“ innerhalb der Mädchen (VarK: 139%) und Jungen (VarK: 139%) ähnlich stark um ihren jeweiligen Mittelwert.

Während die Proband*innen M4, J5, M12 und J23 die Schriftliche Anleitung im Durchschnitt für 53 Sekunden verwenden, wird die Bilderanleitung von M10, M11, J14, M16, J17, M21 und J22 durchschnittlich für 2 Minuten genutzt. Mit dem Fertigen Beispiel setzen sich die Proband*innen mit durchschnittlich 3 Minuten am längsten auseinander (J3 und J9). Ein Vergleich der Codierungen zeigt jedoch, dass während des Lösungsverlaufs mit durchschnittlich 9 Codierungen die „Bilderanleitung“ am häufigsten wiederholt hinzugezogen wird. Es folgen mit durchschnittlich 5 Codierungen das „Fertige Beispiel“ und mit durchschnittlich 2 Codierungen die „Schriftliche Anleitung“. Eine abschließende Übersicht zum Problemlöseschritt „Hilfestellung nutzen“ mit den wichtigsten Informationen bietet die Tabelle 43.

Tabelle 43 Zusammenfassende Übersicht von "Hilfestellung nutzen" (HIL)

| | |
|-----------------------------------|---|
| Hilfestellung nutzen (HIL) | <ul style="list-style-type: none">• Kategorie HIL wurde bei 13 Proband*innen codiert• Codehäufigkeiten linkssteil verteilt (extreme Ausreißerin: M10)• Zeitverteilung linkssteil; mehr Mädchen bilden Ausreißer*innen |
| Subkategorien | |
| Schriftliche Anleitung (SHIL) | <ul style="list-style-type: none">• Subkategorie SHIL bei 4 Proband*innen zu beobachten• Codes: zw. 1 - 4 Codes pro Kind• Zeit: 27 sek. - 3 min. (1% - 24% der codierten Gesamtzeit) |
| Bilderanleitung (BHIL) | <ul style="list-style-type: none">• Subkategorie BHIL bei 7 Proband*innen zu beobachten• Codes: zw. 1 - 25 Codes pro Kind• Zeit: 31 sek. - 5 min. (3% - 20% der codierten Gesamtzeit) |
| Fertiges Beispiel (FBHIL) | <ul style="list-style-type: none">• Subkategorie FBHIL bei 2 Proband*innen zu beobachten• Codes: zw. 2 - 8 Cods pro Kind• Zeit: 1 min. 30 sek. - 4 min. (5% - 19% der codierten Gesamtzeit) |

Tabelle 44 Subkategorien von „Hilfestellung nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13

| Subkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|---------------------------|----|----|-------|------|------|----|----|----|------|-------|------|------|-----|
| Schriftliche Anleitung | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 9,8% | 1,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,9% | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 99 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 | 0 |
| Bilderanleitung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 18 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19,7% | 6,0% | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 274 | 169 | 0 | 0 |
| Fertiges Beispiel | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 18,9% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,9% | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 266 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 45 Subkategorien von „Hilfestellung nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 – M26

| Subkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|---------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-------|-----|-----|-------|----------------------|
| Schriftliche Anleitung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 9 | 0,4 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23,8% | 0 | 0 | 39,7% | 1,7% |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 201 | 0 | 0 | 210 | 8,8 |
| Bilderanleitung | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 65 | 2,7 |
| | 4,4% | 3,5% | 3,6% | 0 | 0 | 0 | 3,1% | 8,9% | 0 | 0 | 0 | 49,2% | 2,1% |
| | 75 | 51 | 31 | 0 | 0 | 0 | 98 | 122 | 0 | 0 | 0 | 820 | 34,2 |
| Fertiges Beispiel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0,4 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23,8% | 0,9% |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 354 | 14,8 |

8.1.4.8 Code-Relation zwischen den Problemlöseschritten

Als ein weiterer Analysepunkt wurde die Code-Relation hinzugezogen. Die Code-Relation wertet aus, wie häufig zwei Codes gemeinsam in einem Dokument oder einer Media-Datei vergeben wurden. Dabei können drei unterschiedliche Arten der Code-Relation ausgewertet werden: Überschneidung am Segment, Nähe von Codes im gleichen Dokument sowie Vorkommen von Codes im gleichen Dokument. Innerhalb der vorliegenden Studie wurde die Nähe von Codes im gleichen Dokument ausgewertet (vgl. MAXQDA, 2020). Entsprechend wurde ausgewertet, wie oft die sieben Haupt- und Zusatzkategorien, „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“, in dem definierten Abstand von maximal 2 Sekunden in der gleichen Video-Datei vergeben wurden.

Das Code-Relation-Modell (Abbildung 52) visualisiert das Vorkommen der Codenähen als Netzstruktur. Anhand von Verbindungslinien zwischen den Haupt- und Zusatzkategorien wird dargestellt, welche Kategorien häufiger bzw. seltener in Nähe zueinander vergeben wurden. Die Dicke der Verbindungslinien wurde entsprechend der Häufigkeit der Codenähen zwischen zwei Kategorien angepasst. Die Abbildung zeigt, dass die Kategorien (1) „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“, (2) „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“, (3) „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung umsetzen“ sowie „Lösung umsetzen“ und „Lösung optimieren“ am häufigsten in unmittelbarer Nähe voneinander auftreten.

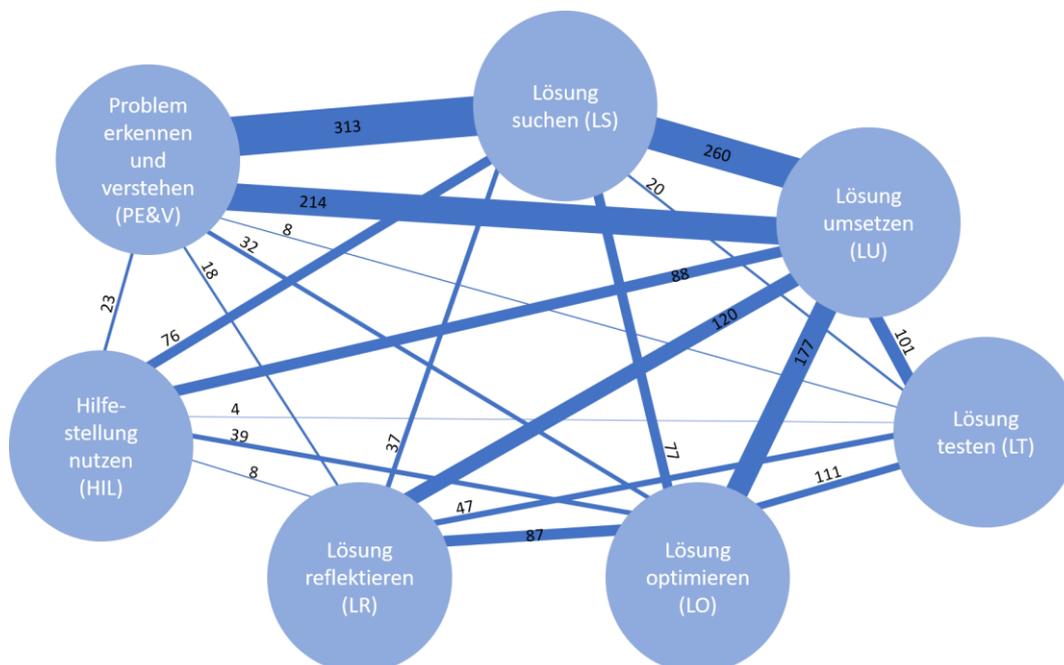


Abbildung 52 Code-Relation-Modell mit Angaben zur Anzahl der Codenähen zwischen den untersuchten Hauptkategorien und Zusatzkategorien

Zwischenfazit

- Ein Großteil der Proband*innen nimmt sich viel Zeit für das erste Lesen der Aufgabenstellung und kehrt im Lösungsverlauf wiederholt zur Aufgabenstellung zurück (Hauptkategorie „Problem erkennen und verstehen“).
- Das Problem können alle 24 Proband*innen im Leitfadeninterview benennen.
- Während 9 Proband*innen eine genaue Lösungsidee beschreiben, formulieren 11 Proband*innen eine ungenaue Lösung und 4 Proband*innen können keine Lösungsidee nennen.
- Vor allem weiblichen Probandinnen fällt es schwer eine erste eigene Lösungsidee zu formulieren (z.B. M8, M10, M21).
- Fast die Hälfte der Proband*innen (11 Kinder) beschäftigen sich im Lösungsverlauf überdurchschnittlich lange mit der Hauptkategorie „Lösung suchen“. Hinsichtlich der Codehäufigkeiten liegen sie dabei Nahe an den durchschnittlichen 12 Codierungen je Proband*in.
- Während weibliche Probandinnen vor allem die Hauptkategorie „Problem erkunden und verstehen“ überdurchschnittlich lange fokussieren, ist es bei männlichen Probanden die Hauptkategorie „Lösung suchen“.
- Die Lösungsumsetzung nimmt im Lösungsverlauf der Proband*innen die meiste Zeit ein.
- Allein drei Proband*innen verwerfen ihren ersten Lösungsansatz und entwickeln eine zweite Lösung, die sie verwirklichen (Hauptkategorie „Lösung umsetzen“).
- Acht Proband*innen (J5, M6, J7, M8, M11, M16, M21, M25) beschäftigen sich in ihrem Lösungsverlauf auffallend intensiv mit einem Optimieren der eigenen Lösung.
- „Lösung testen“ erfolgt vor allem hinsichtlich des Testens von Zwischenschritten, die für das richtige Lösen des Problems nebensächlich sind.
- Die Gesamtlösung testen neun der 24 Proband*innen (J3, M8, J9, M11, M12, M16, M21, J22, J23).
- Ein Reflektieren der Lösung kann, mit Ausnahme von M12 und J23, bei allen Proband*innen beobachtet werden. Die Proband*innen M2, J7, M8, M11, M19 und M25 verbringen mit Abstand die meiste Zeit mit „Lösung reflektieren“ und kehren am häufigsten zur Kategorie zurück.
- Tendenziell nehmen insbesondere die weiblichen Probandinnen ein ausführliches Optimieren und Reflektieren ihrer Lösung vor.

- 13 Proband*innen nutzen eine Hilfestellung, wobei J3, M10 und J23, im Verhältnis zu ihrer Gesamtbearbeitungszeit, die längste Zeit mit der Hilfestellung verbringen.

8.1.5 Problemlöseschritte unter Einsatz der verfügbaren Materialien

Aufbauend auf der vorangegangenen Analyse der Problemlöseschritte werden im Folgenden die zur Verfügung stehenden Materialien in die Auswertung einbezogen. Tabelle 46 und Tabelle 47 liefern einen Überblick, mit welchen Materialien sich die Proband*innen im Lösungsverlauf zeitlich intensiver (Zeitanteil) oder häufiger (Codeanzahl) beschäftigt haben. Dafür wurde die Hauptkategorie „Materialien nutzen“ in Subkategorien untergliedert. Insgesamt wurden die Materialien 1.137 Mal eingesetzt, was einem Durchschnitt von 47 Materialeinsätzen je Kind entspricht. Die Proband*innen setzen sich durchschnittlich 18 Minuten ihrer codierten Gesamtzeit mit der Hauptkategorie „Materialien nutzen“ auseinander. Eine Übersicht der verwendeten Materialien und deren gewichteter Einsatz im Lösungsverlauf bieten Abbildung 53 und Abbildung 54.

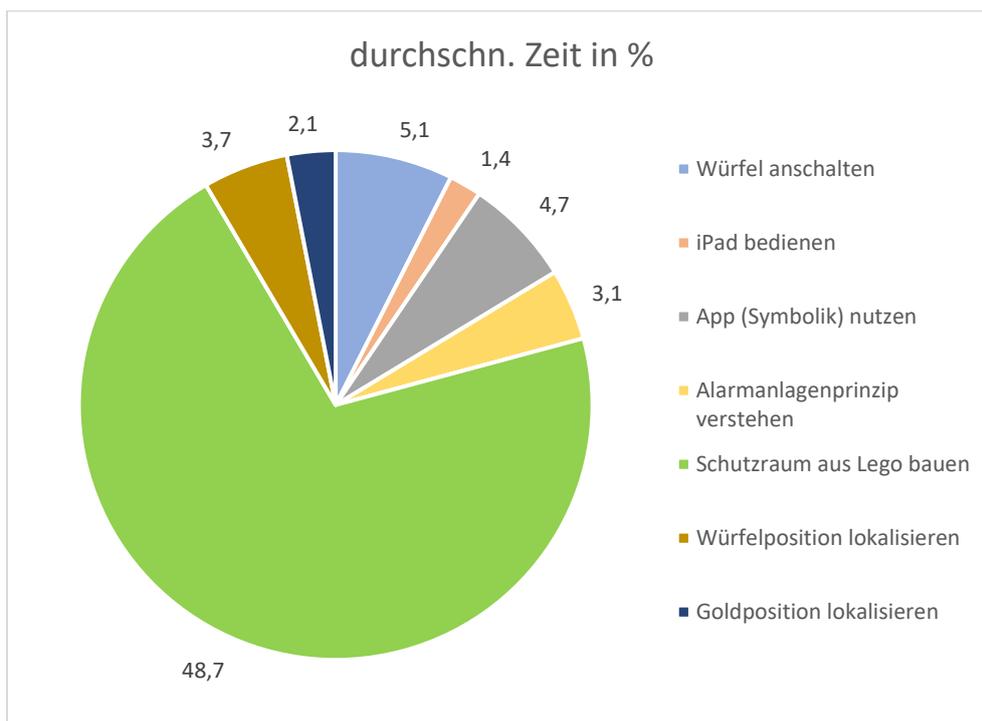


Abbildung 53 Materialeinsatz (durchschnittlicher Zeitanteil in %)

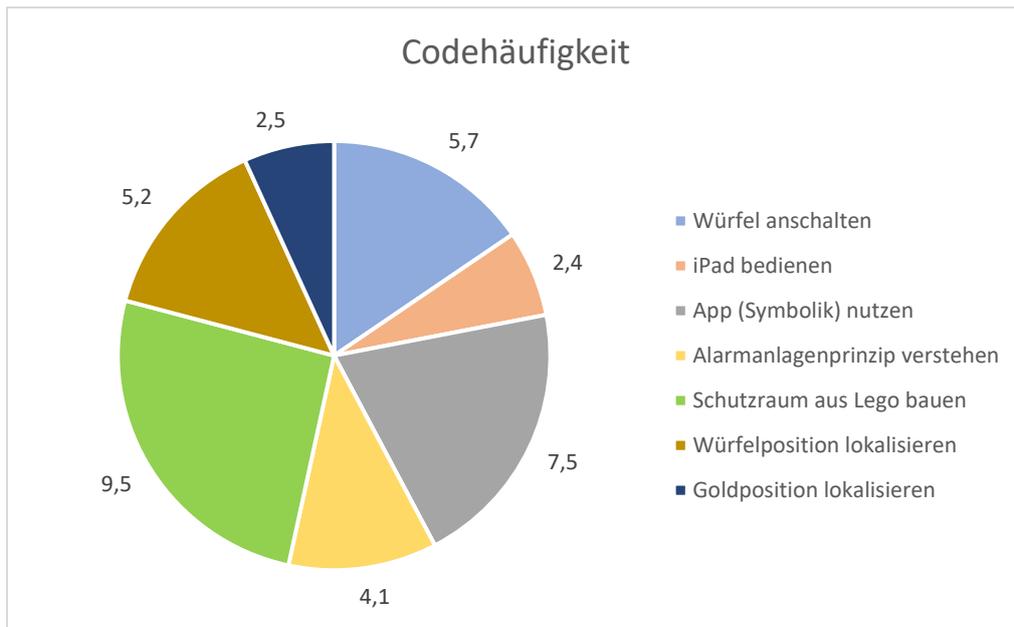


Abbildung 54 Materialeinsatz (durchschnittliche Codeanzahl)

Beim Vergleich der Subkategorien hinsichtlich Zeitanteil und Codehäufigkeit wird deutlich, dass hier eine lange Bearbeitungszeit auf eine eher geringe Codeanzahl trifft (siehe Abbildung 53 und Abbildung 54). Dies trifft z.B. auf die Subkategorie „Schutzraum aus Lego bauen“ zu und deutet darauf hin, dass sich die Proband*innen mit dem Bauen des Schutzraums in langen Sequenzen beschäftigen. Dies könnte darin begründet liegen, dass die manuelle Umsetzung der Aufgabe zeitaufwendig ist (die Schutzräume der Proband*innen bestehen aus ca. 40 bis 100 Legosteinen) und die Teilaufgabe in sich schlüssig und unabhängig von anderen Teilaufgaben umzusetzen ist. Hingegen setzen sich die Proband*innen mit den restlichen Materialien gar nicht oder aber nur für kurze wiederholende Sequenzen auseinander. Daher fallen die Subkategorien „Würfel anschalten“, „App (Symbolik) nutzen“ und „Würfelposition lokalisieren“ im Vergleich in kurzer Zeit verhältnismäßig häufig an. Auffällig ist, dass einer der Probanden (J14) aus diesem Schema herausfällt. Im Vergleich zur restlichen Stichprobe verbringt J14 mehr Zeit mit Materialien zur Aktivierung der Alarmanlage als mit dem Bauen eines Schutzraums aus Lego. Grundsätzlich kehren die Proband*innen innerhalb ihres Lösungsverlaufs mehrmals zu den Materialien zurück.

Zu den Subkategorien „Schutzraum aus Lego bauen“ und „App (Symbolik) nutzen“ wurden zusätzlich Unterkategorien definiert, die in Tabelle 48 und Tabelle 49 dargestellt werden. Sie geben darüber Aufschluss, wie detailliert sich die Proband*innen im Lösungsverlauf mit den Materialien auseinandergesetzt haben. Die Unterkategorien „Legoschachtel durchsuchen“, „Farbschema“ und „Stabilität sichern“ sind der Subkategorie „Schutzraum aus Lego bauen“ zugeordnet und stehen im direkten Zusammenhang mit dem Bauen des Schutzraums. Die

Unterkategorie „Systematischer Umgang App/iPad“ zählt hingegen zur Subkategorie „App (Symbolik) nutzen“ und wurde bei einzelnen Proband*innen in Zusammenhang mit der Nutzung des iPads und der App codiert. Ein „Systematischer Umgang App/iPad“ kann bei 6 der 24 Proband*innen beobachtet werden (J1, J7, M8, JJ9, M18, M26). Im Umgang mit dem iPad und der zugehörigen App zeigen sie auffallend systematisierte Handlungsweisen, was darauf schließen lässt, dass sie routiniert mit dem Medium (iPad, App) umgehen können. Die Unterkategorien, die im Zusammenhang mit dem Bau des Schutzraums stehen, lassen sich hingegen bei einem größeren Anteil der Proband*innen beobachten. Während drei Proband*innen ein bestimmtes Farbschema beim Bau fokussieren (M2, J5, J9), werden bei 21 Proband*innen ein systematischer Umgang beim Bauen und ein Sichern der Stabilität des Baus festgestellt. Insbesondere der systematische Umgang beim Bauen deutet auf ein routiniertes Bauen mit Legosteinen hin und lässt darauf schließen, dass bei diesen Proband*innen Vorerfahrungen im Umgang und Bauen mit Legobausteinen vorhanden sind.

Tabelle 46 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J1 – J14

| Subkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Würfel anschalten | 7 | 1 | 14 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 13 | 8 | 11 | 6 | 1 |
| | 6,6% | 0,9% | 12,3% | 4,3% | 2,9% | 2,9% | 2,0% | 3,7% | 9,1% | 11,7% | 4,7% | 4,4% | 5,4% |
| | 96 | 5 | 172 | 43 | 66 | 44 | 44 | 56 | 162 | 163 | 133 | 63 | 21 |
| iPad bedienen | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 6 | 3 | 1 | 5 | 5 | 0 |
| | 0,8% | 0 | 0,7% | 0,9% | 0,6% | 0,9% | 0,7% | 1,1% | 0,7% | 0,6% | 1,3% | 6,9% | 0 |
| | 12 | 0 | 10 | 9 | 13 | 13 | 15 | 17 | 12 | 9 | 37 | 99 | 0 |
| App (Symbolik) nutzen | 8 | 0 | 5 | 4 | 4 | 2 | 10 | 13 | 14 | 10 | 24 | 7 | 0 |
| | 8,7% | 0 | 7,5% | 1,8% | 3,7% | 2,2% | 7,3% | 15,9% | 12,3% | 6,5% | 7,3% | 11,5% | 0 |
| | 128 | 0 | 105 | 18 | 86 | 33 | 159 | 239 | 219 | 91 | 205 | 166 | 0 |
| Alarmanlagen- prinzip verstehen | 1 | 0 | 2 | 7 | 1 | 4 | 14 | 7 | 8 | 1 | 28 | 2 | 0 |
| | 0,4% | 0 | 2,7% | 8,5% | 0,3% | 2,9% | 7,3% | 6,3% | 7,4% | 1,0% | 10,2% | 2,7% | 0 |
| | 6 | 0 | 38 | 86 | 6 | 43 | 159 | 94 | 133 | 14 | 286 | 37 | 0 |
| Schutzraum aus Lego bauen | 14 | 5 | 4 | 11 | 9 | 9 | 19 | 18 | 10 | 12 | 24 | 10 | 3 |
| | 61,5% | 57,5% | 31,8% | 48,7% | 81,2% | 65,7% | 58,6% | 61,1% | 36,9% | 40,5% | 34,7% | 46,2% | 49,1% |
| | 898 | 312 | 446 | 492 | 1.868 | 983 | 1.278 | 919 | 661 | 563 | 977 | 665 | 191 |
| Würfelposition lokalisieren | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 6 | 2 | 4 | 2 | 37 | 2 | 3 |
| | 5,6% | 6,1% | 6,3% | 1,1% | 1,4% | 2,2% | 1,3% | 0,9% | 3,3% | 0,9% | 19,5% | 1,0% | 6,4% |
| | 82 | 33 | 88 | 11 | 32 | 32 | 29 | 13 | 59 | 13 | 548 | 15 | 25 |
| Goldposition lokalisieren | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 |
| | 0,8% | 1,5% | 0,3% | 5,4% | 0,9% | 1,7% | 4,6% | 2,6% | 3,4% | 2,9% | 1,9% | 0,4% | 3,6% |
| | 11 | 8 | 4 | 55 | 22 | 25 | 100 | 39 | 60 | 41 | 54 | 6 | 14 |

Tabelle 47 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J14 - M26

| Hauptkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------------|
| Würfel anschalten | 3 | 3 | 5 | 7 | 0 | 6 | 10 | 10 | 4 | 0 | 8 | 137 | 5,7 |
| | 3,2% | 3,8% | 5,3% | 3,6% | 0 | 11,8% | 5,3% | 5,6% | 7,5% | 0 | 5,9% | 122,9% | 5,1% |
| | 54 | 56 | 46 | 77 | 0 | 86 | 166 | 77 | 63 | 0 | 59 | 1.752 | 73 |
| iPad bedienen | 3 | 3 | 1 | 4 | 0 | 2 | 6 | 3 | 2 | 0 | 1 | 58 | 2,4 |
| | 6,0% | 1,4% | 0,7% | 1,4% | 0 | 1,7% | 1,2% | 1,7% | 2,5% | 0 | 1,0% | 32,8% | 1,4% |
| | 101 | 21 | 6 | 30 | 0 | 12 | 37 | 23 | 21 | 0 | 10 | 507 | 21,1 |
| App (Symbolik) nutzen | 8 | 14 | 4 | 16 | 0 | 4 | 15 | 8 | 4 | 0 | 7 | 181 | 7,5 |
| | 42,1% | 8,5% | 33,3% | 2,7% | 0 | 8,8% | 4,0% | 7,5% | 5,1% | 0 | 7,7% | 112,5% | 4,7% |
| | 710 | 125 | 287 | 57 | 0 | 64 | 126 | 102 | 43 | 0 | 76 | 3.039 | 126,6 |
| Alarmanlagen- prinzip verstehen | 0 | 2 | 0 | 7 | 0 | 1 | 4 | 3 | 3 | 0 | 4 | 99 | 4,1 |
| | 0 | 1,5% | 0 | 4,6% | 0 | 3,9% | 0,5% | 4,3% | 3,0% | 0 | 2,3% | 73,8% | 3,1% |
| | 0 | 22 | 0 | 97 | 0 | 28 | 15 | 59 | 25 | 0 | 23 | 1.171 | 48,8 |
| Schutzraum aus Lego bauen | 4 | 7 | 10 | 6 | 5 | 8 | 16 | 7 | 2 | 5 | 10 | 228 | 9,5 |
| | 18,0% | 51,6% | 22,5% | 25,7% | 63,7% | 39,6% | 68,2% | 43,0% | 23,8% | 83,5% | 58,9% | 1.169% | 48,7% |
| | 304 | 757 | 194 | 546 | 338 | 288 | 2.136 | 589 | 201 | 1.166 | 583 | 17.355 | 723,1 |
| Würfelposition lokalisieren | 3 | 9 | 2 | 3 | 1 | 8 | 4 | 2 | 1 | 1 | 9 | 125 | 5,2 |
| | 0,7% | 9,9% | 0,7% | 1,5% | 1,7% | 5,0% | 1,6% | 2,8% | 1,7% | 0,9% | 5,2% | 87,7% | 3,7% |
| | 11 | 146 | 6 | 32 | 9 | 36 | 50 | 39 | 14 | 12 | 51 | 1.386 | 57,8 |
| Goldposition lokalisieren | 1 | 7 | 2 | 4 | 3 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 59 | 2,5 |
| | 0,5% | 6,9% | 1,5% | 3,4% | 2,8% | 0,7% | 1,1% | 0,4% | 0,8% | 0,9% | 0,7% | 49,7% | 2,1% |
| | 9 | 102 | 13 | 72 | 15 | 5 | 34 | 5 | 7 | 12 | 7 | 720 | 30 |

Tabelle 48 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J1 – J14

| Subkategorie | Unterkategorie | J1 | M2 | J3 | M4 | J5 | M6 | J7 | M8 | J9 | M10 | M11 | M12 | J13 | |
|---------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---|
| Schutzraum aus Lego bauen | Legoschachtel durchsuchen | 9 | 2 | 5 | 3 | 25 | 4 | 16 | 14 | 11 | 11 | 31 | 8 | 7 | |
| | | 5,6% | 3,7% | 3,7% | 1,3% | 12,6% | 1,1% | 5,6% | 6,3% | 4,8% | 5,9% | 8,4% | 3,8% | 9,3% | |
| | | 82 | 20 | 52 | 13 | 289 | 16 | 123 | 94 | 86 | 82 | 184 | 55 | 36 | |
| | Farbschema | 0 | 6 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 8,3% | 0 | 0 | 15,5% | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,0% | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 45 | 0 | 0 | 357 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Stabilität sichern | 1 | 5 | 3 | 2 | 4 | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 9 | 2 |
| | | 0,2% | 22,8% | 0,7% | 0,8% | 0,5% | 0 | 0,3% | 1,4% | 0,7% | 0,5% | 0,4% | 2,8% | 3,3% | |
| | | 3 | 124 | 10 | 9 | 12 | 0 | 7 | 21 | 12 | 7 | 9 | 41 | 13 | |
| | Systematisches Vorgehen Bauen | 29 | 4 | 0 | 1 | 43 | 8 | 18 | 0 | 4 | 1 | 9 | 0 | 4 | |
| | | 11,0% | 5,2% | 0 | 0,4% | 21,2% | 7,8% | 7,4% | 0 | 1,6% | 0,6% | 2,3% | 0 | 10,5% | |
| | | 161 | 28 | 0 | 4 | 488 | 117 | 161 | 0 | 29 | 9 | 50 | 0 | 41 | |
| App (Symbolik) nutzen | Systematischer Umgang App/iPad | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 4,1% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,2% | 0,3% | 0,6% | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 4 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Tabelle 49 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J14 - M26

| Hauptkategorie | Unterkategorie | J14 | M16 | J17 | M18 | M19 | J20 | M21 | J22 | J23 | M25 | M26 | Total | Durchschnitt (Total) | |
|---------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|----------------------|------|
| Schutzraum aus Lego bauen | Legoschachtel durchsuchen | 4 | 9 | 2 | 6 | 3 | 1 | 37 | 3 | 1 | 11 | 10 | 233 | 9,7 | |
| | | 2,4% | 4,3% | 1,6% | 2,9% | 2,6% | 1,4% | 9,6% | 1,5% | 0,8% | 4,9% | 9,2% | 113,3% | 4,7% | |
| | | 41 | 63 | 14 | 62 | 14 | 10 | 302 | 21 | 7 | 68 | 91 | 1.825 | 76 | |
| | Farbschema | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 1,8 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24,8% | 1,0% |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 420 | 17,5 |
| | Stabilität sichern | 1 | 3 | 2 | 2 | 0 | 4 | 2 | 5 | 0 | 4 | 1 | 61 | 2,5 | |
| | | 0,1% | 1,3% | 1,9% | 0,8% | 0 | 2,0% | 0,3% | 2,0% | 0 | 1,9% | 0,5% | 45,2% | 1,9% | |
| | | 2 | 19 | 16 | 18 | 0 | 15 | 10 | 28 | 0 | 26 | 5 | 410 | 17,1 | |
| | Systematisches Vorgehen Bauen | 9 | 5 | 6 | 2 | 2 | 1 | 7 | 1 | 4 | 3 | 4 | 165 | 6,9 | |
| | | 6,0% | 2,2% | 2,3% | 1,5% | 5,5% | 0,6% | 1,0 | 0,5% | 2,0% | 3,7% | 2,9% | 96,2% | 4,0% | |
| | | 102 | 33 | 20 | 32 | 29 | 4 | 33 | 7 | 17 | 54 | 29 | 1.448 | 60,3 | |
| App (Symbolik) nutzen | Systematischer Umgang App/iPad | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 14 | 0,9 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0,5% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,0% | 7,7% | 0,3 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 123 | 5,1 | |

Die Subkategorien von „Material nutzen“ wurden außerdem mit den zuvor besprochenen Hauptkategorien („Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“) in Relation gebracht. Dafür wurden „Überschneidungen“ von Kategorien über die Code-Relations in MAXQDA sichtbar gemacht. „Überschneidungen“ von Codes treffen zu, wenn zwei Codes an dieselbe Zeitsequenz im Video vergeben wurden und sich somit überschneiden (vgl. MAXQDA, 2020). Entsprechend soll untersucht werden, ob Materialien auffällig häufig mit bestimmten Problemlöseschritten in Verbindung gebracht werden können. Bei der Zusatzkategorie „Hilfestellung nutzen“ wurde mit Hilfe der Angabe „Nähe“ überprüft, ob entsprechende Codierungen in einem Maximalabstand von 2 Sekunden aufeinander folgen (vgl. MAXQDA, 2020). Die Nähe von Codes wird zur weiteren Untersuchung herangezogen, da die Nutzung einer Hilfestellung im Lösungsverlauf oftmals separat von der Verwendung entsprechender Materialien verlief. Die Verwendung von Materialien vor oder nach dem Nutzen der Hilfestellung lässt darauf schließen für welche Zusatzinformationen die Hilfestellungen genutzt wurden.

Die Auswertung zeigt, dass bei den Proband*innen eine Problemerkundung und Lösungssuche (Lösungsschritte „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“) häufig in Verbindung mit dem Aktivieren der Alarmanlage stattfindet (z.B. Würfel anschalten, Nutzung App). Eine Lösungsumsetzung, die Optimierung oder das Reflektieren der Lösung findet hingegen insbesondere in Bezug auf das Konstruieren des Schutzraums aus Lego statt. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass die Proband*innen für dieses Material die meiste Zeit im Lösungsverlauf aufwenden (siehe oben). Es ist davon auszugehen, dass die Proband*innen mit diesem Material die meisten Erfahrungen haben. Ein Testen von Zwischenschritten erfolgt bei den Proband*innen vor allem hinsichtlich des Schutzbaus und dem Positionieren der Würfel. Die Gesamtlösung wird hingegen getestet, um die Funktionsweise der Alarmanlage zu überprüfen. Eine zusätzliche Hilfestellung (Schriftliche Anleitung, Bilderanleitung oder Fertiges Beispiel) wurde von den Proband*innen genutzt, wenn sie Unterstützung bei der Nutzung der App, dem Anschalten der Würfel und/oder dem Bauen des Schutzraums suchten.

Zwischenfazit

- Die Proband*innen nutzen viel ihrer zusammenhängenden Zeit für das Bauen mit Lego.
- Eine Lösungsumsetzung, Optimierung und Reflektion der Lösung finden insbesondere in Verbindung mit dem Bauen mit Lego statt.

- Eine Problemerkundung und Lösungssuche erfolgen insbesondere in Verbindung mit der Aktivierung der Alarmanlage (Würfel anschalten, App nutzen).
- Zwischenschritte werden insbesondere hinsichtlich dem Legoschutzbau und der Würfelposition getestet.
- Bei einem Teil der Proband*innen kann ein systematisches und routiniertes Vorgehen im Bauen mit Legosteinen sowie hinsichtlich der Nutzung digitaler Medien beobachtet werden.

8.1.6 Kapitelzusammenfassung und Fazit

Die Datenauswertung zeigt, dass 13 der 24 Proband*innen bei der Problembearbeitung nahe an oder deutlich unter der durchschnittlichen Gesamtbearbeitungszeit liegen. Letztendlich wurde das Problem allerdings eher von denjenigen Proband*innen richtig gelöst, die über der durchschnittlichen Bearbeitungszeit liegen. Des Weiteren wird deutlich, dass tendenziell eher die weiblichen Probandinnen über der durchschnittlichen Bearbeitungszeit zum Lösen des Problems liegen.

Die Auswertung der Codierungen verdeutlicht, dass der Hauptfokus der Stichprobe auf dem Problemlöseschritt „Lösung umsetzen“ liegt. Diese Hauptkategorie nimmt durchschnittlich 38,6% der gesamten Bearbeitungszeit der Proband*innen ein. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich die Stichprobe in ihren Lösungsverläufen ähnelt. Stattdessen fokussieren die Proband*innen unterschiedliche Lösungsschritte und Materialien im Lösungsverlauf.

Das „Problem erkennen und verstehen“ bildet im Lösungsverlauf aller Proband*innen den Startpunkt. Tendenziell nimmt sich die Stichprobe zu Beginn des Problemlösens ausreichend Zeit, um die Aufgabenstellung genau zu lesen. Dabei sind Unterschiede in der Vorgehensweise zu erkennen: Ein großer Teil unterbricht das Lesen der Aufgabenstellung mehrmals, um die zur Verfügung stehenden Materialien zu erblicken (14 Kinder). Hingegen bevorzugt ein kleinerer Teil ein ausführliches Lesen der Aufgabenstellung ohne Unterbrechungen (5 Kinder). Die restlichen Proband*innen beenden das Lesen der Aufgabenstellung hingegen schnell (5 Kinder). Alle Proband*innen der Stichprobe können das Problem mündlich formulieren, wobei sich die Problembeschreibungen in ihrer Ausführlichkeit zwischen den Kindern leicht unterscheiden. Ein wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung ist im Lösungsverlauf von 22 Proband*innen zu beobachten. Es zeigt sich, dass die weiblichen Probandinnen tendenziell mehr Zeit für ein „Problem zu erkennen und verstehen“ benötigen.

Die Auswertung des Schritts „Lösung suchen“ zeigt, dass eine erste, konkrete Lösungsidee von neun der 24 Proband*innen mündlich formuliert werden kann. Elf Proband*innen beschreiben

hingegen eine ungenaue erste Lösungsidee und vier Proband*innen können keine erste Lösungsidee nennen. Dabei sind es eher die weiblichen Probandinnen, die keine erste Lösungsidee nennen können. Ein intensives und langes Erkunden der Materialien und Lösungswege findet vor allem in Hinblick auf Materialien statt, die mit der Aktivierung der Alarmanlage in Zusammenhang stehen (z.B. „Würfen anschalten“, „App (Symbolik) nutzen“, „Alarmanlage verstehen“). Insbesondere Proband*innen mit einer überdurchschnittlich langen Gesamtbearbeitungszeit sowie Proband*innen, die sich viel Zeit für ein Erkunden der ihnen eher unbekanntem Materialien (Hauptkategorie „Lösung suchen“) nehmen, integrieren überwiegend alle Materialien korrekt in ihre Lösung. Des Weiteren ist die Lösungssuche der Stichprobe eng verflochten mit dem Erkennen und Verstehen des Problems und der Lösungsumsetzung. Das bedeutet zum Beispiel, dass Proband*innen für ein weiteres Erkunden der Materialien auf das erneute Lesen des Aufgabenblatts zurückgreifen. Im Gegensatz zum Schritt „Problem erkennen und verstehen“ zeigt sich bei „Lösung suchen“, dass tendenziell eher männliche Probanden diesen Lösungsschritt überdurchschnittlich lang und wiederholt in ihren Lösungsverlauf einbeziehen.

Mit der Lösungsumsetzung verbringen die Proband*innen die meiste Zeit im Lösungsverlauf. 21 Proband*innen verfolgen in ihrem Lösungsverlauf die Umsetzung eines ersten Lösungsansatzes. Die verbleibenden drei Proband*innen verwerfen hingegen ihren ersten Lösungsansatz und entwickeln eine zweite Lösung (J14, M18, M21). Dabei steht die Lösungsumsetzung insbesondere mit dem Bauen eines Schutzraums in Verbindung, da der Bauprozess aufwendiger und zeitintensiver ist als die Aktivierung der Alarmanlage. Gleichzeitig steht die Lösungsumsetzung im ständigen Wechsel mit der weiteren Problemerkundung und Lösungssuche sowie einer Lösungsoptimierung.

Ein Testen der Lösung findet bei 21 Proband*innen statt, insbesondere hinsichtlich des Testens von Zwischenschritten. Ein Testen der Gesamtlösung ist bei neun Proband*innen zu beobachten, von denen alle - mit Ausnahme von J3 - das Problem richtig lösen.

Eine Optimierung der eigenen Lösung nimmt bei acht der 24 Proband*innen auffallend mehr Bearbeitungszeit in Anspruch. Dabei ist ein intensives Optimieren der Lösung vor allem bei weiblichen Probandinnen zu beobachten. Die Lösungsoptimierung steht dabei in einem intensiven Wechsel mit der weiteren Lösungsumsetzung sowie dem Testen der eigenen Lösung (Gesamtlösung oder Zwischenschritte).

Der Schritt „Lösung reflektieren“ ist bei 22 Proband*innen zu beobachten, welche ihre Lösung mindestens einmal im Lösungsverlauf reflektieren. Dabei zeigt sich, dass insbesondere die

weiblichen Probandinnen bei der Auseinandersetzung mit dem Schritt „Lösung reflektieren“ über der durchschnittlich codierten Gesamtzeit liegen.

Mit Blick auf die Verwendung der zur Verfügung stehenden Materialien deutet die Auswertung darauf hin, dass die Stichprobe insbesondere mit dem Material „Würfelposition lokalisieren“ Schwierigkeiten hatte. Dementsprechend fiel es den Proband*innen schwer die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage nachzuvollziehen und mit dem Schützen der Goldtaler zu verknüpfen. Dies war der wesentliche Grund dafür, dass im Lösungsverlauf 13 Proband*innen zu einer Hilfestellung greifen (Zusatzschritt „Hilfestellung nutzen“). Nur drei Proband*innen entscheiden sich relativ früh in ihrem Lösungsverlauf für eine Hilfestellung und verfolgen die dort vorgeschlagene Lösung bis zum Beenden des Lösungsverlaufs (M10, J14, J23).

8.2 Strukturelle Muster im Problemlösen der Proband*innen

Auf Grundlage der Ergebnisauswertung in Kapitel 8.1 konnten bereits erste Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede im Problemlöseverlauf der Proband*innen festgestellt werden. Diese Gemeinsamkeiten und Unterschiede sollen in einem zweiten darauf aufbauenden Auswertungsschritt genauer untersucht werden. Es sollen dabei strukturelle Muster im Problemlösen der Proband*innen herausgearbeitet werden.

Die Auswertung struktureller Muster innerhalb der Stichprobe erfolgte anhand dreier zuvor festgelegter Kriterien: Codiereinheiten, Codelines (Codeverlauf) und Lösungsergebnis bzw. Teilergebnisse (vgl. Kuckartz & Rädiker, 2019; MAXQDA, 2020; Mayring, 2015; Welch, 1998). Im ersten Schritt wurden die Codiereinheiten der einzelnen Problemlöseschritte betrachtet. Dafür wurden die Kategorien anhand ihrer codierten Zeit und Codehäufigkeit im Lösungsverlauf der Proband*innen miteinander verglichen und Proband*innen mit ähnlichen Werten einander zugeordnet. Im zweiten Schritt wurden die Codelines in die Auswertung hinzugezogen. Sie geben Aufschluss über den chronologischen Lösungsverlauf der Proband*innen, indem sie den zeitlichen Verlauf der einzelnen codierten Kategorien im Lösungsverlauf der Proband*innen farblich abbilden. Proband*innen mit einem ähnlichen Codeverlauf konnten somit einander zugeordnet werden. Im dritten Schritt folgte anschließend ein Vergleich der Lösungsergebnisse und Teilergebnisse der Proband*innen mit ähnlichem Codiereinheiten und Codeverläufen. Auf Grundlage dieser drei Auswertungsschritte konnten sechs Gruppierungen abgeleitet werden:

1. Lösungsumsetzer*innen
2. Lösungsumsetzer*innen und Lösungssucher*innen
3. Lösungsumsetzer*innen, Optimierer*innen und Lösungssucher*innen

4. Problemerkunder*innen und Lösungssucher*innen
5. Lösungssucher*innen und Lösungsumsetzer*innen
6. Lösungsoptimierer*innen

In den folgenden Kapiteln werden Gruppierungen detailliert vorgestellt und analysiert.⁷

8.2.1 Lösungsumsetzer*innen (M2, J13, M19, J23, M25)

Die Proband*innen M2, J13, M19, J23 und M25 können als die „*Lösungsumsetzer*innen*“ zusammengefasst werden, denn die Proband*innen verbringen in ihrem Lösungsverlauf den Großteil ihrer Bearbeitungszeit mit dem Problemlöseschritt „Lösung umsetzen“. Die Proband*innen haben eine Lösungsidee, die sie (mit oder ohne Unterstützung durch eine zusätzliche Hilfestellung) von Beginn des Lösungsverlaufs verfolgen. Dabei steht die Umsetzung dieser Lösung im Fokus und alle weiteren Problemlöseschritte rücken in den Hintergrund. Der Problemlösevorgang der fünf Proband*innen wird nun genauer analysiert.

8.2.1.1 Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe

Alle fünf Proband*innen liegen unter der durchschnittlichen Bearbeitungszeit der Stichprobe von 25 Minuten. Die Proband*innen benötigen zwischen 11 und 24 Minuten, um die Aufgabe zu bearbeiten (siehe Tabelle 50). Um zu visualisieren, womit sich die Proband*innen während ihres Lösungsverlaufs auseinandersetzen, wurde zunächst eine chronologische Bilderabfolgen der Lösungsverläufe von M2, J13, M19, J23 und M25 erstellt (Abbildung 55 bis Abbildung 59). Hier wird exemplarisch dargestellt, inwieweit sich die Proband*innen mit dem Problem auseinandersetzen. Mittels aussagekräftiger Bildausschnitte aus dem Lösungsverlauf der Proband*innen werden die Lösungsverläufe rekonstruiert. Die Bildunterschriften der einzelnen Bildausschnitte geben Aufschluss darüber, mit welchem Problemlöseschritt sich die Proband*innen jeweils auseinandersetzen („Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung optimieren“, „Lösung testen“, „Lösung reflektieren“ oder „Hilfestellung nutzen“).

Tabelle 50 stellt die in Kapitel 8.1.3 vorgestellten Ergebnisse hinsichtlich des Problemlösevorgangs für M2, J13, M19, J23 und M25 zusammenfassend dar. Abgebildet werden die Problemlöseschritte der Hauptkategorien, die entsprechend der Häufigkeit ihres

⁷ Eine detaillierte Analyse der einzelnen Problemlöseschritte „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“ und „Lösung reflektieren“ und ihr Auftreten im Lösungsverlauf der Proband*innen wurde für jede Gruppierung in sogenannte „Analysekarten“ dargestellt. Diese können auf Anfrage eingesehen werden.

Auftretens im Lösungsverlauf der Proband*innen aufgeführt werden. Während die linke Spalte die Problemlöseschritte nach ihrem prozentualen Zeitanteil anordnet, sind die Hauptkategorien in der rechten Spalte nach der Codehäufigkeiten sortiert.

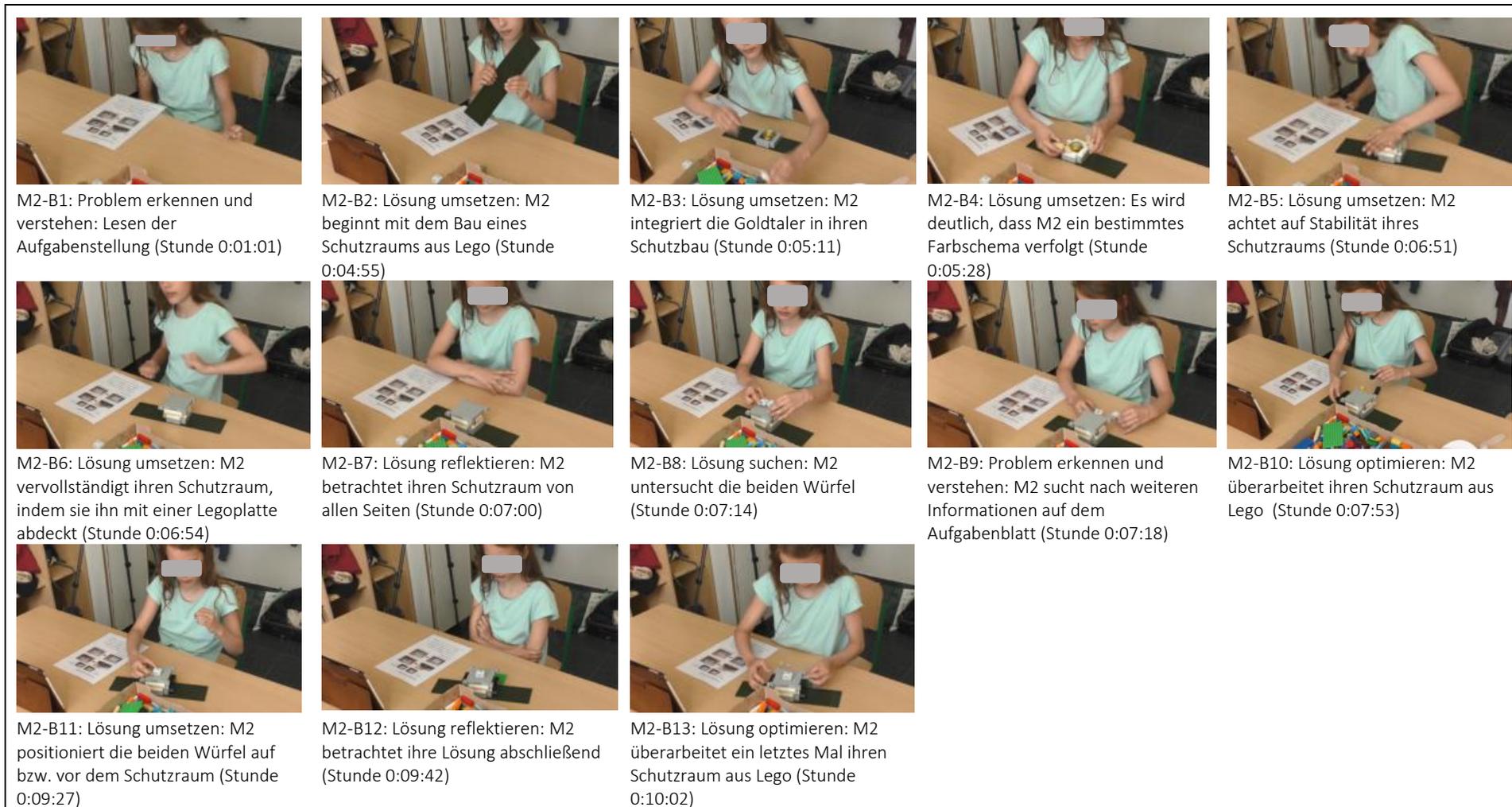


Abbildung 55 Bild 1-13, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M2



J13-B1: Problem erkennen und verstehen: J13 liest zum ersten Mal die Aufgabenstellung (Stunde 0:01:23)



J13-B2: Problem erkennen und verstehen: Er verschafft sich einen Überblick über die Materialien auf dem Tisch (Stunde 0:01:31)



J13-B3: Lösung suchen: J13 kann eine erste Lösungsidee formulieren (Stunde 0:02:05)



J13-B4: Lösung umsetzen: J13 baut einen Schutzraum und integriert in diesen die Goldtaler (Stunde 0:05:04)



J13-B5: Lösung umsetzen: Er baut seinen Schutzraum besonders stabil (Stunde 0:06:27)



J13-B6: Lösung testen: J13 testet die Stabilität seines Schutzbaus (Stunde 0:06:33)



J13-B7: Lösung reflektieren: J13 betrachtet seinen fertigen Schutzbau genau (Stunde 0:06:37)



J13-B8: Lösung suchen: J13 wendet sich den beiden Würfeln zu und versucht sie anzuschalten (Stunde 0:06:53)



J13-B9: Lösung optimieren: J13 bricht seinen Schutzbau auf, um den Lichtwürfel in Inneren seines Schutzbaus zu integrieren (Stunde 0:07:08)



J13-B10: Lösung suchen: J13 betrachtet den Alarmwürfel (Stunde 0:07:25)



J13-B11: Lösung optimieren: J13 integriert auch den Alarmwürfel im Inneren des Schutzbaus und drückt anschließend das Dach besonders fest auf den Schutzbau (Stunde 0:07:39)

Abbildung 56 Bild 1-11, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J13

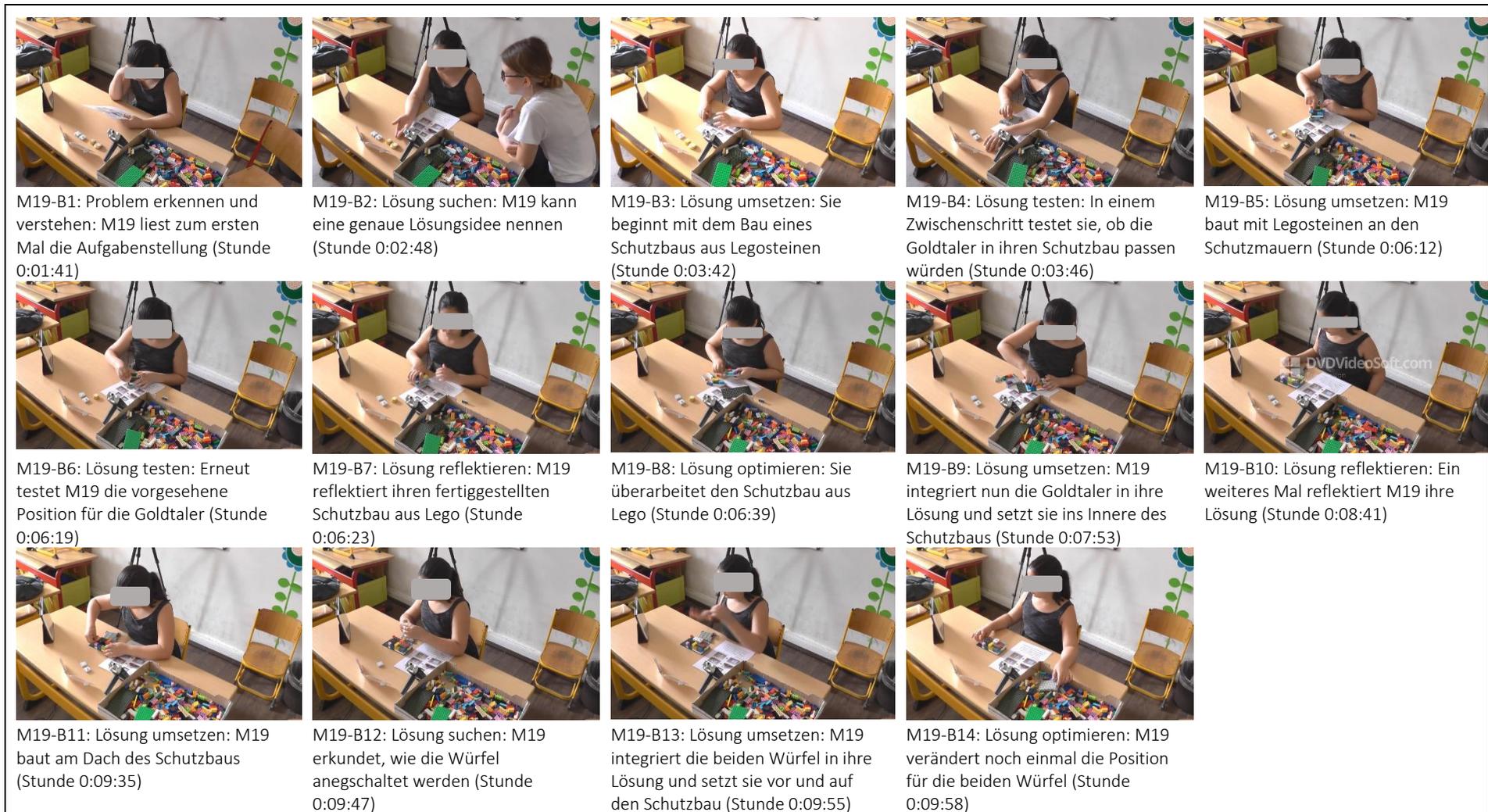


Abbildung 57 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M19

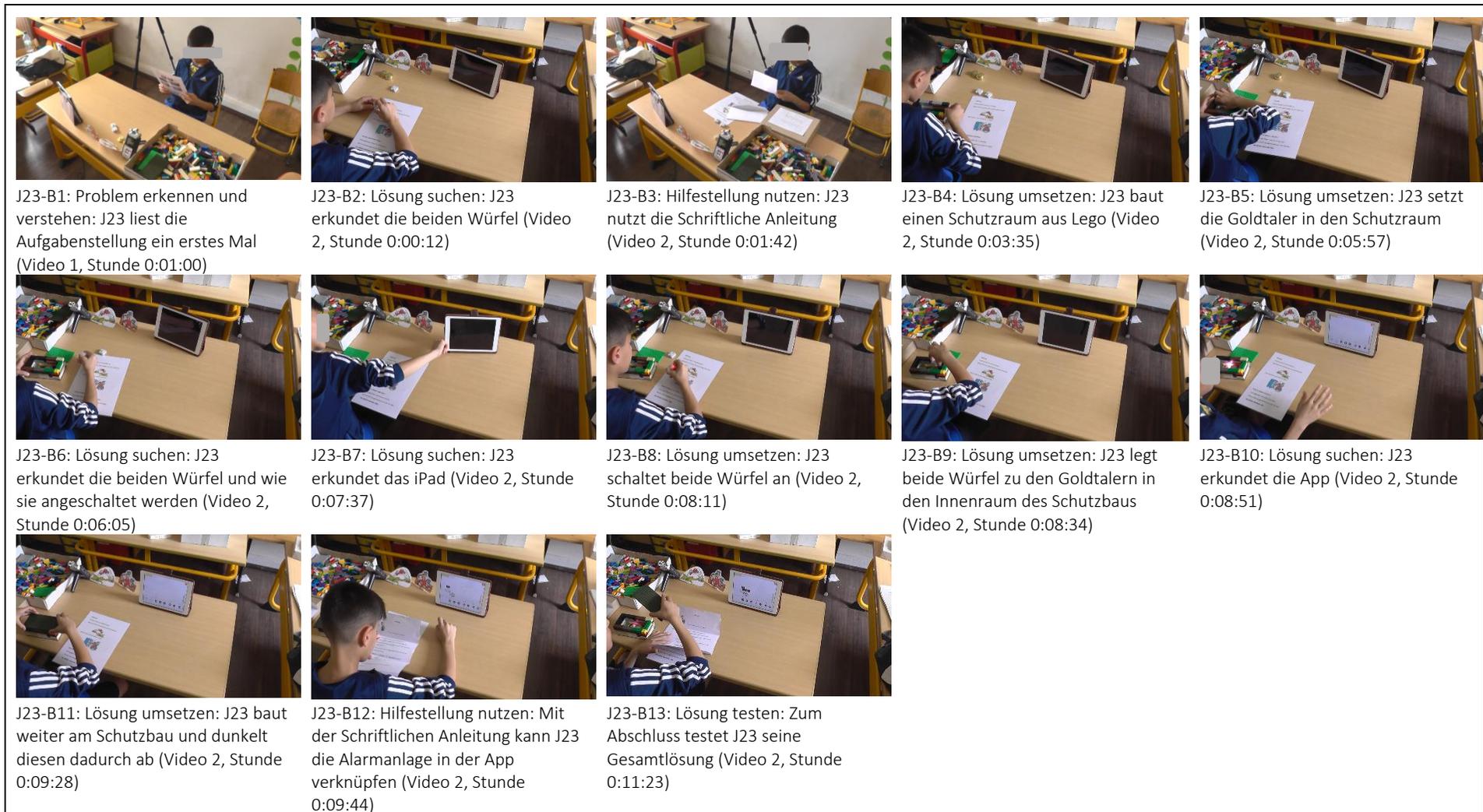


Abbildung 58 Bild 1-13, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J23

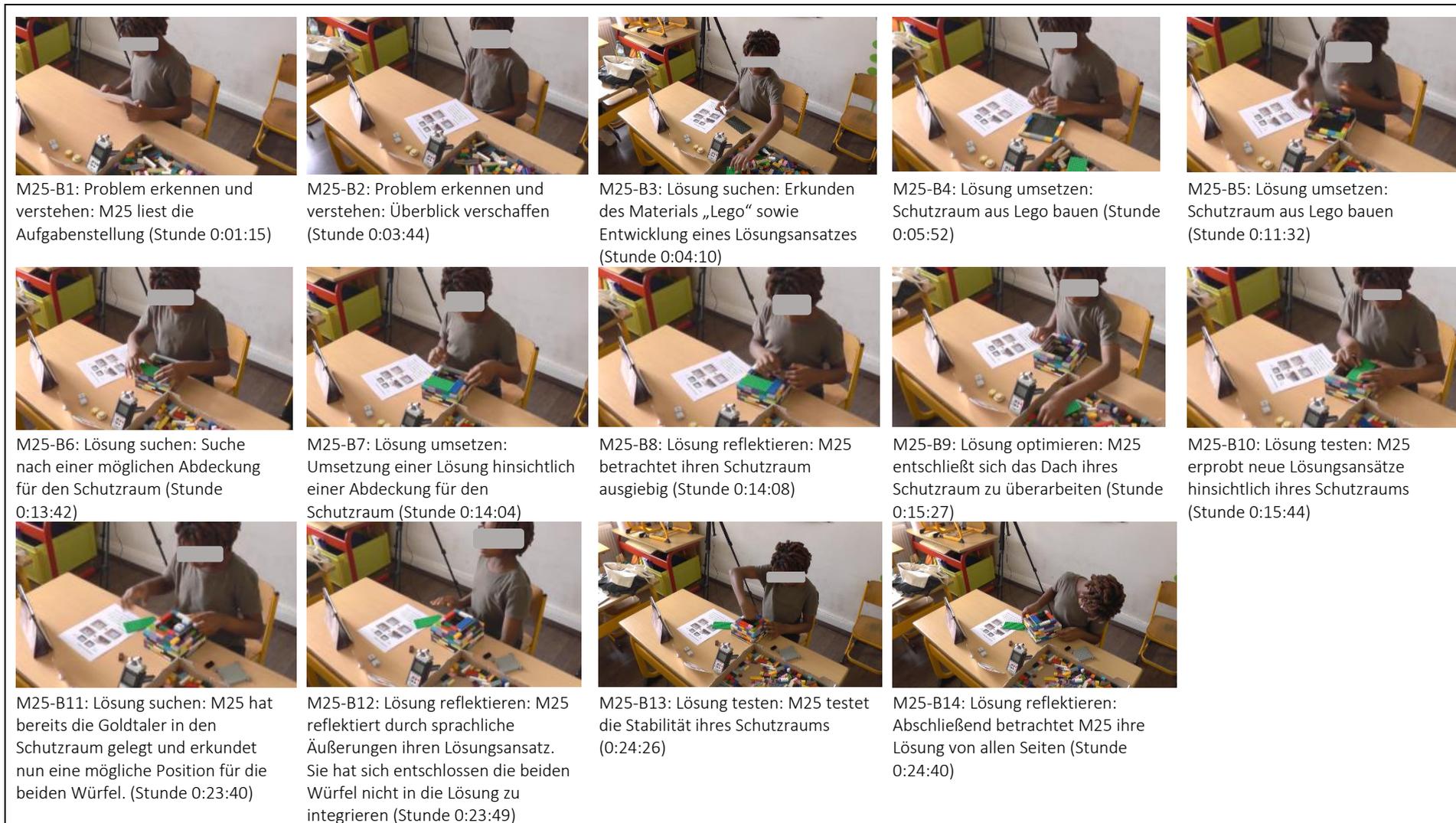


Abbildung 59 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M25

Insgesamt wurden die Hauptkategorien und zugehörigen Subkategorien 26 Mal an M2, 28 Mal an J23 und 27 Mal an M25 vergeben. An J13 wurden allein 13 Codes und an M19 15 Codes vergeben. Hinsichtlich der Hauptkategorien findet bei M2 durchschnittlich alle 28 Sekunden, bei J13 alle 43 Sekunden, bei M19 alle 41 Sekunden, bei J23 alle 38 Sekunden und bei M25 alle 64 Sekunden ein Schrittwechsel statt. Anzumerken ist, dass mit Ausnahme von J23, keiner der Proband*innen eine Hilfestellung verwendet. Allein J23 kann das Problem mit Hilfestellung korrekt lösen.

Auch Abbildung 60 bis Abbildung 64 liefern Aufschluss über den Problemlöseverlauf der Proband*innen. Hier wird der zeitliche Verlauf der einzelnen Problemlöseschritte (Hauptkategorien) farblich voneinander abgegrenzt dargestellt.

Mittels der unterschiedlichen Darstellungsformen (Illustrationen, Codeverlauf) wird deutlich, dass der Fokus von M2, J13, M19, J23 und M25 auf dem Umsetzen einer Lösung („Lösung umsetzen“) und gegebenenfalls dem Optimieren dieser Lösung („Lösung optimieren“) hinsichtlich des Materials „Schutzraum aus Lego bauen“ liegt. Eine Auseinandersetzung mit anderen Lösungsschritten findet selten oder nicht statt. Eine genaue Untersuchung der einzelnen Problemlöseschritte und ihrer Bedeutsamkeit für das Problemlösen der Proband*innen erfolgt in Kapitel 8.2.1.2.

Tabelle 50 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit; M2, J13, M19, J23 und M25

| Proband*innen | Zeitlicher Anteil eines Problemlöseschritts (in %) | Codehäufigkeit |
|--|--|--|
| M2 543 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (35,4%) 2. „Lösung optimieren“ (24,9%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (20,1%) 4. „Lösung suchen“ (11,4%) 5. „Lösung reflektieren“ (4,2%) 6. Kein „Lösung testen“ & Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Problem erkennen & verstehen“ (10x) 2. „Lösung suchen“ (5x) 2. „Lösung optimieren“ (5x) 3. „Lösung umsetzen“ (4x) 4. „Lösung reflektieren“ (2x) 5. Kein „Lösung testen“ & Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| J13 389 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (52,3%) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (25,2%) 3. „Lösung suchen“ (13,3%) 4. „Lösung optimieren“ (5,1%) 5. „Lösung reflektieren“ (1,8%) 6. „Lösung testen“ (0,8%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung suchen“ (4x) 1. „Problem erkennen & verstehen“ (3x) 2. „Lösung umsetzen“ (2x) & „Lösung optimieren“ (2x) 3. „Lösung testen“ (1x) & „Lösung reflektieren“ (1x) 4. Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| M19 531 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (63,7%) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (19,9%) 3. „Lösung suchen“ (8,6%) 4. „Lösung optimieren“ (3,4%) 5. „Lösung reflektieren“ (2,6%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (5x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (2x) & „Lösung suchen“ (2x) & „Lösung testen“ (2x) & „Lösung optimieren“ (2x) |

| | | |
|---|---|---|
| | 6. „Lösung testen“ (1,1%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | & „Lösung reflektieren“ (2x) 3. Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| J23 844 sek. Bearbeitungs- zeit | 1. „Lösung umsetzen“ (30,8%) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (24,5%) 3. „Hilfestellung nutzen“ (23,8%) 4. „Lösung suchen“ (10,0%) 5. „Lösung optimieren“ (1,7%) 6. „Lösung testen“ (1,4%) 7. Kein „Lösung reflektieren“ | 1. „Lösung suchen“ (8x) 2. „Hilfestellung nutzen“ (6x) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (5x) & „Lösung umsetzen“ (5x) 4. „Lösung testen“ (2x) & „Lösung optimieren“ (2x) 5. Kein „Lösung reflektieren“ |
| M25 1.379 sek. Bearbeitungs- zeit | 1. „Lösung umsetzen“ (41,2%) 2. „Lösung optimieren“ (35,6%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (10,1%) 4. „Lösung suchen“ (6,0%) 5. „Lösung reflektieren“ (3,5%) 6. „Lösung testen“ (3,4%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | 1. „Problem erkennen & verstehen“ (8x) 2. „Lösung suchen“ (5x) 3. „Lösung umsetzen“ (4x) & „Lösung optimieren“ (4x) 4. „Lösung testen“ (3x) & „Lösung reflektieren“ (3x) 5. Kein „Hilfestellung nutzen“ |

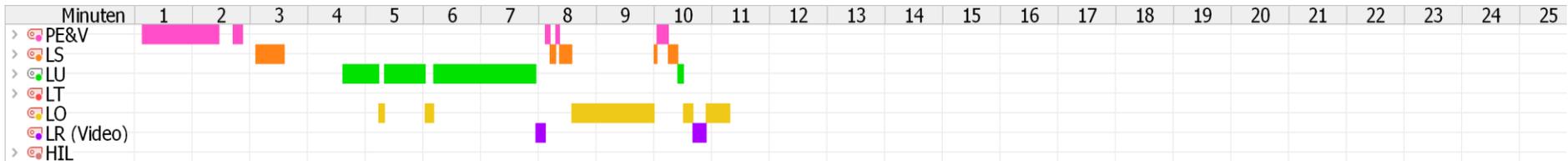


Abbildung 60 Codeline M2

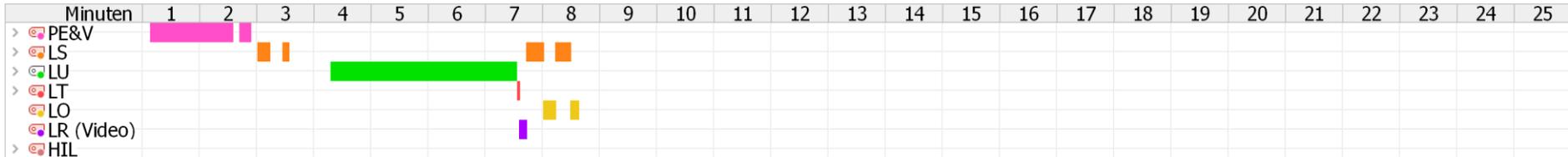


Abbildung 61 Codeline J13



Abbildung 62 Codeline M19



Abbildung 63 Codeline J23

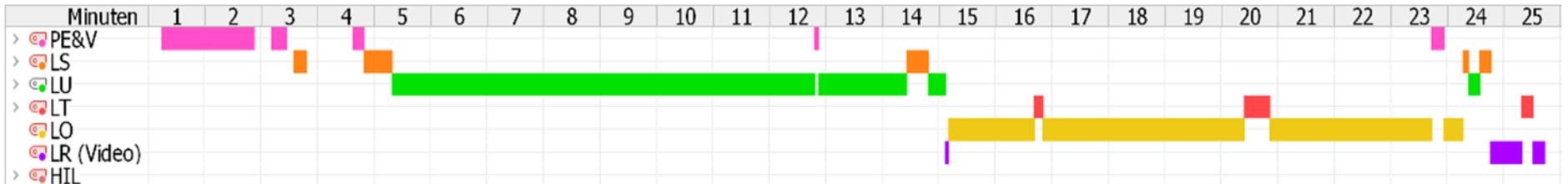


Abbildung 64 Codeline M25

8.2.1.2 Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe

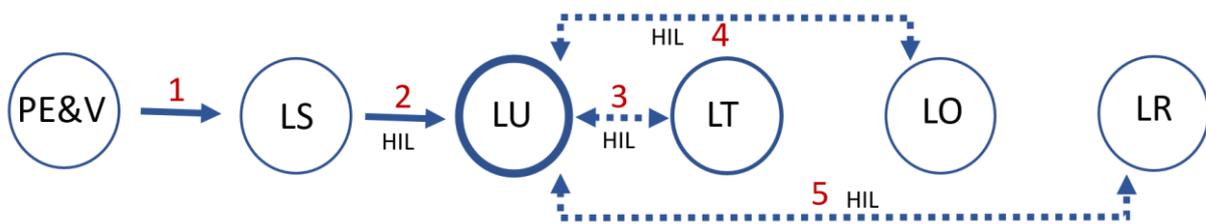


Abbildung 65 Abgeleiteter Lösungsverlauf für M2, J13, M19, J23, M25

Inwieweit die Problemlöseschritte „Problem erkennen und verstehen“ (PE&V), „Lösung suchen“ (LS), „Lösung umsetzen“ (LU), „Lösung testen“ (LT), „Lösung optimieren“ (LO), „Lösung reflektieren“ (LR) sowie „Hilfestellung nutzen“ (HIL) den Lösungsverlauf der Proband*innen M2, J13, M19, J23 und M25 begleiten, wird zusammenfassend in Abbildung 65 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass kein häufiger oder intensiver Wechsel zwischen einzelnen Problemlöseschritten zu beobachten ist. Der Fokus von M2, J13, M19, J23 und M25 liegt auf den Schritten „Lösung umsetzen“ (LU) und gegebenenfalls „Lösung optimieren“ (LO), die als zwei langanhaltende und aufeinanderfolgende Phasen im Lösungsverlauf auftreten. Ein Reflektieren der Lösung (M2, J13, M19, M25) oder Testen von Zwischenschritten (J13, M19, J23, M25) finden nur vereinzelt im Lösungsverlauf der Proband*innen statt. Ein Testen der Gesamtlösung ist allein bei J23 zu beobachten. Die wichtigsten Lösungsaspekte von M2, J13, M19, J23 und M25 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Schritt „Problem erkennen und verstehen“ konzentriert sich bei den Proband*innen vor allem auf das erste Lesen der Aufgabenstellung am Anfang des Problemlöseverfahrens und wird vergleichsweise kurz behandelt (zwischen 10% und 25% der codierten Gesamtzeit).
- Mit Ausnahme von J23 können alle Proband*innen eigenständig eine erste Lösungsidee benennen.
- Der Schritt „Lösung suchen“ findet im Lösungsverlauf der Proband*innen kaum statt (zwischen 6% und 13% der codierten Gesamtzeit).
- Die Proband*innen kehren während des Lösungsverlaufs nur vereinzelt zu den Schritten „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“ zurück.
- Unbekannte und eher abstrakte Materialien (z.B. „iPad bedienen“, „App (Symbolik) verwenden“) werden im Lösungsverlauf nicht genauer von den Proband*innen erkundet.
- Die fünf Proband*innen befassen sich zwischen 30% und 64% der Gesamtzeit damit, ihre Lösung umzusetzen.

- M2 und M25 fokussieren außerdem stark den Schritt „Lösung optimieren“ (M2 24,9% und M25 35,6% der codierten Gesamtzeit). Bei ihnen folgt auf eine lange Phase der Lösungsumsetzung eine lange Phase der Lösungsoptimierung.
- M2, J13, M19 und M25 verbringen lange zeitliche Sequenzen mit dem Material „Schutzraum aus Lego bauen“, während die anderen zur Verfügung stehenden Materialien (z.B. App, Würfel anschalten) nur kurz oder gar nicht für die Lösung herangezogen werden.
- Selbstständig kann J23 keine Teillösung umsetzen und befolgt stattdessen akribisch die Anweisungen der Hilfestellung, ohne einzelne Lösungsschritte selbstständig zu bearbeiten oder Materialien zu erkunden. J23 befolgt die Schritte der Anleitung der Reihe nach, ohne Schritte zu überspringen.
- Ein Reflektieren der Lösung erfolgt bei den Proband*innen selten und wenn dann gegen Ende des Lösungsverlaufs (Schritt „Lösung reflektieren“).
- M2 testet ihre Lösung nicht und J13, M19 und M25 überprüfen lediglich die Stabilität ihres Schutzbaus (Subkategorie „Zwischenschritt testen“). J23 testet als einziger seine Gesamtlösung.

8.2.1.3 Interpretation der Lösungsverläufe

Mit Ausnahme von J23 können alle Lösungsumsetzer*innen nach dem Lesen der Aufgabenstellung und einer ersten Auseinandersetzung mit der Problemstellung eine Lösungsidee formulieren. Diese Idee können sie im Leitfadenterview mit eigenen Worten beschreiben, wobei alle Lösungsideen kreative Elemente aufweisen. Hierfür bezieht M2 und M19 die zur Verfügung stehenden Materialien ein, während J13 und M25 fantasievolle Lösungsideen beschreibt, die Materialien einbeziehen, die für das Lösen des Problems nicht zur Auswahl stehen (z.B. Fangnetz (M25); Kameras (J13)). Dabei orientiert sich die Lösungsidee von M25 stark an der Ausgangsgeschichte des Aufgabenblatts. Eine Weiterentwicklung der Lösungsidee erfolgt bei den Proband*innen M2, J13, M19, J23 und M25 im Lösungsverlauf. Im Rahmen einer Inhaltsanalyse wurde für jede/n Probanden*in berechnet, wie viele Wörter der Storyline sie für ihre Antworten im Leitfadenterview einbeziehen (siehe z.B. Rössler, 2017).⁸ Diese gibt einen Überblick darüber, welche weiteren Proband*innen sich bei der Formulierung ihrer Lösungsidee sowie letztendlichen Lösungsbeschreibung an der Ausgangsgeschichte des Aufgabenblatts orientieren. Dabei zeigt sich, dass vor allem die Gruppe der Proband*innen, die das Problem nicht korrekt lösen konnte, für ihre

⁸ Auf Anfrage können entsprechende Tabellen eingesehen werden.

Lösungsbeschreibung explizit auf die Storyline zurückgriffen. Entsprechende Lösungsbeschreibungen dieser Proband*innen beziehen, im Vergleich zum Rest der Stichprobe, häufiger die folgenden Worte der Ausgangsgeschichte in ihre mündlichen Formulierungen ein (siehe Tabelle 51):

Tabelle 51 Storyline

| Einbezug folgender Worte der Ausgangsgeschichte (storyline) |
|--|
| „Bank“, „Bankgebäude“, „Dagobert“, „Diebe“, „Donald“, „Entenhausen“, „Gold“, „Goldtaler“, „Leiter“, „Panzerknacker“, „reich“, „stehlen“, „Taler“ |

Keiner der fünf Proband*innen setzt sich zu Beginn oder im weiteren Lösungsverlauf ausführlicher mit einem Erkunden der zur Verfügung stehenden Materialien auseinander. Die Problemlöseschritte „Problem erkennen und verstehen“ sowie „Lösung suchen“ werden nur vereinzelt in den Lösungsverlauf einbezogen. Hinsichtlich der Auseinandersetzung mit der Alarmanlage versuchen nur M2, J13 und M19 die Würfel im Rahmen von kurzen unstrukturierten Handlungen (Versuch-Irrtum-Verhalten) (vgl. z.B. Edelmann, 2000; Edelmann & Wittmann, 2012) einzuschalten. Ein Erkunden dieser Materialien findet somit nur bedingt statt, weshalb infolgedessen die Teilziele nicht richtig integriert werden. Zwar suchen die Proband*innen an der richtigen Stelle nach dem An-Knopf für die Würfel, nehmen sich jedoch nicht die Zeit diesen genauer auszuprobieren. Stattdessen brechen sie das Erkunden des Materials schnell ab, da sie es nicht auf Anhieb schaffen die Würfel einzuschalten. Anstatt sich innerhalb des Schritts „Lösung suchen“ intensiver mit der Alarmanlage auseinanderzusetzen oder eine erneute Problemerkundung vorzunehmen, entscheiden sich die Proband*innen dazu, die Auseinandersetzung mit den unbekanntem Materialien (z.B. Würfel) schnell abzuschließen. Im anschließenden Interview beschreiben M2 und M25 die Alarmanlage u.a. als Bewegungsmelder. Sie haben die Funktionsweise der Alarmanlage demnach nicht verstanden. Aus dem Interview wird außerdem deutlich, dass M2, J13, M19 und M25 die Würfel als bereits angeschaltet und die Alarmanlage als einsatzbereit angesehen haben. Sie entscheiden sich im Lösungsverlauf bewusst dafür die Schritte zur Aktivierung der Alarmanlage zu überspringen und die beiden Würfel stattdessen direkt im Schutzraum zu positionieren. Jedoch überprüfen sie im Lösungsverlauf die Funktionstüchtigkeit der Alarmanlage nicht. Die Proband*innen vereinfachen das Problem und die Mittel zur Zielerreichung nach ihren Vorstellungen, sodass sie die Materialien ohne weitere Schwierigkeiten in ihre Lösung integrieren können und dabei schnell zu einer Zielerreichung gelangen. Es kommt daher dazu, dass ungeprüfte Lösungssequenzen implementiert und die Problemstellung vereinfacht werden, indem allein die

Würfel mit dem Schutzbau aus Lego in Verbindung gebracht werden (eingeschränkte Verknüpfung von Schutzraum und Alarmanlage). Die Materialien „iPad bedienen“ oder „App (Symbolik) nutzen“ werden von den Proband*innen nicht verwendet. Die Spinnennetzdiagramme (Abbildung 66 und Abbildung 67) stellen den Einsatz der Materialien grafisch dar. M2, J13, M19 und M25 verknüpfen zwar Aspekte der Alarmanlage mit der Dimension „Bau eines Schutzraums“, jedoch beachten sie die Dimension „Installation der Alarmanlage“ nicht.

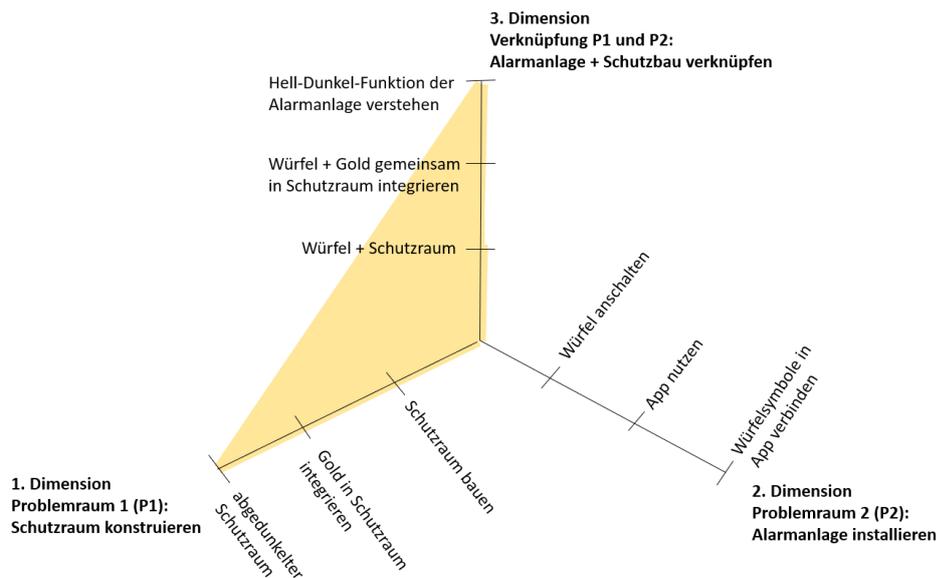


Abbildung 66 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J13

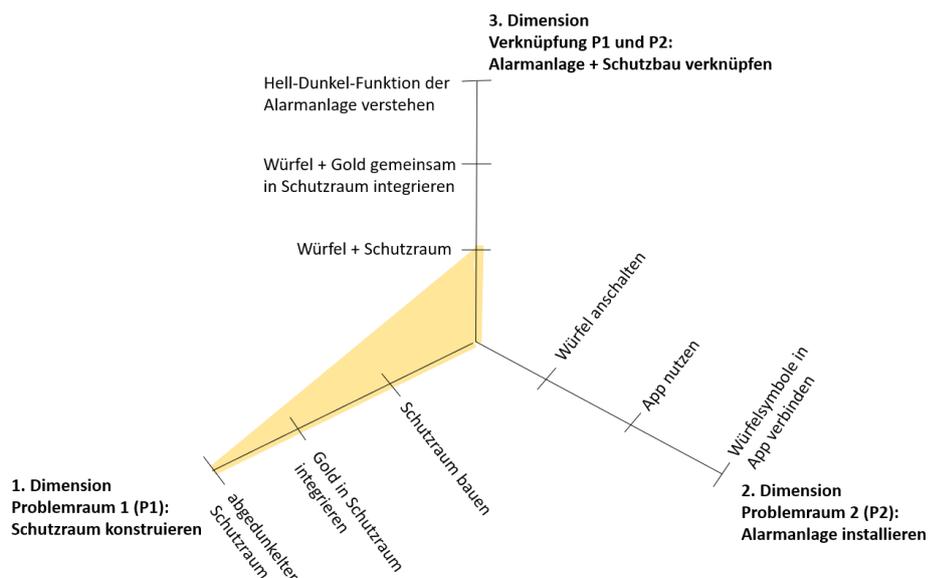


Abbildung 67 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandinnen M2, M19 und M25

Anstatt sich im Lösungsverlauf mit unbekannteren Materialien auseinanderzusetzen, gehen M2, J13, M19 und M25 im Lösungsverlauf strategisch vor und fokussieren Materialien, die ihnen bekannter sind und dessen Nutzung ihnen leichtfällt. Der Problemraum der Proband*innen beschränkt sich demnach auf Materialien, die ihnen vertraut sind (Problemraum „Schutzraum aus Lego“). Entsprechend fokussieren M2, J13, M19 und M25 innerhalb langer zeitlicher Sequenzen die Umsetzung ihrer Lösung im Hinblick darauf den Schutzraum aus Lego zu bauen sowie die bestmögliche Unterbringung der Goldtaler zu lokalisieren. Diesbezüglich setzen insbesondere M2 und M25 eine detailreiche und kreative Lösung um, die die Eingangsgeschichte des Problems aufgreift. Auch die Lösungsoptimierung nimmt verhältnismäßig viel Zeit im Lösungsverlauf von M2 und M25 ein. Dabei fokussieren sie ausschließlich den Schutzraum aus Lego auszubessern. Im Gegensatz zu M2 und M25 optimieren J13 und M19 ihre Lösung kaum. Auch ein Reflektieren ihrer Lösung findet kaum statt. Dies kann darin begründet liegen, dass die Proband*innen vorgefertigte und feste Vorstellung einer Lösung von Beginn ihres Lösungsverlaufs an verfolgen. Dementsprechend testen die Proband*innen ihre Lösung auch nur im geringen Maße: J13 und M19 testen nur Zwischenschritte ihrer Lösung, aber nicht die fertige Gesamtlösung. Das fehlerhafte Aktivieren bzw. Nicht-Aktivieren der Alarmanlage wäre den Proband*innen sonst im Lösungsverlauf bewusst geworden.

Im Gegensatz zum Rest der Proband*innen kann J23 keine Teillösung selbstständig umsetzen, weswegen er eine Hilfestellung nutzt. Er zeigt nach dem ersten Hinzuziehen der Hilfestellung keine Bemühungen das Problem selbstständig zu lösen. Stattdessen hält er sich an die Vorgaben der schriftlichen Hilfestellung und arbeiten sie gewissenhaft Schritt für Schritt ab, sodass das Problem korrekt von ihm gelöst wird (siehe Abbildung 68). Ein strukturiertes Arbeiten mit der Hilfestellung ist deutlich erkennbar und J23 gelangt so schnell zu einer Problemlösung. Das J23 keinen eigenen Ansatz in seine Lösung integriert, zeigt auch die mangelnde Reflektion der von ihm umgesetzten Lösung. Seinen Lösungsverlauf reflektiert er nicht, da er die Anweisungen der Hilfestellung strikt befolgt, ohne eigene Ideen hinzuzufügen oder Lösungsschritte zu hinterfragen. J23 testet demgemäß keine Zwischenschritte, sondern nur seine Gesamtlösung zum Abschluss seines Lösungsverlaufs.

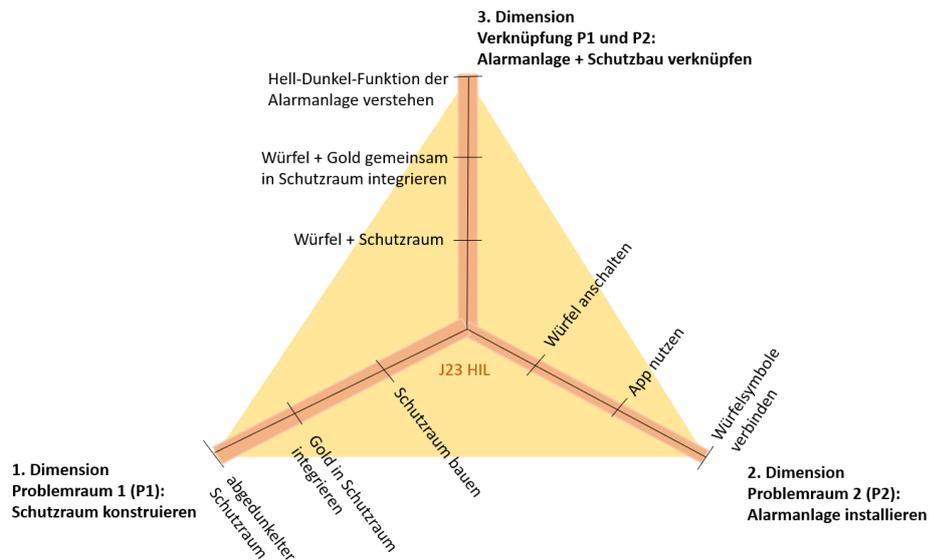


Abbildung 68 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J23 (Einsatz Hilfestellung (HIL))

8.2.2 Lösungsumsetzer*innen und Lösungssucher*innen (J1, J3, J9, J17)

Die Probanden J1, J3, J9 und J17 beschäftigen sich intensiv mit der Lösungsumsetzung und widmen sich erst im Anschluss einer Lösungssuche. Daher wird diese Probandengruppe als die „*Lösungsumsetzer*innen und Lösungssucher*innen*“ zusammengefasst. Während die Lösungsumsetzung und Lösungssuche bei J1 und J17 im Lösungsverlaufs strukturiert abläuft, zeichnet sich das Vorgehen bei J3 und J9 etwas diffuser ab. Zwar fokussieren auch sie vor allem die oben benannten Lösungsschritte „Lösung umsetzen“ und „Lösung suchen“, jedoch nicht klar voneinander getrennt. Die beiden Schritte finden im häufigen Wechsel miteinander statt.

8.2.2.1 Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe

Die Gesamtbearbeitungszeit der Proband*innen liegt zwischen ca. 14 und 29 Minuten. Auffällig ist, dass während J1, J3 und J9 zeitlich nah beieinander liegen - sie benötigen zwischen 23 und 29 Minuten zur Lösung der Problemstellung - J17 mit 14 Minuten Bearbeitungszeit deutlich schneller agiert. Abbildung 69 bis Abbildung 72 stellen anhand ausgewählter Bildausschnitte die Lösungsverläufe der Probanden J1, J3, J9 und J17 dar. Sie wurden anhand ihrer zeitlichen Abfolge im Lösungsverlauf der Probanden sortiert und stellen exemplarisch das Vorgehen der Probanden dar. Die einzelnen Bildausschnitte zeigen die Problemlöseschritte (Hauptkategorien) „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“.

Hinsichtlich der Hauptkategorien und ihrer zugehörigen Subkategorien zeigt sich, dass J9 mit 68 Codes die meisten Codierungen zugeordnet werden können. Es folgen J1 mit 40 Codierungen, J3 mit 55 Codierungen und J17 mit 43 Codierungen. Ein Wechsel zwischen den Hauptkategorien findet bei J1 alle 47 Sekunden, bei J3 alle 30 Sekunden, bei J9 alle 29 Sekunden und bei J17 alle 25 Sekunden statt. J9 und J17 nutzen zusätzlich eine Hilfestellung und können das Problem richtig lösen. J3 verwendet ebenfalls eine Hilfestellung, kann das Problem aber nicht lösen. J1 nutzt keine Hilfestellung und kann das Problem nicht korrekt lösen. Wie viel Zeit die Probanden für die Problemlöseschritten aufwenden und wie häufig diese im Lösungsverlauf auftreten, stellt Tabelle 52 dar. Die Tabelle 52 zeigt die in Kapitel 8.1.3 herausgearbeiteten zeitlichen Anteile der Problemlöseschritte sowie die Codehäufigkeiten sortiert nach Länge bzw. Häufigkeit für die hier diskutierten Probanden J1, J3, J9 und J17.



J1-B1: Problem erkennen und verstehen: Der Lösungsvorgang wird mit einem ersten Lesen der Aufgabenstellung gestartet (Stunde 0:01:16)



J1-B2: Lösung umsetzen: J1 beginnt mit dem Bauen von Schutzmauern (Stunde 0:03:51)



J1-B3: Lösung umsetzen: Die Goldtaler werden im Inneren der Schutzmauern positioniert (Stunde 0:08:15)



J1-B4: Lösung umsetzen: J1 setzt einen verdunkelndes Dachaufsatz auf den Schutzbau (Stunde 0:12:17)



J1-B5: Lösung suchen: Ein erstes Erkunden der App findet statt (Stunde 0:13:40)



J1-B6: Lösung umsetzen: J1 setzt den Bau des Dachs weiter fort (Stunde 0:13:57)



J1-B7: Lösung suchen: Erneut erkundet J1 die App auf der Suche nach den Würfelsymbolen (Stunde 0:13:43)



J1-B8: Lösung suchen: J1 versucht die Würfel anzuschalten (Stunde 0:16:01)



J1-B9: Lösung suchen: J1 kehrt zur App zurück und erkundet diese weiter (Stunde 0:16:36)



J1-B10: Problem erkennen und verstehen: Während sich J1 das Bauen am Schutzraum weiter fortsetzt, liest er wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:17:10)



J1-B11: Lösung umsetzen: J1 kann die Würfel anschalten (Stunde 0:18:24)



J1-B12: Lösung umsetzen: J1 setzt das Bauen am Schutzraum weiter fort, während er die Aufgabenstellung wiederholt liest (Stunde 0:19:08)



J1-B13: Lösung umsetzen: J1 findet die Würfelsymbole und zieht sie ins große Feld der App (Stunde 0:23:20)



J1-B14: Lösung umsetzen: Nach dem Einsetzen der Würfel im Inneren des Schutzbaus, verschließt er diesen erneut in Form eines Dachs aus Legosteinen (Stunde 0:24:50)

Abbildung 69 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J1

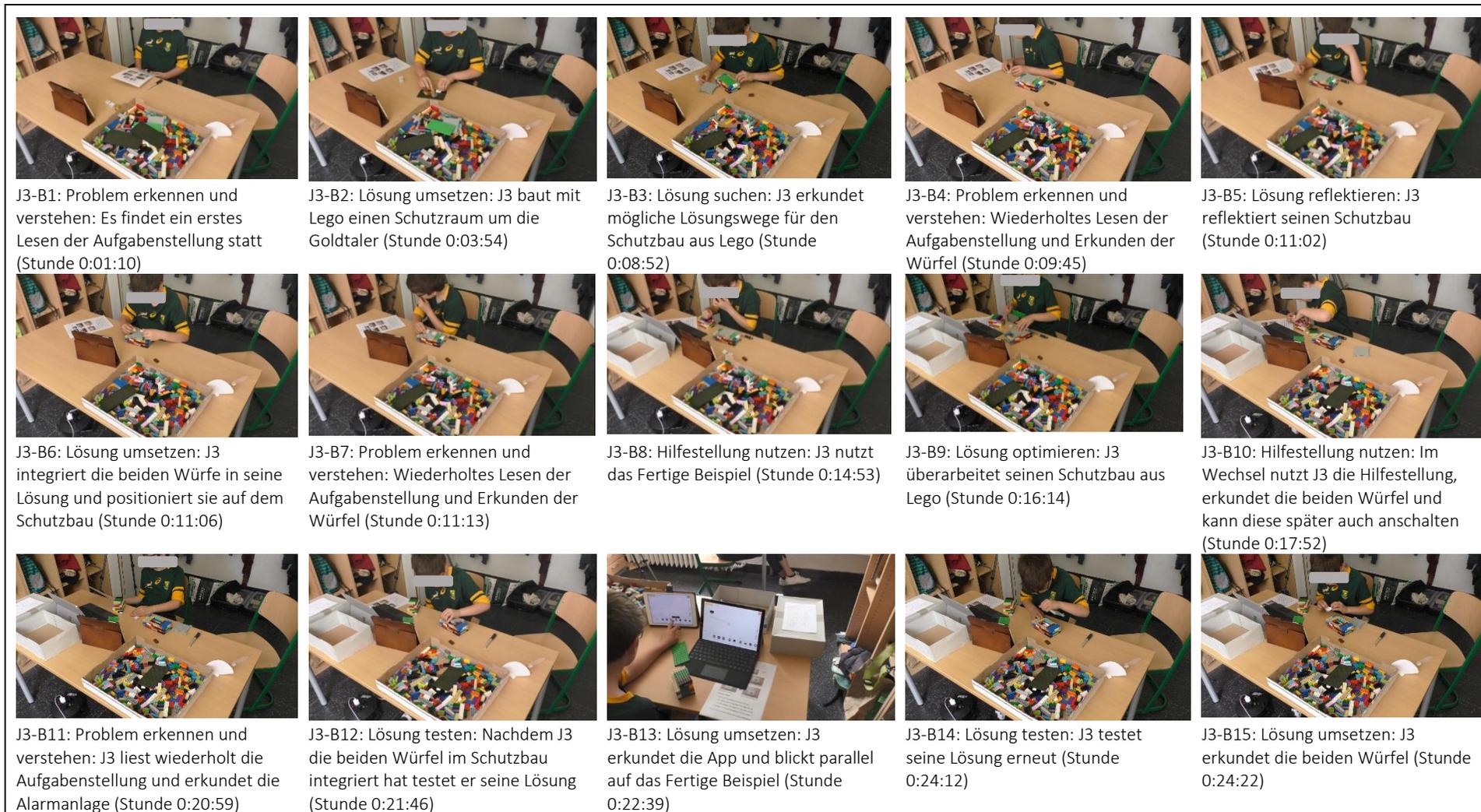


Abbildung 70 Bild 1-16, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J3



J9-B1: Problem erkennen und verstehen: J9 liest ein erstes Mal die Aufgabenstellung (Stunde 0:00:22)



J9-B2: Problem erkennen und verstehen: J9 verschafft sich einen Überblick der Materialien auf dem Tisch (Stunde 0:00:58)



J9-B3: Lösung suchen: J9 erkundet die App (Stunde 0:03:36)



J9-B4: Lösung testen: Während des Bauens eines Schutzraums testet J9 die Stabilität (Stunde 0:05:39)



J9-B5: Lösung umsetzen: J9 setzt das Bauen am Schutzbau weiter fort und legt die Goldtaler in den Innenraum (Stunde 0:07:12)



J9-B6: Lösung reflektieren: J9 betrachtet seinen fertigen Schutzbau (Stunde 0:12:09)



J9-B7: Lösung suchen: J9 erkundet die beiden Würfel und wendet sich parallel der Aufgabenstellung zu (Stunde 0:13:23)



J9-B8: Lösung umsetzen: J9 schafft es die Würfel anzuschalten (Stunde 0:15:49)



J9-B9: Problem erkennen und verstehen: J9 liest wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:16:40)



J9-B10: Lösung suchen: J9 erkundet die App (Stunde 0:17:12)



J9-B11: Lösung umsetzen: J9 verbindet die beiden Würfelsymbole in der App (Stunde 0:17:34)



J9-B12: Problem erkennen und verstehen: J9 wendet sich der Aufgabenstellung zu und erkundet dabei die Alarmanlage (Stunde 0:17:43)



J9-B13: Lösung umsetzen: J9 positioniert die beiden Würfel im Schutzbau (Stunde 0:18:26)



J9-B14: Hilfestellung nutzen: J9 nutzt das Fertige Beispiel (Stunde 0:25:37)



J9-B15: Lösung suchen: J9 erkundet die Alarmanlage und die App



J9-B16: Lösung reflektieren: J9 reflektiert seine fertige Lösung (Stunde 0:30:24)



J9-B17: Lösung testen: J9 testet seine Lösung (Stunde 0:30:50)

Abbildung 71 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J9



J17-B1: Problem erkennen und verstehen: J17 liest zum ersten Mal die Aufgabenstellung (Stunde 0:01:21)



J17-B2: Problem erkennen und verstehen: Er verschafft sich einen Überblick der zur Verfügung stehenden Materialien (Stunde 0:02:58)



J17-B3: Lösung suchen: J17 erkundet einen ersten Lösungsweg (Stunde 0:03:20)



J17-B4: Problem erkennen und verstehen: J17 liest wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:03:36)



J17-B5: Lösung umsetzen: J17 beginnt mit dem Bau eines Schutzraums aus Lego und integriert die Legosteine (Stunde 0:03:58)



J17-B6: Lösung reflektieren: J17 reflektiert seinen Lösungsansatz (Stunde 0:04:10)



J17-B7: Lösung umsetzen: Er baut weiter an seinem Schutzbau aus Lego (Stunde 0:05:17)



J17-B8: Lösung suchen: J17 erkundet die beiden Würfel (Stunde 0:05:23)



J17-B9: Lösung umsetzen: J19 baut weiter am Schutzbau und integriert die Würfel im Inneren des Schutzbaus (Stunde 0:05:36)



J17-B10: Problem erkennen und verstehen: Er liest wiederholt die Aufgabenstellung, während er weiter mit Lego baut (Stunde 0:06:24)



J17-B11: Lösung suchen: J17 erkundet das Anschalten der Würfel und baut nebenbei weiter am Schutzbau (Stunde 0:06:37)



J17-B12: Lösung reflektieren: J17 reflektiert seine Lösung und baut weiter am Schutzbau (Stunde 0:07:20)



J17-B13: Lösung umsetzen: J17 kann die Würfel anschalten (Stunde 0:07:58)



J17-B14: Problem erkennen und verstehen: J17 hält inne liest wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:07:58)



J17-B15: Lösung umsetzen: J17 kann die Würfelsymbole miteinander verbinden, nutzt dabei jedoch ein falsches inaktives Würfelsymbol (Stunde 0:13:46)



J17-B16: Hilfestellung nutzen: J17 nutzt die Bilderanleitung (Stunde 0:13:53)



J17-B17: Lösung umsetzen: J17 verbindet die richtigen Würfelsymbole in der App miteinander (Stunde 0:15:29)

Abbildung 72 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J17

Tabelle 52 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, J1, J3, J9 und J17

| Probanden | Zeitlicher Anteil eines Problemlöseschritts (in %) | Codehäufigkeit |
|---|--|--|
| J1 1.459 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (69,7%) 2. „Lösung suchen“ (17,2%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (7,7%) 4. „Lösung optimieren“ (1,3%) 5. „Lösung testen“ (0,6%) 6. „Lösung reflektieren“ (0,5%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (18x) 2. „Lösung suchen“ (10x) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (7x) 4. „Lösung testen“ (2x) & „Lösung reflektieren“ (2x) 5. „Lösung optimieren“ (1x) 6. Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| J3 1.401 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (28,2%) 2. „Lösung suchen“ (22,9%) 3. „Hilfestellung nutzen“ (18,9%) 4. „Problem erkennen & verstehen“ (14,4%) 5. „Lösung optimieren“ (11,8%) 6. „Lösung reflektieren“ (1,6%) 7. „Lösung testen“ (0,5%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung suchen“ (16x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (13x) 3. „Lösung umsetzen“ (9x) 4. „Hilfestellung nutzen“ (8x) 5. „Lösung reflektieren“ (4x) 6. Lösung optimieren“ (3x) 7. „Lösung testen“ (2x) |
| J9 1.787 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (40,4%) 2. „Lösung suchen“ (25,7%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (10,2%) 4. „Lösung optimieren“ (7,7%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (4,9%) 6. „Lösung testen“ (1,7%) 7. „Lösung reflektieren“ (1,3%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung suchen“ (21x) & „Lösung umsetzen“ (21x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (14x) 3. „Lösung optimieren“ (4x) & „Lösung reflektieren“ (4x) 4. „Lösung testen“ (2x) & „Hilfestellung nutzen“ (2x) |
| J17 862 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung suchen“ (37,4%) 2. „Lösung umsetzen“ (27,5%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (16,9%) 4. „Hilfestellung nutzen“ (3,6%) 5. „Lösung testen“ (0,5%) 6. „Lösung reflektieren“ (1,9%) 7. Kein „Lösung optimieren“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (14x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (12x) 3. „Lösung suchen“ (11x) 4. „Lösung testen“ (2x) & „Lösung reflektieren“ (3x) 5. „Hilfestellung nutzen“ (1x) 6. Kein „Lösung optimieren“ |

Abbildung 73 bis Abbildung 76 ermöglichen eine erste Übersicht des Problemlösens der Probanden J1, J3, J9 und J17 in Form von Codelines. Die Codelines stellen die Abfolge der Problemlöseschritte (codierte Hauptkategorien) farblich und entsprechend ihres zeitlichen Auftretens dar und geben Aufschluss über den Lösungsverlauf. Aus den Lösungsverläufen wird deutlich, dass die Probanden ihren Fokus auf das Umsetzen ihrer Lösung (Schritt „Lösung umsetzen“) und das anschließende Suchen von Lösungen (Schritt „Lösung suchen“) legen. Dabei zieht insbesondere J3 häufig den Zusatzschritt „Hilfestellung nutzen“ hinzu.

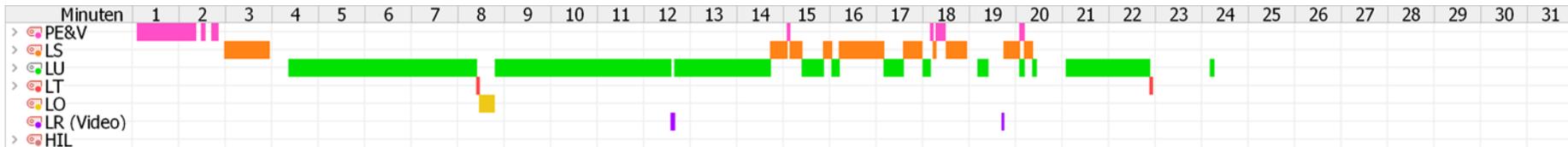


Abbildung 73 Codeline J1

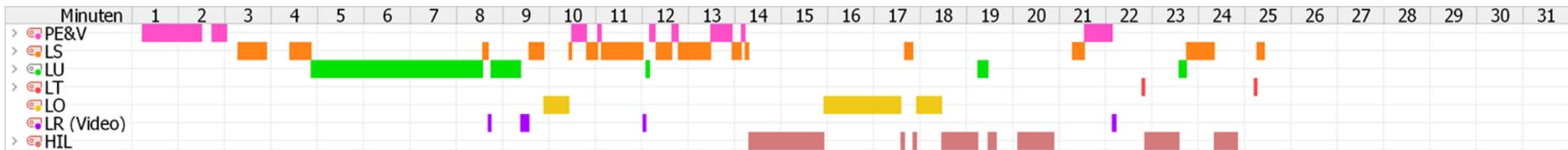


Abbildung 74 Codeline J3

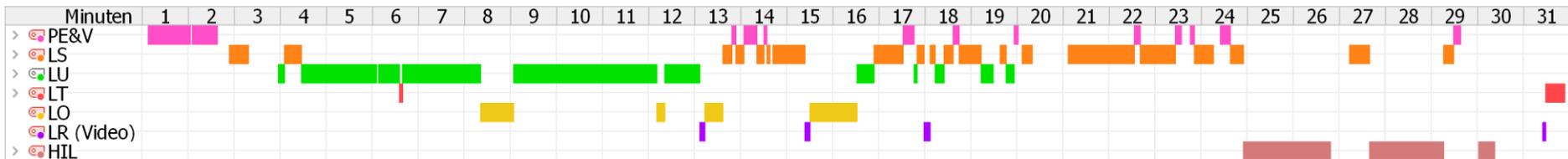


Abbildung 75 Codeline J9

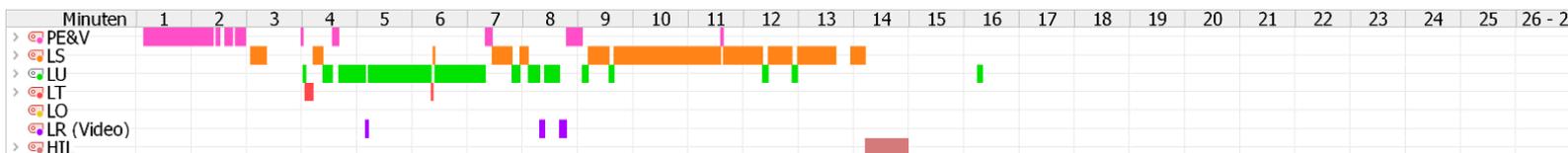


Abbildung 76 Codeline J17

8.2.2.2 Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe

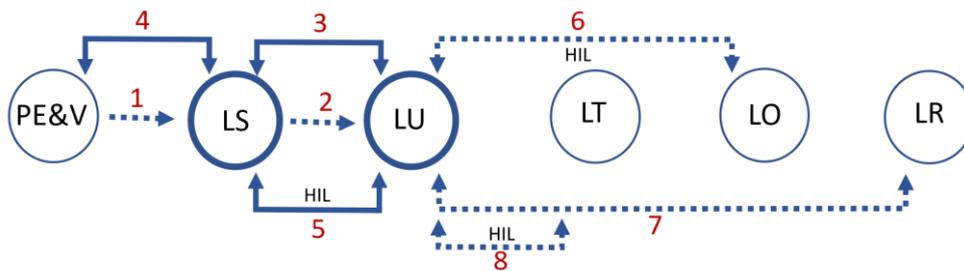


Abbildung 77 Abgeleiteter Lösungsverlauf J1, J3, J9, J17

Ein gemeinsamer Lösungsverlauf für die Probanden J1, J3, J9 und J17 wird in Abbildung 77 dargestellt. Alle Probanden fokussieren zunächst eine lange Phase der Lösungsumsetzung und überspringen eine erste Lösungssuche. Dabei setzen sich die Probanden mit dem Bauen eines Schutzraums aus Lego auseinander. Im Anschluss kehren alle Probanden zu den Schritten „Problem erkennen und verstehen“ (PE&V) und „Lösung suchen“ (LS) zurück, wobei der Fokus auf dem Schritt „Lösung suchen“ (LS) liegt. Die Rückschleifen finden in zeitlich intensiven Sequenzen und gegebenenfalls im Wechsel mit dem Schritt „Lösung umsetzen“ (LU) statt. Insbesondere bei J3 erfolgt dies außerdem unter dem Hinzuziehen einer Hilfestellung (HIL). Ein Testen von Zwischenschritten kann im Lösungsverlauf der Probanden nur selten beobachtet werden und nur J9 testet gegen Ende seines Lösungsverlaufs einmal seine Gesamtlösung (LT). Auch ein Optimieren (LO) und Reflektieren (LR) der Lösung findet im Lösungsverlauf aller vier Probanden nur vereinzelt und im Wechsel mit dem Schritt „Lösung umsetzen“ (LU) statt. Die wichtigsten Lösungsaspekte von J1, J3, J9 und J17 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Es findet bei allen Probanden zu Beginn des Lösungsverlaufs ein genaues Lesen der Aufgabenstellung und ein kurzes Verschaffen eines Überblicks statt.
- J3, J9 und J17 setzten sich zu Beginn des Lösungsverlaufs nur kurz mit dem Erkunden der Materialien der Alarmanlage auseinander (Schritt „Lösung suchen“).
- J1, J3, J9 und J17 starten mit dem Umsetzen ihrer Lösung hinsichtlich des Bauens eines Schutzraums aus Lego.
- Die vier Probanden benötigen zwischen 17% und 37% der Gesamtzeit, um nach einer Lösung zu suchen und zwischen 27% und 69%, um die Lösung umzusetzen.
- Nach dem Bauen erkunden alle vier Probanden intensiv die zur Alarmanlage zugehörigen Materialien (z.B. „App (Symbolik) verknüpfen“).
- Der Hauptfokus der Probanden liegt auf den Schritten „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“.

- Die Probanden J9 und J17 ziehen einmalig kurz eine Hilfestellung im Lösungsverlauf hinzu.
- J3 nutzt die Hilfestellung ab der Hälfte seines Lösungsverlaufs wiederkehrend, da er es nicht selbstständig schafft die Materialien der Alarmanlage in seine Lösung zu integrieren.
- J3 beendet seinen Lösungsverlauf frühzeitig.
- Ein Testen oder Reflektieren der Lösung findet im Lösungsverlauf nicht oder nur selten statt.

8.2.2.3 Interpretation der Lösungsverläufe

J1, J3 und J17 beschäftigen sich zu Beginn des Lösungsverlaufs intensiv mit einer Problemerkundung. Sie lesen die Aufgabenstellung sehr langsam und kehren wiederholt zu einzelnen Abschnitten zurück und verschaffen sich zusätzlich einen Überblick über die Materialien auf dem Tisch. Bei J9 fallen diese Handlungen im Vergleich zu den restlichen drei Probanden deutlich kürzer aus und seine erste Problemerkundung ist schnell abgeschlossen. Im Anschluss an die erste Problemerkundung können alle vier Probanden eine Lösungsidee formulieren. J1, J9 und J17 weisen hierbei bereits konkrete Ideen und kreative Lösungsansätze auf. J3 hat hingegen nur eine vage Vorstellung in welche Richtung seine Lösung gehen könnte. Die Probanden beginnen früh im Lösungsprozess mit einer Lösungsumsetzung. Alle vier Probanden beginnen fast sofort mit dem Konstruieren eines Schutzbaus und beziehen dafür das Material „Schutzraum aus Lego bauen“ ein. Ihr Fokus liegt damit insbesondere auf dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“. Dabei fokussieren sie konsequent die Umsetzung ihrer ersten Lösungsidee und können diese im Lösungsverlauf weiter ausbauen. Der Schritt „Lösung umsetzen“ in Verbindung mit dem Material „Schutzraum aus Lego bauen“ erfolgt bei allen vier Probanden sehr strukturiert und bedacht. Die Probanden nehmen sich viel Zeit, um den Schutzbau nach ihren Vorstellungen umzusetzen und fertigzustellen.

Erst nach Fertigstellung ihrer Konstruktion erfolgt bei allen vier Probanden eine intensive Auseinandersetzung mit dem Material der Alarmanlage (Schritt „Lösung suchen“). Der Schritt „Lösung suchen“ findet hier im Wechsel mit dem Schritt „Problem erkennen und verstehen“ sowie bei J3 zusätzlich mit dem Schritt „Hilfestellung nutzen“ statt. Mittels unstrukturierter Handlungen versuchen die Probanden die Würfel einzuschalten, was allen Probanden gelingt. Allein bei J1 geht dieses unstrukturierte Ausprobieren anschließend in ein strukturiertes Handeln über. Er kann die Würfelsymbole in der App erkennen und arbeitet hierbei schnell und routiniert, als ob ihm das Schema zum Verknüpfen der Würfelsymbole in der App bereits bekannt sei. Die schnelle Arbeitsweise könnte der Grund dafür sein, dass J1 übersieht, dass er

die Würfelsymbole in der App in einem letzten Schritt nicht miteinander verbunden hat. Danach integriert J1 die Alarmanlage in seinen Schutzbau, indem er die Würfel in das Innere des Schutzraums legt. Hierfür muss er seinen bereits fertiggestellten Schutzbau noch einmal aufbrechen und überarbeiten.

Während sich J3 bereits in der Mitte seines Lösungsverlaufs für eine Hilfestellung entscheidet, nutzen J9 und J17 diese erst gegen Ende ihres Lösungsverlaufs, um die Verknüpfung der Alarmanlage in der App zu verstehen und strukturiert durchführen zu können. Die Hell-Dunkel-Funktionsweise wird von J9 und J17 dennoch mittels Versuch-Irrtum-Verhalten anschließend noch einmal weiter erkundet. Durch die neu gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Alarmanlage (z.B. Hell-Dunkel-Funktion), dessen Berücksichtigung für eine erfolgreiche Zielerreichung notwendig sind, strukturieren J9 und J17 einen Teil der Mittel zur Zielerreichung neu. Um die Alarmanlage in ihren Schutzraum integrieren zu können, müssen sie ihre bisherige Lösung (Schutzbau aus Lego) noch einmal überarbeiten („Lösung optimieren“). Die Probanden J9 und J17 können letztendlich alle Materialien richtig in ihre Lösung integrieren (siehe Abbildung 78).

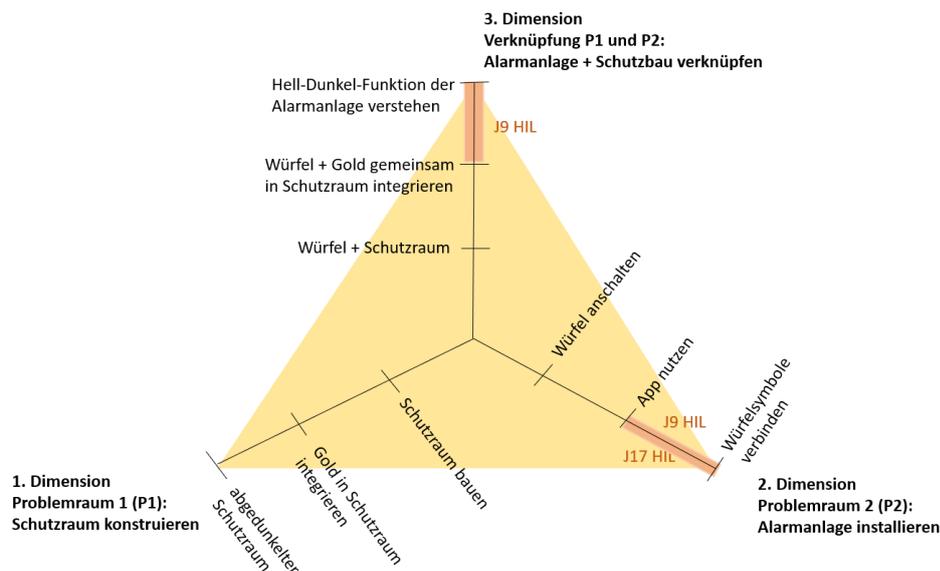


Abbildung 78 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probanden J9 und J17 (jeweils Einsatz Hilfestellung (HIL))

Da J3 beim Erreichen der Teillösungen zum Aktivieren der Alarmanlage nicht weiterkommt (z.B. „Würfel anschalten“, „App (Symbolik) nutzen“), zieht er in der Mitte seines Lösungsverlaufs eine Hilfestellung (Fertiges Beispiel) hinzu. Mit der Hilfestellung schafft er es Teillösungen umzusetzen (z.B. „Würfel anschalten“), geht jedoch hierbei unstrukturiert vor und folgt dem Lösungsvorschlag der Hilfestellung nicht Schritt für Schritt. Auch nach einer anschließenden intensiven Lösungssuche kann J3 die Verknüpfungen zwischen einzelnen

Materialien nicht herstellen. Er hat deutliche Schwierigkeiten die Hilfestellung nachzuvollziehen und einzelne Teillösungen, die die Alarmanlage betreffen, zu verstehen (Materialien „App (Symbolik) nutzen“, „Funktionsweise Alarmanlage“). J3 bringt das zur Verfügung stehende iPad mit App zur Aktivierung der Alarmanlage nicht mit seiner Lösung in Verbindung, was dazu führt, dass er das Lösen des Problems letztendlich nicht beendet und sich stattdessen mit seiner bis dahin erreichten Lösung zufriedengibt. Entsprechend kann er die Materialien nicht richtig in seine Lösung integrieren (siehe Abbildung 79). Während im abschließenden Leitfadeninterview deutlich wird, dass J1, J9 und J17 überzeugt von ihrer fertigen Lösung sind, wird bei J3 deutlich, dass er nicht davon ausgeht, das Problem besser lösen zu können.

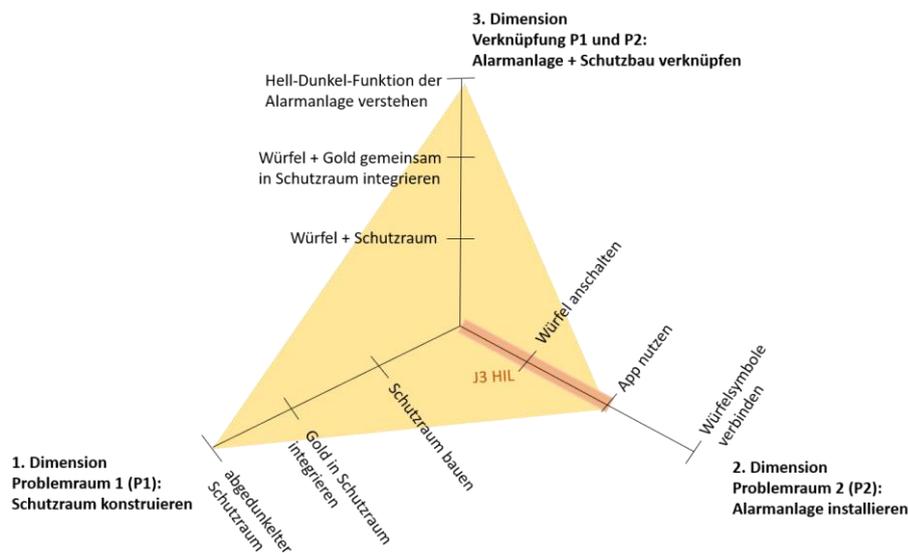


Abbildung 79 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probanden J1 und J3 (Einsatz Hilfestellung (HIL))

8.2.3 Lösungsumsetzer*innen, -optimierer*innen und -sucher*innen (J5, J22, M26)

Die Proband*innen J5, J22 und M26 legen ihren Fokus auf die Lösungssuche, Lösungsumsetzung und Lösungsoptimierung. Eine intensive und umfassendere Lösungssuche findet bei ihnen jedoch erst gegen Ende des Lösungsverlaufs statt. Nachdem die Proband*innen einen Großteil ihrer Lösung bereits umgesetzt und optimiert haben, wenden sie sich der Problemerkundung und Lösungssuche zu. Daher können J5, J22 und M26 als die „Lösungsumsetzer*innen, Optimierer*innen und anschließenden Lösungssucher*innen“ zusammengefasst werden.

8.2.3.1 Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe

Die innerhalb des Lösungsverlaufs wichtigsten und aussagekräftigsten Handlungen der Proband*innen J5, J22 und M26 werden in den folgenden Bilderabfolgen (Abbildung 80 bis Abbildung 82) in chronologischer Reihenfolge dargestellt. Sie rekonstruieren den Handlungsablauf der jeweiligen Proband*innen. Die ausgewählten Bildausschnitte beziehen sich dabei auf die ausgewerteten Hauptkategorien (Problemlöseschritte) „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“ im Lösungsverlauf der Proband*innen.

Die Proband*innen benötigen für die Bearbeitung des Problems zwischen 16 und 38 Minuten (siehe Tabelle 53). Die Hauptkategorien samt ihren Subkategorien wurden 67 Mal an J5, 57 Mal an J22 und 60 Mal an M26 vergeben. Ein Schrittwechsel zwischen den Hauptkategorien findet bei M26 alle 18 Sekunden, bei J5 alle 39 Sekunden und bei J22 alle 25 Sekunden statt. M26 löst das Problem ohne Hilfe, jedoch nicht richtig. J5 und J22 nutzen beide gegen Ende des Lösungsverlaufs eine Hilfestellung, mit Hilfe dessen nur J22 das Problem letztendlich richtig lösen kann.

Wie viel Zeit die Proband*innen für die Problemlöseschritten benötigen und wie häufig diese im Lösungsverlauf auftreten, stellt Tabelle 53 dar. Die zugehörigen Daten beruhen auf der Ergebnisdarstellung in Kapitel 8.1.3 und werden im weiteren Verlauf des Kapitels 8.2.3 näher analysiert.



J5-B1: Problem erkennen und verstehen: J5 liest die Aufgabenstellung (Stunde 0:01:34)



J5-B2: Lösung suchen: Nachdem J5 begonnen hat einen Schutzraum aus Lego zu bauen, erkundet er, ob er die Goldtaler dort einfügt (Stunde 0:05:31)



J5-B3: Lösung umsetzen: J5 baut an seinem Schutzbau aus Lego. Ein farbliches Muster wird erkennbar (Stunde 0:18:10)



J5-B4: Lösung testen: J5 testet, ob die Lücke im Schutzbau groß genug für die eingeplante Tür ist (Stunde 0:18:28)



J5-B5: Lösung optimieren: J5 optimiert seinen Schutzbau (Stunde 0:19:39)



J5-B6: Lösung suchen: J9 erkundet eine Position für die beiden Würfel auf dem Schutzbau (Stunde 0:29:51)



J5-B7: Lösung umsetzen: J5 baut für die beiden Würfel einen Vorsprung auf den Schutzbau (Stunde 0:30:01)



J5-B8: Lösung testen: J5 testet, ob der vorgesehene Vorsprung groß genug für die Würfel ist (Stunde 0:30:08)



J5-B9: Lösung suchen: J5 erkundet, wie die Würfel angeschaltet werden (Stunde 0:33:18)



J5-B10: Problem erkennen und verstehen: J5 liest wiederholt die Aufgabenstellung und erkundet dabei die beiden Würfel (Stunde 0:35:25)



J5-B11: Lösung umsetzen: J5 schaltet die Würfel an (Stunde 0:35:45)



J5-B12: Lösung suchen: J5 erkundet die App und liest parallel wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:37:01)



J5-B13: Lösung suchen: J5 erkundet die Alarmanlage (Stunde 0:37:18)



J5-B14: Problem erkennen und verstehen: J5 liest wiederholt die Aufgabenstellung und überdenkt sein weiteres Vorgehen (Stunde 0:37:37)



J5-B15: Lösung umsetzen: J5 kann die Würfelsymbole in der App miteinander verbinden (Stunde 0:38:28)



J5-B16: Hilfestellung nutzen: J5 nutzt die Bilderanleitung (Stunde 0:39:36)



J5-B17: Lösung reflektieren: J5 reflektiert seine fertige Lösung (Stunde 0:39:39)

Abbildung 80 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J5



J22-B1: Problem erkennen und verstehen: J22 verschafft sich einen Überblick der Materialien und liest anschließend ein erstes Mal die Aufgabenstellung (Stunde 0:00:09)



J22-B2: Problem erkennen und verstehen: Wiederholt liest J22 die Aufgabenstellung, bevor er mit dem Lösen des Problems beginnt (Stunde 0:04:17)



J22-B3: Lösung suchen: J22 erkundet die beiden Würfel (Stunde 0:04:23)



J22-B4: Lösung suchen: J22 erkundet die App (Stunde 0:05:04)



J22-B5: Lösung umsetzen: J22 beginnt mit dem Bau eines Schutzraums aus Lego (Stunde 0:05:11)



J22-B6: Lösung reflektieren: J22 reflektiert seine Teillösung (Stunde 0:05:59)



J22-B7: Lösung optimieren: J22 überarbeitet seinen Schutzbau (Stunde 0:08:30)



J22-B8: Lösung umsetzen: J22 baut weiter an seinem Schutzbau aus Lego (Stunde 0:08:48)



J22-B9: Lösung umsetzen: J22 legt die Goldtaler in den Schutzbau (Stunde 0:08:52)



J22-B10: Lösung reflektieren: J22 reflektiert seinen Schutzbau mit integrierten Goldtalern (Stunde 0:09:52)



J22-B11: Lösung umsetzen: J22 baut weiter am Schutzbau und stabilisiert diesen zusätzlich (Stunde 0:10:05)



J22-B12: Lösung reflektieren: J22 reflektiert seinen Schutzbau und optimiert diesen anschließend (Stunde 0:13:13)



J22-B13: Problem erkennen und verstehen: J22 liest wiederholt die Aufgabenstellung und erkundet im Wechsel die beiden Würfel und wie diese angeschaltet werden (Stunde 0:16:32)



J22-B14: Hilfestellung nutzen: J22 nutzt die Bilderanleitung (Stunde 0:19:52)



J22-B15: Lösung umsetzen: J22 kann die nun angeschalteten Würfel in der App verbinden (Stunde 0:20:52)



J22-B16: Lösung testen: Nachdem J22 die beiden Würfel im Schutzbau positioniert hat, testet er seine fertige Lösung (Stunde 0:23:20)

Abbildung 81 Bild 1-16, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J22



M26-B1: Problem erkennen und verstehen: M26 liest die Aufgabenstellung ein erstes Mal (Stunde 0:01:04)



M26-B2: Lösung umsetzen: M26 baut einen Schutzraum aus Lego um die Goldtaler herum (Stunde 0:03:53)



M26-B3: Lösung optimieren: M26 optimiert die Position ihrer Lösung (Stunde 0:04:19)



M26-B4: Lösung umsetzen: M26 baut am Schutzraum aus Lego (Stunde 0:05:46)



M26-B5: Lösung suchen: M26 erkundet die beiden Würfel (Stunde 0:05:52)

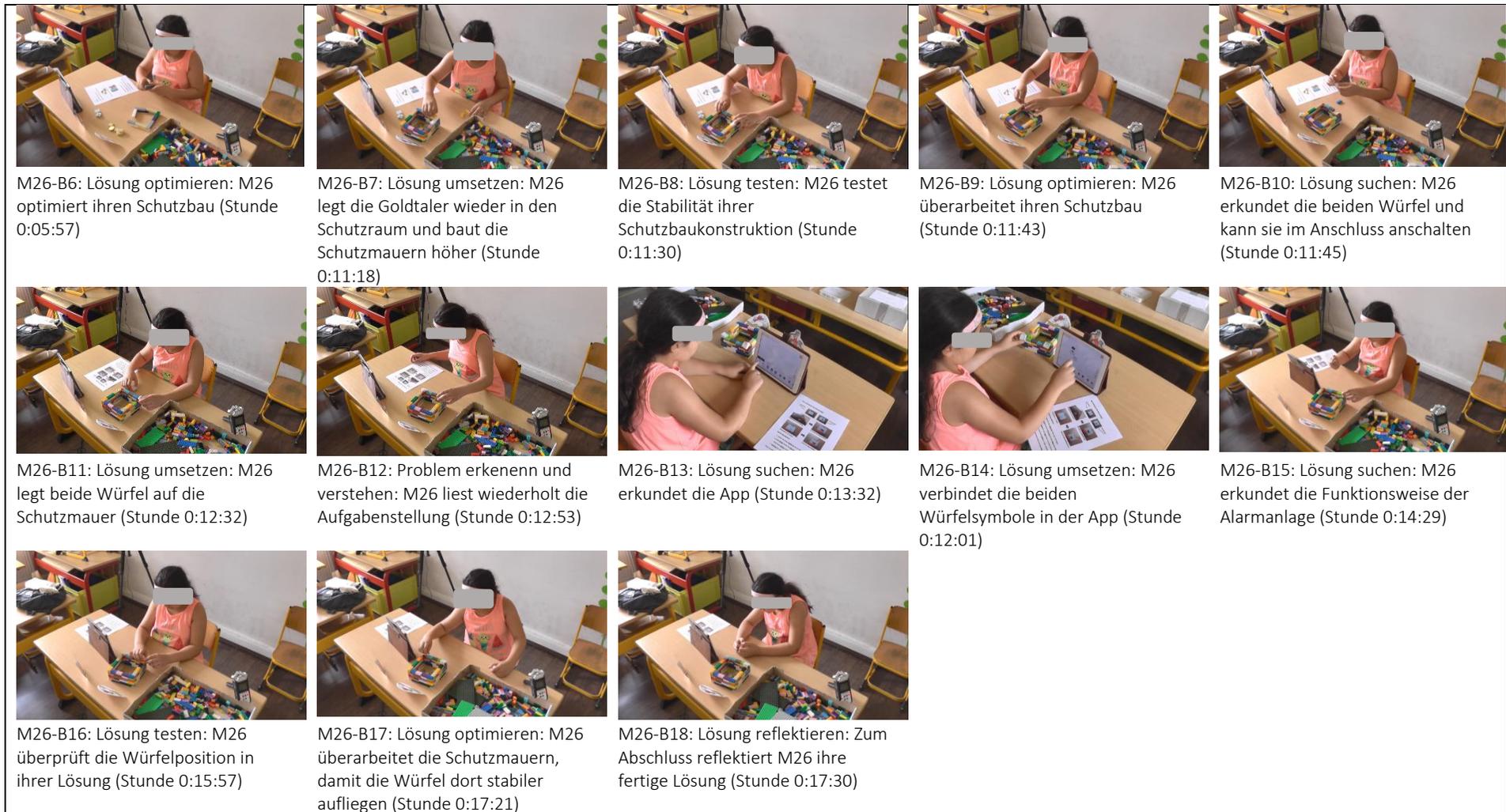


Abbildung 82 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M26

Tabelle 53 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, J5, J22 und M26

| Proband*innen | Zeitlicher Anteil eines Problemlöseschritts (in %) | Codehäufigkeit |
|--|---|---|
| J5 2.300 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (62,1%) 2. „Lösung optimieren“ (19,0%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (8,2%) 4. „Lösung suchen“ (7,6%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (1,2%) 6. „Lösung testen“ (1,1%) 7. „Lösung reflektieren“ (0,7%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (19x) 2. „Lösung suchen“ (15x) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (14x) 4. „Lösung optimieren“ (10x) 5. „Lösung testen“ (5x) 6. „Lösung reflektieren“ (3x) 7. „Hilfestellung nutzen“ (1x) |
| J22 1.369 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (31,5%) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (19,8%) 3. „Lösung optimieren“ (17,6%) 4. „Lösung suchen“ (15,0%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (8,9%) 6. „Lösung testen“ (2,8%) 7. „Lösung reflektieren“ (2,2%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (14x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (12x) & „Lösung suchen“ (12x) 3. „Hilfestellung nutzen“ (8x) 4. „Lösung optimieren“ (5x) & „Lösung reflektieren“ (5x) 5. „Lösung testen“ (1x) |
| M26 989 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (34,4%) 2. „Lösung optimieren“ (22,1%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (15,1%) 4. „Lösung suchen“ (8,2%) 5. „Lösung testen“ (4,0%) 6. „Lösung reflektieren“ (1,3%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung optimieren“ (16x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (12x) & „Lösung umsetzen“ (12x) 3. „Lösung suchen“ (10x) 4. „Lösung testen“ (9x) 5. „Lösung reflektieren“ (1x) 6. Kein „Hilfestellung nutzen“ |

Eine Übersicht des Problemlöseverlaufs bieten die drei folgenden Codelines (siehe Abbildung 83 bis Abbildung 85). Sie bilden farblich die einzelnen Problemlöseschritte (Hauptkategorien) in ihrer zeitlichen Abfolge im Lösungsverlauf der Proband*innen ab. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass sich die Proband*innen relativ früh im Lösungsverlauf intensiv mit der Lösungsumsetzung auseinandersetzen. Eine Problemerkundung und Lösungssuche finden erst im Anschluss daran statt.⁹

⁹ Für die 24 Proband*innen wurden detaillierte Codelines erstellt, welche zusätzlich zu den Hauptkategorien die Subkategorien und die von den Proband*innen verwendeten Materialien abbilden. Diese können auf Anfrage eingesehen werden.

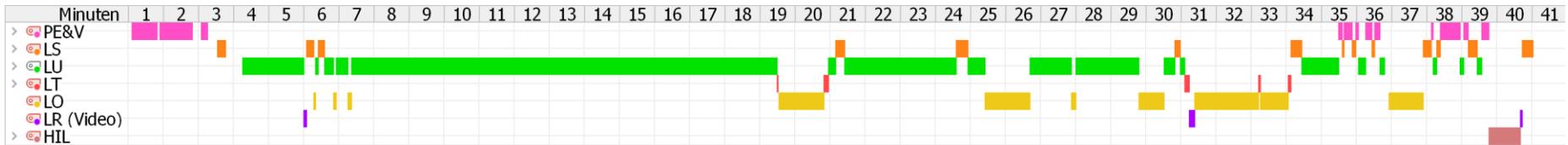


Abbildung 83 Codeline J5

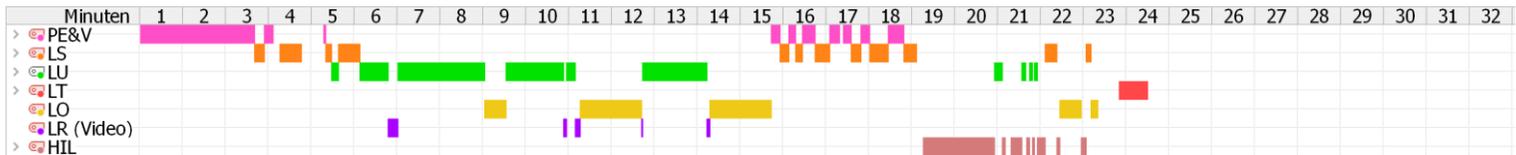


Abbildung 84 Codeline J22

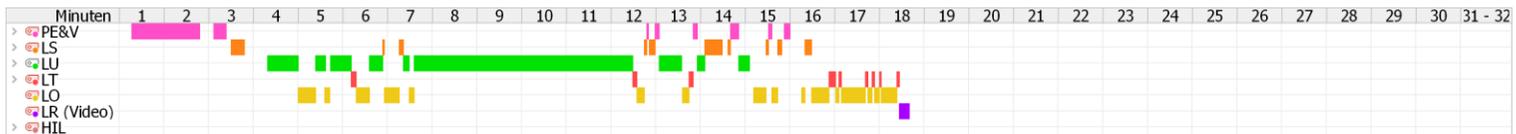


Abbildung 85 Codeline M26

8.2.4.2 Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe

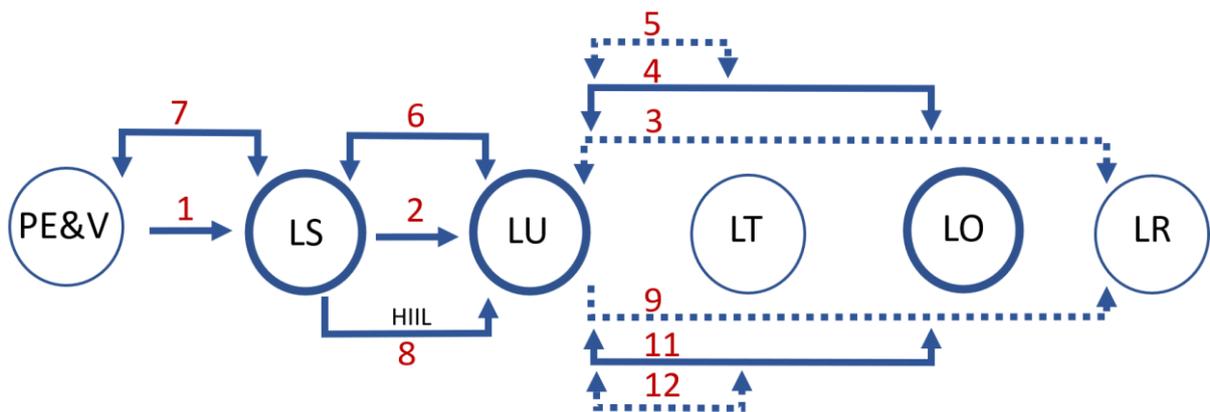


Abbildung 86 Abgeleiteter Lösungsverlauf J5, J22, M26

Ein gemeinsamer Problemlöseverlauf für die Proband*innen J5, J22 und M26 wird in Abbildung 86 dargestellt. Die Grafik zeigt, dass eine erste Problemerkundung (PE&V) und Lösungssuche (LS) bei den Proband*innen schnell abgehandelt ist und J5, J22 und M26 stattdessen den Schritt „Lösung umsetzen“ (LU) fokussieren. Der Schritt bildet einen wiederkehrenden Ankerpunkt für alle weiteren in den Lösungsverlauf der Proband*innen einbezogenen Lösungsschritte. Eine ausgiebige Lösungssuche (LS) und Problemerkundung (PE&V) findet bei den Proband*innen erst spät im Lösungsverlauf statt, aber in einem intensiven Wechsel mit dem Schritt „Lösung umsetzen“ (LU) (Pfeile 6 – 8). Ein Testen (LT) und Reflektieren (LR) der Lösung erfolgen hingegen selten. Die wichtigsten Lösungsaspekte von J5, J22 und M26 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die anfängliche Problemerkundung findet hinsichtlich des ersten Lesens der Aufgabenstellung statt (Schritt „Problem erkennen und verstehen“). Die zur Verfügung stehenden Materialien werden noch nicht betrachtet.
- Nur bei J22 findet nach dieser Problemerkundung eine ausführlichere Lösungssuche statt, indem er einzelne Materialien der Alarmanlage erkundet (Schritt „Lösung suchen“).
- Der Lösungsverlauf beginnt bei den Proband*innen früh mit einer langen Phase „Lösung umsetzen“. Die Lösungsumsetzung findet vor allem hinsichtlich des Materials „Schutzraum aus Lego bauen“ statt.
- Insgesamt nimmt der Schritt „Lösung umsetzen“ bei allen drei Proband*innen mit Abstand die meiste Zeit ein (J5 = 62,1%; J22 = 31,5%; M26 = 34,4%).
- Der Schritt „Lösung umsetzen“ wird dabei mehrmals für ein kurzes Reflektieren, Testen von Zwischenschritten oder Optimieren pausiert. Während die Schritte „Lösung testen“ und „Lösung reflektieren“ selten herangezogen werden, steht der Schritt „Lösung

optimieren“ bei allen Proband*innen mehrmals im Fokus (J5 = 19,0%; J22 = 17,6%; M26 = 22,1%). In den Phasen des Optimierens verbessern die Proband*innen Feinheiten ihrer Lösung.

- Erst nach einer langen Phase der Lösungsumsetzung folgt eine intensive Auseinandersetzung mit unbekanntem Material (Alarmanlage), die von den Schritten „Lösung suchen“ und „Problem erkennen und verstehen“ begleitet wird.
- J5 und J22 entscheiden sich für eine Hilfestellung.

8.2.3.3 Interpretation der Lösungsverläufe

J5, J22 und M26 haben ihre Lösung bereits zu größten Teilen umgesetzt, bevor sie sich einer intensiven Lösungssuche widmen. Bei den Proband*innen findet eine anfängliche Problemerkundung daher nur kurz statt, indem sich die Proband*innen auf das erste Lesen der Aufgabenstellung konzentrieren. Alle drei Proband*innen können eine erste Lösungsidee formulieren. Während J5 und J22 hierbei lediglich das Material „Schutzraum aus Lego bauen“ und das Sichern der Goldtaler einbeziehen, fällt die Lösungsidee von M26 etwas konkreter aus, denn sie berücksichtigt außerdem die Alarmanlage für eine mögliche Lösung.

Eine weitere Lösungssuche kann im Anschluss nur bei J22 beobachtet werden. Für einen kurzen Moment erkundet er die Materialien aus dem Problemraum „Alarmanlage installieren“ in unstrukturierten schnellen Handlungen (Material „Würfel anschalten“). Da er mit den Materialien nicht weiterkommt, pausiert er diesen Vorgang schnell wieder und setzt sich zunächst nicht weiter damit auseinander.

J5, J22 und M26 verfolgen direkt zu Beginn des Lösungsverlaufs die Umsetzung ihrer beschriebenen ersten Lösungsidee. Keiner der Proband*innen, mit Ausnahme von J22, nimmt sich vorher Zeit die zur Verfügung stehenden Materialien genauer zu erkunden und mögliche Lösungswege zu untersuchen. Es wird im weiteren Lösungsverlauf deutlich, dass die Proband*innen die Aktivierung der Alarmanlage als größte Schwierigkeit ansehen und die Nutzung des Materials vermutlich daher hinauszögern (Problemraum „Alarmanlage installieren“). Stattdessen beschäftigen sich die Proband*innen zunächst ausführlich und für eine lange Zeitsequenz mit den ihnen bekannten Materialien („Schutzraum aus Lego bauen“, „Goldposition lokalisieren“) und widmen sich damit dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“. Es wird schnell deutlich, dass alle drei Proband*innen eine kreative Lösungsidee hinsichtlich der Baukonstruktion aus Lego für die Goldtaler anstreben (z.B. Tür-Code, Schornstein, Farbschema). Sie nehmen sich viel Zeit für die Umsetzung und haben eine klare Zielvorstellung, die sie erreichen möchten. Dies wird unter anderem dadurch deutlich, dass die Proband*innen ihre Lösung mehrmals reflektieren und Zwischenschritte testen. Anschließend

wird die Lösung im Laufe der Lösungsumsetzung mehrmals überarbeitet und optimiert. Dies unterstützt die Annahme, dass J5, J22 und M26 die Verwirklichung einer optisch ansehnlichen und detailreich ausgearbeiteten Lösung wichtig ist.

Erst nach Fertigstellung des Schutzbaus und dem Integrieren der Goldtaler setzt bei den Proband*innen eine intensive Phase der Lösungssuche in Kombination mit einer Problemerkundung ein (Subkategorie „Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“). Innerhalb kurzanhaltender Zeitsequenzen gegen Ende des Lösungsverlaufs erkunden die Proband*innen hierbei Materialien, welche die Alarmanlage betreffen. Mit unstrukturierten Handlungen versuchen sie die beiden Würfel anzuschalten und die Alarmanlage zu aktivieren. Die Proband*innen J5 und M26 können die Alarmanlage in dieser Phase aktivieren, während J22 Schwierigkeiten damit hat die App zu verwenden und nicht ohne Hilfe weiterkommt.

J22 entscheidet sich dazu, eine Hilfestellung für das weitere Installieren der Alarmanlage einzusetzen (Subkategorien „Symbolik (App) verknüpfen“, Würfelposition lokalisieren“). Die Hilfestellung gibt J22 des Weiteren Anstoß zum richtigen Lösen des Problems. Mit Hilfe der Anleitung kann er letztendlich weitere Teillösungen strukturiert und bedacht umsetzen und in den richtigen Zusammenhang bringen (siehe Abbildung 87). Anschließend testet J22 seine Gesamtlösung.

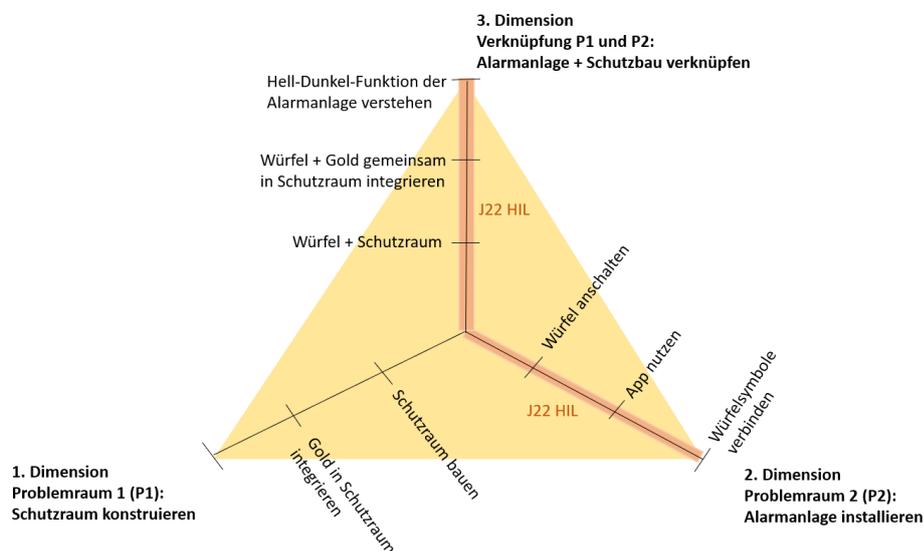


Abbildung 87 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J22 (Einsatz Hilfestellung (HIL))

J5 greift zur Hilfestellung, als er seine fertige Lösung überprüfen und reflektieren möchte. Obwohl ihm die Hilfestellung eine andere Teillösung hinsichtlich des Positionierens der Würfel vorschlägt, überarbeitet er seine eigene Lösung nicht. Stattdessen scheint es, als bestätige die Hilfestellung J5 darin seine Lösungsumsetzung als richtig anzusehen. Letztendlich führt eine Fehlinterpretation der Alarmanlage bei J5 und M26 dazu, dass ihre Lösung nicht korrekt ist.

Beide haben die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage nicht verstanden (siehe Abbildung 88), obwohl z.B. J5 eine Hilfestellung hinzugezogen hat. Stattdessen möchten beide den Schutzbau durch eine außenstehende Person überwachen lassen, welche die Alarmanlage in der App verbindet, sobald ein Dieb beobachtet wird. Ein abschließendes Testen der Gesamtlösung findet bei keinem der Proband*innen statt.

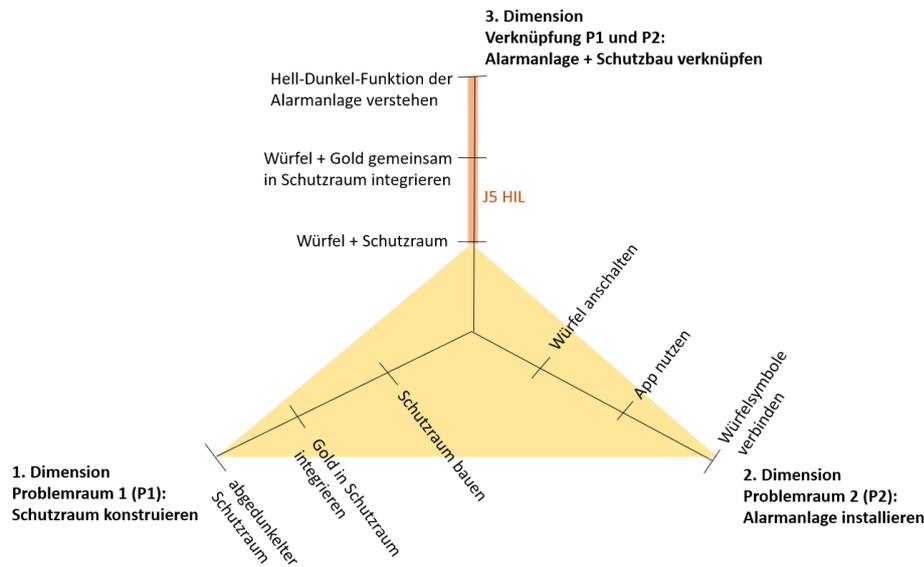


Abbildung 88 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband*innen J5 (Einsatz Hilfestellung (HIL)) und M26

8.2.4 Problemerkunder*innen und Lösungssucher*innen (M4, M8, M12, J20, M21)

Die fünf Proband*innen M4, M8, M12, J20 und M21 nutzen einen Großteil ihrer Bearbeitungszeit für die Problemerkundung und Lösungssuche und erst anschließend für die Lösungsumsetzung und Lösungsoptimierung. Daher können sie als die „Problemerkunder*innen und Lösungssucher*innen“ zusammengefasst werden. Der Lösungsverlauf der Proband*innen soll im Folgenden genauer dargelegt und analysiert werden.

8.2.4.1 Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe

Die fünf Proband*innen benötigen als Gesamtbearbeitungszeit zwischen 12 und 52 Minuten (siehe Tabelle 54). Die Hauptkategorien inklusive Subkategorien wurden an M21 91 Mal, an M18 95 Mal, an M12 59 Mal, an M4 48 Mal und an J20 41 Mal vergeben. Ein Schrittwechsel allein zwischen den Hauptkategorien findet bei M21 alle 34 Sekunden, bei M12 alle 31 Sekunden, bei M4 alle 26 Sekunden und bei M8 und J20 alle 24 Sekunden statt. M4, M12 und M21 können das Problem mit zusätzlicher Hilfestellung richtig lösen. J20 und M8 greifen auf keine Hilfestellung zurück, hier kann lediglich M8 das Problem richtig lösen.

Die Bilderabfolgen in Abbildung 89 bis Abbildung 93 stellen in ihrer zeitlichen Abfolge einzelne, ausgewählte Handlungen im Lösungsverlauf der Proband*innen M4, M8, M12, J20 und M21 dar. Die Handlungen beziehen sich dabei auf Problemlöseschritte (Hauptkategorien), die im Rahmen der Datenauswertung analysiert wurden. Diese umfassen die Kategorien „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“.



M4-B1: Problem erkennen und verstehen: M4 verschafft sich einen Überblick der Aufgabenstellung und beginnt diese zu lesen (Stunde 0:00:07)



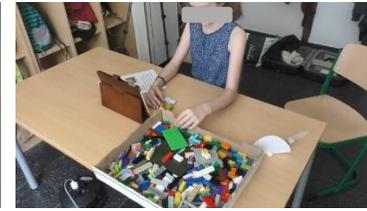
M4-B2: Lösung umsetzen: M4 schaltet die beiden Würfel an und erkundet die App (Stunde 0:03:04)



M4-B3: Lösung umsetzen: M4 verbindet die Würfelsymbole in der App miteinander (Stunde 0:04:22)



M4-B4: Problem erkennen und verstehen: M4 liest wiederholt die Aufgabenstellung und erkundet dabei die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage (Stunde 0:03:23)



M4-B5: Lösung umsetzen: M4 bringt die Alarmanlage mit den Goldtalern in Verbindung (Stunde 0:05:40)



M4-B6: Lösung umsetzen: M4 baut einen Schutzraum aus Lego um die Goldtaler herum (Stunde 0:06:32)



M4-B7: Lösung reflektieren: M4 hält inne und betrachtet ihre Teillösung (Stunde 0:07:51)



M4-B8: Problem erkennen und verstehen: M4 liest wiederholt die Aufgabenstellung, während sie die beiden Würfel vor dem Schutzbau positioniert (Stunde 0:08:05)



M4-B9: Lösung umsetzen: M4 dunkelt den Schutzraum der Goldtaler ab (Stunde 0:08:33)



M4-B10: Lösung optimieren: M4 baut einen zweiten Schutzbau für die beiden Würfel (Stunde 0:13:08)



M4-B11: Hilfestellung nutzen: M4 nutzt die schriftliche Anleitung (Stunde 0:14:11)



M4-B12: Lösung optimieren: M4 legt die beiden Würfel in den Schutzraum mit den Goldtalern (Stunde 0:15:11)



M4-B13: Lösung reflektieren: M4 betrachtet ihren Lösungsansatz (Stunde 0:16:44)



M4-B14: Lösung optimieren: M4 beendet die Optimierung ihrer Lösung (Stunde 0:17:18)

Abbildung 89 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M4



M8-B1: Problem erkennen und verstehen: M8 liest die Aufgabenstellung mehrmals und verschafft sich einen Überblick der Materialien (Stunde 0:01:36)



M8-B2: Lösung suchen: M8 erkundet die beiden Würfel (Stunde 0:05:03)



M8-B3: Lösung umsetzen: M8 kann die beiden Würfel einschalten (Stunde 0:05:26)



M8-B4: Lösung suchen: M8 erkundet die App (Stunde 0:06:40)



M8-B5: Lösung umsetzen: M8 kann die Würfelsymbole in der App verbinden (Stunde 0:07:25)



M8-B6: Problem erkennen und verstehen: M8 liest wiederholt die Aufgabenstellung und überdenkt ihr weiteres Vorgehen (Stunde 0:08:32)



M8-B7: Lösung reflektieren: M8 reflektiert ihre Lösung in der App (Stunde 0:09:14)



M8-B8: Lösung umsetzen: M8 bringt die Goldtaler und Alarmanlage in Verbindung (Stunde 0:09:25)



M8-B9: Lösung umsetzen: M8 baut um Goldtaler und Alarmanlage einen Schutzraum aus Lego (Stunde 0:11:17)



M8-B10: Lösung reflektieren: M8 reflektiert ihre Teillösungen und versichert sich ihrer Richtigkeit (Stunde 0:14:44)



M8-B11: Lösung umsetzen: M8 setzt das Bauen am Schutzraum aus Lego weiter fort (Stunde 0:15:11)



M8-B12: Problem erkennen und verstehen: Wiederholt liest M8 die Aufgabenstellung (Stunde 0:15:23)



M8-B13: Lösung reflektieren: M8 betrachtet die fertige Lösung und vergleicht sie mit der Aufgabenstellung (Stunde 0:20:31)



M8-B14: Lösung testen: M8 bricht ihren Schutzbau auf und testet damit die Gesamtlösung (Stunde 0:21:38)



M8-B15: Lösung suchen: M8 bringt die Lösung wieder in den Ausgangszustand und erkundet ein letztes Mal die App (Stunde 0:30:53)



M8-B16: Problem erkennen und verstehen: Zum Abschluss liest M8 noch einmal die Aufgabenstellung (Stunde 0:31:14)

Abbildung 90 Bild 1-16, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M8



M12-B1: Problem erkennen und verstehen: M12 liest die Aufgabenstellung und überdenkt ihr Vorgehen (Stunde 0:01:06)



M12-B2: Lösung umsetzen: M11 baut einen Schutzraum aus Lego um die Goldtaler herum (Stunde 0:03:54)



M12-B3: Problem erkennen und verstehen: M4 liest wiederholt die Aufgabenstellung und überdenkt ihr weiteres Vorgehen (Stunde 0:05:43)



M12-B4: Lösung suchen: M12 erkundet die App (Stunde 0:06:22)



M12-B5: Lösung umsetzen: M12 setzt das Bauen am Schutzraum weiter fort (Stunde 0:11:38)



M12-B6: Problem erkennen und verstehen: M12 überdenkt ihr weiteres Vorgehen und erkundet dabei die App (Stunde 0:11:57)



M12-B7: Lösung suchen: M12 erkundet die App (Stunde 0:15:35)



M12-B8: Lösung optimieren: M12 optimiert ihren Schutzbau (Stunde 0:19:52)



M12-B9: Hilfestellung nutzen: M12 nutzt die Schriftliche Anleitung (Stunde 0:22:38)



M12-B10: Lösung umsetzen: M12 schaltet die beiden Würfel an (Stunde 0:22:51)



M12-B11: Lösung umsetzen: M12 legt die beiden Würfel zu den Goldtalern in den Schutzraum (Stunde 0:22:59)



M12-B12: Hilfestellung nutzen: M12 nutzt die Schriftliche Anleitung (Stunde 0:23:42)



M12-B13: Lösung umsetzen: M12 verbindet die Würfelsymbole in der App (Stunde 0:24:07)



M12-B14: Lösung testen: M12 testet ihre Gesamtlösung und erkundet anschließend nochmal die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage (Stunde 0:24:22)

Abbildung 91 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M12



J20-B1: Problem erkennen und verstehen: J20 liest die Aufgabenstellung (Stunde 0:00:26)



J20-B2: Lösung suchen: J20 erkundet die Würfel und liest im Wechsel wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:04:11)



J20-B3: Lösung umsetzen: J20 schaltet die Würfel an (Stunde 0:05:11)



J20-B4: Problem erkennen und verstehen: Immer wieder kehrt er zur Aufgabenstellung zurück (Stunde 0:05:30)



J20-B5: Lösung suchen: J20 erkundet die App und kann bereits erste Teillösungen umsetzen (Stunde 0:05:58)



J20-B6: Lösung umsetzen: J20 kann die beiden Würfelsymbole in der App verbinden (Stunde 0:06:28)



J20-B7: Lösung reflektieren: J20 betrachtet die umgesetzte Teillösung (Stunde 0:06:30)



J20-B8: Lösung optimieren: J20 entschließt sich die Würfelverbindung in der App zu optimieren (Stunde 0:06:36)



J20-B9: Lösung suchen: J20 erkundet die Alarmanlage (Stunde 0:06:56)



J20-B10: Lösung umsetzen: J20 baut einen Schutzraum aus Lego (Stunde 0:07:12)



J20-B11: Lösung umsetzen: J20 bringt die Würfel mit dem Schutzraum aus Lego in Verbindung (Stunde 0:07:17)



J20-B12: Lösung testen: In einem Zwischentest prüft J20, ob der vorgesehene Platz für die beiden Würfel ausreicht (Stunde 0:07:55)



J20-B13: Lösung umsetzen: J20 positioniert beide Würfel in den vorgebauten Räumen aus Lego und optimiert seinen Schutzbau (Stunde 0:10:40)



J20-B14: Lösung suchen: J20 erkundet die App (Stunde 0:13:11)



J20-B15: Lösung optimieren: J20 optimiert seinen Schutzraum und die Stabilität des Schutzbaus (Stunde 0:13:18)

Abbildung 92 Bild 1-15, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J20



M21-B1: Problem erkennen und verstehen: M21 liest die Aufgabenstellung zu ersten Mal (Stunde 0:00:39)



M21-B2: Lösung umsetzen: M21 unterbricht den Lesevorgang, um die Würfel anzuschalten (Stunde 0:01:14)



M21-B3: Lösung suchen: M21 erkundet das iPad (Stunde 0:01:45)



M21-B4: Problem erkennen und verstehen im Wechsel mit Lösung suchen: M21 setzt das Lesen der Aufgabenstellung weiter fort und unterbricht diesen Vorgang dabei mehrmals für das Erkunden des iPads (Stunde 0:01:49)



M21-B5: Lösung umsetzen: Nach dem Interview beginnt M21 mit dem Bauen eines Schutzraums aus Lego (Stunde 0:52:22)

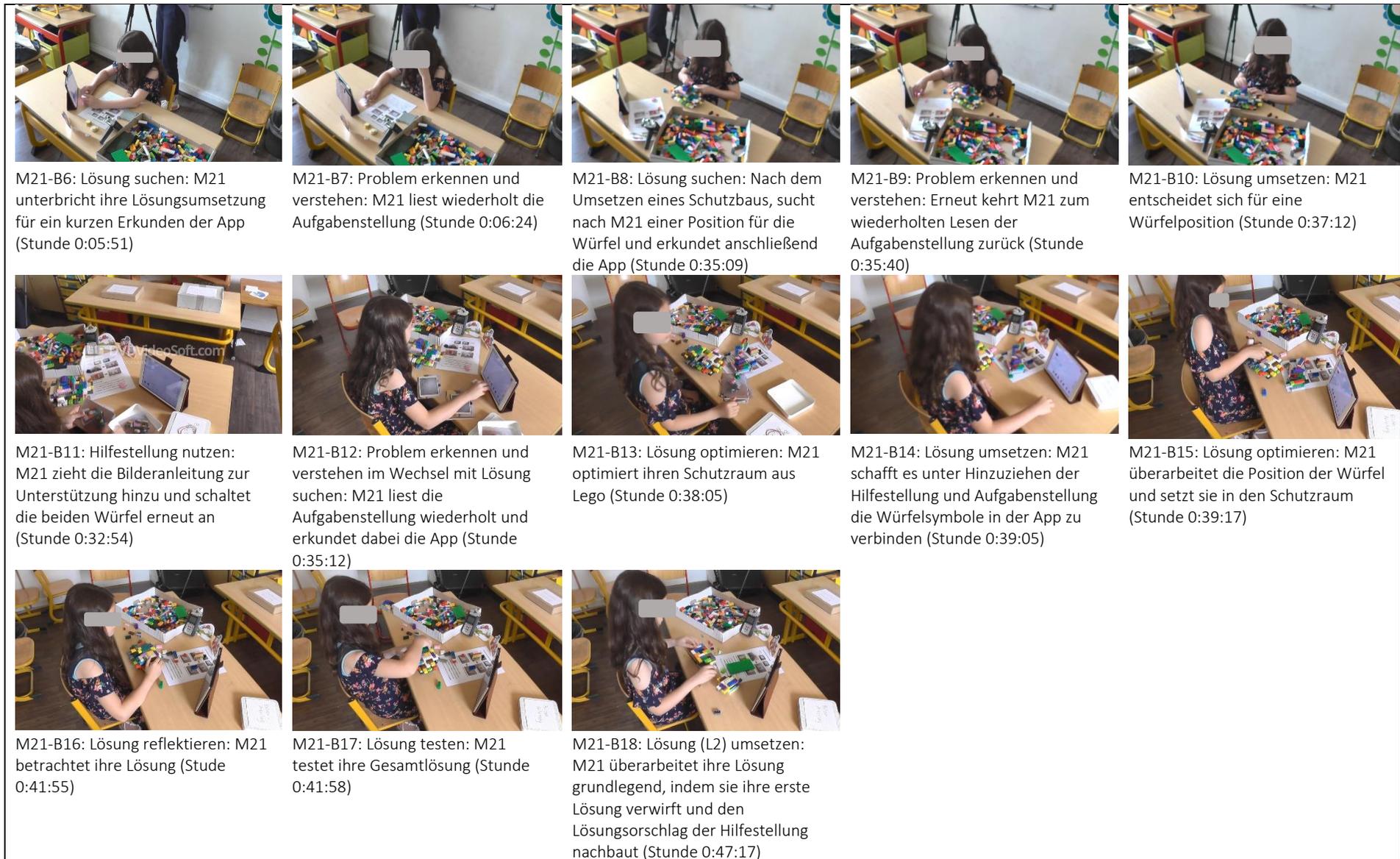


Abbildung 93 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M21

In Tabelle 54 wird für die Proband*innen M4, M8, M12, J20 und M21 im Detail aufgeführt, wie lange sie für einen Problemlöseschritt benötigt haben und wie oft die Schritte im Lösungsverlauf aufgetreten sind. Die Werte in der Tabelle sind nach der zeitlichen Länge bzw. Häufigkeit sortiert. Die Tabelle beruht auf den Ergebnissen in Kapitel 8.1.3. Im weiteren Verlauf werden die einzelnen Lösungsschritte im Lösungsverlauf der Proband*innen genauer analysiert.

Tabelle 54 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, M4, M12 und J20

| Proband*innen | Zeitlicher Anteil eines Problemlöseschritts (in %) | Codehäufigkeit |
|--|--|---|
| M4 1.010 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (46,1%) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (18,1%) 3. „Lösung suchen“ (14,9%) 4. „Lösung optimieren“ (11,8%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (9,8%) 6. „Lösung reflektieren“ (2,2%) 7. Kein „Lösung testen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (16x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (13x) 3. „Lösung suchen“ (10x) 4. „Lösung optimieren“ (5x) 5. „Lösung reflektieren“ (2x) & „Hilfestellung nutzen“ (2x) 6. Kein „Lösung testen“ |
| M8 1.504 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (44,1%) 2. „Lösung optimieren“ (31,4%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (19,9%) 4. „Lösung suchen“ (15,9%) 5. „Lösung reflektieren“ (7,4%) 6. „Lösung testen“ (1,5%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Problem erkennen & verstehen“ (37x) 2. „Lösung umsetzen“ (30x) 3. „Lösung suchen“ (11x) 4. „Lösung reflektieren“ (11x) 5. „Lösung optimieren“ (9x) 6. „Lösung testen“ (1x) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| M12 1.440 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (41,6%) 2. „Lösung suchen“ (22,0%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (15,1%) 4. „Lösung optimieren“ (11,1%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (4,9%) 6. „Lösung testen“ (0,4%) 7. Kein „Lösung reflektieren“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Problem erkennen & verstehen“ (22x) 2. „Lösung suchen“ (15x) & „Lösung umsetzen“ (15x) 3. „Hilfestellung nutzen“ (4x) 4. „Lösung optimieren“ (2x) 5. „Lösung testen“ (1x) 6. Kein „Lösung reflektieren“ |
| J20 727 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (40,9%) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (21,4%) 3. „Lösung suchen“ (20,8%) 4. „Lösung optimieren“ (10,6%) 5. „Lösung testen“ (3,2%) 6. „Lösung reflektieren“ (0,8%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Problem erkennen & verstehen“ (11x) 2. „Lösung umsetzen“ (10x) 3. „Lösung suchen“ (8x) 4. „Lösung optimieren“ (7x) 5. „Lösung testen“ (4x) 6. „Lösung reflektieren“ (1x) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| M21 3.133 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung optimieren“ (42,4%) 2. „Lösung umsetzen“ (28,3%) 3. „Lösung suchen“ (12,4%) 4. „Problem erkennen & verstehen“ (8,6%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (3,1%) 6. „Lösung testen“ (2,8%) 7. „Lösung reflektieren“ (0,7%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (23x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (21x) 3. „Lösung optimieren“ (18x) 4. „Lösung testen“ (10x) 5. „Hilfestellung nutzen“ (8x) 6. „Lösung suchen“ (7x) 7. „Lösung reflektieren“ (4x) |

Abbildung 94 bis Abbildung 99 stellen die Codelines der Proband*innen M4, M8, M12, J20 und M21 dar. Die Codeline bildet die einzelnen Problemlöseschritte (codierte Hauptkategorie) farblich ab und zeichnet ihren zeitlichen Verlauf im Lösungsablauf der Proband*innen auf. Es zeigt sich, dass zunächst die Schritte „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“ im Lösungsverlauf der Proband*innen im Fokus stehen und erst anschließend die Lösungsumsetzung in intensiven Zeitsequenzen stattfindet. Auch ein Optimieren der Lösung zeichnet sich häufiger, aber meist in kurzen Phasen, in der zweiten Hälfte der Lösungsverläufe ab.

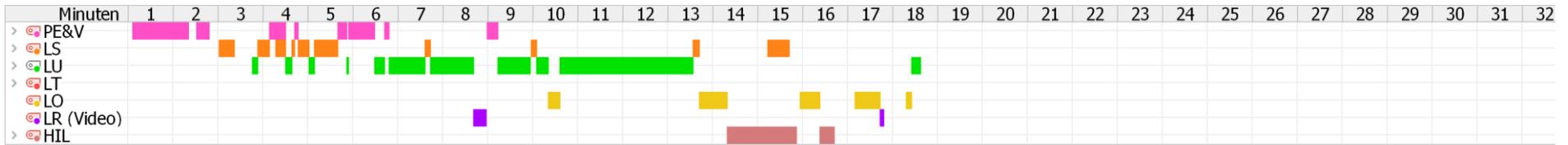


Abbildung 94 Codeline M4

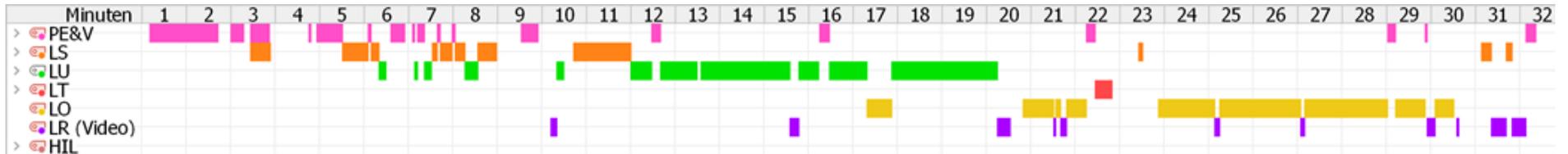


Abbildung 95 Codeline M8

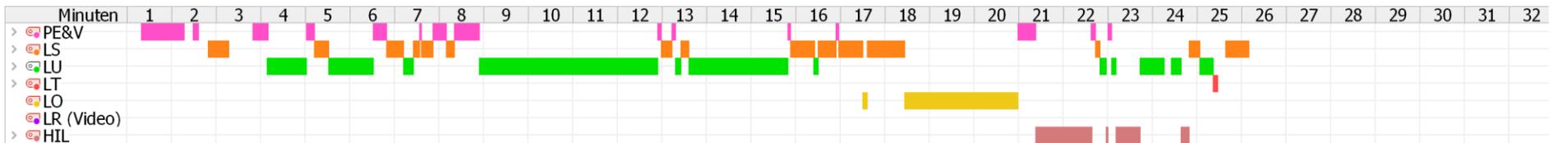


Abbildung 96 Codeline M12

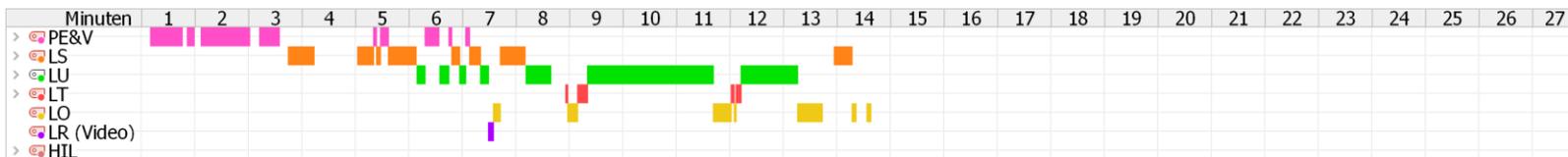


Abbildung 97 Codeline J20

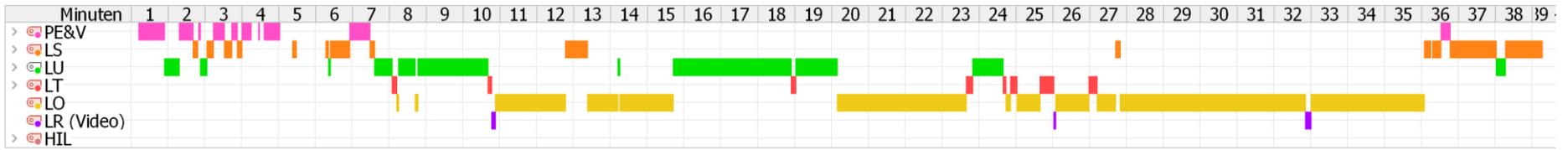


Abbildung 98 Codeline M21, Videoansicht 1 (V1), Abbruch Minute 39

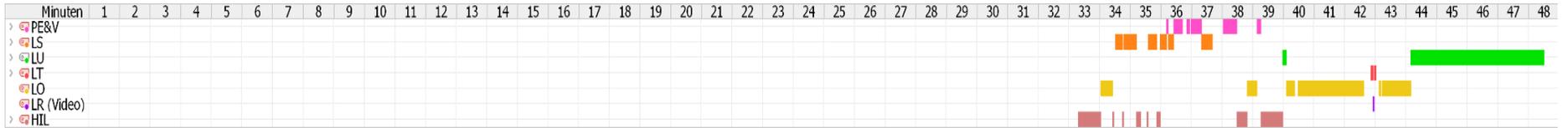


Abbildung 99 Codeline M21, Videoansicht 3 (V3), Fortführung V1

8.2.4.2 Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe

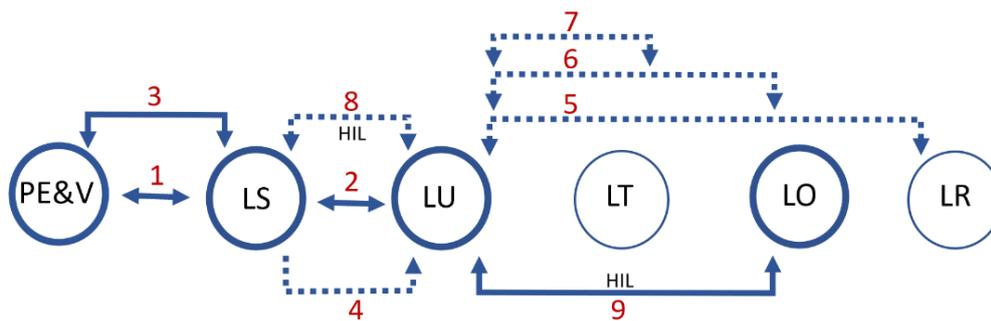


Abbildung 100 Abgeleiteter Lösungsverlauf M4, M8, M12, J20, M21

Der Lösungsverlauf der Proband*innen M4, M8, M12, J20 und M21 wird zusammenfassend in Abbildung 100 abgebildet. Hier wird deutlich, dass sich der Lösungsverlauf zunächst auf die Schritte „Problem erkennen und verstehen“ (PE&V), „Lösung suchen“ (LS) und „Lösung umsetzen“ (LU) konzentriert. Es findet ein stetiger Wechsel zwischen und Rückbezug zu den Lösungsschritten statt. Im Anschluss folgt eine lange Phase der Lösungsumsetzung („Lösung umsetzen“ (LU)) und erst im Anschluss an diese werden die Schritte „Lösung reflektieren“ (LR), „Lösung optimieren“ (LO) und „Lösung testen“ (LT) in den Problemlöseverlauf miteinbezogen. Dabei liegt der Fokus auf dem Schritt „Lösung optimieren“ (LO), welcher insbesondere im Wechsel mit „Lösung umsetzen“ (LU) und gegebenenfalls unter Einsatz der Hilfestellung („Hilfestellung nutzen“ (HIL)), stattfindet. Zusätzlich erfolgt vereinzelt noch einmal eine Rückkopplung zu dem Schritt „Lösung suchen“ (LS), auch dies gegebenenfalls unter Einbezug einer Hilfestellung (HIL). Wichtige Aspekte der Auswertung der Lösungsverläufe von M4, M8, M12, J20 und M21 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Eine intensive Phase der Problemerkundung („Problem erkennen und verstehen“) und Lösungssuche („Lösung suchen“) findet bei allen Proband*innen zu Beginn des Lösungsverlaufs statt.
- Die Proband*innen erkunden zu Beginn ihres Lösungsverlaufs ausgiebig die zur Alarmanlage zugehörigen Materialien (z.B. „Würfel anschalten“, „App (Symbolik) nutzen“, „Alarmanlage verstehen“).
- Im direkten Anschluss an die Erkundungsphase können die Proband*innen einzelne Teillösungen umsetzen.
- Die Schritte „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“ treten vor allem zu Beginn des Lösungsverlaufs in einem intensiven Wechsel auf.
- Eine lange Phase der Lösungsumsetzung findet in Verbindung mit dem Material „Schutzraum aus Lego bauen“ statt.

- Mit dem Schritt „Lösung umsetzen“ setzten sich die Proband*innen im Lösungsverlauf am längsten auseinander (zwischen 28% und 46% der Gesamtzeit).
- Eine Lösungsoptimierung findet im Anschluss an die lange Phase der Lösungsumsetzung statt (zwischen 10% und 42% der Gesamtzeit).
- Die Schritte „Lösung reflektieren“ und „Lösung testen“ treten, mit Ausnahme von M8, nur vereinzelt im Lösungsverlauf der Proband*innen auf.
- M4, M12 und M21 nutzen gegen Ende des Lösungsverlaufs eine Hilfestellung, um die Würfel richtig anzuschalten (M4, M21), zu verknüpfen (M21) und zu positionieren.

8.2.4.3 Interpretation der Lösungsverläufe

M4, M8, M12, J20 und M21 setzt sich mit einer umfassenden Problemerkundung zu Beginn des Lösungsverlaufs auseinander. Dennoch können die Proband*innen keine konkrete Lösungsideen beschreiben, sondern nur vage Ideen formulieren. Die Entwicklung einer Lösung für das Problem erfolgt stattdessen im weiteren Lösungsverlauf.

Alle Proband*innen erkunden im Anschluss an das erste Leitfadeninterview und damit zu Beginn des Lösungsverlaufs die ihnen unbekanntes Materialien zur Zielerreichung ausführlich (Problemraum „Alarmanlage installieren“). Dies erfolgt unter dem wiederholten Lesen des Aufgabenblattes („Problem erkennen und verstehen“) und dem unstrukturierten Erkunden der Materialien („Lösung suchen“). Auffallend ist, dass bei allen Proband*innen während der Lösungssuche bereits Teillösungen umgesetzt und dadurch ein Wechsel zwischen den Schritten „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“ stattfindet. Die einzelnen Schritte gehen somit ineinander über und finden nicht klar getrennt voneinander statt. In dieser Phase schafft es allein M8 alle Materialien zum Installieren der Alarmanlage richtig einzusetzen und mit dem Schutzraum in Verbindung zu setzen.

Anschließend widmen sich alle Proband*innen, in einer ersten langen zeitlichen Sequenz der Lösungsumsetzung, dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“. Diesen Vorgang unterbrechen die Proband*innen mehrmals, um neben den Legosteinen weitere Materialien in ihre Lösung miteinzubeziehen (Goldtaler, Alarmanlage). M4, M12, J20 und M21 setzen dabei einzelne Teillösungen zunächst getrennt voneinander um und bringen sie erst anschließend in einen gemeinsamen Zusammenhang (Verknüpfung Problemräume „Schutzraum konstruieren“ und „Alarmanlage installieren“). Kommen M4, M12 und J20 dabei mit einem Material nicht weiter, setzen sie das Bauen des Schutzraums mit Legosteinen weiter fort. Mit diesem Material können die Proband*innen routiniert umgehen und alle haben im Lösungsverlauf eine klare Vorstellung entwickelt, wie ihr Schutzraum aussehen soll.

Insbesondere die Lösungen von M4, J20 und M21 fallen bis zu diesem Zeitpunkt kreativ aus. M4 und J20 haben jeweils einen separaten Schutzbau für die beiden Würfel gebaut, während M21 einen großen Legoschutzbau mit Zacken und dicken Mauern erstellt hat. Dieser kreative Ansatz wird jedoch nur von J20 bis zum Beenden des Lösungsverlaufs verfolgt.

Eine Problemerkundung und Lösungssuche findet bei den Probandinnen M4, M12 und M21 nochmals vereinzelt gegen Ende des Lösungsverlaufs statt. Dabei ziehen sie außerdem eine Hilfestellung zur Unterstützung hinzu. M4 entscheidet sich kurz vor dem Beenden ihres Lösungsverlaufs dafür, die Richtigkeit ihrer Lösung mit einer Hilfestellung zu überprüfen. Im Anschluss findet bei ihr ein Optimieren der eigenen Lösung statt, indem sie anstatt zwei separater Schutzbauten einen gemeinsamen für Goldtaler und Würfel nutzt. M12 zieht eine Hilfestellung hinzu, um zu verstehen, wie die Würfel angeschaltet werden sollen. Anschließend kann auch sie die Alarmanlage aktivieren und ihre Funktionsweise nachvollziehen (Problemraum „Alarmanlage installieren“). M21 kann die Würfelsymbole in der App nicht miteinander verbinden und sucht sich zusätzlich Unterstützung durch eine Hilfestellung. Mit der Hilfestellung kann sie die Alarmanlage aktivieren, überarbeitet ihren Schutzbau und verknüpft den Schutzbau richtig mit der Alarmanlage. Durch das Gewinnen an neuen Informationen zur Aktivierung und Positionierung der Alarmanlage durch die Hilfestellung, strukturieren M4, M12 und M21 die Mittel zur Zielerreichung neu und überarbeiten die eigene Lösung. Dadurch kommt es zu einer zum Teil ausführlicheren Lösungsoptimierung kurz vor Beenden des Lösungsverlaufs. M4, M12 und M21 können so alle Materialien korrekt in die Lösung einbeziehen (siehe Abbildung 101).

Im Gegensatz zu M4, M12 und M21, setzt bei J20 und M8 direkt nach Beendigung der langen Bauphase des Schutzraums mit Legosteinen eine Phase der Lösungsoptimierung ein. J20 verbessert hierbei mehrmals die ausgewählte Position für die Würfel in seiner Lösung, kann letztendlich jedoch nicht alle Materialien richtig in seine Lösung einbeziehen (siehe Abbildung 102). Im Gegensatz zu J20 widmet sich M8 allein dem Optimieren des Schutzbaus aus Lego. Sie konnte im Vorfeld alle Materialien korrekt in ihre Lösung einbeziehen und überarbeitet nun Kleinigkeiten an der Konstruktion ihres Schutzbaus (siehe Abbildung 95), um diesen zu stabilisieren und optisch zu verschönern. M8 geht dabei akribisch und sehr genau vor und führt dabei auch hinsichtlich der Funktionalität irrelevante Schönheitsreparaturen durch.

M4, M12, J20 und M21 testen und reflektieren ihre Lösung kaum. Dieses Verhalten könnte bei J20 darauf zurückzuführen sein, dass er von Beginn an von seiner Lösungsidee überzeugt ist und deren Umsetzung strikt befolgt. Bei M4, M12 und M21 könnte es hingegen auf den Einsatz der Hilfestellung zurückzuführen sein. Im Gegensatz zu den restlichen Proband*innen

reflektiert und testet M8 ihre Lösung mehrmals und insbesondere gegen Ende ihres Lösungsverlaufs.

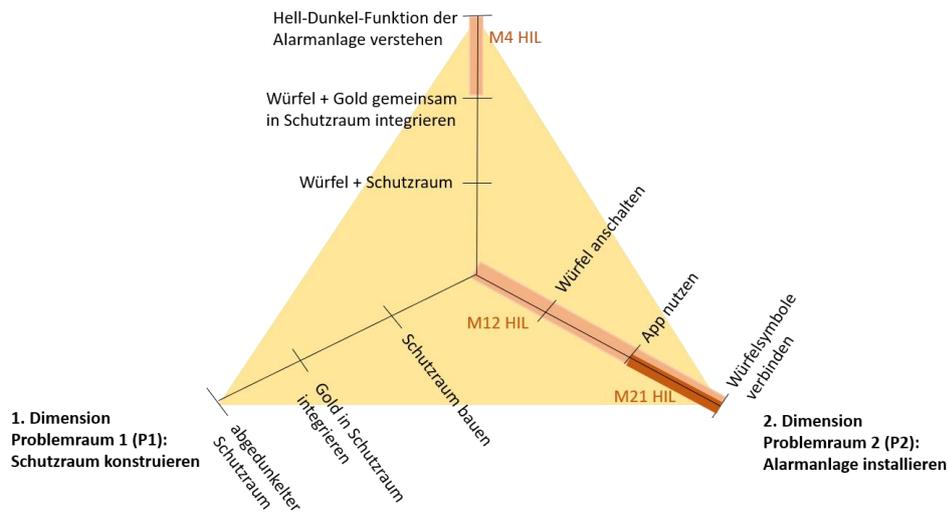


Abbildung 101 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandinnen M4, M8, M12, M21 (M4, M12, M21 jeweils Einsatz Hilfestellung (HIL))

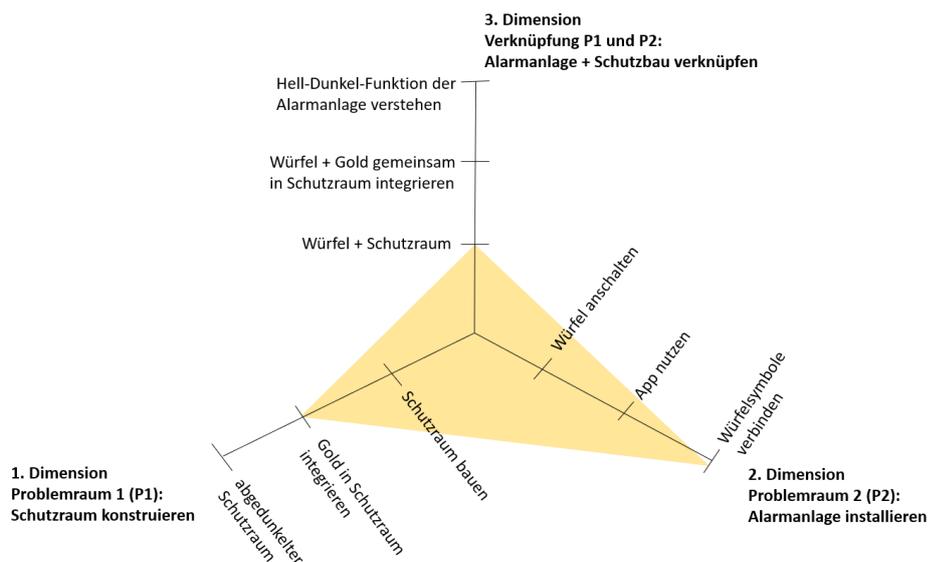


Abbildung 102 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J20

8.2.5 Lösungssucher*innen und Lösungsumsetzer*innen (M10, J14, M18)

Die Proband*innen M10, J14, und M18 beschäftigen sich intensiv mit der Lösungssuche und Lösungsumsetzung. Daher können sie als die „Lösungssucher*innen und Lösungsumsetzer*innen“ zusammengefasst werden. Während die Lösungsumsetzung und Lösungssuche bei J17 und M18 im Lösungsverlaufs weitestgehend strukturiert und getrennt voneinander abläuft, finden die Schritte bei J14 in einem regen Wechsel statt.

8.2.5.1 Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe

Die Bearbeitungszeit von M10, J14 und M18 liegt zwischen 23 und 28 Minuten (siehe Tabelle 55), womit die Proband*innen nah an der durchschnittlichen Bearbeitungszeit der Stichprobe (25 Minuten) liegen.

Abbildung 103 bis Abbildung 105 stellen anhand ausgewählter Bildausschnitte die Lösungsverläufe der Proband*innen M10, J14 und M18 dar. Sie wurden anhand ihrer zeitlichen Abfolge im Lösungsverlauf der Proband*innen sortiert und fassen das Vorgehen der Proband*innen exemplarisch zusammen. Die einzelnen Bildausschnitte fangen dabei die Problemlöseschritte (Hauptkategorien) „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“ ein.

Hinsichtlich der Hauptkategorien und ihrer zugehörigen Subkategorien zeigt sich, dass M10 und M18 mit insgesamt 80 Codes die meisten Codierungen zugeordnet werden können. Es folgt J14 mit 51 Codierungen. Ein Wechsel zwischen den Hauptkategorien findet bei J14 alle 42 Sekunden, bei M10 alle 21 Sekunden und M18 alle 24 Sekunden statt. Mit Ausnahme von J14 liegen die Proband*innen in ihrem Schrittwechsel fast gleichauf. Während M18 die Problemstellung ohne Hilfe richtig löst, benötigt M10 hierfür eine Hilfestellung. J14 nutzt zwar eine Hilfestellung, kann das Problem jedoch nicht richtig lösen.

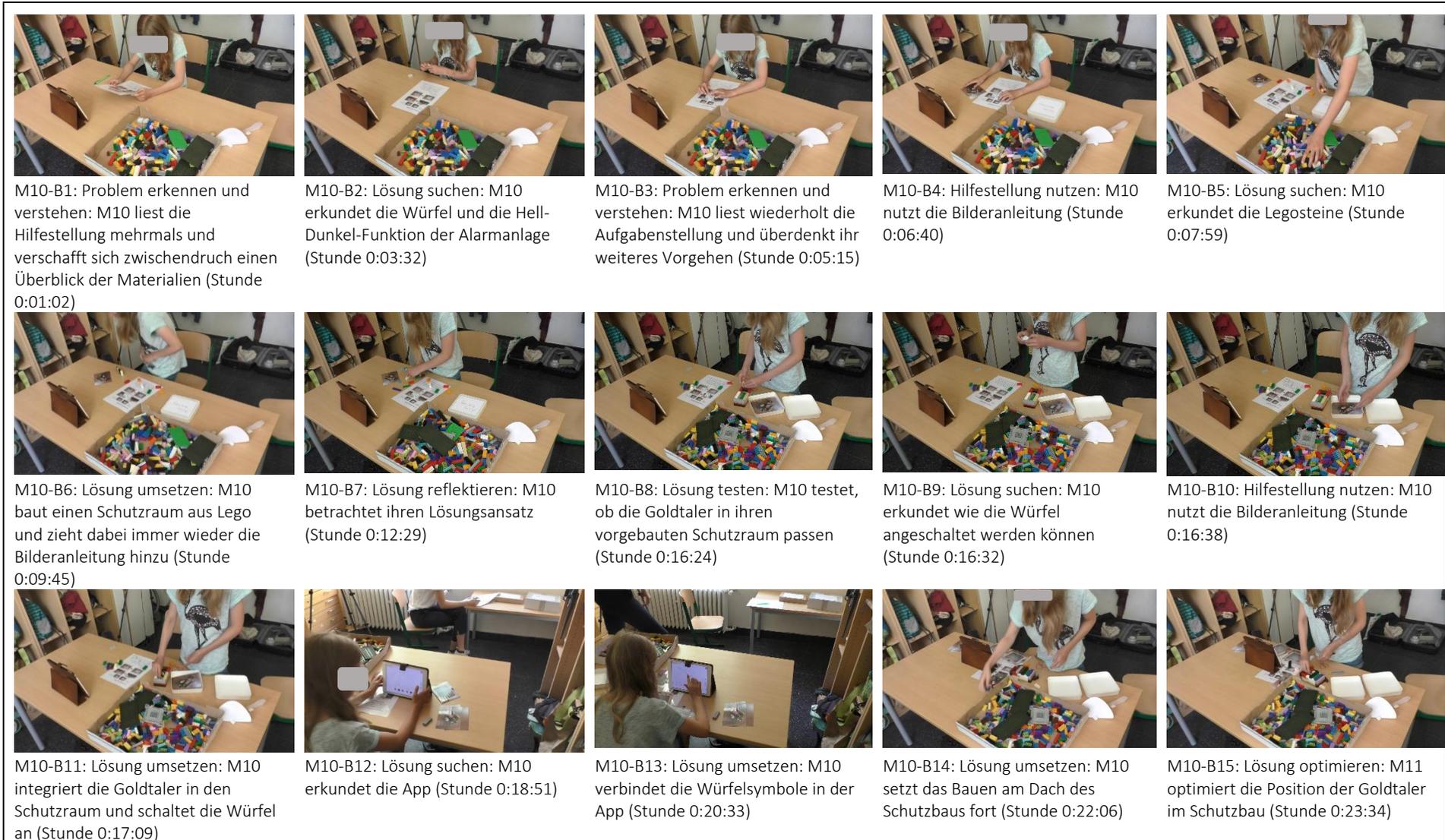


Abbildung 103 Bild 1-15, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M10



J14-B1: Problem erkennen und verstehen: Es findet ein erstes Lesen der Aufgabenstellung statt (Stunde 0:01:17)



J14-B2: Problem erkennen und verstehen: J14 liest die Aufgabenstellung wiederholt mit Unterbrechungen, um die Materialien auf dem Tisch zu begutachten (Stunde 0:03:17)



J14-B3: Lösung umsetzen: J144 beginnt mit der Umsetzung einer ersten Lösung (Stunde 0:06:43)



J14-B4: Lösung suchen: J14 erkundet die beiden Würfel (Stunde 0:07:04)



J14-B5: Lösung umsetzen: J14 kann das iPad einschalten (Stunde 0:07:52)



J14-B6: Lösung suchen: J14 erkundet die App (Stunde 0:09:05)



J14-B7: Problem erkennen und verstehen: J14 liest die Aufgabenstellung und erkundet die Würfel (Stunde 0:09:28)



J14-B8: Hilfestellung nutzen: J14 nutzt die Bildanleitung und erkundet die App (Stunde 0:10:56)



J14-B9: Lösung umsetzen: J14 verwirft den ersten Lösungsansatz und baut einen Schutzraum aus Lego und integriert die Goldtaler (Stunde 0:13:32)



J14-B10: Lösung reflektieren: J14 betrachtet seine Lösung (Stunde 0:13:42)



J14-B11: Lösung umsetzen: J14 baut weiter mit Lego (Stunde 0:17:00)



J14-B12: Lösung reflektieren: J14 betrachtet seine Lösung (Stunde 0:17:08)



J14-B13: Lösung optimieren: J14 überarbeitet seinen Schutzbau aus Lego (Stunde 0:17:31)



J14-B14: Lösung suchen: J14 erkundet erneut die App (Stunde 0:19:09)



J14-B15: Lösung umsetzen: J14 setzt eine alternative Lösung in der App um (Stunde 0:22:43)



J14-B16: Lösung umsetzen: J14 schaltet die Würfel an (Stunde 0:28:31)



J14-B17: Lösung umsetzen: J14 legt die angeschalteten Würfel in den Innenraum seines Schutzbaus (Stunde 0:28:43)



J14-B18: Lösung reflektieren: J14 reflektiert seine fertige Lösung (Stunde 0:28:55)

Abbildung 104 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J14



M18-B1: Problem erkennen und verstehen: M18 liest zum ersten Mal die Aufgabenstellung (Stunde 0:02:18)



M18-B2: Lösung umsetzen: M18 setzt eine Lösung um (Stunde 0:07:09)



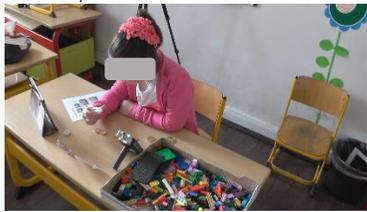
M18-B3: Lösung reflektieren: M18 reflektiert ihren Lösungsansatz (Stunde 0:07:26)



M18-B4: Lösung suchen: M18 erkundet die beiden Würfel sowie die Alarmanlage (Stunde 0:07:34)



M18-B5: Problem erkennen und verstehen: M18 liest wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:07:55)



M18-B6: Lösung suchen: M18 sucht nach dem AN-Knopf für die Würfel (Stunde 0:08:05)



M18-B7: Lösung suchen: M18 erkundet das Anschalten der Würfel und die Nutzung der App (Stunde 0:10:26)



M18-B8: Lösung suchen: Ein Erkunden der App erfolgt im Wechsel mit dem Wiederholten Lesen der Aufgabenstellung und einem Prozeduralen Vorgehen (Stunde 0:12:10)



M18-B9: Lösung reflektieren: M18 reflektiert ihre Lösung (Stunde 0:20:03)



M18-B10: Lösung umsetzen: M18 schaltet beide Würfel an (Stunde 0:33:43)



Abbildung 105 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M18

Wie viel Zeit die Proband*innen für die Problemlöseschritte aufwenden und wie häufig sie diese im Lösungsverlauf hinzuziehen stellt Tabelle 55 dar. Die Tabelle 55 gewichtet die in Kapitel 8.1.3 herausgearbeiteten Ergebnisse für die hier diskutierten Proband*innen M10, J14 und M18.

Tabelle 55 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, M10, J14 und M18

| Proband*innen | Zeitlicher Anteil eines Problemlöseschritts (in %) | Codehäufigkeit |
|--|---|--|
| M10 1.390 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (45,4%) 2. „Hilfestellung nutzen“ (19,7%) 3. „Lösung suchen“ (15,7%) 4. „Problem erkennen & verstehen“ (13,3%) 5. „Lösung reflektieren“ (1,9%) 6. „Lösung optimieren“ (1,7%) 7. „Lösung testen“ (0,4%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Hilfestellung nutzen“ (25x) 2. „Lösung umsetzen“ (23x) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (16x) 4. „Lösung suchen“ (13x) 5. „Lösung testen“ (1x) & „Lösung optimieren“ (1x) & „Lösung reflektieren“ (1x) |
| J14 1.688 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung suchen“ (37,3%) 2. „Lösung umsetzen“ (24,8%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (21,0%) 4. „Lösung optimieren“ (9,0%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (4,4%) 6. „Lösung reflektieren“ (1,4%) 7. Kein „Lösung testen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Problem erkennen & verstehen“ (18x) 2. „Lösung suchen“ (14x) 3. „Lösung umsetzen“ (9x) 4. „Hilfestellung nutzen“ (4x) 5. „Lösung optimieren“ (3x) & „Lösung reflektieren“ (3x) 6. Kein „Lösung testen“ |
| M18 1.504 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung suchen“ (37,3%) 2. „Lösung umsetzen“ (28,7%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (28,2%) 4. „Lösung optimieren“ (2,1%) 5. „Lösung testen“ (2,4%) & „Lösung reflektieren“ (1,6%) 6. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Problem erkennen & verstehen“ (35x) 2. „Lösung suchen“ (16x) & „Lösung umsetzen“ (16x) 3. „Lösung testen“ (6x) 4. „Lösung reflektieren“ (4x) 5. „Lösung optimieren“ (3x) 6. Kein „Hilfestellung nutzen“ |

Abbildung 106 bis Abbildung 108 bieten eine Übersicht über das Problemlösen der Proband*innen M10, J14 und M18 in Form von Codelines. Die Codelines stellen die Abfolge der vergebenen Problemlöseschritte (codierte Hauptkategorien) farblich und entsprechend ihres zeitlichen Auftretens dar. Aus der Darstellung der Lösungsverläufe als Codelines wird deutlich, dass die Proband*innen ihren Fokus auf einen Wechsel zwischen den Schritten „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“ legen, wobei gegebenenfalls die Nutzung der Hilfestellung (M10, J14) miteinfließt.

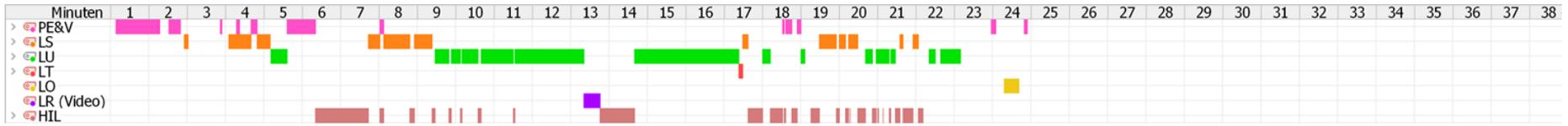


Abbildung 106 Codeline M10

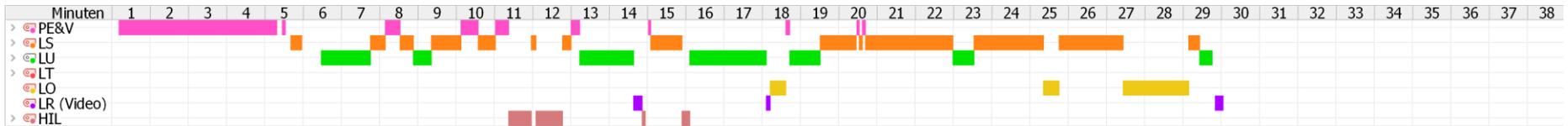


Abbildung 107 Codeline J14

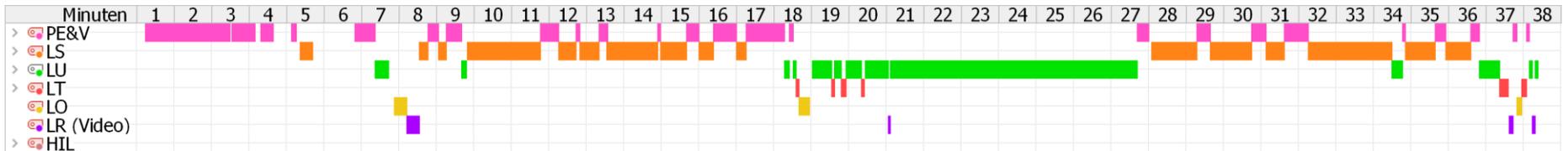


Abbildung 108 Codeline M18

8.2.5.2 Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe

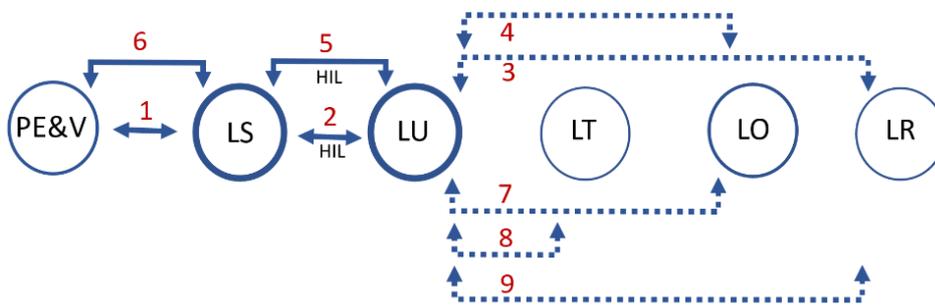


Abbildung 109 Abgeleiteter Lösungsverlauf M10, J14, M18

Der gemeinsame Lösungsverlauf für die Proband*innen M10, J14 und M18 wird in der Abbildung 109 als Modell dargestellt. Alle Proband*innen beginnen ihren Lösungsverlauf mit einer intensiven Problemerkundung (PE&V) und Lösungssuche (LS), die anschließend in einer langen Phase der Lösungsumsetzung (LU) münden. Dabei setzen sich die Proband*innen mit dem Bauen eines Schutzraums aus Lego auseinander. Im Anschluss kehren alle Proband*innen zu den Schritten „Problem erkennen und verstehen“ (PE&V) und „Lösung suchen“ (LS) zurück. Die Rückschleifen finden in zeitlich intensiven Sequenzen und im Wechsel mit dem Schritt „Lösung umsetzen“ (LU) statt und erfolgen gegebenenfalls unter dem Hinzuziehen einer Hilfestellung (HIL). Ein Testen von Zwischenschritten kann im Lösungsverlauf aller Proband*innen beobachtet werden (LT). Auch ein Optimieren (LO) und Reflektieren (LR) der Lösung findet im Lösungsverlauf aller Proband*innen vereinzelt und im Wechsel mit dem Schritt „Lösung umsetzen“ (LU) statt. Die wichtigsten Lösungsaspekte von M10, J14 und M18 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Im Rahmen des Schritts „Problem erkennen und verstehen“, zu Beginn des Lösungsverlaufs, fokussieren die Proband*innen ein genaues Lesen Aufgabenstellung und verschaffen sich anschließend kurz einen Überblick über die verfügbaren Materialien zu.
- Der Schritt „Lösung suchen“ findet zu Beginn des Lösungsverlaufs nur kurz statt und beschäftigt sich mit dem Erkunden unbekannter Materialien.
- M10 greift anschließend zu einer Hilfestellung, welche in Verbindung mit den Schritten „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“ häufig und lange zum Einsatz kommt (19,7% ihrer gesamten Bearbeitungszeit).
- Beim Schritt „Lösung umsetzen“ baut J14 zunächst den Schutzraum aus Legosteinen (L1).

- M18 setzt zunächst eine Lösungsidee um, die nur die Goldtaler und Alarmanlage einbezieht (L1).
- J14 und M18 verwerfen ihren ersten Lösungsansatz (L1) bereits früh im Lösungsverlauf und wenden sich dem erneuten Erkunden der Materialien zu, bevor eine längere Phase der Lösungsumsetzung einsetzt, die jeweils einen neuen Lösungsansatz verfolgt (L2).
- Im Gegensatz zu M18 kommt J14 allein nicht zu einem Lösungsansatz und entscheidet sich eine Hilfestellung einzubeziehen.
- M10, J14 und M18 setzen sich nach einer längeren Phase der Lösungsumsetzung in Verbindung mit dem Material „Schutzraum aus Lego bauen“ mit dem längeren und intensiven Erkunden der Materialien der Alarmanlage auseinander (z.B. App nutzen).
- Die Lösungsumsetzung wird im Lösungsverlauf aller Proband*innen mehrmals durch den Schritt „Lösung suchen“ in Verbindung mit „Problem erkennen und verstehen“ unterbrochen. Bei M10 fließt außerdem der Zusatzschritt „Hilfestellung nutzen“ in diesen Schrittwechsel ein.
- Der Hauptfokus der Proband*innen liegt auf den Schritten „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“. Der Schritt „Lösung suchen“ nimmt bei J14 und M18 die meiste Zeit im Lösungsverlauf in Anspruch (37% der gesamten Bearbeitungszeit).
- Ein „Lösung testen“ und „Lösung reflektieren“ findet selten im Lösungsverlauf der Proband*innen statt.

8.2.5.3 Interpretation der Lösungsverläufe

M10, J14 und M18 beschäftigt sich zu Beginn des Lösungsverlaufs intensiv mit einer Problemerkundung. Sie lesen die Aufgabenstellung sehr langsam, kehren wiederholt zu einzelnen Abschnitten zurück und verschaffen sich zusätzlich einen Überblick über die Materialien auf dem Tisch. Im Anschluss an die erste Problemerkundung kann M18 bereits konkrete Ideen und kreative Lösungsansätze formulieren. J14 hat hingegen nur eine vage Vorstellung in welche Richtung seine Lösung gehen könnte. M10 kann keine erste Lösungsidee nennen.

Nachdem M10 zunächst eigenständig einzelne Materialien erkundet, greift sie zur Hilfestellung, da sie es nach einer kurzen Lösungssuche nicht schafft, die Würfel der Alarmanlage einzuschalten (Auseinandersetzung mit Problemraum „Alarmanlage installieren“). Unter Einbezug der Hilfestellung kann sie die Alarmanlage installieren und wendet sich anschließend dem Bauen mit Legosteinen zu (Auseinandersetzung mit Problemraum „Schutzbau konstruieren“). Nach anfänglichen Schwierigkeiten hinsichtlich der Deutung der Lösung der Bilderanleitung (bezüglich Legoschutzbau) ist bei M10 im weiteren

Lösungsverlauf unter dem Hinzuziehen der Hilfestellung ein strukturiertes Vorgehen beim Bauen zu beobachten. Dabei gilt anzumerken, dass bei M10 auch unter Nutzung der Hilfestellung zum Teil noch selbstständiges Arbeiten im Lösungsverlauf zu erkennen ist. Sie versucht die vorgeschlagene Lösung der Hilfestellung losgelöst zu betrachten und eigene Lösungsideen weiterhin miteinfließen zu lassen (z.B. Aussehen Schutzbau).

J14 und M18 verfolgen hingegen zunächst den Lösungsansatz umzusetzen, den sie in ihrer Lösungsidee formuliert haben. J14 beginnt mit dem vagen Erproben seiner ersten Lösungsidee, bei der kein konkretes Konzept erkennbar wird. Er fokussiert dabei das Bauen mit Legosteinen. M18 startet hingegen mit einer Lösungsumsetzung, die nur die Goldtaler und die Würfel der Alarmanlage einbezieht. Sie möchte die „Diebe“ mit den Goldtalern anlocken und setzt ihre Überlegungen überlegt und bedacht um. Beide Proband*innen (J14, M18) stellen schnell fest, dass ihr erster Lösungsansatz (L1) nicht zu dem gewünschten Ziel führen wird. Beide wissen nicht, wie sie alle zur Verfügung stehenden Materialien in ihren ersten Lösungsansatz (L1) integrieren sollen und entscheiden sich daher dafür diesen zu verwerfen. Bei M18 und J14 setzt eine erneute Lösungssuche ein, in der sie sich zum ersten Mal intensiver mit allen verfügbaren Materialien auseinandersetzen (Schritt „Lösung suchen“). Dabei betrachten beide Proband*innen die Mittel zur Zielerreichung getrennt voneinander und nehmen auch den Problemraum „Alarmanlage installieren“ in den Fokus. Obwohl insbesondere bei M18 erkennbar ist, dass sie die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage verstanden hat, schaffen es beide Proband*innen im Anschluss an den Schritt „Lösung suchen“ nicht, die Würfel anzuschalten und die Alarmanlage zu aktivieren. Dennoch kann M18 eine durchdachte Lösungshypothese aufstellen, denn sie hat verstanden, wie die Alarmanlage funktionieren soll. Sie pausiert jedoch die weitere Auseinandersetzung mit der Alarmanlage und wird sich später im Lösungsverlauf weiter mit dem Überprüfen dieser Lösungshypothese auseinandersetzen.

Aufgrund dessen, dass es M18 und J14 zunächst nicht schaffen die Alarmanlage zu aktivieren, wenden sie sich stattdessen dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“ zu. M18 nutzt das Material, um bereits eine Teillösung umzusetzen, indem sie mit dem Bauen eines Schutzraums aus Lego beginnt. J14 entscheidet sich hingegen dafür eine Hilfestellung hinzuzuziehen. Diese verhilft ihm zu einem neuen Lösungsansatz und auch er kann mit dem Material „Schutzraum aus Lego bauen“ beginnen und strukturiert die Anweisungen der Hilfestellung befolgen. Beide bauen einen Schutzraum aus Lego und integrieren die Goldtaler. Der Schritt „Lösung umsetzen“ in Verbindung mit dem Material „Schutzraum aus Lego bauen“ erfolgt auch bei J14 und M18 sehr strukturiert und durchdacht. Die Proband*innen nehmen sich viel Zeit, um den Schutzraum nach ihren Vorstellungen umzusetzen (M18) oder entsprechend der Hilfestellung

nachzubauen (J14). J14 integriert dabei keine eigenen Ideen in die Teillösung, sondern befolgt den Lösungsvorschlag der Hilfestellung Schritt für Schritt.

Nach Abschluss des Bauprozesses erfolgt bei M10, J14 und M18 eine intensive Auseinandersetzung mit der Alarmanlage (Schritt „Lösung suchen“). Der Schritt „Lösung suchen“ findet hier im häufigen Wechsel mit dem Schritt „Problem erkennen und verstehen“ und bei M10 zusätzlich mit „Hilfestellung nutzen“ statt. Mittels unstrukturierter Handlungen versuchen J14 und M18 die Würfel einzuschalten, während M10 durch die Anweisung der Hilfestellung diese Teillösung gezielt umsetzen kann. Auch die Verknüpfung der Alarmanlage in der App erfolgt bei M10 unter Einbezug der Hilfestellung und bei M18 ohne Hilfestellung sehr strukturiert und beide können die Alarmanlage anschließend in ihre Lösung integrieren. M18 konnte durch ihre Lösungshypothese im früheren Lösungsverlauf bereits eine Idee zum richtigen Einsatz der Alarmanlage entwickeln, den sie nun umsetzen und überprüfen kann. Die Probandinnen M10 und M18 können somit alle Materialien richtig in ihre Lösung einbeziehen (siehe Abbildung 110).

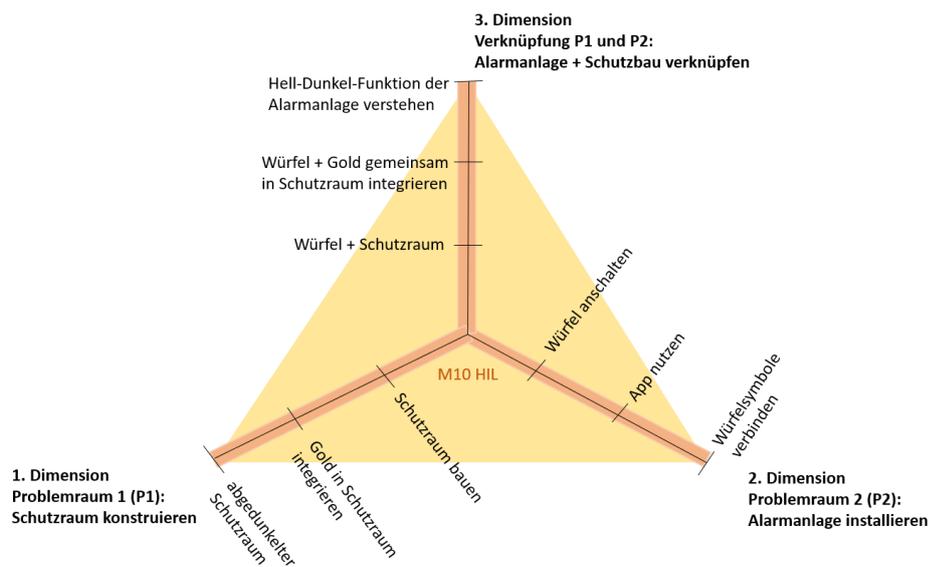


Abbildung 110 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandinnen M10 (Einsatz Hilfestellung (HIL)) und M18

J14 schafft es hingegen nicht die beiden Würfel einzuschalten, auch wenn er sich mit dem Material in einem unstrukturierten Versuch-Irrtum-Verhalten, unter Hinzuziehen der Hilfestellung, intensiv beschäftigt. Anschließend entscheidet er sich dafür, in der App eine alternative Lösung umzusetzen, die er sich selbst überlegt hat und verbindet dabei inaktive Würfelsymbole in der App. Die Teillösung stimmt nicht mit der ihm angezeigten Lösung in der Hilfestellung überein. Bewusst entscheidet er sich dafür, von den Vorgaben in der Hilfestellung abzuweichen, um eine Alternativlösung herbeizuführen. Auch als es J14 gegen Ende seines

Lösungsverlaufs schafft die Würfel anzuschalten, überarbeitet er seine Teillösung in der App nicht und auch ein Testen seiner Lösung findet nicht statt. Dementsprechend kann J14 nicht alle Level der Dimension „Installation Alarmanlage“ erreichen (siehe Abbildung 111).

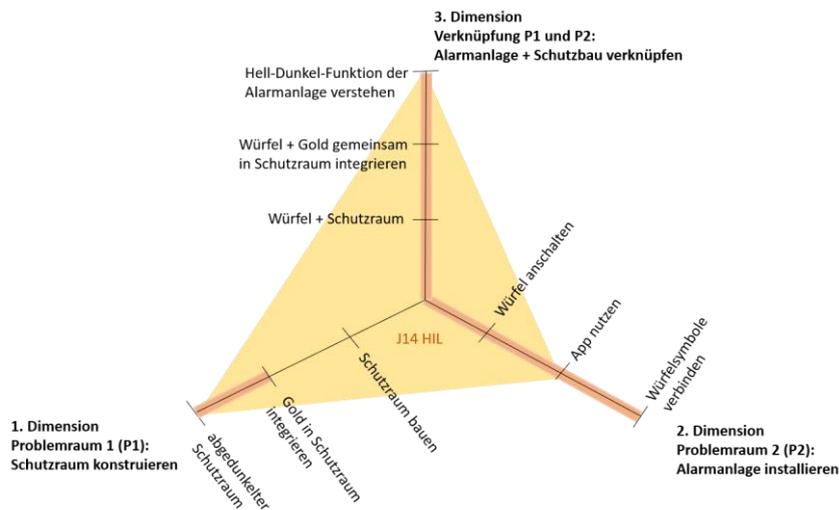


Abbildung 111 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J14 (Einsatz Hilfestellung (HIL))

Aufgrund des ausführlichen Erkundens der Materialien von Seiten aller Proband*innen sowie einem wiederkehrenden Reflektieren (M10, J14, M18) und Testen (M10, M18) der eigenen Lösung im Lösungsverlauf, findet eine Lösungsoptimierung bei den Proband*innen fast nicht statt.

8.2.6 Lösungsoptimierer*innen (M6, J7, M11, M16)

Die Proband*innen M6, J7, M11 und M16 können als die „*Lösungsoptimierer*innen*“ zusammengefasst werden, denn der Fokus und größte Anteil ihrer Bearbeitungszeit liegt auf dem Optimieren ihrer Lösung. Der Lösungsverlauf der vier Proband*innen soll im Folgenden genauer dargelegt und analysiert werden.

8.2.6.1 Illustration und grafische Darstellung der Lösungsverläufe

Mittels einer zeitlich chronologischen Bilderabfolge werden zunächst die Problemlöseverläufe der Proband*innen M6, J7, M11 und M16 rekonstruiert. Abbildung 112 bis Abbildung 115 liefern einen detaillierten Einblick in die Handlungen der Proband*innen. Die einzelnen Bilder stellen dabei Handlungen entsprechend der Problemlöseschritte (Hauptkategorien) „Problem erkennen und versteh“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“, „Lösung optimieren“, „Lösung reflektieren“ und „Hilfestellung nutzen“ dar.

Die Bearbeitungszeit der Proband*innen M6, J7, M11 und M16 liegt jeweils über der durchschnittlichen Gesamtbearbeitungszeit der Stichprobe (25 Minuten). Die vier

Proband*innen benötigen zwischen 25 und 47 Minuten (siehe Tabelle 56). Auch hinsichtlich der Codehäufigkeit weisen sie hohe Werte auf. M6 können 49 Codes und M16 mit 54 Codes zugeordnet werden. J7 können hingegen 96 Codes und M11 181 Codes zugeteilt werden. Damit liegen sie deutlich über der Codeanzahl von M6 und M16, was mit ihrer längeren Bearbeitungszeit zusammenhängt. Die Codeanzahl bezieht sich auf die vergebenen Hauptkategorien „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung umsetzen“, „Lösung optimieren“, „Lösung testen“, „Lösung reflektieren“ sowie „Hilfestellung nutzen“, wobei sich ein Teil der Hauptkategorien aus mehreren Subkategorien zusammensetzt. In Bezug auf die jeweiligen Hauptkategorien findet bei M6 alle 31 Sekunden, bei J7 alle 26 Sekunden, bei M11 alle 18 Sekunden und bei M16 alle 27 Sekunden ein Schrittwechsel statt. M6 und J7 lösen das Problem ohne Hilfestellung, jedoch kann nur J7 dieses richtig lösen. M11 sowie M16 nutzen eine Hilfestellung und können das Problem richtig lösen.



M6-B1: Problem erkennen und verstehen: M6 liest zum ersten Mal das Aufgabenblatt (Stunde 0:00:32)



M6-B2: Problem erkennen und verstehen: Während des Lesens verschafft sie sich einen Überblick der Materialien (Stunde 0:00:36)



M6-B3: Problem erkennen und verstehen: Nach dem Interview kehrt M6 zum wiederholten Lesen der Aufgabenstellung zurück (Stunde 0:05:10)



M6-B4: Lösung umsetzen: M6 baut einen Schutzraum aus Lego (Stunde 0:06:25)



M6-B5: Lösung optimieren: M6 optimiert die Position der Goldtaler und baut weiter an ihrem Schutzraum (Stunde 0:06:51)



M6-B6: Problem erkennen und verstehen: M6 kehrt zum wiederholten Lesen der Aufgabenstellung zurück. (Stunde 0:09:56)



M6-B7: Lösung suchen: Es findet ein Erkunden der Würfel statt (Stunde 0:10:12)



M6-B8: Problem erkennen und verstehen: M6 überdenkt ihr weiteres Vorgehen und kehrt zum wiederholten Lesen der Aufgabenstellung zurück (Stunde 0:10:48)



M6-B9: Lösung umsetzen: M6 kann das iPad anschalten (0:11:12)



M6-B10: Lösung umsetzen: M6 schafft es die beiden Würfel anzuschalten (Stunde 0:11:27)



M6-B11: Problem erkennen und verstehen: M6 liest wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:11:44)



M6-B12: Lösung suchen: M6 erkundet die Alarmanlae und sucht nach einer geeigneten Würfelposition (Stunde 0:12:49)



M6-B13: Problem erkennen und verstehen: Erneut wendet sich M6 der Aufgabenstellung zu (Stunde 0:13:08)



M6-B14: Lösung optimieren: M6 entscheidet sich dafür ihre Lösung zu überarbeiten und einen zweiten Schutzraum für die Würfel zu bauen (Stunde 0:17:37)



M6-B15: Lösung testen: M6 testet in einem Zwischenschritt, ob die Würfel in den vorgesehenen Schutzraum passen (Stunde 0:18:01)



M6-B16: Lösung reflektieren: M6 betrachtet ihre fertiggestellte Lösung (Stunde 0:26:11)



M6-B17: Lösung optimieren: M6 optimiert die position der beiden Schutzraume und verbindet sie so miteinander (Stunde 0:26:19)

Abbildung 112 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M6



J7-B1: Problem erkennen und verstehen: Es findet ein erstes Lesen der Aufgabenstellung statt (Stunde 0:00:33)



J7-B2: Lösung suchen: J7 erkundet die beiden Würfel (Stunde 0:01:07)



J7-B3: Problem erkennen und verstehen: J7 liest wiederholt die Aufgabenstellung und verschafft sich einen Überblick der Materialien (Stunde 0:01:28)



J7-B4: Lösung umsetzen: J7 baut einen Schutzraum aus Lego und reflektiert diesen mehrmals (Stunde 0:08:31)



J7-B5: Problem erkennen und verstehen: J7 überdenkt das weitere Vorgehen im Lösungsprozess (Stunde 0:15:00)



J7-B6: Lösung suchen: J7 liest wiederholt die Aufgabenstellung und erkundet dabei die beiden Würfel (Stunde 0:15:11)



J7-B7: Lösung umsetzen: J7 positioniert die beiden Würfel hinter den Schutzmauern seines Schutzbaus (Stunde 0:15:21)



J7-B8: Lösung suchen: J7 erkundet die App und liest parallel wiederholt die Aufgabenstellung (Stunde 0:15:51)



J7-B9: Lösung umsetzen: J7 kann die beiden Würfelsymbole in der App miteinander verbinden und die Alarmanlage aktivieren (Stunde 0:18:57)



J7-B10: Lösung suchen: J7 erkundet die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage (Stunde 0:19:33)

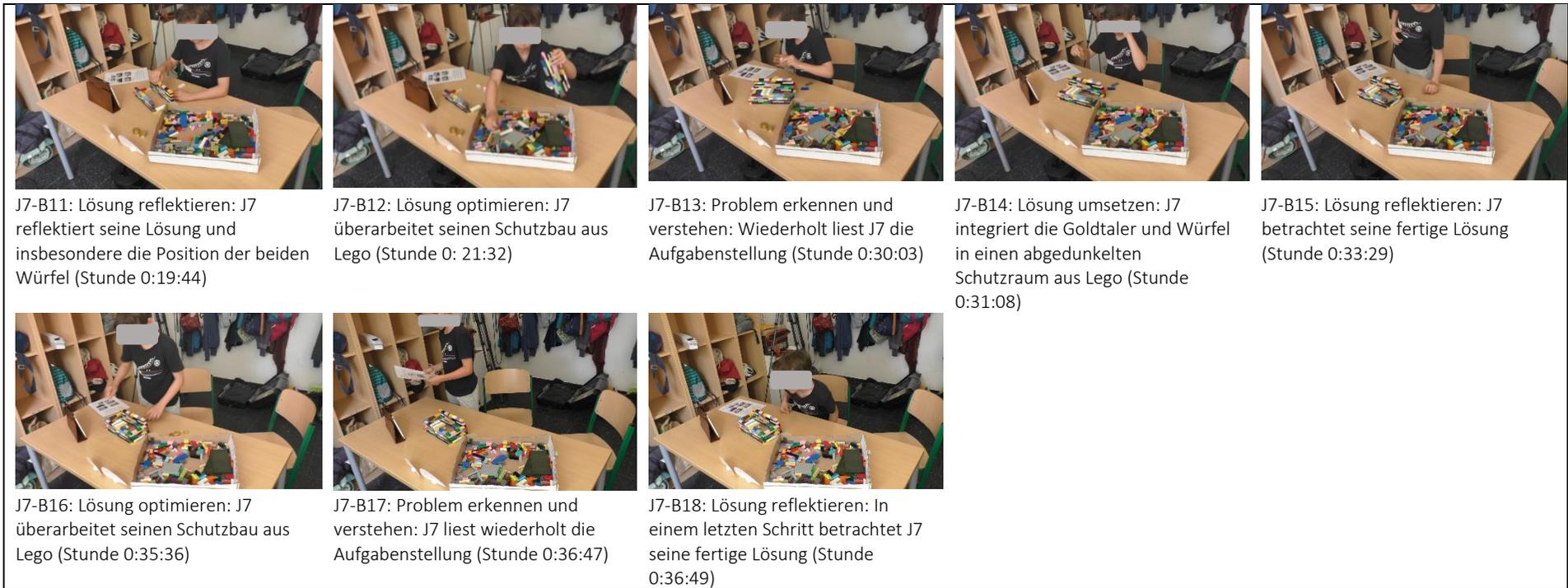
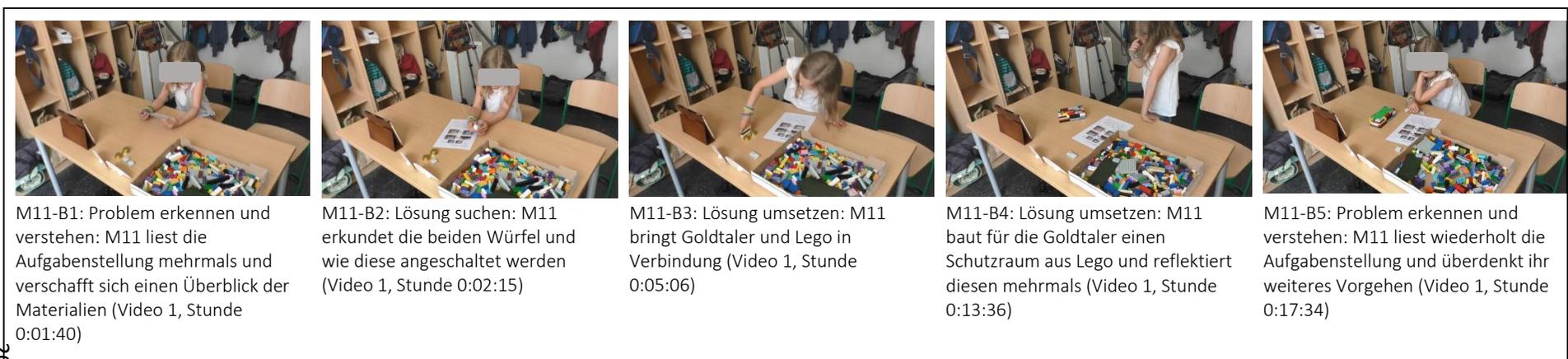


Abbildung 113 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J7



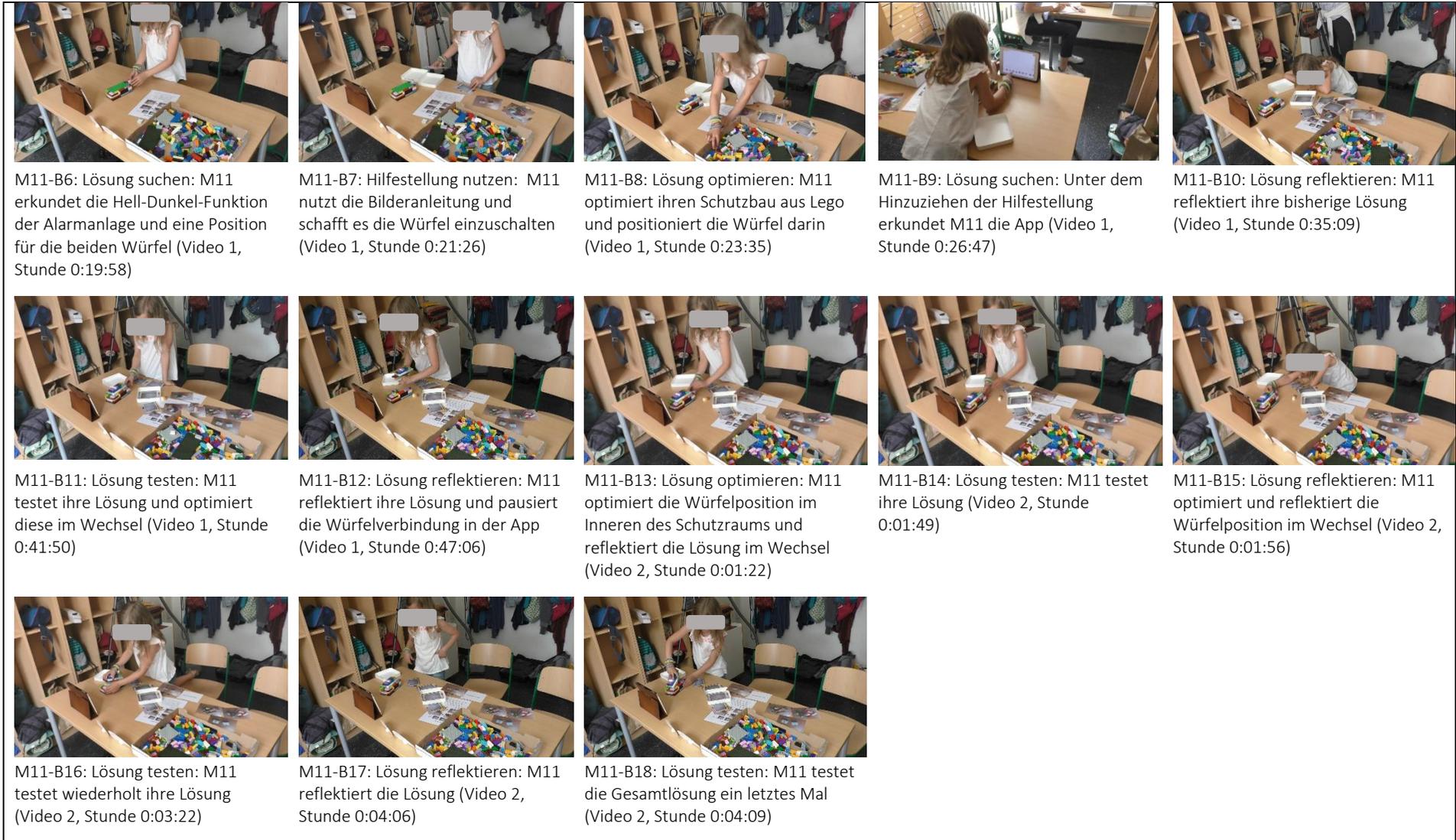


Abbildung 114 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M11



M16-B1: Problem erkennen und verstehen: M16 liest die Aufgabenstellung (Stunde 0:01:53)



M16-B2: Lösung suchen: Nach dem Interview erkundet M16 die Würfel und Alarmanlagenfunktion (Stunde 0:03:39)



M16-B3: Lösung umsetzen: M16 baut für die Goldtaler einen Schutzraum aus Lego (Stunde 0:09:30)



M16-B4: Lösung umsetzen: M16 aktiviert das iPad (Stunde 0:09:48)



M16-B5: Problem erkennen und verstehen im Wechsel mit Lösung suchen: Wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung und Erkunden der beiden Würfel (Stunde 0:09:59)



M16-B6: Lösung umsetzen: M16 schaltet die Würfel an (Stunde 0:10:09)



M16-B7: Problem erkennen und verstehen im Wechsel mit Lösung suchen: wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung und Erkunden der App (Stunde 0:11:18)



M16-B8: Lösung umsetzen: M16 verbindet die Würfelsymbole in der App und schafft es Alarmanlage zu aktivieren (Stunde 0:11:41)



M16-B9: Lösung umsetzen: M16 positioniert die Würfel auf der Mauer ihres Schutzbaus (Stunde 0:12:42)



M16-B10: Lösung reflektieren: M16 begutachtet ihre Lösung (Stunde 0:13:52)



M16-B11: Lösung optimieren: Sie entscheidet sich die Würfelposition zu überarbeiten (Stunde 0:14:39)



M16-B12: Lösung testen: M16 testet ihre Gesamtlösung (Stunde 0:14:48)



M16-B13: Hilfestellung nutzen: M16 entscheidet sich die Bilderanleitung hinzuzuziehen (Stunde 0:15:46)



M16-B14: Lösung optimieren: M16 überarbeitet ihren Schutzbau sowie die Würfelposition und passt sie an den Vorschlag der Hilfestellung an (Stunde 0:17:29)



M16-B15: Lösung reflektieren: M16 überprüft Teillösungen (App, Schutzraum) (Stunde 0:18:34)



M16-B16: Lösung testen: M16 testet ihre Gesamtlösung (Stunde 0:18:37)



M16-B17: Lösung optimieren: M16 verbessert ihre Lösung, indem sie Schutzraum und Goldposition optimiert (Stunde 0:25:36)



M16-B18: Lösung reflektieren: M16 betrachtet ihre fertige Lösung von allen Seiten (Stunde 0:25:44)

Abbildung 115 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M16

Die Tabelle 56 bezieht sich auf die in Kapitel 8.1.3 dargestellten Ergebnisse der einzelnen Problemlöseschritte und gewichtet sie entsprechend der Häufigkeit des Auftretens im Lösungsverlauf der vier Proband*innen. So wird deutlich, welche Lösungsschritte bei Proband*innen besonders im Fokus standen. Auf den genauen Lösungsverlauf und die einzelnen Problemlöseschritte soll anschließend eingegangen werden.

Tabelle 56 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, M6, M16 und M21

| Proband*innen | Zeitlicher Anteil eines Problemlöseschritts (in %) | Codehäufigkeit |
|--|---|--|
| M6 1.497sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung optimieren“ (50,2%) 2. „Lösung umsetzen“ (21,0%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (18,6%) 4. „Lösung suchen“ (9,3%) 5. „Lösung testen“ (1,2%) 6. „Lösung reflektieren“ (0,4%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Problem erkennen & verstehen“ (25x) 2. „Lösung suchen“ (8x) 2. „Lösung umsetzen“ (8x) 3. „Lösung optimieren“ (6x) 4. „Lösung testen“ (1x) & „Lösung reflektieren“ (1x) 5. Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| J7 2.181 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (38,0%) 2. „Lösung optimieren“ (30,2%) 3. „Lösung suchen“ (12,7%) 4. „Problem erkennen & verstehen“ (9,9%) 5. „Lösung reflektieren“ (5,7%) 6. „Lösung testen“ (2,6%) 7. Kein „Hilfestellung nutzen“ | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (27x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (18x) 3. „Lösung suchen“ (16x) 3. „Lösung optimieren“ (16x) 4. „Lösung reflektieren“ (13x) 5. „Lösung testen“ (6x) 6. Kein „Hilfestellung nutzen“ |
| M11 2.814 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung optimieren“ (31,3%) 2. „Lösung umsetzen“ (28,9%) 3. „Lösung suchen“ (14,5%) 4. „Problem erkennen & verstehen“ (10,6%) 5. „Lösung testen“ (8,9%) 6. „Hilfestellung nutzen“ (6,0%) 7. „Lösung reflektieren“ (5,1%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung optimieren“ (36x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (31x) 2. „Lösung umsetzen“ (31x) 3. „Lösung testen“ (24x) 4. „Lösung reflektieren“ (22x) 5. „Lösung suchen“ (19x) 6. „Hilfestellung nutzen“ (18x) |
| M16 1.468 sek. Bearbeitungszeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung optimieren“ (36,2%) 2. „Lösung umsetzen“ (28,4%) 3. „Problem erkennen & verstehen“ (12,7%) 4. „Lösung suchen“ (11,0%) 5. „Hilfestellung nutzen“ (3,5%) 6. „Lösung testen“ (1,8%) 7. „Lösung reflektieren“ (1,4%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. „Lösung umsetzen“ (16x) 2. „Problem erkennen & verstehen“ (11x) 3. „Lösung suchen“ (10x) 4. „Lösung optimieren“ (9x) 5. „Lösung testen“ (4x) 6. „Lösung reflektieren“ (3x) 7. „Hilfestellung nutzen“ (1x) |

Die nachfolgende Abbildung 116 bis Abbildung 120 bilden die Codelines der Proband*innen ab und geben einen Überblick des zeitlichen Ablaufs und der Verteilung der Problemlöseschritte im Lösungsverlauf von M6, J7, M11 und M16. Hier werden die Lösungsschritte (Hauptkategorien) farblich differenziert dargestellt. Anhand der Tabellen, Grafiken und Bilderabfolgen wird zunächst deutlich, dass sich alle vier Proband*innen mit

einer ausführlichen Lösungsumsetzung und Lösungsoptimierung befassen. Dabei folgt auf eine lange Phase der Lösungsumsetzung eine intensive Lösungssuche, die in einem Optimieren der eigenen Lösung mündet. Einen besonders großen zeitlichen Anteil nimmt somit der Schritt „Lösung optimieren“ ein. Dieser wird gegebenenfalls von einem intensiven Reflektieren und Testen der Lösung begleitet (z.B. J7, M11).

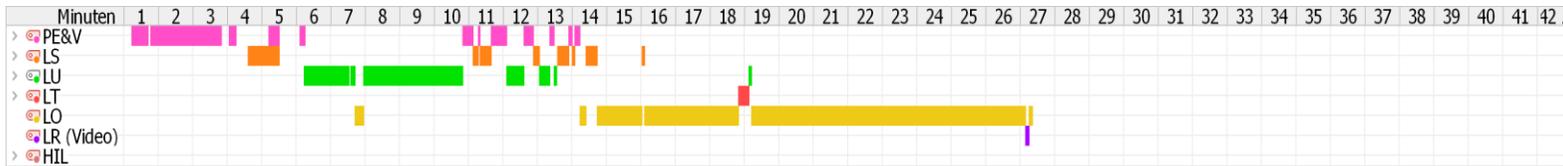


Abbildung 116 Codeline M6

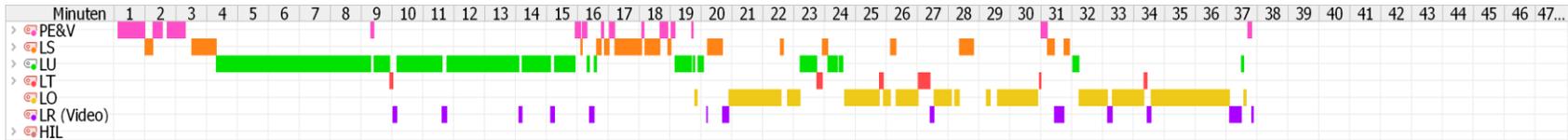


Abbildung 117 Codeline J7



Abbildung 118 Codeline M11, Videoansicht 1 (V1), Abbruch Minute 47

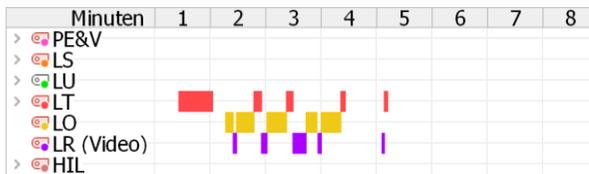


Abbildung 119 Codeline M11, Videoansicht 3 (V3), Fortführung ab Minute 47

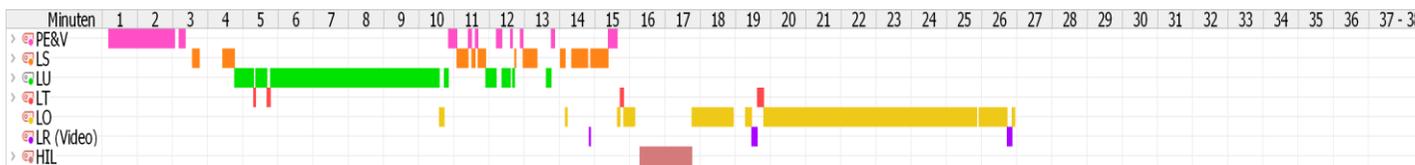


Abbildung 120 Codeline M16

8.2.6.2 Teilergebnisse der Analyse der Lösungsverläufe

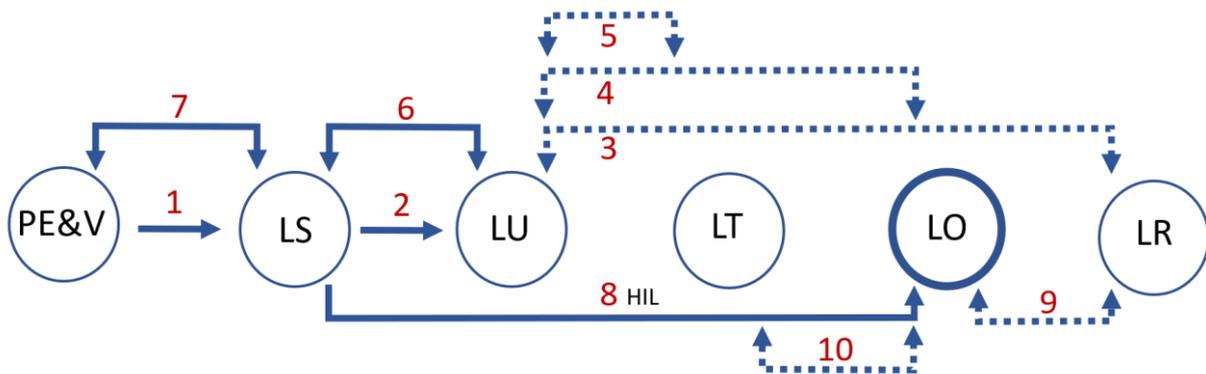


Abbildung 121 Abgeleiteter Lösungsverlauf M6, J7, M11, M16

Der Lösungsverlauf der Proband*innen M6, J7, M11 und M16 ist in Abbildung 121 zusammengefasst. Dieser fokussiert in einer ersten Phase den Schritt „Lösung umsetzen“ (LU), von welchem anschließend ein intensiver Wechsel zwischen „Lösung suchen“ (LS) und „Problem erkennen und verstehen“ (PE&V) ausgeht (Pfeile 6, 7). Es folgt eine lange Phase der Lösungsoptimierung (LO), welche einen zentralen Punkt im Lösungsverlauf der vier Proband*innen bildet. Alle vier Proband*innen entscheiden sich dafür ihre entwickelte Lösung ausführlich zu optimieren, weswegen Lösungsschritte ab der zweiten Hälfte des Lösungsverlaufs von dem Schritt „Lösung optimieren“ ein- und ausgehen (Schritte 8, 9, 10). Ein Testen (LT) und Reflektieren (LR) der Lösung findet im Lösungsverlauf der Proband*innen nur teilweise statt. Ein Reflektieren der Lösung ist vergleichsweise häufig bei J7 und M11 zu beobachten. Auch ein Testen der Gesamtlösung erfolgt häufiger bei J7, M11 und M16. Die wichtigsten Lösungsaspekte von M6, J7, M11 und M16 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Proband*innen beginnen ihren Lösungsverlauf mit einer ausführlichen Problemerkundung („Problem erkennen und verstehen“), wobei sie sich viel Zeit für das erste Lesen der Aufgabenstellung und das Verschaffen eines Überblicks nehmen.
- Die Proband*innen beschäftigen sich zu Beginn ihres Lösungsverlaufs vor allem mit der Lösungsumsetzung in Bezug auf das Material „Schutzraum aus Lego bauen“. Erst anschließend wenden sie sich ihnen unbekannteren Materialien zu (z.B. Alarmanlage).
- Insgesamt nimmt der Schritt „Lösung umsetzen“ zwischen 21% und 38% der gesamten Bearbeitungszeit ein.
- Bei allen Proband*innen lassen sich langanhaltende Phasen der Schritte „Lösung umsetzen“ und „Lösung optimieren“ beobachten, welche hauptsächlich in Bezug auf das Material „Schutzbau aus Lego bauen“ stattfinden.

- Bei den Proband*innen findet in der Mitte des Lösungsverlaufs eine intensive Phase der Problemerkundung und Lösungssuche hinsichtlich der Alarmanlage statt. Diese setzt ein, nachdem sich die Proband*innen bereits intensiv mit der Lösungsumsetzung eines Schutzraums beschäftigt haben.
- Innerhalb des Schritts „Problem erkennen und verstehen“ setzen sich die Proband*innen während des Lösungsverlaufs vor allem mit dem wiederholten Lesen der Aufgabenstellung auseinander, welche sie zur Recherche nach Informationen für die Alarmanlage nutzen.
- M16 entscheidet sich für eine Hilfestellung, um nachzuvollziehen wie die Alarmanlage richtig in den Schutzbau integriert wird und passt ihre Lösung anschließend an.
- M11 benötigt ab der Hälfte ihres Lösungsverlaufs eine Hilfestellung, um das Verknüpfen der Alarmanlage in der App nachvollziehen zu können und Unterstützung beim Positionieren der Würfel im Schutzraum zu erhalten.
- Der Schritt „Lösung optimieren“ findet sich in der zweiten Hälfte des Lösungsverlaufs der Probanden wieder. Der Schritt dominiert ihren Lösungsverlauf und nimmt zwischen 30% und 50% der gesamten Bearbeitungszeit ein.
- Alle Proband*innen reflektieren ihre Lösung gegen Ende des Lösungsverlaufs, wobei ein Reflektieren bei J7 und M11 in regelmäßigen Abständen im gesamten Lösungsverlauf der Proband*innen auftritt.
- J7, M11 und M16 testen ihre Gesamtlösung im Lösungsverlauf, wobei M11 ihre Gesamtlösung im Vergleich zu den restlichen Proband*innen am häufigsten testet.
- M6 kann das Problem als einzige nicht richtig lösen. Jedoch weicht ihr alternativer Lösungsweg nicht stark von der vorgesehenen Lösung ab. Sie hat jeweils einen eigenen Schutzbau für die Goldtaler und die Würfel gebaut.

8.2.6.3 Interpretation der Lösungsverläufe

Die vier Proband*innen M6, J7, M11 und M16 nehmen zu Beginn des Lösungsverlaufs eine genaue Problemerkundung vor. Das erste Lesen der Aufgabenstellung erfolgt ausführlich und wird begleitet von einem Betrachten der verfügbaren Materialien. Alle Proband*innen können anschließend eine erste Lösungsidee formulieren.

Alle vier Proband*innen wenden sich nach dem Formulieren einer Lösungsidee dem Material „Schutzraum aus Lego bauen“ zu (Problemraum „Schutzraum konstruieren“). Dieses Material hatten sie bereits in ihrer formulierten Lösungsidee gedanklich integriert und verfolgen somit die Umsetzung dieser Lösungsidee. Hinsichtlich des Schutzraums aus Lego zeigen insbesondere J7, M11 und M16 kreative Lösungsansätze. J7 versucht eine Mauer zu bauen, die

bei einem Einbruch in sich zusammenfallen würde, M11 möchte eine Eingangstür in ihren Schutzraum integrieren und M16 baut eine hohe Schutzmauer mit aufliegenden Würfeln.

Alle vier Proband*innen setzten sich in diesem Zusammenhang in langanhaltend Zeitsequenzen mit dem Schritt „Lösung umsetzen“ auseinander. Hierbei ist ein durchdachtes und genaues Vorgehen zu beobachten. Aussehen und Stabilität dieser Teillösung ist den Proband*innen wichtig. Des Weiteren kann bei allen Proband*innen, insbesondere bei J7 und M11, ein regelmäßiges Reflektieren der Lösung und einzelner Handlungen beobachtet werden. Die Proband*innen optimieren und überarbeiten jeden Teilaspekt ihrer Lösung, bis sie damit zufrieden sind.

Nach einer langen Phase des Konstruierens (Bau eines Schutzbaus innerhalb des Schritts „Lösung umsetzen“) wenden sich alle vier Proband*innen dem Schritt „Lösung suchen“ zu. Dies erfolgt bei M11 unter Einbezug der Hilfestellung. Es findet ein intensives Erkunden weiterer Materialien statt. Erstmals setzten sich die Proband*innen ausführlich mit dem Aktivieren der Alarmanlage auseinander (Problemraum „Alarmanlage installieren“). Mittels unstrukturierter Handlungen (Versuch-Irrtum) und dem Hinzuziehen des Aufgabenblatts versuchen sie hierbei die Würfel anzuschalten. Im Anschluss können sie alle weiteren Teilschritte zum Aktivieren der Alarmanlage strukturiert umsetzen. Nur M16 zeigt Schwierigkeiten die Alarmanlage nach der Aktivierung richtig in ihre Lösung zu integrieren, weswegen auch sie gegen Ende des Lösungsverlaufs eine Hilfestellung hinzuzieht. Nach dem Aktivieren und Verstehen der Alarmanlage strukturieren die Proband*innen ihre Mittel zur Zielerreichung neu. Sie können nun nachvollziehen, dass die Alarmanlage gemeinsam mit den Goldtalern abgedunkelt werden muss und optimieren Teile ihrer Lösung.

J7, M11 und M16 bauen anschließend ihren bereits erstellten Schutzraum weiter aus und optimieren die Position für die Würfel und Goldtaler. Die Lösungsoptimierung wird bei allen drei Proband*innen von einem Testen und Reflektieren ihrer Lösung begleitet. Dieses Vorgehen lässt vermuten, dass die Proband*innen darauf abzielen, die Lösung für das Problem korrekt umzusetzen. Sie gehen akribisch und sehr genau vor und optimieren dafür auch visuelle Aspekte wie Schönheitsreparaturen. Alle drei Proband*innen optimieren ihre Lösung ausgiebig, bevor sie ihren Lösungsverlauf beenden. J7, M11 und M16 können letztendlich alle Materialien richtig einsetzen (siehe Abbildung 122).

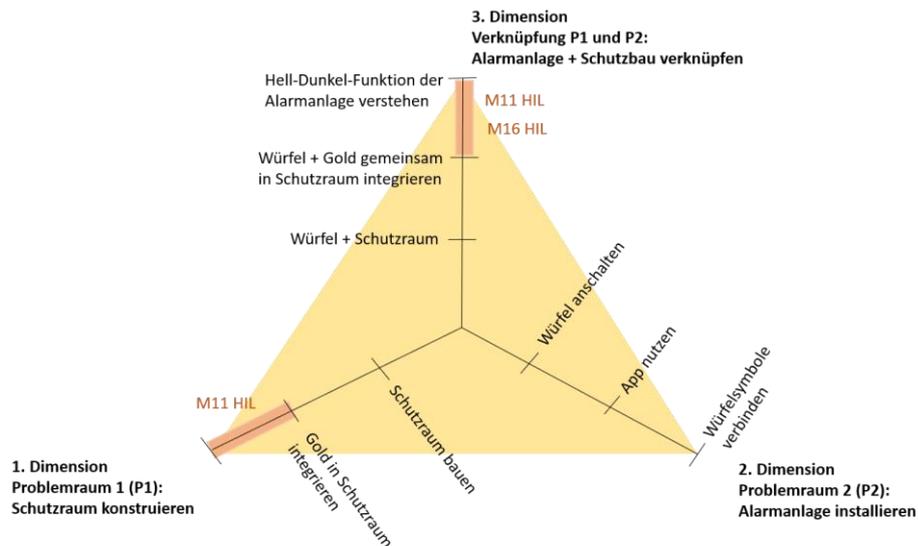


Abbildung 122 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband*innen J7, M11, M16 (M11, M16 jeweils Einsatz Hilfestellung (HIL))

Allein M6 kann auch nach Aktivierung der Alarmanlage diese nicht richtig in ihre Lösung integrieren. Sie entscheidet sich in einer Phase der Lösungsoptimierung einen zweiten Schutzbau zu bauen, in dem sie beide Würfel verstaubt und neben dem ersten Schutzbau mit den Goldtalern positioniert. Obwohl M6 erkennt, dass die Würfel in einem abgedunkelten Raum liegen müssen, geht sie davon aus, dass es sich um einen Bewegungsmelder handelt. Trotzdem zeigen die Überlegungen von M6, dass sie beim Verwenden der Alarmanlage ein klares Konzept verfolgt. Diebe müssen erst durch den Raum mit der Alarmanlage, um zu den Goldtalern zu gelangen. Sie setzt damit einen kreativen Lösungseinfall um. Das Spinnennetzdiagramm (Abbildung 123) bildet ihren Einsatz der Materialien ab. Zwar bezieht sie alle Dimensionen in ihre Lösung ein, erreicht dabei jedoch nicht alle Level der Dimension „Verknüpfung Alarmanlage + Schutzbau“.

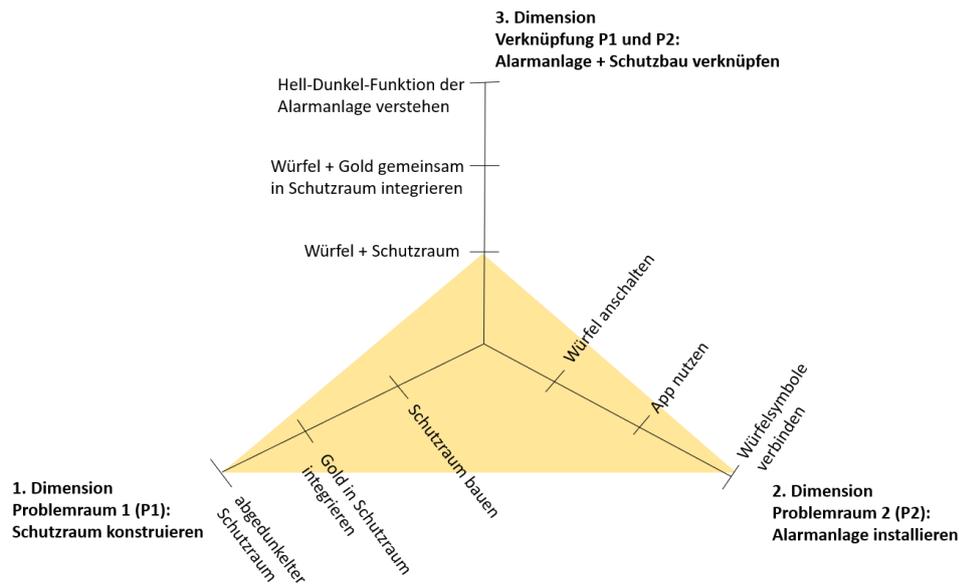


Abbildung 123 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandin M6

8.2.7 Kapitelzusammenfassung und Fazit

Anhand der codierten Videodateien und Leitfadeninterviews konnte das Lösungsverhalten der Proband*innen festgehalten und analysiert werden (siehe Kapitel 8.1 und 8.2). Die Analyse der Daten hat dabei Aufschluss gegeben, welche Problemlöseschritte die Proband*innen anwenden und aus welchen beobachtbaren Handlungs- und Verhaltensweisen sich diese einzelnen Problemlöseschritte zusammensetzen. Diese wurden im Kategoriensystem festgehalten (Kapitel 7.3.3) und werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

- Problem erkennen und verstehen: Problemerkundung, indem Aufgabenstellung ein erstes Mal gelesen wird („Lesen Aufgabenstellung“); Überblick über die zur Verfügung stehenden Materialien gewinnen („Überblick verschaffen“); Überlegungen zum weiteren Vorgehen im Problemlöseverlauf („Innehalten“); Informationsbeschaffung durch ein wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung („Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“); Problem nachvollziehen („Problem formulieren“)
- Lösung suchen: Erste Lösungsidee entwickeln und benennen („Lösungsidee formulieren“); Materialien und ihre Zusammensetzung bzw. mögliche Lösungswege erproben („Material/Lösungsweg erkunden“)
- Lösung umsetzen: Eine (erste/zweite) Lösung wird umgesetzt („Lösungskonzept (L1/L2/...) verwirklichen“); eine gegebenenfalls richtige Lösung (bzw. Lösungsansatz) wird unterbrochen, indem diese bewusst pausiert wird (z.B. Verbindung Würfelsymbole in der App), um sich anderen Lösungsaspekten zu widmen („Pausieren (korrekter)

Lösung“); eine gegebenenfalls richtige Lösung (bzw. Lösungsansatz) wird nach einem Pausieren weiter fortgeführt („Wiederherstellen (korrekter) Lösung“)

- Lösung testen: Teillösungen werden getestet, die für eine korrekte Lösung gegebenenfalls von geringerer Bedeutung sind („Zwischenschritt testen“); die fertige Lösung wird auf ihre Funktionalität getestet („Gesamtlösung testen“)
- Lösung optimieren: Im Lösungsverlauf werden Teilaspekte der Lösung verbessert oder eine fertige Lösung noch einmal überarbeitet
- Lösung reflektieren: Teilaspekte der Lösung oder die fertige Gesamtlösung werden im Lösungsverlauf reflektiert
- Hilfestellung nutzen (Zusatzschritt): Im Lösungsverlauf wird eine zusätzliche Hilfe in Anspruch genommen („Schriftliche Anleitung“, „Bilderanleitung“, „Fertiges Beispiel“)

Ein einheitliches Muster beim Durchlaufen dieser einzelnen Problemlöseschritte ist innerhalb der Stichprobe nicht zu erkennen. Stattdessen zeigt sich, dass die Problemlöseschritte im Lösungsverlauf der der Proband*innen in unterschiedlicher Reihenfolge und Intensität erfolgen.

Durch die Auswertung der Codiereinheiten, Codelines (Codeverlauf) und Lösungsergebnisse bzw. Teilergebnisse, konnten Merkmale beobachtet werden, die im Lösungsverlauf einzelner Proband*innen von besonderer Bedeutung sind und diesen zu großen Teilen prägen. Entsprechend der strukturellen Gemeinsamkeiten wurden die Proband*innen in sechs übergeordnete Gruppen eingeteilt:

1. Lösungsumsetzer*innen (M2, J13, M19, J23, M25): Der Fokus der Proband*innen liegt auf der Umsetzung ihrer eigenen Lösungsidee. Eine intensive Problemerkundung und Lösungssuche finden nicht statt. Die Proband*innen sind überzeugt von ihrer Lösung, weswegen ein Testen und Reflektieren im Lösungsverlauf fast nicht stattfinden.
2. Lösungsumsetzer*innen und Lösungssucher*innen (J1, J3, J9, J17): Alle Probanden fokussieren zunächst eine Lösungsumsetzung entsprechend ihrer formulierten Lösungsidee. Diese fokussiert das Bauen eines Schutzraums aus Lego. Erst im Anschluss setzen eine Problemerkundung und Lösungssuche ein. Ein Testen, Optimieren und Reflektieren der Lösung finden fast nicht statt.
3. Lösungsumsetzer*innen, Optimierer*innen und Lösungssucher*innen (J5, J22, M26): Die Proband*innen wenden sich zunächst der Lösungsumsetzung zu, welche fortlaufend optimiert wird. Im Anschluss beschäftigen sie sich rückblickend mit einer intensiven Problemerkundung und Lösungssuche (ggf. unter Hinzuziehen einer Hilfestellung).

4. Problemerkunder*innen und Lösungssucher*innen (M4, M8, M12, J20, M21): Alle Proband*innen setzen sich zunächst mit einer intensiven Problemerkundung und Lösungssuche auseinander, bevor sie zur Lösungsumsetzung übergehen. Im Anschluss daran erfolgen gegebenenfalls eine wiederholte Lösungssuche (ggf. unter Hinzuziehen der Hilfestellung) sowie ein Optimieren der Lösung.
5. Lösungssucher*innen und Lösungsumsetzer*innen (M10, J14, M18): Alle Proband*innen beschäftigen sich im Lösungsverlauf mit einer intensiven Problemerkundung und Lösungssuche. Die Lösungsumsetzung erfolgt in Rückschleifen zu diesen Problemlöseschritten. Ein Testen und Optimieren der Lösung findet fast nicht statt.
6. Lösungsoptimierer*innen (M6, J7, M11, M16): Die Proband*innen beschäftigen sich im Lösungsverlauf mit einer intensiven Problemerkundung und Lösungssuche. Ihre Lösungsumsetzung erfolgt nach einer eigenen Lösungsidee. Gegen Ende des Lösungsverlaufs findet bei den Proband*innen, z.T. unter Hinzuziehen einer zusätzlichen Hilfestellung (M16, M21), ein ausführliches Optimieren dieser Lösung statt. Auch ein Testen und Reflektieren der Lösung erfolgt wiederkehrend im Lösungsverlauf.

Eine Unterteilung in die vorangegangenen sechs Gruppen schließt dabei keine Parallelen in den Lösungsverläufen von Proband*innen unterschiedlicher Gruppierungen aus. Stattdessen verhelfen die Gruppen zur Aufdeckung von Parallelen zwischen den einzelnen Gruppierungen und ihrer Proband*innen. Diese können übergeordnet die folgenden Eigenschaften umfassen:

- (Zeitaufwendige) Problemerkundung als Auftakt des Lösungsverlaufs
- Erkunden der Materialien und möglicher Lösungswege zur Zielerreichung zu Beginn des Lösungsverlaufs
- Erkunden der Materialien und Lösungswege zur Zielerreichung (allein) nach bereits getätigter Lösungsumsetzung
- Problemerkundung und Lösungssuche erfolgt während des Lösungsverlaufs in einem Schrittwechsel
- Lösungsumsetzung orientiert sich an der ersten Lösungsidee eines/r Probanden*in
- Lösungsidee entwickelt sich im Lösungsverlauf
- Lösungsumsetzung findet nach einer selbstständig entwickelten Idee statt
- Lösungsumsetzung folgt dem Lösungsvorschlag der Hilfestellung

- Lösungsumsetzung erfolgt unter Rückschleifen zur Problemerkundung und Lösungssuche
- Lösungsumsetzung erfolgt unter einem stetigen Optimieren dieser Lösung
- Intensives und wiederholendes Testen, Optimieren und Reflektieren im gesamten Lösungsverlauf, die gegebenenfalls in einem Schrittwechsel auftreten
- Seltenes bis kein Testen, Optimieren oder Reflektieren im Lösungsverlauf

Weitere Faktoren, die während der Ergebnisauswertung auffielen und Einfluss auf das Problemlösen der Proband*innen nehmen könnten:

- Eine konkrete Verknüpfung der Ausgangsgeschichte des Problems mit der Lösungssuche und Lösungsumsetzung führt tendenziell eher dazu, dass Proband*innen das Problem nicht korrekt lösen können (z.B. M2, M19, M25, M26). Entsprechende Proband*innen benutzen durchschnittlich mehr Wörter für ihre mündlichen Antworten im Leitfadeninterview (durchschn. 642 Wörter) und verwenden dabei im Verhältnis häufiger Wörter, die in einem direkten Zusammenhang mit der Ausgangsgeschichte stehen (z.B. „Diebe“, „Panzerknacker“, „Dagobert“; siehe Tabelle 51) (durchschn. 6 Wörter). Anstatt alle Mittel zur Zielerreichung einzubeziehen, liegt der Fokus dieser Proband*innen eher auf dem Umsetzen einer kreativen und fantasievollen Lösung, die die Ausgangsgeschichte fokussiert.
- Eine flexible Lösungsentwicklung führt eher dazu, dass Proband*innen das Problem korrekt lösen. Entsprechende Proband*innen haben keine konkrete Lösungsidee vor Augen und entwickeln diese im Lösungsverlauf (z.B. M8) oder verwerfen Lösungsideen, wenn diese nicht zum gewünschten Ziel führen (z.B. J7, M18).
- Im Gegensatz dazu zeigt sich, dass Proband*innen, die von Beginn an die Umsetzung einer festen Idee hinsichtlich des Bauens eines kreativen und umfangreichen Schutzbaus aus Legosteinen fokussieren, ggf. andere Materialien außer Acht lassen und seltener zu einer korrekten Lösung gelangen (z.B. J1, J22).

Die in Kapitel 8.2 herausgearbeiteten strukturellen Gemeinsamkeiten zwischen den Proband*innen sowie die hier abgeleiteten Eigenschaften der Lösungsverläufe können in gemeinsame, übergeordnete Problemlösekreisläufe übertragen werden.

8.3 Übergeordnete Problemlösevarianten und Problemlösekreisläufe

Auf Grundlage der ausgewerteten Daten in Kapitel 8.1 und 8.2 können drei übergeordnete Lösungsvarianten abgeleitet werden, denen die Proband*innen beim Lösen eines technischen

konstruktionsbasierten Problems nachgehen. Die Lösungsvarianten werden anhand von drei Problemlösekreisläufen dargestellt, die je nach Lösungsvariante unterschiedliche Besonderheiten aufweisen. Alle 24 Proband*innen lassen sich einem der drei Problemlösekreisläufe (bzw. Lösungsvarianten) zuordnen.

8.3.1 Problemlösekreislauf 1

Einer ersten Lösungsvariante können die „Problemerkunder*innen und Lösungssucher*innen“ (Kapitel 8.2.4) sowie die „Lösungssucher*innen und Lösungsumsetzer*innen“ (Kapitel 8.2.5) zugeordnet werden. Diese Lösungsvariante setzt sich aus zwei Hauptphasen zusammen, die in Abbildung 124 grafisch dargestellt werden. In einer ersten Phase setzen sich die Proband*innen mit einer intensiven Problemerkundung (Schritt „Problem erkennen und verstehen“) und Lösungssuche (Schritt „Lösung suchen“) auseinander, was gegebenenfalls unter dem Hinzuziehen einer Hilfestellung erfolgt. Hierbei werden Materialien und mögliche Lösungswege erkundet, die bereits beide Problemräume, „Schutzraum konstruieren“ und „Alarmanlage installieren“, fokussieren sowie deren Verknüpfung. Die beiden Schritte münden dabei wiederholt in der Umsetzung von Teilzielen (Schritt „Lösung umsetzen“). Dementsprechend erfolgen in der ersten Phase des Problemlösekreislaufs ständige Rückschleifen zwischen den Problemlöseschritten „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“.

Der Ablauf der ersten Phase setzt sich solange fort, bis die Proband*innen alle Materialien erkundet haben und entsprechende Teilziele umsetzen konnten. Im Idealfall verbinden sie die einzelnen Teilziele innerhalb der ersten Phase richtig miteinander und können sie in einen sinnvollen Zusammenhang bringen. Anschließend erfolgt der Wechsel in eine zweite Phase. Die Lösungsumsetzung haben die Proband*innen zunächst abgeschlossen und sie wenden sich dem Reflektieren ihrer Lösung zu (Schritt „Lösung reflektieren“). Es folgt ein Optimieren und Testen der eigenen Lösung. Die Problemlöseschritte „Lösung reflektieren“, „Lösung optimieren“ und „Lösung testen“ entwickeln sich zu einem eigenen Kreislauf, der so lange durchlaufen wird, bis die Proband*innen mit ihrer Lösung zufrieden sind oder noch einmal zur ersten Phase zurückkehren, um weitere Lösungswege zu erkunden und umzusetzen sowie anschließend zu reflektieren, zu optimieren und zu testen.

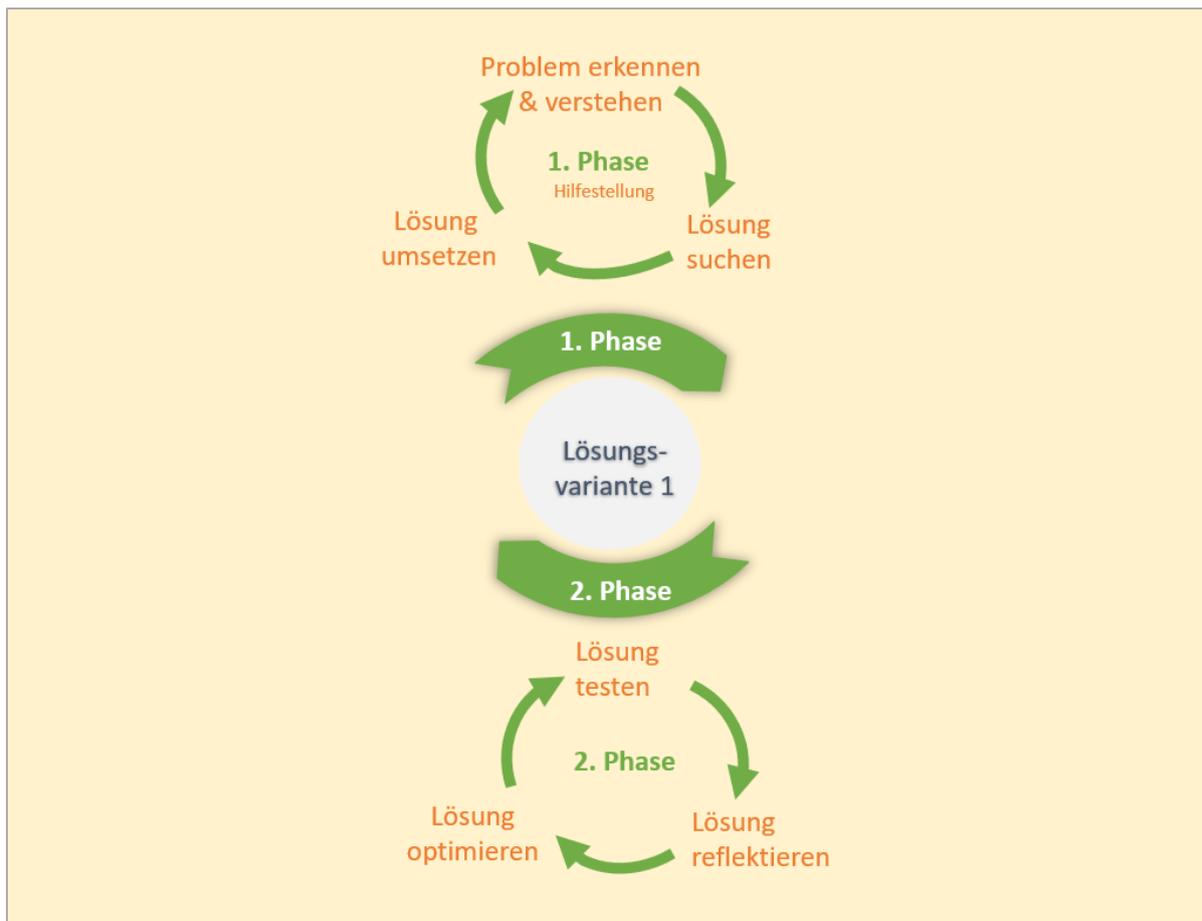


Abbildung 124 Problemlösekreislauf 1

8.3.2 Problemlösekreislauf 2

Unter der zweiten Lösungsvariante können die „Lösungsumsetzer*innen und Lösungssucher*innen“ (Kapitel 8.2.2), „Lösungsumsetzer*innen, Optimierer*innen und anschließenden Lösungssucher*innen“ (Kapitel 8.2.3) sowie „Lösungsoptimierer*innen“ (Kapitel 8.2.6) subsumiert werden. Die zweite Lösungsvariante gliedert sich in vier Phasen, die zum Teil wiederholt und in unterschiedlicher Intensität auftreten (siehe Abbildung 125). In der ersten Phase treffen die Proband*innen auf das Problem und setzen sich mit diesem für eine kurze zeitliche Sequenz auseinander (Schritt „Problem erkennen und verstehen“). Dies erfolgt gegebenenfalls unter dem Hinzuziehen des Schritts „Lösung suchen“. Ein Erkunden der Mittel zur Zielerreichung steht hier jedoch noch nicht im Fokus der Proband*innen. Stattdessen legen sie ihren Fokus insbesondere auf die zweite Phase, in welcher sie sich intensiv mit der Lösungsumsetzung beschäftigen (Schritt „Lösung umsetzen“).

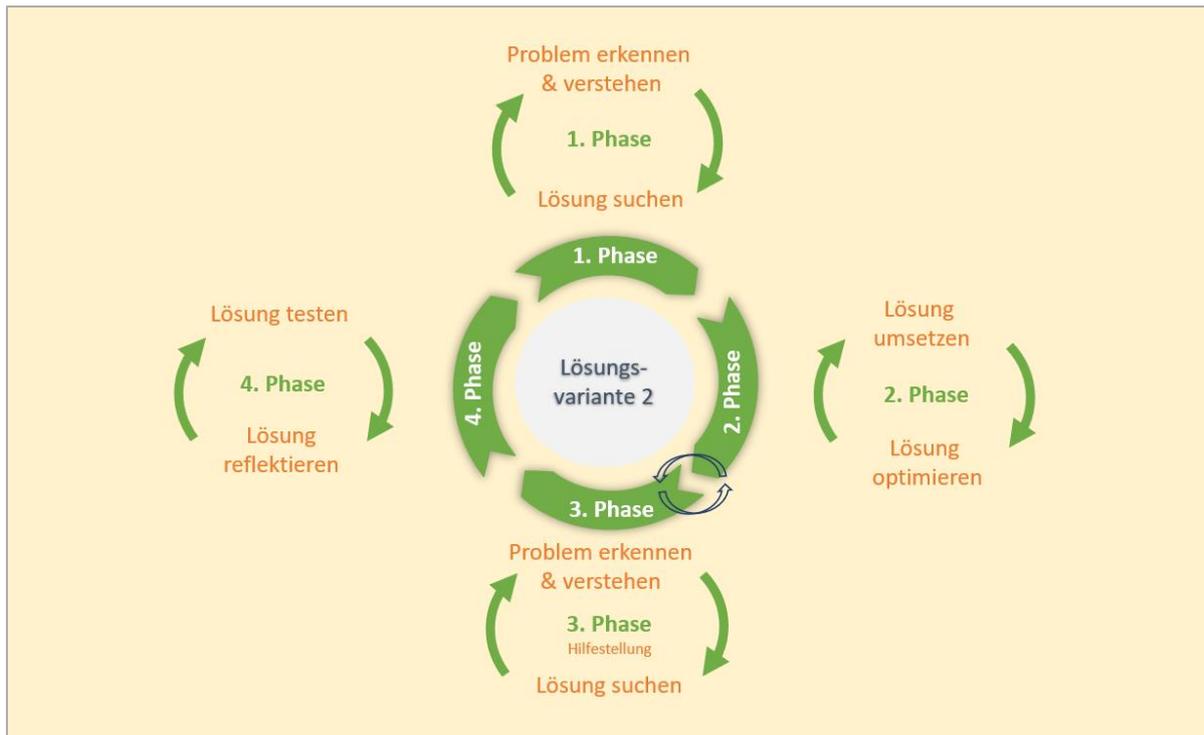


Abbildung 125 Problemlösekreislauf 2

Die Lösungsumsetzung bezieht sich auf die erste Lösungsidee der Proband*innen. Dabei liegt ihr Fokus auf dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“ und die Proband*innen konzentrieren sich auf Materialien, die sie gut kennen (Legobausteine, Goldtaler). In den meisten Fällen widmen sich die Proband*innen hier einem komplexen und kreativen Lösungsansatz, der jedoch nur wenige Mittel zur Zielerreichung einschließt und dabei insbesondere das Konstruieren eines Schutzbaus aus Lego umfasst. Nicht zufriedenstellende Teilaspekte der Lösung werden dabei sofort ausgebessert, weswegen der Schritt „Lösung umsetzen“ im Wechsel mit dem Schritt „Lösung optimieren“ stattfindet. Die Proband*innen gehen in ihrer Lösungsumsetzung auffallend akribisch vor und gehen erst zur dritten Phase über, wenn sie mit der Teillösungen zufrieden sind. In der dritten Phase findet eine Rückschleife zu den Problemlöseschritten „Lösung suchen“ und „Problem erkennen und verstehen“ statt, welche im Wechsel und gegebenenfalls unter dem Hinzuziehen des Schritts „Lösung reflektieren“ und einer zusätzlichen Hilfestellung auftreten. Entscheidend ist, dass die Proband*innen die dritte Phase sehr intensiv durchlaufen. Die Proband*innen setzen sich hierbei mit bis dato unberücksichtigten Materialien erstmals ausführlich auseinander und reflektieren ihre bis dahin umgesetzte Lösung. Der Problemraum „Alarmanlage installieren“ wird zum ersten Mal intensiver betrachtet und eine Verknüpfung zu dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“ hergestellt. Im Anschluss kommt es zu einem Wechsel zwischen der dritten und zweiten Phase. Indem in der dritten Phase idealtypischerweise neue

Erkenntnisse zu den Mitteln zur Zielerreichung gewonnen werden, können die Proband*innen neue Teillösungen umsetzen und miteinander verknüpfen. Gleichzeitig müssen sie gegebenenfalls bereits zuvor erreichte Teillösungen überarbeiten und optimieren. Erst anschließend kommt es in einer vierten Phase zu einem Reflektieren und Testen ihrer umgesetzten Lösung.

8.3.3 Problemlösekreislauf 3

Einer dritten Lösungsvariante können die „Lösungsumsetzer*innen“ (Kapitel 8.2.1) zugeordnet werden. Diese Lösungsvariante besteht aus drei Phasen (siehe Abbildung 126), wobei die ersten beiden Phasen denen der zweiten Lösungsvariante ähneln. In einer ersten Phase findet auch hier eine kurze Problemerkundung (Schritt „Problem erkennen und verstehen“) und Lösungssuche (Schritt „Lösung suchen“) statt. Eine intensive Auseinandersetzung mit den gegebenen Mitteln zur Zielerreichung bleibt jedoch aus.

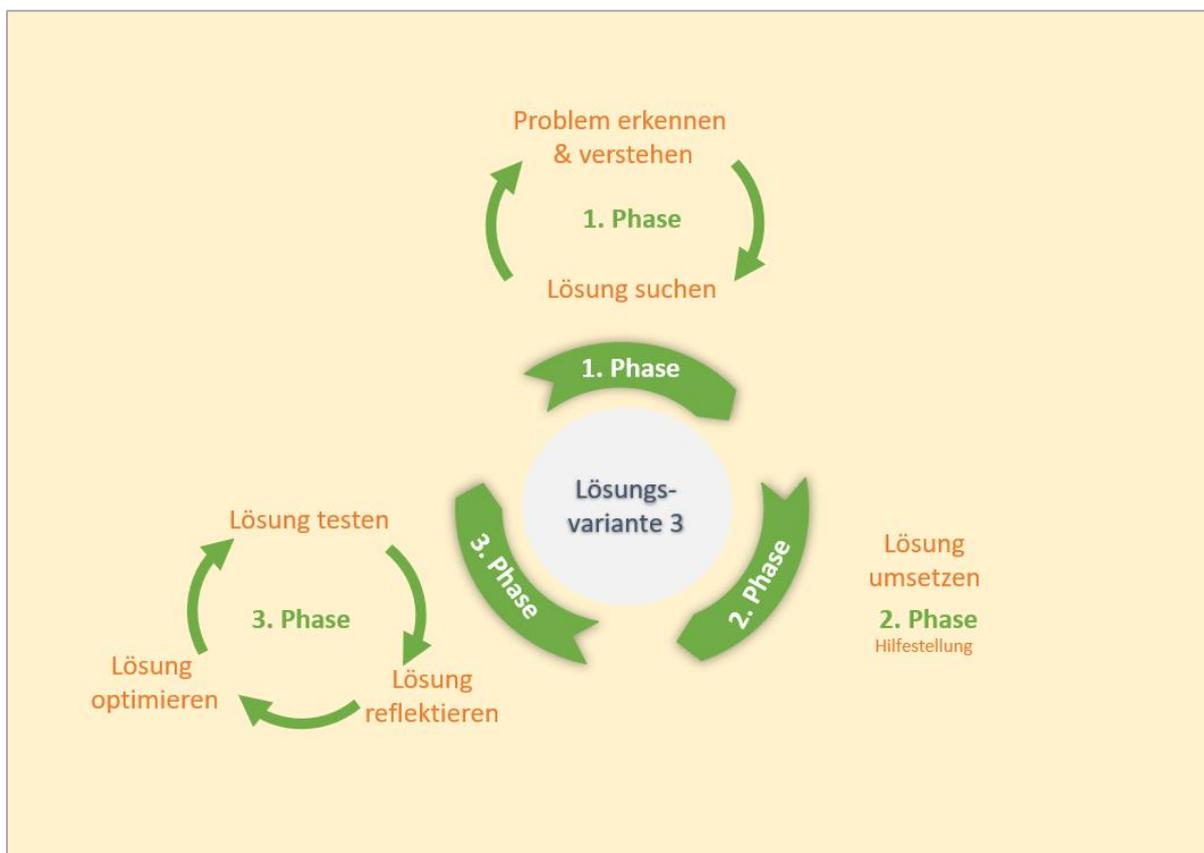


Abbildung 126 Problemlösekreislauf 3

Stattdessen wechseln die Proband*innen schnell in die darauffolgende zweite Phase, die den Fokus im Lösungsverlauf der Proband*innen der dritten Lösungsvariante bildet. Hier findet die Lösungsumsetzung statt, welche sich auf die erste im Leitfadeninterview benannte Lösungsidee der Proband*innen bezieht (Schritt „Lösung umsetzen“). Die Proband*innen integrieren dabei

nur wenige der vorgegebenen Mittel zur Zielerreichung in ihre Lösung. Stattdessen setzen sie eine bereits gedanklich vorgefertigte Lösung um, ohne diese zu reflektieren. Dabei fokussieren sie in den meisten Fällen den Problemraum „Schutzraum konstruieren“. Sie beziehen die Legobausteine und Goldtaler sowie gegebenenfalls die Würfel in ihre Lösungsumsetzung ein, ohne dass die beiden Würfel zuvor erkundet wurden. Dementsprechend verknüpfen sie den Problemraum „Schutzraum konstruieren“ mit dem Problemraum „Alarmanlage installieren“, ohne den letzteren genauer analysiert zu haben. Dabei vereinfacht sich der Großteil der Proband*innen die Problemstellung. Es lassen sich zwei Arten der Problemvereinfachung erkennen:

- Proband*innen interpretieren die Funktionsweise der Materialien (Lichtwürfelsensor, Alarmwürfel, Funktionsweise Alarmanlage) nicht entsprechend der Beschreibung auf dem Aufgabenblatt. So sehen ein Teil der Proband*innen die Würfel als bereits eingeschaltet oder die Alarmanlage als aktiviert an. Ein zweiter Teil der Proband*innen der dritten Lösungsvariante interpretiert die Alarmanlage als einen Bewegungsmelder. Diese Veränderung der Mittel zur Zielerreichung führt dazu, dass sich in dieser Lösungsvariante keiner der Proband*innen im Lösungsverlauf intensiver mit den Schritten „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“ auseinandersetzt. Stattdessen überspringen die Proband*innen wichtige Teillösungen.
- Proband*innen ziehen eine zusätzliche Hilfestellung zum Lösen des Problems kurz nach Beginn des Lösungsverlaufs hinzu. Die Lösung der Hilfestellung wird ohne ein Hinterfragen befolgt und zum Verknüpfen der einzelnen Mittel zur Zielerreichung genutzt. Auch bei diesen Proband*innen findet eine Auseinandersetzung mit den Schritten „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“ kaum statt.

Innerhalb der dritten Phase der Lösungsvariante stehen die Problemlöseschritte „Lösung reflektieren“, „Lösung optimieren“ und „Lösung testen“ miteinander im Wechsel. Eine Rückschleife zur Lösungsumsetzung (Phase 2) findet nun so gut wie nicht mehr statt. Stattdessen werden einzelne Teilaspekte der Lösung kurz reflektiert und gegebenenfalls überarbeitet.

8.3.4 Kapitelzusammenfassung und Fazit

Bei den Problemlösekreisläufen (bzw. Lösungsvarianten) 2 und 3 steht primär die Lösungsumsetzung im Fokus des Problemlösens. Die Proband*innen haben sich ein klares Design bezüglich Schutzraum aus Lego bauen für ihre Lösung überlegt, welches sie umsetzen möchten. Die Lösungsidee oder eine Lösungstendenz ist meist bereits zu Beginn des

Lösungsverlaufs vorhanden. Dies hat zur Folge, dass die Auseinandersetzung mit unbekanntem Mitteln (z.B. Würfeln, App, Funktion Alarmanlage) zur Zielerreichung außer Acht gelassen wird und stattdessen Aspekte der Lösung fokussiert werden, mit denen die Lösung entweder leicht und schnell zu erreichen ist oder besonders ästhetisch umgesetzt werden kann.

Während die Problemlöser*innen der Lösungsvariante 2 an diese Lösungsumsetzung mit einer intensiven Problemerkundung und Lösungssuche fortfahren, verbleiben die Problemlöser*innen der Lösungsvariante 3 in dieser Phase. Entsprechend sind die Proband*innen der Lösungsvariante 2 deutlich erfolgreicher im korrekten Lösen des Problems als die der Lösungsvariante 3. Lediglich Proband*innen aus Lösungsvariante 3, die im Lösungsverlauf eine Hilfestellung hinzuziehen, können das Problem korrekt lösen.

Im Gegensatz zu den Problemlösekreisläufen der Lösungsvarianten 2 und 3 liegt der Fokus von Lösungsvariante 1 von Beginn an auf dem Erkunden der Mittel und Wege zur Zielerreichung (Schritte „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“), die auch unmittelbar umgesetzt werden (Schritt „Lösung umsetzen“). Die Problemlöser*innen dieser Variante entwickeln ihre Lösung aus dem Erkunden und Erproben ihrer Materialien und deren Zusammenspiel heraus. Ein vollständiges Lösungskonzept (Lösungsidee) entwickelt sich bei den Proband*innen größtenteils erst im fortgeschrittenen Lösungsverlauf und wird erst gegen Ende des Lösungsverlaufs ersichtlich.

Auch wenn sich die drei Problemlösekreisläufe in ihrem Ablauf unterscheiden, muss bei allen Modellen auf die situative sowie individuelle Dynamik verwiesen werden, die Einfluss auf das Problemlösen nehmen kann. Abbildung 127 greift diese Dynamik zusammenfassend für alle drei Problemlösemodelle auf. Im Rahmen dieser Studie kann unter dem situativen Aspekt der Problemlösekontext gefasst werden (dargestellt in hellgrün, siehe Abbildung 127), der einen Rahmen für das Problemlösen der Proband*innen bildet. Die zugehörigen Faktoren ergeben sich aus dem Erhebungsinstrument (siehe Kapitel 6) und beinhalten die folgenden vier Faktoren: Handlungsvorgaben (Problemstellung), Handlungsressourcen (materiell, digital, semiotisch), soziale Ressourcen (Interaktionen mit dem/der Beobachter*in/Interviewer*in) sowie spezifische Lösungshilfen im Lösungsverlauf (Schriftliche Anleitung, Bilderanleitung, fertiges Beispiel). Die Auswirkung dieser Faktoren auf den Problemlöseverlauf der Proband*innen wurde bereits in Kapitel 8.1 und 8.2 analysiert und wird im anschließenden Kapitel 9 noch einmal aufgegriffen. Im Gegensatz zu dem situativen Aspekt wird der individuelle Aspekt vom Subjekt, also dem/der Problemlöser*in, bestimmt (dargestellt in hellrot, siehe Abbildung 127). Unter anderen können hier das (Vor-) Wissen, Kompetenzen, Einstellungen, Interessen sowie Erfahrungen Einfluss auf das Problemlösen der Kinder nehmen

(vgl. Kapitel 3). Die Studie fokussiert primär den Problemlösekontext, weshalb entsprechende individuelle Aspekte im Rahmen der Studie nicht im Detail untersucht werden. In der Abbildung 127 wird diesem Einfluss Rechnung getragen, denn der individuellen Dynamik kann bei der Betrachtung des Problemlösens eine hohe Bedeutung zukommen.

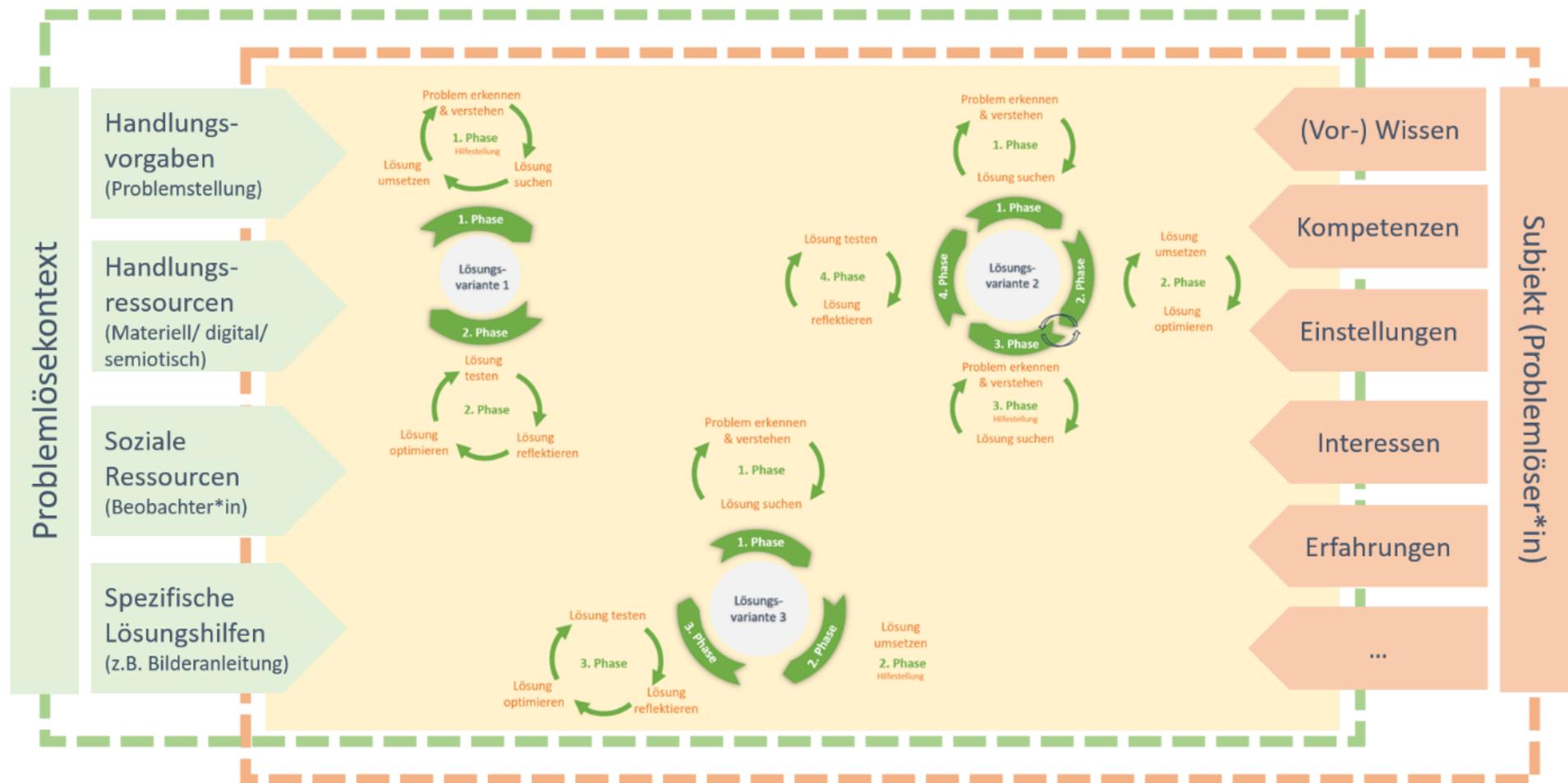


Abbildung 127 Einfluss Problemlösekontext und Subjekt auf die drei Problemlösemodelle

9 Zusammenfassung und Diskussion

Es sollen die relevanten Ergebnisse der Studie zusammengefasst und diskutiert werden. Hierfür werden die zentralen Forschungsfragen der Forschungsarbeit einbezogen und die gewonnenen Ergebnisse in einen Gesamtzusammenhang gebracht. Daran anschließend werden das methodische Vorgehen reflektiert und Grenzen sowie praktische Implikationen der Studie aufgezeigt.

9.1 Analytierte Problemlöseschritte im Lösungsverlauf

Das in dieser Forschungsarbeit eingesetzte qualitative Analyseinstrument ermöglicht eine differenzierte Abbildung des Problemlösens. In den Auswertungen wurden die non-verbale Handlungen der Proband*innen beim selbstständigen Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems in den Fokus gesetzt. Im Lösungsverlauf der Proband*innen konnten sechs Problemlöseschritte sowie ein Zusatzschritt wiederkehrend beobachtet werden:

- Problem erkennen und verstehen,
- Lösung suchen,
- Lösung umsetzen,
- Lösung testen,
- Lösung optimieren,
- Lösung reflektieren und
- Hilfestellung nutzen (Zusatzschritt).

Der Problemlöseschritt „Lösung umsetzen“ nimmt im Lösungsverlauf der Proband*innen mit durchschnittlich 38,6% der codierten Zeit den größten Anteil ein. Es folgen die Schritte „Lösung optimieren“ (17,4%), „Lösung suchen (16,9%) und „Problem erkennen und verstehen“ (16,3%). Am wenigsten Zeit nehmen die Schritte „Hilfestellung nutzen“ (4,7%), „Lösung reflektieren“ (2,1%) und „Lösung testen“ (1,8%) ein (siehe Kapitel 8.1.3).

Den oben aufgeführten Problemlöseschritten können größtenteils bestimmte Merkmale zugeordnet werden (sog. Subkategorien und Unterkategorien), die den Lösungsverlauf der Proband*innen charakterisieren. Diese Subkategorien und Unterkategorien umfassen nonverbale Handlungen und sprachliche Äußerungen, die den jeweiligen Problemlöseschritten und Zusatzschritten (Hauptkategorien) zugeordnet werden. Sie unterstützen damit ein regelgeleitetes und detailliertes Kategorisieren des Lösungsverhaltens der Proband*innen. Im Folgenden werden die sieben Hauptkategorien und entsprechende Sub- und Unterkategorien zusammengefasst und diskutiert. Es soll beantwortet werden, *welche Problemlöseschritte neun-*

und zehnjährige Kinder beim Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems durchlaufen (Forschungsfrage 1.1).

Der Problemlöseschritt **„Problem erkunden und verstehen“** bildet im Rahmen der hier vorgestellten Erhebung den Einstieg in das Problem, denn hier setzen sich die Proband*innen zum ersten Mal mit der Problemstellung auseinander. Dem Schritt „Problem erkennen und verstehen“ können mit sechs Subkategorien die meisten Subkategorien zugeordnet werden. Diese beinhalten die Informationsrecherche (Subkategorien „Lesen Aufgabenstellung“, „Wiederholtes Lesen Aufgabenstellung“), das erste Verknüpfen der Materialien mit der Problemstellung (Subkategorie „Überblick verschaffen“) sowie verfahrensmäßige Überlegungen, wenn Materialien oder Teillösungen im Lösungsprozess genauer betrachtet werden (Subkategorie „Innehalten“). Außerdem gehört die mündliche Formulierung des Problems zum Schritt „Problem erkennen und verstehen“ (Subkategorie „Problem formulieren“). Ein Vergleich der sechs Subkategorien zeigt, dass besonders häufig die Subkategorien „Lesen der Aufgabenstellung“ und „Wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung“ innerhalb einer Problemerkundung auftreten. Elf der 24 Proband*innen liegen beim ersten Lesen der Aufgabenstellung über der durchschnittlichen Lesezeit von 78 Sekunden (z.B. J5, M8, J13). Gleichzeitig zeigt sich keine Übereinstimmung darin, dass Proband*innen, die sich verhältnismäßig lange einen ersten Überblick über die Materialien verschaffen (Subkategorie „Überblick verschaffen“), auch viel Zeit für das Lesen der Aufgabenstellung nehmen. Stattdessen findet die erste Auseinandersetzung der Proband*innen mit dem Problem entweder mit dem Überblick über die Materialien oder dem Lesen der Aufgabenstellung statt. Im weiteren Lösungsverlauf zeigt sich, dass ein wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung bei 13 Proband*innen überdurchschnittlich viel Zeit in Anspruch nimmt (z.B. M11, M18, J20). Dabei lesen vor allem Proband*innen die Aufgabenstellung wiederholt, die sich zu Beginn wenig mit der Aufgabenstellung beschäftigen. Überdies nehmen sich 11 der 24 Proband*innen im Lösungsverlauf überdurchschnittlich viel Zeit für ein Überdenken ihres Vorgehens (Subkategorie „Innehalten“) (z.B. M4, M21, J23).

Dem Problemlöseschritt **„Lösung suchen“** können zwei Subkategorien und drei Unterkategorien zugeordnet werden. Die Subkategorien fokussieren zum einen das Formulieren einer Lösungsidee (Subkategorie „Lösung formulieren“) und zum anderen die Suche nach Lösungswegen und der Erprobung der zur Verfügung stehenden Materialien (Subkategorie „Material/Lösungsweg erkunden“). Die Subkategorie „Lösung formulieren“ wurde zusätzlich in die Unterkategorien „Genaue Lösungsidee“, „Ungenau Lösungsidee“ und „Keine Lösungsidee“ untergliedert, um auswerten zu können, inwieweit sich (k)eine

vorhandene Lösungsidee auf den weiteren Lösungsverlauf auswirkt. Die Auswertungen deuten darauf hin, dass insbesondere Proband*innen die keine erste Lösungsidee nennen können, das zur Verfügung stehende Material im Lösungsverlauf auffallend lange und intensiv erkunden (z.B. M8). Nur ein kleiner Teil der Proband*innen, der keine erste Lösungsidee benennen kann, greift im Anschluss sofort zu einer Hilfestellung (z.B. J23). Des Weiteren tritt der Problemlöseschritt „Lösung suchen“ im Lösungsverlauf häufig in Verbindung mit dem Problemlöseschritt „Problem erkennen und verstehen“ auf. Es zeigt sich, dass bei einem Großteil der Stichprobe oftmals ein intensives Erkunden der Materialien und möglicher Lösungswege in Verbindung mit einem langen und wiederholten Lesen der Aufgabenstellung erfolgt.

Auch der Problemlöseschritt **„Lösung umsetzen“** weist mehrere Subkategorien auf. Hierzu zählt zum einen die Verwirklichung eines ersten oder zweiten Lösungskonzepts (Subkategorien „Lösungskonzept (L1) verwirklichen“, „Lösungskonzept (L2) verwirklichen“). Zum anderen bezieht der Schritt das Pausieren und Wiederherstellen von einzelnen Teillösungen mit ein (Subkategorien „Pausieren (korrekter) Lösung“, „Wiederherstellen (korrekter) Lösung“). Hinsichtlich der Lösungsumsetzung nehmen sich die Proband*innen am meisten Zeit für das Bauen mit Legosteinen und das Umsetzen zugehöriger Teillösungen (z.B. Goldposition oder Würfelposition im Schutzbau lokalisieren). Dies hängt damit zusammen, dass den Proband*innen Legosteine als Material sichtlich bekannt und sie in deren Handhabung geübt sind. Des Weiteren zeigt sich bereits bei der Nennung einer ersten Lösungsidee, dass ein Großteil der Proband*innen das Material kreativ in ihre Lösung einbetten möchte und bei ihnen das Konstruieren deutlich im Fokus steht. Die umgesetzten Lösungen am Ende des Lösungsverlaufs zeigen, dass für mindestens acht der 24 Proband*innen das Aussehen ihrer Schutzbau-Konstruktion aus Legosteinen von besonderer Bedeutung ist. Hierzu zählen die Form des Schutzbaus und eingebaute Elemente (z.B. J1, J5, M6, J9) sowie die Farbauswahl für den Schutzbau (z.B. M2, J5, J9). Die Umsetzung weiterer Teillösungen (z.B. Würfel, App) erfolgt hingegen in kurzen Zeitsequenzen und schnellen Abläufen, die gegebenenfalls mit langen Phasen der Problemerkundung und Lösungssuche einhergehen.

Ein weiterer Problemlöseschritt, der aus mehreren Subkategorien besteht, ist **„Lösung testen“**. Hier gliedert sich der Schritt in das Testen der Gesamtlösung (Subkategorie „Gesamtlösung testen“) und das Testen von Teillösungen (Subkategorie „Zwischenschritt testen“). Letzteres bezieht sich insbesondere auf das Überprüfen von Teillösungen, die den Schutzbau aus Lego betreffen. Während das Testen von Teillösungen zur optischen Verbesserung oder Stabilität der

Lösung führt, trägt ein Testen der Gesamtlösung zum erfolgreichen und korrekten Lösen des Problems bei.

Die Problemlöseschritte „Lösung optimieren“ und „Lösung reflektieren“, weisen keine zusätzlichen Unterteilungen in Subkategorien auf. Der Problemlöseschritt **„Lösung optimieren“** tritt im Lösungsverlauf der Proband*innen in Erscheinung, wenn die bestehende Lösung überarbeitet und verbessert wird. Der Schritt **„Lösung reflektieren“** kann im Lösungsverlauf der Proband*innen beobachtet werden, wenn die eigene Lösung oder Teillösungen betrachtet und ihre Legitimation von den Problemlöser*innen eingeschätzt wird. Des Weiteren fließt das abschließende Leitfadinterview in die Reflektion ein. Hier werden die fertigen Lösungen von den Proband*innen eingeschätzt und gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge formuliert.

Da die Proband*innen die Möglichkeit hatten im Lösungsverlauf eine Hilfestellung hinzuzuziehen, wurde in die Auswertung außerdem der Zusatzschritt **„Hilfestellung nutzen“** (Hauptkategorie) miteinbezogen und ausgewertet. Die Kategorie „Hilfestellung nutzen“ setzt sich aus den Subkategorien „Schriftliche Anleitung“, „Bilderanleitung“ und „Fertiges Beispiel“ zusammen. Entscheiden sich Proband*innen für eine Hilfestellung, bekommen sie dadurch zusätzliche Informationen zum Lösen des Problems bereitgestellt. Eine Hilfestellung wurde von 13 Proband*innen zur Unterstützung hinzugezogen (z.B. J3, M4, J14). Es können drei Tendenzen für deren Einsatz festgehalten werden: (1) eine Hilfestellung wird hinzugezogen, um die eigene Lösung mit der Hilfestellung zu vergleichen und die eigene Lösung ggf. anzugleichen, (2) eine Hilfestellung wird hinzugezogen, um Unterstützung bei der Umsetzung einer Teillösung zu erhalten (z.B. Nutzung App), und (3) eine Hilfestellung wird von Beginn des Lösungsverlaufs an gewählt, um das Problem mit ihrer Hilfe zu lösen. Vergleichsweise am häufigsten wurde die Hilfestellung für die Absicherung der eigenen Lösung eingesetzt (Tendenz 1).

9.2 Vergleich der analysierten Problemlöseschritte mit dem theoretischen Modell

Die in der vorliegenden Erhebung analysierten sechs Problemlöseschritte liegen dem theoretischen Problemlösemodell von Graube und Mammes (2016) zu Grunde, welches für die natur- und technikwissenschaftliche Bildung in den Klassenstufen 5 und 6 entwickelt, und für die Studie als Arbeitsmodell genutzt wurde. Entsprechend wurden im Rahmen der Datenauswertung für die vorliegende Stichprobe von Kindern zwischen neun und zehn Jahren die Inhalte überarbeitet, angepasst oder erweitert (vgl. Kapitel 7).

Die Auswertung der Daten zeigt, dass sich die Problemlöseschritte des theoretischen Modells grundlegend in den Problemlöseverläufen der Proband*innen wiederfinden, jedoch können zwei Unterschiede zwischen dem theoretischen Problemlösemodell und den empirisch gewonnenen Erkenntnissen aus der Stichprobe festgehalten werden. Diese betreffen (1) die Erscheinungsform der Problemlöseschritte im Lösungsverlauf und (2) die Abfolge der Problemlöseschritte im Lösungsverlauf. Um die Frage „*Welche Problemlöseschritte durchlaufen neun- und zehnjährige Kinder beim Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems?*“ (Forschungsfrage 1.1) umfassend beantworten zu können, sollen diese Unterschiede nun genauer diskutiert werden. Um nachzuvollziehen, inwieweit sich das theoretische Problemlösemodell von Graube und Mammes (2016) vom Problemlösen der Stichprobe unterscheidet, können die Abbildung 128 und die Abbildung 129 hinzugezogen und einander gegenübergestellt werden. In Abbildung 128 wird ein stilisierter Lösungsverlauf nach den Problemlöseschritten des theoretischen Modells von Graube und Mammes skizziert. Für die Dauer der Problemlöseschritte wurde hierbei die durchschnittliche Bearbeitungszeit der gesamten Stichprobe für den jeweiligen Problemlöseschritt herangezogen. Zum Vergleich bildet Abbildung 129 exemplarisch den Lösungsverlauf von Probandin M25 anhand der im Rahmen der Erhebung entwickelten und abgeleiteten Problemlöseschritte ab. Dadurch wird beispielhaft ein direkter Vergleich zwischen dem theoretischen Modell und dem aus der Erhebung abgeleiteten Lösungsverlauf möglich.

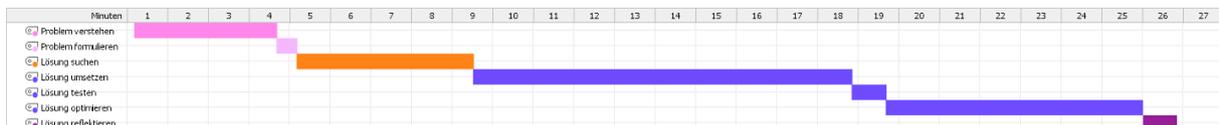


Abbildung 128 Theoretischer Problemlöseverlauf (eigene Darstellung)

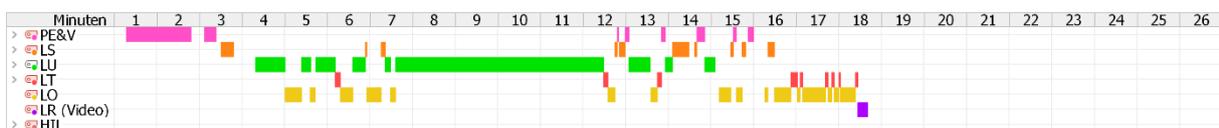


Abbildung 129 Lösungsverlauf Proband*in M26 (Vergleichsbeispiel aus der vorliegenden Studie)

Erscheinungsform der Problemlöseschritte im Lösungsverlauf

Die Datenauswertung und -interpretation zeigt, dass sich die Erscheinungsform der Problemlöseschritte in den Problemlöseverläufen der Proband*innen von dem theoretischen Arbeitsmodell abhebt. Das betrifft zum einen die Schritte „Problem erkennen“ und „Problem formulieren“ des theoretischen Problemlösekreislaufs (siehe Kapitel 4.5). Sie können innerhalb dieser Studie als ein gemeinsamer Problemlöseschritt „Problem erkennen und verstehen“ zusammengefasst werden. Da die Problemformulierung nur einen geringen Zeitanteil des Problemlöseverlaufs einnimmt und unmittelbar zum Erkennen und Verstehen des Problems

beiträgt, wurde die Problemformulierung als Subkategorie in diesen Schritt integriert. Somit bildet das Formulieren des Problems ein Merkmal des Schritts „Problem erkennen und verstehen“.

Zum anderen zeigen die Forschungsergebnisse, dass Problemlöseschritte die im theoretischen Modell als eine Schrittabfolge zusammengefasst dargestellt werden, im Lösungsverlauf der Proband*innen unabhängig voneinander auftreten können. Dazu zählt der Problemlöseschritt „Lösung umsetzen, testen und optimieren“ des theoretischen Modells von Graube und Mammes (2016). Im theoretischen Modell werden die einzelnen Handlungen als eine verbundene Schrittfolge aufgefasst, die in einem unmittelbaren Zusammenhang auftritt (vgl. Kapitel 4.3.2). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass die Schritte „Lösung umsetzen“, „Lösung testen“ und „Lösung optimieren“ im Lösungsverlauf von neun- und zehnjährigen Kindern einzeln und ohne Bezug zueinander auftreten können, weswegen sie in den Problemlösekreisläufen separat dargestellt werden (siehe Kapitel 8.3 sowie beispielhaft Abbildung 129).

Abfolge der Problemlöseschritte im Lösungsverlauf

Die in der Literatur vorherrschenden theoretischen Problemlösemodelle haben typischerweise das Ziel Problemlösen anhand eines stilisierten Problemlösemusters möglichst universal darzustellen (siehe Kapitel 4.4). Dementsprechend zeigt auch das Modell von Graube und Mammes (2016) das technische Problemlösen anhand sequenziell ablaufender übergeordneter Problemlöseschritte. Zwar wird darauf verwiesen, dass der Ablauf als ein Prozess anzusehen ist, in dem Rückschritte zu vorherigen Phasen möglich sind, im Modell wird jedoch nicht spezifisch darauf eingegangen, inwieweit diese Rückschritte stattfinden können. Dementsprechend wird ein idealtypischer Lösungsverlauf abgebildet. Innerhalb des hier vorgestellten Problemlösesettings konnte gezeigt werden, dass sich die Abfolge der theoretischen Schritte im Lösungsverlauf der neun- und zehnjährigen Kinder nur bedingt wiederfindet. Die Kinder gehen beim Lösen des Problems individuell vor (siehe Kapitel 8.2), denn sie legen ihren Schwerpunkt im Problemlösen auf unterschiedliche Problemlöseschritte (z.B. Lösungssuche, Lösungsumsetzung oder Lösungsoptimierung) und überspringen gegebenenfalls einzelne Problemlöseschritte oder ziehen sie erst später hinzu (z.B. nachdem eine Hilfestellung verwendet wird). Außerdem zeigt sich, dass die Proband*innen in unterschiedlicher Intensität und Häufigkeit zu bereits durchlaufenen Problemlöseschritten zurückkehren (z.B. „Problem erkennen und verstehen“ oder „Lösung suchen“; siehe Abbildung 129). Ein einheitlicher Ablauf im Problemlösen der 24 Kinder ist somit nicht erkennbar. Daher wurde das genutzte Arbeitsmodell von Graube und Mammes entsprechend der Ergebnisse zur

vorliegenden Stichprobe weiterentwickelt. Auf Grundlage der Erhebung lassen sich drei übergeordnete Problemlösekreisläufe ableiten, die die wesentlichen Problemlöseaspekte der neun- und zehnjährigen Kinder zusammenfassen (siehe Kapitel 8.3 und 9.4). Alle 24 Proband*innen lassen sich einem dieser drei Kreisläufe zuordnen. Dabei gilt anzumerken, dass auch innerhalb dieser Kreisläufe Abweichungen zwischen den Proband*innen auftreten können.

Schlussfolgernd verläuft das Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems sehr differenziert, was theoretische Modelle oftmals nicht abbilden. Für einen geeigneten Praxistransfer müssen technische Problemlösemodelle entsprechend spezifiziert werden, damit das Problemlösen in technische Lern- und Lehrsituationen eingebettet werden kann. Dabei muss insbesondere Pädagog*innen und Lehrenden bewusst sein, dass ein einheitliches Vorgehen beim Lösen technischer Probleme nicht möglich und infolgedessen nicht zielführend ist.

9.3 Merkmale für ein (weniger) erfolgreiches Problemlösen

Im Rahmen der Forschungsstudie wurde das technische konstruktionsbasierte Problem von den Proband*innen als korrekt gelöst gewertet, wenn ein/e Proband*in alle zur Verfügung stehenden Materialien deren Zweck entsprechend verwendet und in seine/ihre Lösung einbindet (siehe Kapitel 6.2). Anhand der Ergebnisauswertung können dabei Merkmale abgeleitet werden, die Auswirkungen auf ein korrektes bzw. nicht korrektes Lösen des Problems haben. Die Auswertung und Interpretation der Daten trägt zur Beantwortung der Forschungsfragen *„Inwieweit und in welcher Abfolge implementieren neun- und zehnjährige Kinder systematisch Problemlöseschritte in ihren Lösungsverlauf?“* (Forschungsfrage 1.2) und *„Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede finden sich im Lösungsverlauf von neun- und zehnjährigen Kindern wieder?“* (Forschungsfrage 1.3) bei.

9.3.1 Bearbeitungszeit und Schrittfolgen

Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass Proband*innen mit einer Gesamtbearbeitungszeit nahe am Durchschnitt (z.B. Proband*innen M12, J22) oder über dem Durchschnitt (z.B. Proband*innen J7, M8, J9, M11, M16, M18, M21) das Problem eher erfolgreich lösen können. Dies hängt damit zusammen, dass diese Kinder sich mehr Zeit nehmen, das Problem und die Materialien zu erkunden und nach einem passenden Lösungsweg zu suchen.

Des Weiteren zeigt sich, dass innerhalb der Lösungsverläufe dieser Proband*innen beobachtbare Problemlöseschritte selten separiert voneinander auftreten. Stattdessen finden die Problemlöseschritte oftmals in einem schnellen und häufigen Wechsel statt. Proband*innen, bei

denen ein schneller und häufiger Wechsel zwischen den einzelnen Problemlöseschritten auftritt, können dabei das Problem eher korrekt lösen, als Proband*innen, bei denen die Lösungsschritte deutlich separiert voneinander und in langen zeitlichen Sequenzen zu beobachten sind. Ein schneller und häufiger bzw. intensiver Wechsel in Form von Rückschleifen zwischen Problemlöseschritten findet insbesondere bei den folgenden drei Schritt-Wechsel-Kombinationen statt: (1) „Lösung suchen“ und „Problem erkennen und verstehen“, (2) „Lösung suchen“ und „Lösung umsetzen“ und (3) „Lösung umsetzen“ und „Lösung optimieren“.

Ein erfolgreiches Lösen des technischen konstruktionsbasierten Problems steht besonders eng mit einer ausführlichen Problemerkundung und Lösungssuche im Zusammenhang. Proband*innen, die sich zu Beginn ihres Lösungsverlaufs ausgiebig mit der Problemerkundung und Lösungssuche auseinandersetzen, können das Problem eher erfolgreich lösen (z.B. M12, M18, J20). Auch ein intensives Erkunden der einzelnen Materialien im weiteren Lösungsverlauf ohne wahrnehmbaren Zeitdruck ist ein Anzeichen dafür, dass Proband*innen das Problem eher richtig lösen. Dabei ist ausschlaggebend, ob sich die Proband*innen auf die ihnen unbekannteren Materialien einlassen (z.B. Anschalten Würfel, Nutzung App, Hell-Dunkel-Funktion Alarmanlage) und sich wiederkehrend mit diesen Materialien auseinandersetzen (z.B. Proband*innen M8, J7, J9).

9.3.2 Flexible Lösungsentwicklung

Die Analyse der Lösungsverläufe lässt darauf schließen, dass eine gewisse Flexibilität hinsichtlich der angestrebten Lösung Einfluss auf ein korrektes Problemlösen nimmt. Dementsprechend lösen Proband*innen das Problem erfolgreicher, wenn sie nicht bedingungslos versuchen ihre erste Lösungsidee umzusetzen, sondern ihre Lösung im Lösungsverlauf weiterentwickeln, überarbeiten oder im Zweifel sogar verwerfen (z.B. Proband*innen J7, M11, M18, M21). Dieses Erfolgskriterium steht entsprechend auch mit einem wiederholten Reflektieren der Lösung bzw. Teillösungen im Lösungsverlauf und dem Optimieren dieser Lösung bzw. Teillösungen in Zusammenhang. Diesbezüglich führt auch ein Testen der Gesamtlösung eher zu einem erfolgreichen Lösen des Problems (z.B. Proband*innen M8, J9, J23). Sollte ein/e Proband*in während des Lösungsverlaufs eine Hilfestellung hinzuziehen, führt auch diese in den meisten Fällen zu einem erfolgreichen Lösen der Problemstellung. Insbesondere wenn die in der Hilfestellung beschriebene oder dargestellte Vorgehensweisen (Schriftliche Anleitung oder Bilderanleitung) chronologisch befolgt und die Anweisungen eingehalten werden, erfolgt ein schnelles und richtiges Umsetzen der Lösung (z.B. Proband*innen M10, J23).

9.3.3 Einsatz einer Hilfestellung

Eine Hilfestellung wurde von 13 Proband*innen im Lösungsverlauf genutzt. Es zeigt sich, dass eine Hilfestellung insbesondere gegen Ende des Lösungsverlaufs von den Proband*innen hinzugezogen wurde (z.B. Proband*innen M4, J5, M16). Die Proband*innen nutzen dabei die Hilfestellung, um sich hinsichtlich ihrer eigenen Lösung rückversichern zu können. Es zeigt sich, dass der Großteil der Proband*innen im Anschluss ihren eigenen Lösungsansatz optimiert und an die Hilfestellung anpasst. Somit können sie das Problem letztendlich korrekt lösen. Außerdem wurde die Hilfestellung insbesondere für die Installation der Alarmanlage herangezogen (z.B. Proband*innen J3, M12, M21). Dies lässt vermuten, dass die Alarmanlage das am schwierigsten einzusetzende Material innerhalb der Problemlösebearbeitung darstellt. Die Proband*innen hatten Schwierigkeiten die Alarmanlage in der App richtig zu verknüpfen und ihre Hell-Dunkel-Funktion nachzuvollziehen.

Mit der Hilfestellung konnten zehn der 13 Proband*innen das Problem korrekt lösen. Die drei Proband*innen, die mit Hilfestellung zu keiner korrekten Lösung gelangten, installierten oder benutzten die Alarmanlage nicht richtig (Proband*innen J3, J5, J14). J3 und J14 kommen mit der Verknüpfung der Alarmanlage in der App nicht voran. Während J3 das Material daher nicht weiter für seine Lösung einsetzt, versucht J14 eine Alternative Lösung für die Würfelsymbole in der App umzusetzen. J5 kann die Alarmanlage zwar richtig installieren, ignoriert jedoch den Aspekt ihrer Hell-Dunkel-Funktion bzw. versteht diesen nicht.

9.3.4 Alternative Lösungswege und verschobener Fokus

Insgesamt neun der 24 Proband*innen erkennen oder verstehen die Funktion der zur Verfügung stehenden Materialien und Hilfsmittel zur Zielerreichung nicht, setzen sie stattdessen alternativ ein oder ignorieren sie vollständig und gelangen dennoch zu einer Lösung (Proband*innen M2, J5, M6, J13, J14, M19, J20, M25, M26). Diese alternativen Lösungswege beziehen sich auf den Problemraum „Alarmanlage installieren“ und fokussieren daher insbesondere die Aktivierung und Funktionsweise der Alarmanlage. Es lassen sich vier Varianten feststellen, nach denen die neun Proband*innen die zugehörigen Materialien nutzen bzw. umfunktionieren.

Eine erste Variante umfasst das Übergehen von Teilzielen, indem die Proband*innen die beiden Würfel als von vornherein angeschaltet und verbunden ansehen (Proband*innen J13, M19, M25). Während J13 und M19 die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage grundsätzlich verstehen und die Würfel richtig im abgedunkelten Schutzraum positionieren, versteht M25 die Hell-Dunkel-Funktion nicht. Keiner der drei Proband*innen überprüft demnach, ob die Alarmanlage einsatzbereit ist.

In einer zweiten Variante interpretieren die Proband*innen die Alarmanlage fälschlicherweise als einen Bewegungsmelder (Probandinnen M2 und M6). Entsprechend gehen M2 und M6 davon aus, dass die Alarmanlage anschlägt, sobald sich Diebe dem Schutzbau nähern. Von den beiden Probandinnen aktiviert nur M6 die Alarmanlage.

Eine dritte Variante gestaltet sich so aus, dass die Alarmanlage manuell verknüpft werden soll, sobald Diebe versuchen in den Schutzraum einzubrechen (Proband*innen J5, J20, M26). Der Schutzbau soll hierbei von einer außenstehenden Person überwacht werden, welche die aktiven Würfelsymbole in der App verbindet, sobald sich Diebe dem Schutzbau nähern.

In einer vierten Variante gelingt es den Proband*innen nicht die beiden Würfelsymbole in der App richtig miteinander zu verbinden (Proband J14). Stattdessen verbindet J14 beliebige Würfelsymbole in der App miteinander. Alle neun Proband*innen können im Lösungsverlauf eine Lösung für das Problem entwickeln.

Da keiner der Proband*innen die Hell-Dunkel-Funktion der Alarmanlage richtig einsetzt, weichen die Lösungen jedoch von den als korrekt gewerteten möglichen Lösungsvarianten ab (siehe Kapitel 6.1). Da die neun Proband*innen wichtige Teillösungen überspringen, ist festzustellen, dass sie im Durchschnitt eine kürzere Bearbeitungszeit als der Rest der Stichprobe benötigen. Außerdem steht bei ihnen eine kreative Lösungsumsetzung hinsichtlich Form, Farbe oder dem grundsätzlichen Konzept ihres Schutzraums aus Lego im persönlichen Fokus (z.B. M2, J5, M6, J14). Um eine Lösung zu erreichen, zweckentfremden die Proband*innen die verbleibenden Mittel zur Zielerreichung (Installation Alarmanlage), sodass sie in ihr alternatives Lösungskonzept integriert werden können.

9.3.5 Bezug zur Ausgangsgeschichte

Ein weiteres Merkmal das Auswirkungen auf den Lösungsverlauf haben könnte, ist die Ausgangsgeschichte für das Problem. Das bedeutet, dass Proband*innen beim Erklären ihrer Lösungsidee sowie dem Beschreiben ihrer umgesetzten Lösung im Rahmen des durchgeführten Leitfadeninterviews häufiger Worte aus der Storyline verwenden. Darunter fallen zum Beispiel die Worte „Diebe“, „Dagobert Duck“, „Panzerknacker“ oder „Bank“ (siehe Tabelle 51).

Die Ergebnisauswertung lässt vermuten, dass Proband*innen, die das Problem nicht korrekt lösen konnten durchschnittlich mehr Wörter für die Beantwortung der Fragen im Leitfadeninterview verwendeten. Hierbei beziehen entsprechende Proband*innen eher die Ausgangsgeschichte konkret in ihre formulierte erste Lösungsidee sowie in die Beschreibung der letztendlich umgesetzten Lösung ein (z.B. Proband*innen M25, M26, vgl. Kapitel 8.2.1). Im Gegensatz dazu beziehen Proband*innen, die das Problem korrekt lösen konnten, die Ausgangsgeschichte nur in Maßen in ihre erste Ideenfindung und spätere Lösungsbeschreibung

mit ein. Unter Einbezug der letztendlich erreichten Lösungen kann abgeleitet werden, dass Proband*innen, welche die Ausgangsgeschichte vermutlich durchgehend in ihrer Lösungsentwicklung und -umsetzung berücksichtigen, das Problem seltener korrekt lösen können und stattdessen eine kreative und fantasievolle Lösung umsetzen, die nicht mit der als korrekt gewerteten Lösung übereinstimmt (z.B. J1, M2, J5, M6). Ein Loslösen von der Ausgangsgeschichte im weiteren Lösungsverlauf scheint hingegen eher dazu zu führen, dass Proband*innen beim Problemlösen analytischer und abstrakter vorgehen und alle Materialien für die Lösung berücksichtigen. Sie verfolgen dabei eine eher praktische und effiziente Lösung, die zum korrekten Lösen des Problems führt. Das Einbeziehen der Ausgangsgeschichte in den Lösungsverlauf kann entsprechend Einfluss auf die Lösungsfindung nehmen und dazu führen, dass wichtige Mittel zur Zielerreichung nicht ausreichend berücksichtigt werden. Es bedarf jedoch weiterer Untersuchungen und spezifischer Analysen, um die dargelegte Vermutung bestätigen zu können.

9.4 Analyse von Mustern im Lösungsverlauf

Aus den Verläufen der 24 Proband*innen beim Lösen des technischen konstruktionsbasierten Problems können drei Lösungsvarianten abgeleitet werden. Die Ergebnisauswertung trägt damit zur Beantwortung der Forschungsfrage 1.2, *„Inwieweit und in welcher Abfolge implementieren neun- und zehnjährige Kinder systematisch Problemlöseschritte in ihren Lösungsverlauf?“*, und Forschungsfrage 1.3, *„Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede finden sich im Lösungsverlauf von neun- und zehnjährigen Kindern wieder?“*, bei.

Lösungsvariante 1: Fokus Problemerkundung und Lösungssuche

Die erste Lösungsvariante weist Parallelen zum theoretischen technischen Problemlösekreislauf nach Graube und Mammes (2016) auf. Bei dieser Lösungsvariante liegt der Fokus des Problemlöseverfahrens auf einer bedachten und intensiven Problemerkundung und Lösungssuche, in welcher sich Proband*innen vor allem mit ihnen unbekanntem Material auseinandersetzen. Durch Rückschleifen zu den Problemlöseschritten „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“ entwickeln sie eine Lösung, die sie umsetzen (Schritt „Lösung umsetzen“). Dabei setzen sich die Proband*innen nicht nur mit dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“ auseinander, sondern fokussieren insbesondere den Problemraum „Alarmanlage installieren“ und verknüpfen die beiden Problemräume miteinander (vgl. Kapitel 8.3.1). Die Proband*innen, die sich Lösungsvariante 1 zuordnen lassen, erkunden die Mittel zur Zielerreichung (Materialien) im Lösungsverlauf und leiten daraus eine Lösung ab. Das zu Grunde liegende Lösungskonzept entwickeln die Proband*innen entsprechend aus der Problemerkundung und Lösungssuche heraus, weswegen das gesamte Lösungskonzept erst

beim Beenden der Problemlösung für eine/n außenstehende/n Betrachter*in deutlich wird. Auch im Anschluss an die Lösungsumsetzung gehen die Proband*innen überlegt vor, indem sie in mehrfachen Rückschleifen ihre Lösung bzw. Teillösungen testen, reflektieren und gegebenenfalls optimieren. Im Vergleich zum Rest der Stichprobe, beziehen Proband*innen, die der ersten Lösungsvariante zuzuordnen sind, am ehesten alle abgeleiteten Problemlöseschritte in ihren Lösungsverlauf ein.

Lösungsvariante 2 und 3: Fokus Lösungsumsetzung

Bei der zweiten und dritten Lösungsvariante liegt der zentrale Fokus des Problemlöseverfahrens auf der Lösungsumsetzung (Schritt „Lösung umsetzen“). Nach einer kurzen Problemerkundung und ggf. ersten Lösungssuche zu Beginn des Lösungsverlaufs, können die Proband*innen bereits eine Lösungsidee nennen. Die Umsetzung dieser Idee streben die Proband*innen in ihrem Lösungsverlauf an. Die Lösungsidee fokussiert typischerweise den Bau eines Schutzraums, wobei das Material Legobausteine eine zentrale Rolle einnimmt. Hierbei ist den Proband*innen die Umsetzung bezüglich Design und Konstruktion wichtig und sie geben sich Mühe eine Lösung entsprechend ihrer bestimmten gestalterischen Vorstellung umzusetzen. Grundsätzlich ist bei den Proband*innen zugehörig zu Lösungsvariante 2 und 3 das Umsetzen einer kreativen und gegebenenfalls fantasievollen Lösungsidee zu beobachten. Bei Proband*innen die der Lösungsvariante 3 zugeordnet werden können, findet im gesamten Lösungsverlauf fast keine Problemerkundung und Lösungssuche hinsichtlich Materialien aus dem Problemraum „Alarmanlage installieren“ statt (z.B. App nutzen, Würfel anschalten). Auch ein Testen, Optimieren und Reflektieren der Lösung bleibt bei diesen Proband*innen größtenteils aus (vgl. Kapitel 8.3.3). Im Gegensatz dazu erfolgt bei Proband*innen der Lösungsvariante 2 im Anschluss an die Lösungsumsetzung eine Rückschleife zu den Problemlöseschritten „Problem erkennen und verstehen“ und „Lösung suchen“ (vgl. Kapitel 8.3.2). Hier setzen sie sich intensiv mit Materialien auseinander, die dem Problemraum „Alarmanlage installieren“ zugehörig sind und binden diese anschließend in ihre Lösung ein. Dabei optimieren sie ihre bereits umgesetzte Lösung gegebenenfalls noch einmal. Im Anschluss testen und reflektieren die Proband*innen der Lösungsvariante 2 ihre Lösung.

Der Großteil der Stichprobe ist der zweiten Lösungsvariante zuzuordnen (11 Proband*innen). Es folgen Lösungsvariante 1 und anschließend Lösungsvariante 3. Proband*innen, die sich der Lösungsvariante 1 und 2 zuordnen lassen, lösen das Problem dabei eher korrekt, als Proband*innen, die der Lösungsvariante 3 zugehörig sind.

9.5 Geschlechterunterschiede im technischen konstruktionsbasierten Problemlösen
Die Ergebnisauswertung lässt Unterschiede im Lösungsverlauf der weiblichen und männlichen Proband*innen vermuten. Die Ergebnisse tragen zur Beantwortung der Frage bei, *welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede finden sich im Lösungsverlauf von neun- und zehnjährigen Kindern wieder* (Forschungsfrage 1.3).

Die weiblichen Probandinnen wenden, im Vergleich zu den männlichen Probanden, im Durchschnitt mehr Zeit für das Lösen des Problems auf. Auch bei Wechseln zwischen einzelnen Problemlöseschritten zeichnen sich Unterschiede zwischen den Geschlechtern ab. Ein erhöhter Schrittwechsel zwischen den übergeordneten Problemlöseschritten und eine hohe Codeanzahl (Haupt- und Subkategorien) treten im Lösungsverlauf eher bei den weiblichen Probandinnen auf. Sechs Mädchen und vier Jungen liegen hier bei der Häufigkeit der Schrittwechsel über dem errechneten Durchschnittswert. Hinsichtlich der Anzahl der vergebenen Codes liegen sieben Mädchen und drei Jungen über dem durchschnittlichen Codehäufigkeitswert der gesamten Stichprobe.

Auch beim Formulieren der ersten Lösungsidee werden Unterschiede zwischen den Geschlechtern deutlich. Zwar liegt der Anteil weiblicher Probandinnen, die eine genaue Lösungsidee formulieren können, leicht über dem Anteil der männlichen Probanden, jedoch zeigt sich, dass es vor allem Mädchen sind, die zu Beginn des Lösungsverlaufs keine erste Lösungsidee nennen können. Drei von vier Proband*innen auf die das zutrifft, sind weiblich (Proband*innen M8, M10, M21, J23). Diese drei Mädchen erkunden jedoch anschließend die unterschiedlichen Mittel zur Zielerreichung genauer, bevor sie mit der Lösungsumsetzung beginnen. Im Gegensatz zu ihnen greift der einzige Junge, der keine eigene Lösungsidee nennen kann (J23), sofort zu einer Hilfestellung und nutzt diese für das Lösen des Problems. Keine erste Lösungsidee nennen zu können führt demnach nicht zwangsläufig dazu, dass sich die Proband*innen eine zusätzliche Hilfestellung zur Unterstützung hinzuziehen. Stattdessen führt die fehlende Lösungsidee bei den Mädchen zu einer ausführlicheren Problemerkundung und Lösungssuche, was mitunter bei diesen Probandinnen zu einer längeren Problemlösezeit führt. Ein Vergleich der umgesetzten Lösungen innerhalb der Stichprobe zeigt, dass vor allem die männlichen Probanden die Umsetzung einer kreativen Lösung anstreben. Diese steht im engen Zusammenhang mit dem Bauen mit Legosteinen. Dementsprechend liegt der Fokus der Jungen im Lösungsverlauf schon besonders früh auf der Lösungsumsetzung und nimmt einen hohen zeitlichen Anteil ihrer Bearbeitungszeit ein. Während Jungen ihre Lösung selten optimieren, ist bei den Mädchen oftmals ein intensives Optimieren ihrer Lösung im Lösungsverlauf zu beobachten. Dies kann damit zusammenhängen, dass die Jungen eher dazu tendieren ihre erste

selbstdefinierte Lösungsidee strikt bis zum Beenden des Lösungsverlaufs umzusetzen. Die Mädchen entwickeln ihre Lösung hingegen vermehrt im Lösungsverlauf und sind aufgeschlossen ihre Lösung zu überarbeiten. Daher ist bei den weiblichen Probandinnen eine erhöhte Tendenz zum intensiven Erkunden ihnen unbekannter Materialien zu verzeichnen. Die Mädchen tendieren eher dazu, das Problem von Beginn an und unter ständigen Rückbezug der Problemlöseschritte „Problem erkunden und verstehen“ sowie „Lösung suchen“ zu lösen (z.B. wiederholtes Lesen der Aufgabenstellung; Erkunden Materialien). Sie setzten sich hierbei mit dem genauen Erkunden und ggf. Umsetzen von Teillösungsschritten hinsichtlich ihnen unbekannter Materialien auseinander. Diese beziehen sich auf den Problemraum „Alarmanlage installieren“ und dem Verknüpfen mit dem Problemraum „Schutzraum konstruieren“ (z.B. Probandinnen M4, M8, M12, M18, M21). Währenddessen kehren die Jungen eher zum Schritt „Lösung suchen“ zurück (z.B. Erkunden Materialien und Lösungswege) und lösen das Problem ohne die zusätzliche Recherche nach Informationen (Schritt „Problem erkennen und verstehen“). Entsprechend der hier aufgeführten geschlechterspezifischen Tendenzen lassen sich eher die Mädchen der abgeleiteten Lösungsvariante 1 zuordnen (siehe Kapitel 8.3). Die Lösungsumsetzung findet hierbei unter dem Hinzuziehen der Problemlöseschritte „Problem erkunden und verstehen“ und „Lösung suchen“ statt. Die weiblichen Probandinnen erkunden die gegebenen Materialien zur Zielerreichung und entwickeln daraus ihr Lösungskonzept, wobei sie dieses immer wieder testen, reflektieren und optimieren. Unterdessen fokussieren die männlichen Probanden eine direkte Lösungsumsetzung und im Anschluss eine erneute Lösungssuche.

9.6 Diskussion des methodischen Vorgehens und Ausblick

Einschlägige Literatur zur Technikbildung verweist darauf, dass eine Auseinandersetzung mit Technik im frühen Bildungsprozessen erforderlich ist, um eine technische Wissensbasis aufzubauen (z.B. GDSU, 2013; Mammes & Tuncsoy, 2013; Ziefle et al., 2009). Daher sollten Berührungspunkte mit technischen Frage- und Problemstellungen bereits bei Kindern früh unterstützt werden. Gleichzeitig gibt es wenig Erkenntnisse dazu, wie Kinder im Grundschulalter an ein technisches Problem herantreten und beim Lösen eines Technikproblems vorgehen. Die Studienergebnisse sollen diesem Forschungsdesiderat entsprechen und aufzeigen, inwieweit sich neun- und zehnjährige Kinder mit einem technischen konstruktionsbasierten Problem auseinandersetzen. Dabei sind auf Grenzen der Studie hinsichtlich des methodischen Vorgehens hinzuweisen, die im Folgenden erläutert werden.

9.6.1 Mögliche Grenzen der Studie und Forschungsausblick

Um zu überprüfen, ob die Studienergebnisse zum technischen konstruktionsbasierten Problemlösen von Kindern zwischen neun und zehn Jahren auch mit größeren Stichproben replizieren lassen, ist ein quantitatives Forschungsdesign unerlässlich. Bei der Übertragung in ein quantitatives Setting mit großer Stichprobe ist es zwingend notwendig, die in dieser Studie vorherrschenden Rahmenbedingungen einzuhalten, damit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sichergestellt ist. In diesem Zusammenhang ließe sich feststellen, ob die festgestellten Tendenzen für geschlechterspezifische Unterschiede im Lösen des technischen Problems bestätigt werden (vgl. Kapitel 9.5). Weiterhin wäre es von Interesse in weiterführenden Studien herauszufinden, ob verschiedene Problemlöseszenarien, in Form von einer sachstrukturierten und einer fingierten Problemstellung, den Problemlöseverlauf und die Problemlösung der Proband*innen unterschiedlich beeinflussen (vgl. Kapitel 8.3.4). Nicht zuletzt wäre es von Bedeutung in Untersuchungen mit größerer Stichprobe zu fokussieren, inwieweit Selbstwirksamkeit und Vorerfahrungen auf das technische Problemlösen Einfluss nehmen und ob sich die technische Selbstwirksamkeitsüberzeugung von Kindern durch die Auseinandersetzung mit einem technischen Problem beeinflussen lässt. Schließlich könnten zukünftige Studien validieren, ob sich die drei abgeleiteten Problemlösekreisläufe auch im Problemlösen von Kindern in anderen technischen Problemsituationen wiederfinden. Dafür muss der entwickelte Codierleitfaden auf die Auswertung eines anderen technischen Problems übertragen und die gewonnenen Lösungsmuster miteinander verglichen werden.

9.6.2 Praktische Implikationen der Studie

Die vorgestellte Forschungsarbeit zeigt, dass ein technisches konstruktionsbasiertes Problem von neun- und zehnjährigen Kindern nach individuellen Problemlösemustern gelöst wird. Ein universelles Vorgehen im Problemlösen ist nicht zu erkennen. Des Weiteren bestätigt sich, dass ein technisches Problemlösen auch bei Kindern zyklisch verläuft. Die einzelnen Problemlöseschritte werden im Lösungsverlauf meist wiederholt durchlaufen und treten dabei mehr oder weniger intensiv mit anderen Schritten des Problemlösekreislaufes im Wechsel auf, wobei sie Rückschleifen bilden. Mit diesen Erkenntnissen können die Ergebnisse vorheriger Studien zum technischen Problemlösen von Schüler*innen in weiterführenden Studien grundlegend auch für Kinder im Grundschulalter bestätigt werden (vgl. Hennessy & McCormick, 1994; Mioduser & Kipperman, 2002; Murphy & Hennessy, 2001) (siehe Kapitel 4.4.3).

Ausgehend von den Ergebnissen der vorliegenden Studie ist festzustellen, dass das Lösen eines technischen konstruktionsbasierten Problems von Kindern zwischen neun und zehn Jahren

entlang drei unterschiedlicher Problemlösekreisläufe ablaufen kann. Kinder, die sich dem ersten Problemlösekreislauf zuordnen lassen, verfolgen eine intensive Problemerkundung und Lösungssuche, die miteinander im Wechsel steht und anschließend konsequent in der direkten Umsetzung von (Teil-)Lösungen mündet (vgl. Kapitel 8.3.1 und Kapitel 9.4). Kinder, die dem zweiten Problemlösekreislauf zugehörig sind, zielen auf eine direkte Lösungsumsetzung ab. Eine intensive und vollständige Problemerkundung und Lösungssuche findet erst im Anschluss an diese Lösungsumsetzung statt und es folgt eine Überarbeitung der bereits umgesetzten (Teil-)Lösungen (vgl. Kapitel 8.3.2 und Kapitel 9.4). Auch bei Kindern, die dem dritten Problemlösekreislauf zuzuordnen sind, bildet die Lösungsumsetzung den Fokus im Lösungsverlauf. Eine kreative und fantasievolle Lösung hinsichtlich des Materials Legobausteine wird angestrebt, während andere Mittel zur Zielerreichung fast nicht berücksichtigt werden und eine Problemerkundung und Lösungssuche in ihrem Lösungsverlauf kaum stattfindet (vgl. Kapitel 8.3.3 und Kapitel 9.4). Die Problemlösetypen zwei und drei weisen damit Parallelen zu den Studienergebnissen von Welch (1998) sowie Barlex und Welch (2001) auf, die das technische Problemlösen von Schüler*innen in der Gruppeninteraktion untersuchten (siehe Kapitel 4.4.2).

Im Rahmen der vorliegenden Studie sind alle Kinder als Problemlöser*innen zu erfassen, denn sie können eine Lösung für das technische konstruktionsbasierte Problem finden. Die entwickelten Lösungen können dabei von der, im Rahmen der Studie, als richtig definierten Lösung abweichen und stattdessen alternative Lösungswege umgesetzt haben. Bei entsprechenden Kindern sind kreative und außergewöhnliche Lösungen für das Problem zu erkennen. Dabei steht meist die Konstruktion bzw. das Design der Lösung im Fokus und die Lösungsumsetzung bildet einen zentralen Punkt in ihren Problemlöseverläufen. Entsprechende Lösungen sind vor allem bei Kindern zu finden, die dem dritten Problemlösekreislauf zuzuordnen sind. Kinder, deren Lösungen als korrekt gewertet werden können, sind stattdessen im ersten und zweiten Problemlösekreislauf wiederzufinden.

Mit diesen Ergebnissen trägt die Forschungsarbeit zum Erkenntnisstand hinsichtlich eines technischen Problemlösens von Kindern zwischen neun und zehn Jahren bei. Die Ergebnisse liefern Hinweise für die Entwicklung und Umsetzung technischer Lern- und Lehrgelegenheiten im schulischen und außerschulischen Kontext. Dabei gilt grundsätzlich zu berücksichtigen, dass sich Lern- und Lehrgelegenheiten an die individuellen Bedürfnisse der Kinder anpassen sollten. Die drei abgeleiteten Problemlösekreisläufe geben zusätzlich erste Anhaltspunkte, wo Unterstützungsmaßnahmen in schulischen und außerschulischen Lehr- und Lernsituationen ansetzen können, um Kinder im Umgang mit technischen Problemen bestmöglich zu fördern.

Grundsätzlich ist darauf aufmerksam zu machen, dass unterschiedliche Herangehensweisen beim technischen Problemlösen von Kindern zwischen neun und zehn Jahren möglich sind. Damit bestätigen die Ergebnisse dieser Studie vorherige Befunde, die auf die Flexibilität und Eigenständigkeit im Problemlösen aufmerksam machen (vgl. Hill, 1998; Lave, 1988; Möller, 1998a) (siehe Kapitel 4). In angeleiteten technischen Lehr- und Lernsituationen ist daher ein uniformes Anwenden des Problemlösens nicht zielführend, da so individuelle Vorgehensweisen nicht aufgegriffen, sondern übergangen werden. Deshalb sollten Pädagog*innen und Lehrkräfte sensibel gegenüber der Entwicklung und des Ablaufs eines Problemlöseverfahrens sein, da entsprechend des Kindes unterschiedliche Grundherangehensweisen vorzufinden sind, die individuelle Unterstützung bedürfen. Zwischen Kindern kann sich der Problemlöseverfahren unterscheiden und ungleiche Lösungsstile sichtbar werden. Daher sollte bei der Entwicklung und dem Einsatz technischer Lernmaterialien (z.B. mündliche oder schriftliche Instruktionen, Hilfestellungen) bedacht werden, dass das technische Problemlösen einen längeren Prozess darstellen kann, der nicht nach einem vorgefertigten Muster abläuft. Das Problemlösen beinhaltet unterschiedliche Schritte, die einzeln, in Form von Schrittwechsel oder Rückschleifen in das Problemlösen einbezogen werden und so den Problemlöseverfahren bestimmen. Die Schrittreihenfolgen verlaufen individuell und es kann vorkommen, dass Problemlöser*innen einzelne Schritte überspringen, ignorieren oder erst spät im Lösungsverlauf hinzuziehen. Dementsprechend benötigen Problemlöser*innen unterschiedlich viel Zeit bei den Schritten des Problemlösekreislaufs und treffen unterschiedlich häufig auf die Schritte des Problemlösekreislaufs.

Anhand der dargestellten Ergebnisse gilt es im Weiteren zu überlegen, wo im Problemlöseverfahren und inwieweit Kinder unterstützt werden können, um eine korrekte Lösung für das technische konstruktionsbasierte Problem zu erreichen. Die drei abgeleiteten Problemlösekreisläufe weisen darauf hin, dass Kinder insbesondere ausgewählte Problemlöseschritte in ihrem Lösungsverlauf fokussieren und dabei gegebenenfalls wichtige Problemlöseschritte aus ihrem Lösungsverlauf ausklammern (siehe z.B. Problemlösekreislauf 3). Indem beispielsweise Kinder aus Problemlösekreislauf 3 auf die Umsetzung einer konkreten Lösungsidee abzielen, die auf dem Bauen eines kreativen Schutzraums aus Legosteinen basiert, geraten weitere Materialien, die für das Erreichen einer Lösung wichtig sind, in den Hintergrund. Hier sollte fokussiert werden, wie Kinder zu Beginn des Problemlösens sowie in ihrem Lösungsverlauf auf Problemlöseschritte aufmerksam gemacht werden, welche die Entwicklung einer korrekten Problemlösung unterstützen können. Idealtypischerweise werden die Kinder dabei jedoch nicht in ihrer Lösungsfindung und Lösungsrealisierung eingeschränkt.

Stattdessen sollte ihnen für die Entwicklung und Umsetzung kreativer Lösungsideen weiterhin Raum gegeben werden.

Des Weiteren weisen die Ergebnisse der Studie darauf hin, dass die Ausgestaltung der Storyline für das Problem mitunter Einfluss auf das Problemlösen nehmen kann (vgl. Kapitel 9.3.4). Innerhalb der Studie können Proband*innen das Problem eher nicht korrekt lösen, wenn sie die Ausgangsgeschichte explizit in ihren weiteren Lösungsverlauf miteinbeziehen. Dies lässt vermuten, dass Kinder eher zu einer richtigen Lösung für das Problem gelangen, wenn sie sich nicht von einem fingierten und phantasiegeleiteten Problem ablenken lassen. Für den technischen Sachunterricht könnte dies bedeuten, dass eher realitätsnahes und sachorientiertes Arbeiten zielführend sind. Weitere Untersuchungen müssten durchgeführt werden, um dies gegebenenfalls zu bestätigen.

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass insbesondere Kinder, die in ihren Problemlöseverlauf eine ausführliche Problemerkundung und Lösungssuche sowie ein Testen und/oder Reflektieren ihrer Lösung einbeziehen, das Problem eher korrekt lösen bzw. mehr Teillösungen richtig in ihre Lösung integrieren (Problemlöseschritte: „Problem erkennen und verstehen“, „Lösung suchen“, „Lösung testen“, „Lösung reflektieren“). Hierzu zählt zum einen die Problemerkundung in Form eines genauen und wiederholten Lesens der zur Verfügung stehenden Informationen zum Problem sowie der Verknüpfung dieser Informationen mit bereitgestellten Materialien (Problemlöseschritt „Problem erkennen und verstehen“). Des Weiteren sollte eine intensive Lösungssuche erfolgen, in welcher Materialien erkundet und miteinander verknüpft werden (Problemlöseschritt „Lösung suchen“). Außerdem werden Problemlöser*innen durch ein gezieltes Erproben der Lösung auf mögliche Fehler in der Umsetzung aufmerksam (Problemlöseschritt „Lösung testen“). Letztendlich kann ein bedachtes und im Lösungsverlauf beständiges Überdenken der Lösung oder des weiteren Lösungsvorgehens zu einer korrekten Lösung verhelfen (Problemlöseschritt „Lösung reflektieren“). Kinder, die die benannten Problemlöseschritte selten oder gar nicht in ihren Lösungsverlauf einbeziehen, können das Problem in der Regel nicht korrekt lösen. Je nach Problemlöser*in sollten demnach ein Problemaufriss, mögliche Hilfestellungen oder aber auch Lehrkräfte, Pädagog*innen und andere Fachkräfte die Problemlöser*innen darin unterstützen sich mit den entsprechenden Problemlöseschritten des Problemlösekreislaufs intensiver auseinanderzusetzen, damit auch sie die Möglichkeit bekommen, das Problem vollständig zu betrachten und lösen zu können.

Literaturverzeichnis

- acatech, & VDI. (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Ergebnisbericht*. Retrieved from München, Düsseldorf: <https://www.acatech.de/publikation/ergebnisbericht-nachwuchsbarometer-technikwissenschaften/>
- Adenstedt, V. (2016). Erhebung des technischen Selbstkonzepts von Grundschulkindern. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(2), 64-86.
- Adenstedt, V. (2018). *How boys' and girls' technical interest differ: A reasearch study*. Münster: Waxmann.
- Aebli, H. (1985). Handelndes Lernen und Problemstellung. In W. Einsiedler & R. Rabenstein (Eds.), *Grundlegendes Lernen im Sachunterricht* (pp. 34-38). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- AG Naturbild. (2010). *Natur und Technik in frühen Bildungsprozessen. Studienbuch Band 1: Pädagogische Förderung*. n.a.: Schneider Verlag Hohengehren.
- Anderson, J. (2007). *Kognitive Psychologie. 6. Auflage*. Heidelberg: Spektrum.
- Anger, C., Koppler, O., Plünnecke, A., Röben, E., & Schüler, R. (2019). *MINT-Frühjahrsreport 2019. MINT und Innovationen–Erfolge und Handlungsbedarfe, Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall*.
- Archer, L. B. (1969). *Systematic Method for Designers*. London: Council of Industrial Deisgn.
- Ardies, J., De Maeyer, S., Gijbels, D., & van Keulen, H. (2015). Students attitudes towards technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 43-65.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1974). *Psychologie des Unterrichts II*. Weinheim: Beltz-Studienbuch.
- Aydin, F. (2011). *Identifying ideas of 6th, 7th and 8th grade students for technology with drawings*. Paper presented at the 2nd International Conference on New Trends in Education and Their Implications ICONTE, Antalya-Turkey.
- Bandura, A., & Walters, R. H. (1977). *Social learning theory. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall*.
- Banse, G. (2000). Konstruieren im Spannungsfeld: Kunst, Wissenschaft oder beides? In G. Banse & K. Friedrich (Eds.), *Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft. Idee - Entwurf - Gestaltung* (pp. 19-80). Berlin: Springer.
- Banse, G. (2013). Erkennen und Gestalten – oder: über Wissenschaften und Machenschaften. In W. Bienhaus & W. Schlagenhaut (Eds.), *Technische Bildung im Verhältnis zur naturwissenschaftlichen Bildung* (pp. 21-49). Offenbach am Main: BE.ERKonzept.
- Banse, G., Grundwald, A., König, W., & Ropohl, G. (2006). *Erkennen und Gestalten: Eine Theorie der Technikwissenschaften*. Berlin: edition sigma.
- Banse, G., & Meier, B. (2013). Technische Bildung. In *Handbuch Technikethik* (pp. 421-425): Springer.
- Barlex, D., & Welch, M. (2001). Educational research and curriculum development: The case for synergy. *Journal of Design and Technology Education*, 6(1), 29-36.

- Barnes, J. L. (1989). Learning to Solve Tomorrow's Problems. *Technology Teacher*, 48(6), 25-29.
- Barth, V. (2017). Entwicklung einer videobasierten Fallanalyse zum professionellen Wahrnehmen und Handeln bei Störungen im Unterricht. In *Professionelle Wahrnehmung von Störungen im Unterricht* (pp. 87-190). Wiesbaden: Springer.
- Baumert, J., & Geiser, H. (1996). *Alltagserfahrungen, Fernsehverhalten, Selbstvertrauen, sachkundliches Wissen und naturwissenschaftlich-technisches Problemlösen im Grundschulalter*. Crosstel. Retrieved from
- Beinbrech, C. (2003). *Problemlösen im Sachunterricht der Grundschule. Eine empirische Studie zur Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen im Hinblick auf die Förderung des Problemlöseverhaltens im Sachunterricht*. . (Dissertation). Universität Münster, Retrieved from <https://miami.uni-muenster.de/Record/856ce5aa-c883-4ab4-905e-9c4a2a146705>
- Berelson, B. (1952). *Content Analysis in Communication Research*. Glencoe, Ill: Free Press.
- Berner, N. E., Corvacho del Toro, I., Gabriel, K., & Denn, A.-K. (2013). Aufbereitung der Videodaten und Transkription. In M. Lotz, F. Lipowsky, & G. Faust (Eds.), *Dokumentation der Erhebungsinstrumente des Projekts "Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulkindern" (PERLE). 3. Technischer Bericht zu den PERLE-Videostudien*. Frankfurt a.M.: GPF 2013.
- Bertram, B. (2012). *Lippenstift und Motoröl*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- Betsch, T., Funke, J., & Plessner, H. (2011). *Denken – Urteilen, Entscheiden, Problemlösen. Allgemeine Psychologie für Bachelor*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Bhanot, R., & Jovanovic, J. (2005). Do parents' academic gender stereotypes influence whether they intrude on their children's homework? *Sex roles*, 52(9-10), 597-607.
- Björkholm, E. (2010). Technology Education in Elementary School: Boys' and Girls' Interests and Attitudes. *Nordic Studies in Science Education*, 6(1), 33-43.
- Böhm-Kasper, O., Schuchart, C., & Weishaupt, H. (2009). *Quantitative Methoden in der Erziehungswissenschaft*. Darmstadt: WBG.
- Bong, M., & Skaalvik, E. M. (2003). Academic self-concept and self-efficacy: How different are they really? *Educational psychology review*, 15(1), 1-40.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer Verlag.
- Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and psychological measurement*, 41(3), 687-699.
- Bucciarelli, L. (1996). *Designing Engineers*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Budde, J., Scholand, B., & Faulstich-Wieland, H. (2008). *Geschlechtergerechtigkeit in der Schule: eine Studie zu Chancen, Blockaden und Perspektiven einer gender-sensiblen Schulkultur*. Weinheim: Juventa Verlag.
- Buhr, R., & Hartmann, E. A. (2008). *Technische Bildung für alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik*. Berlin: Institut für Innovation und Technik.

- Bünning, F., & Lehmann, J. (2016). Langzeitwirkung des Engagements von Schülerinnen und Schülern in einem außerschulischen, technischen Lernort auf die Berufswahl und Laufbahngestaltung. In F. Bünning (Ed.), *Konzepte und Effekte außerschulischer Lernorte in der technischen Bildung (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 42)* (pp. 169-196). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Cleff, T. (2008). *Deskriptive Statistik und moderne Datenanalyse: Eine computergestützte Einführung mit Excel, PASW (SPSS) und STATA*. Wiesbaden: Springer.
- Corvacho del Toro, I., Berner, N., & Mösko, E. (2013). *Richtlinien zu den Film- und Tonaufnahmen der PERLE-Videostudien*. Frankfurt a.M.: GFPF 2013.
- Csapó, B., & Funke, J. (2017). *The nature of problem solving. Using research to inspire 21st century learning*. Paris: OECD Publishing.
- De Vries, M. (1996). Technology Education: Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm. *Journal of Technology Education, 8*(1), 7-15.
- destatis. (2012). Frauen und Männer auf dem Arbeitsmarkt. Deutschland und Europa. [Press release]. Retrieved from https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetige/Broesc-huereFrauenMaennerArbeitsmarkt0010018129004.pdf?__blob=publicationFile
- Dittmar, N. (2009). *Transkription: Ein Leitfaden mit Aufgaben für Studenten, Forscher und Laien*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dittrich, G. (2005). Konflikte unter Kindern – Ein Kinderspiel für Erwachsene? In H.-J. Kerner & E. Marks (Eds.), *Internetdokumentation Deutscher Präventionstag*.
- Dittrich, G., Dörfler, M., & Schneider, K. (2001). *Wenn Kinder in Konflikt geraten: eine Beobachtungsstudie in Kindertagesstätten*. Weinheim, Berlin: Beltz Verlag.
- Dixon, R. A., & Brown, R. A. (2012). Transfer of Learning: Connecting Concepts during Problem Solving. *Journal of Technology Education, 24*(1), 2-17.
- Donick, M. (2019). *Die Unschuld der Maschinen. Technikvertrauen in einer smarten Welt*. Wiesbaden: Springer.
- Doornekamp, B. G., & Streumer, J. N. (1996). Problem-solving in teaching/learning packages for technology. *International Journal of Technology and Design Education, 6*(1), 61-82.
- Dresel, M., Schober, B., & Ziegler, A. (2007). Golem und Pygmalion: scheitert die Chancengleichheit von Mädchen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich am geschlechtsstereotypen Denken der Eltern? In P. H. Ludwig & H. Ludwig (Eds.), *Erwartungen in himmelblau und rosarot. Effekte, Determinanten und Konsequenzen von Geschlechterdifferenzen in der Schule*. (pp. 61-81). Weinheim: Juventa.
- Edelmann, W. (2000). *Lernpsychologie*. In (6. Auflage ed.). Weinheim: Beltz.
- Edelmann, W., & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie* (Vol. 7. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.
- Eggers, J., Neuburger, R., Schmid, Y., & Till, V. (2021). *Wanted! Daniel: a Düsentrieb-MINT oder nicht MINT? Das ist hier die Frage*. Paper presented at the Ergebnisse der Aktion am Digitaltag 2021 des Arbeitskreises „Diversity Applied“ am 18. Juni 2021.

- Ehrlenspiel, K., & Meerkamm, H. (2013). *Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit* (5., überarbeitete und erweiterte Auflage ed.). München, Wien: Carl Hanser Verlag
- Endepohls-Ulpe, M., Stahl-von Zabern, J., & Ebach, J. (2010). Einflussfaktoren auf das Gelingen von Technikerziehung für Mädchen und Jungen im Primarbereich—Ergebnisse aus dem Projekt UPDATE. In C. Quasier-Pohl & M. Endepohls-Ulpe (Eds.), *Bildungsprozesse im MINT-Bereich. Interesse, Partizipation und Leistungen von Mädchen und Jungen* (pp. 29-47). Münster: Waxmann.
- Ertl, B., Luttenberger, S., & Paechter, M. (2014). Stereotype als Einflussfaktoren auf die Motivation und die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten bei Studentinnen in MINT-Fächern. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, 45(4), 419-440.
- Esau, T., & Fletcher, S. (2018). Prozessorientierte Analyse von konstruktiven Problemlöseprozessen auf Basis von Eye-Tracking-Aufnahmen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(1), 66-83.
- Faulstich-Wieland, H. (2009). Gender und Naturwissenschaften — Geschlechtergerechter naturwissenschaftlicher Unterricht in der Schule. In T. Schweiger & T. Hascher (Eds.), *Geschlecht, Bildung und Kunst. Chancengleichheit in Unterricht und Schule*. (pp. 41-60). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Faulstich-Wieland, H. (2010). Mädchen und Jungen im Unterricht. In A. Buholzer & A. Kummer Wyss (Eds.), *Alle gleich – alle unterschiedlich! Zum Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. (pp. 16-27). Seelze-Velber: Kallmeyer in Verbindung mit Klett.
- Feltes, F. (2016). *Mitarbeiterführung und Social-Media-Nutzung im Führungsalltag von Generation-Y-Führungskräften-Eine explorative Analyse mittels Mixed-Methods-Ansatz*. University of Luxembourg, Luxembourg, Luxembourg,
- Fischer, M. (1996). Technikverständnis. In *Interkulturelle Herausforderungen im Frankreichgeschäft* (pp. 165-190). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Fleer, M. (2000). Working technologically: Investigations into how young children design and make during technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 10(1), 43-59.
- Fleiss, J. L., & Cohen, J. (1973). The equivalence of weighted kappa and the intraclass correlation coefficient as measures of reliability. *Educational and psychological measurement*, 33(3), 613-619.
- Fletcher, S. (2005). *Förderung der Problemlösefähigkeit zum Konstruieren: Gestaltung von Lernprozessen mit Hilfe eines wissensbasierten Lernsystems*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- Flick, U. (2007). *Qualitative Sozialforschung – Eine Einführung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuchverlag.
- Flowers, J. (1998). Problem Solving in Technology Education: A Taoist Perspective. *Journal of Technology Education*, 10(1), 20-26.
- Freeman, N. K. (2007). Preschoolers' perceptions of gender appropriate toys and their parents' beliefs about genderized behaviors: Miscommunication, mixed messages, or hidden truths? *Early childhood education journal*, 34(5), 357-366.

- Fthenakis, W. E., Wendell, A., Daut, M., Eitel, A., & Schmitt, A. (2009). *Natur-Wissen schaffen. Band 4: Frühe technische Bildung*. Troisdorf: Bildungsverlag EINS.
- GDSU. (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gilbert, A.-F. (2020). Zum Verhältnis von Gender und Technik: Wege zu einer gendersensiblen Technischen Bildung. In M. Müller & S. Schumann (Eds.), *Technische Bildung: Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis. Band 1* (pp. 69-88). Münster: Waxmann.
- Gläser-Zikuda, M., Hagenauer, G., & Stephan, M. (2020). *The potential of qualitative content analysis for empirical educational research. [38 paragraphs]*. Paper presented at the Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research.
- Gottl-Ottlilienfeld, F. v. (1923). *Wirtschaft und Technik. 2. Auflage*. Tübingen.
- Graube, G. (2013). Erfinden, Entdecken und Enttarnen: Didaktische Leitfragen für die Auseinandersetzung mit Basiskonzepten der Technik. In I. Mammes (Ed.), *Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven*. (pp. 22-44). Schorndorf: Schneider Verlag Hohengehren.
- Graube, G., & Mammes, I. (2013). Didaktische Konzeption eines interdisziplinären Ansatzes „Natur und Technik“ für die Gymnasialklassen fünf und sechs. In V. D. I. (VDI) (Ed.), *Forschen und Entwickeln. Natur und Technik aus interdisziplinärer Sicht*. Düsseldorf: VDI.
- Graube, G., & Mammes, I. (2016). Forschen und Entwickeln als integrativer Lernbereich der Allgemeinbildung – eine Bildungsoffensive. In G. Graube & I. Mammes (Eds.), *Gesellschaft im Wandel – Konsequenzen für natur- und technikwissenschaftliche Bildung in der Schule* (pp. 209-225). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Greefrath, G. (2018). *Anwendungen und Modellieren im Mathematikunterricht. Didaktische Perspektiven zum Sachrechnen in der Sekundarstufe*. Berlin: Springer.
- Grosch, K., Häckl, S., Kocher, M. G., & Bauer, C. (2020). *MINT-Interesse bei Kindern steigern: Ein Feldexperiment an Volksschulen in Österreich*. Retrieved from Wien:
- Hallström, J., Elvstrand, H., & Hellberg, K. (2015). Gender and technology in free play in Swedish early childhood education. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(2), 137-149.
- Heath, C., Hindmarsh, J., & Luff, P. (2010). *Video in qualitative research. Analysis social interaction in everyday life*. London: Sage.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern*. Berlin: Kallmeyer.
- Hennessy, S., & McCormick, R. (1994). The general problem-solving process in technology education: Myth or reality? *Teaching technology*, 94-108.
- Hennessy, S., McCormick, R., & Murphy, P. (1993). The myth of general problem-solving capability: design and technology as an example. *The Curriculum Journal*, 4(1), 73-89.
- Herwartz-Emden, L., Schurt, V., & Waburg, W. (2012). *Mädchen und Jungen in Schule und Unterricht*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.

- Hill, A. M. (1998). Problem solving in real-life contexts: An alternative for design in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8(3), 203-220.
- Hofer, S. I. (2015). Studying gender bias in physics grading: The role of teaching experience and country. *International Journal of Science Education*, 37(17), 2879-2905.
- Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie*. Kiel: IPN.
- Hubka, V., & Eder, W. E. (1992). *Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Übersicht, Modell, Ableitung*. Berlin: Springer Verlag.
- Huhn, N., Dittrich, G., Dörfler, M., & Schneider, K. (2012). Videografieren als Beobachtungsmethode – am Beispiel eines Feldforschungsprojekts zum Konfliktverhalten von Kindern. In F. Heinzel (Ed.), *Methoden der Kindheitsforschung. Ein Überblick über Forschungszugänge zur kindlichen Perspektive* (Vol. 2. Auflage, pp. 134-153). Weinheim und BAsel: Beltz Juventa.
- Hutchinson, J., & Karsnitz, J. (1994a). Design and Problem Solving in Technology. In: Glencoe/McGraw-Hill School Pub.
- Hutchinson, J., & Karsnitz, J. (1994b). *Instructor's Guide to Accompany Design and Problem Solving in Technology*: Delmar Publishers.
- Ilgenstein, A. (2016). Einfluss eines technischen Bildungsangebotes auf die subjektiven Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler vom Ingenieursberuf. In F. Bünning (Ed.), *Konzepte und Effekte außerschulischer Lernorte in der technischen Bildung (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 42)* (pp. 219-231). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- ITEA. (2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Third Edition*. Virginia: International Technology Education Association.
- Jacobs, J., Garnier, H., Gallimore, R., Hollingsworth, H., Givvin, K., Rust, K., . . . Manaster, A. (2003). Third international mathematics and science study 1999 video study technical report. Volume 1: Mathematics. *National Center for Education Statistics, 1*.
- Johnson, S. D., Dixon, R., Daugherty, J., & Lawanto, O. (2011). General versus specific intellectual competencies: The question of learning transfer. In M. Barak & M. Hacker (Eds.), *Fostering human development through engineering and technology education* (pp. 55-74). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational technology research and development*, 45(1), 65-94.
- Klöckner, K. (1957). *Werken und plastisches Gestalten*. Berlin: Rembrandt-Verlag.
- Knoblauch, H. (2012). Introduction to the special issue of qualitative research: video-analysis and videography. *Qualitative Research*, 12(3), 251-254.
- Krammer, K. (2009). *Individuelle Lernunterstützung in Schülerarbeitsphasen*. Münster: Waxmann Verlag.
- Krech, D., Crutchfield, R. S., Livson, N., Wilson, W. A. j., & Parducci, A. (1985). *Grundlagen der Psychologie 4*. Weinheim: Beltz.

- Kreienbaum, M. A., & Metz-Göckel, S. (1992). *Koedukation und Technikkompetenz von Mädchen: Der heimliche Lehrplan der Geschlechtererziehung und wie man ihn ändert*. Weinheim und München: Juventa Verlag.
- Krippendorff, K. (1980). *Content Analysis. An Introduction to its Methodology*. London: The Sage Comtext Series, Sage Publications Ltd.
- Kuckartz, U. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. . In (Vol. 2. Auflage). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (Grundlagentexte Methoden, 3., überarbeitete Auflage)* (3. Auflage ed.). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2019). *Analyse Qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden Springer VS Verlag.
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2009). Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung. Retrieved from https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf
- Labudde, P., & Haselhofer, M. (2016). Potentiale und Perspektiven: Natur und Technik im Sekundarbereich I. In G. Graube & I. Mammes (Eds.), *Gesellschaft im Wandel. Konsequenzen für natur-und technikwissenschaftliche Bildung in der Schule* (pp. 167-182). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *biometrics*, 33(1), 159-174.
- Langer, A. (2010). *Transkribieren – Grundlagen und Regeln*. Weinheim: Juventa.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*: Cambridge University Press.
- Leuchter, M. (2009). *Die Rolle der Lehrperson bei der Aufgabenbearbeitung. Unterrichtsbezogene Kognitionen von Lehrpersonen*. Dissertationsschrift. Münster: Waxmann.
- Li, Y., Huang, Z., Jiang, M., & Chang, T.-W. (2016). The effect on pupils' science performance and problem-solving ability through Lego: An engineering design-based modeling approach. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 143-156.
- Lombard, M., Snyder-Duch, J., & Bracken, C. C. (2002). Content analysis in mass communication: Assessment and reporting of intercoder reliability. *Human communication research*, 28(4), 587-604.
- Lotz, M. (2016). *Kognitive Aktivierung im Leseunterricht der Grundschule: Eine Videostudie zur Gestaltung und Qualität von Leseübungen im ersten Schuljahr*. Wiesbaden Springer VS.
- Lotz, M., Berner, N. E., & Gabriel, K. (2013). *Auswertung der PERLE-Videostudien und Überblick über die Beobachtungsinstrumente*. Frankfurt a.M.: GFPF 2013.
- Luhmann, N. (1996). *Soziale Systeme*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Lund, A., & Rasmussen, I. (2008). The right tool for the wrong task? Match and mismatch between first and second stimulus in double stimulation. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 3(4), 387-412.
- Mammes, I. (2001). *Zur Förderung des Interesses an Technik durch technischen Sachunterricht. Eine Untersuchung zum Einfluss technischen Sachunterrichts auf die Verringerung von Geschlechterdifferenzen im technischen Interesse*. Frankfurt a.M.: Verlag Peter Lang.
- Mammes, I. (2016). Natur und Technik in Kindergarten und Grundschule. In G. Graube & I. Mammes (Eds.), *Gesellschaft im Wandel. Konsequenzen für natur- und technikwissenschaftliche Bildung in der Schule* (pp. 152-166). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Mammes, I., Adenstedt, V., & Gooß, A. (2020). Das Technikverständnis von Grundschulkindern. In G. Geißel & T. Gschwendtner (Eds.), *Einblicke in aktuelle Forschungsarbeiten der Technikdidaktik* (pp. 39-66). Berlin: Logos Verlag.
- Mammes, I., & Schäffer, K. (2014). Anschlussperspektiven? Technische Bildung in der Grundschule und ihrem Übergang zum Gymnasium. In A. Liegmann, I. Mammes, & K. Racherbämer (Eds.), *Facetten von Übergängen im Bildungssystem. Nationale und internationale Ergebnisse empirischer Forschung*. (pp. 95-110). Münster: Waxmann Verlag.
- Mammes, I., Schaper, N., & Strobel, J. (2012). Professionalism and the Role of Teacher Beliefs in Technology Teaching in German Primary Schools – An Area of Conflict. In J. König (Ed.), *Teachers' pedagogical beliefs: definition and operationalization - connections to knowledge and performance - development and change* (pp. 91-105). Münster: Waxmann.
- Mammes, I., & Tuncsoy, M. (2013). Technische Bildung in der Grundschule. In I. Mammes (Ed.), *Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven* (pp. 8-21). Schorndorf: Schneider Verlag Hohengehren.
- Mandl, H., & Reinmann-Rothmeier, G. (1999). *Unterrichten und Lernumgebung gestalten (Forschungsbericht Nr. 60)*. Ludwig-Maximilians-Universität München: Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Mawson, B. (2010). Children's developing understanding of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(1), 1-13.
- MAXQDA. (2020). *MAXQDA 2020 Manual*. Retrieved from <https://www.maxqda.de/download/manuals/MAX2020-Online-Manual-Complete-DE.pdf>
- Mayer, H. O. (2013). *Interview und schriftliche Befragung: Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung* (6., überarbeitete Auflage ed.). München: Oldenbourg Verlag.
- Mayring, P. (1983). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Technik* (8. Auflage ed.). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Mayring, P. (2000). *Qualitative Inhaltsanalyse [28 Absätze]*. Paper presented at the Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (pp. 601-613). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarbeitete Auflage*. Beltz (12., überarbeitete Auflage ed.). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

- Mayring, P., & Brunner, E. (2006). Qualitative Textanalyse – Qualitative Inhaltsanalyse. In V. Flaker & T. Schmid (Eds.), *Von der Idee zur Forschungsarbeit. Forschen in Sozialarbeit und Sozialwissenschaft* (pp. 453-462). Wien, Köln, Weimar: Böhlau Verlag.
- Mayring, P., & Gläser-Zikuda, M. (2008). *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (2., neu ausgestattete Auflage ed.). Weinheim: Beltz.
- Mayring, P., Gläser-Zikuda, M., & Ziegelbauer, S. (2005). Auswertung von Videoaufnahmen mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse-ein Beispiel aus der Unterrichtsforschung. *MedienPädagogik*(9), 1-17. Retrieved from <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-3414>
- McCade, J. (1990). Problem solving: Much more than just design. *Volume 2 Issue 1 (fall 1990)*. Retrieved from <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/8486/mccade.pdf?sequence=1>
- McCormick, R. (1995). The problem solving in technology education (PSTE) project. *International Journal of Technology and Design Education*, 5(2), 173-175.
- McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21-44.
- McCormick, R., Murphy, P., & Hennessy, S. (1994). Problem-solving processes in technology education: A pilot study. *International Journal of Technology and Design Education*, 4(1), 5-34.
- Mettas, A. C., & Constantinou, C. C. (2008). The technology fair: a project-based learning approach for enhancing problem solving skills and interest in design and technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 18(1), 79-100.
- Middleton, H. (2009). Problem-solving in technology education as an approach to education for sustainable development. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(2), 187-197.
- Milne, L. (2013). Nurturing the designerly thinking and design capabilities of five-year-olds: technology in the new entrant classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 349-360.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). *Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen, Heft 2012*. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Mioduser, D. (1998). Framework for the study of cognitive and curricular issues of technological problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 8(2), 167-184.
- Mioduser, D. (2009). Learning technological problem solving—A cognitive/epistemological perspective. In A. T. Jones & M. J. M. J. de Vries (Eds.), *International Handbook of Research and Development in Technology Education* (pp. 391-406). Rotterdam: Sense Publishers.
- Mioduser, D. (2015). The pedagogical ecology of technology education: An agenda for future research and development. In P. Williams, A. Jones, & C. Bunting (Eds.), *The Future of Technology Education. Contemporary Issues in Technology Education* (pp. 77-89). Singapore: Springer.

- Mioduser, D., & Betzer, N. (2008). The contribution of Project-based-learning to high-achievers' acquisition of technological knowledge and skills. *International Journal of Technology and Design Education*, 18(1), 59-77.
- Mioduser, D., & Kipperman, D. (2002). Evaluation/Modification Cycles in Junior High Students' Technological Problem Solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 12(2), 123-138.
- Misoch, S. (2015). *Qualitative Interviews*. . Oldenbourg: De Gruyter.
- Möller, K. (1998a). Kinder und Technik. In H. Brügelmann (Ed.), *Kinder lernen anders: vor der Schule - in der Schule*. Lengwil: Libelle-Verlag.
- Möller, K. (1998b). Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. In W. Dunker & W. Popp (Eds.), *Kind und Sache. Zur pädagogischen Grundlegung des Sachunterrichts* (3. Auflage ed., pp. 225-242). Weinheim und München: Juventa Verlag.
- Möller, K. (2002). Technisches Lernen in der Grundschule - Wege zum konstruktiven Denken im Sachunterricht. *Grundschule*, 34(2), 51-54.
- Möller, K. (2004). Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In R. Lauterbach & W. Köhnlein (Eds.), *Verstehen und begründetes Handeln* (pp. 147-165). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2010). Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang. In A. Campo & G. Graube (Eds.), *Übergänge gestalten. Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe* (pp. 15-35). Düsseldorf: VDI.
- Möller, K. (2014). Der Perspektivrahmen Sachunterricht: Technisches Lernen fördern. *Grundschulmagazin. Praxis Sachunterricht ab 3*, 2, 31-35.
- Möller, K., Jonen, A., & Kleickmann, T. (2004). Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht qualifizieren: Eine Aufgabe für die Lehrerfortbildung. *Grundschule*, 36(6), 27-29.
- Moritz, C. (2011). *Die Feldpartitur: Multikodale Transkription von Videodaten in der Qualitativen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer VS Verlag.
- Moritz, C. (2018). „Well, it depends...“: Die mannigfaltigen Formen der Videoanalyse in der Qualitativen Sozialforschung. Eine Annäherung. In C. Moritz & M. Corsten (Eds.), *Handbuch Qualitative Videoanalyse* (pp. 3-37). Wiesbaden: Springer Verlag.
- Moriyama, J., Satou, M., & King, C. T. (2002). Problem-Solving Abilities Produced in Project Based Technology Education. *Journal of Technology Studies*, 28(2), 154-158.
- Murphy, P., & Hennessy, S. (2001). Realising the potential – and lost opportunities – for peer collaboration in D&T setting. *International Journal of Technology and Design Education*, 11(3), 203-237.
- Nadler, G. (1967). An investigation of design methodology. *Management science*, 13(10).
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving* (Vol. 104). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

- OECD. (2013). *Pisa 2012 Assessment and Analytic Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *Bildung auf einen Blick 2019. OECD - Indikatoren*. Retrieved from <https://www.bmbf.de/files/6001821mw.pdf>
- Otto, P. B. (1991). One Science, One Sex? *School science and mathematics*, 91(8), 367-372.
- Outterside, Y. (1993). *The emergence of design ability: The early years*. Paper presented at the IDATER 1993 Conference, Loughborough.
- Pahnke, J., & Rösner, P. (2012). Frühe MINT-Bildung für alle Kinder – die Initiative „Haus der kleinen Forscher“. In U. Pfennig & O. Renn (Eds.), *Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Zum Fachkräftemangel und zur Attraktivität der MINT-Bildung und -Berufe im europäischen Vergleich* (pp. 233-246). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Parker-Rees, R. (1997). *Learning from play: design and technology, imagination and playful thinking*. Paper presented at the IDATER 1997 Conference, Loughborough.
- Pauen, S., & Pahnke, J. (2009). Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens. In S. Pauen & V. Herber (Eds.), *Offensive Bildung – Vom Kleinsein zum Einstein*. Berlin: Cornelsen.
- Petko, D. (2006). Kameraskript. In I. Hugener, C. Pauli, & K. Reusser (Eds.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". 3. Videoanalysen*. (pp. 15-37). Frankfurt a.M.: GFPF u.a. .
- Petko, D., Waldis, M., Pauli, C., & Reusser, K. (2003). Methodologische Überlegungen zur videogestützten Forschung in der Mathematikdidaktik. *Zeitschrift für die Didaktik der Mathematik*, 35(6), 265-280.
- Pólya, G. (1949). *Schule des Denkens: Vom Lösen mathematischer Probleme*. Tübingen, Basel: Francke.
- Pólya, G. (2010). *Schule des Denkens. Vom Problemlösen mathematischer Probleme. Sonderausgabe der 4. Auflage*. Göttingen: Hubert & Co.
- Quaiser-Pohl, C. (2012). Mädchen und Frauen in MINT: Ein Überblick. In H. Stögler, A. Ziegler, & M. Heilemann (Eds.), *Mädchen und Frauen in MINT. Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (pp. 12-40). Berlin: LIT.
- Quaiser-Pohl, C., & Endepohls-Ulpe, M. (2010). Bildungsprozesse im MINT-Bereich: Partizipation, Leistung und geschlechterspezifische Unterschiede - eine Einführung. In C. Quaiser-Pohl & M. Endepohls-Ulpe (Eds.), *Bildungsprozesse im MINT-Bereich. Interesse, Partizipation und Leistungen von Mädchen und Jungen* (pp. 7-12). Münster: Waxmann.
- Rager, G., Oestmann, I., Werner, P., Schreier, M., & Groeben, N. (1999). Leitfadeninterview und Inhaltsanalyse. *Siegener Periodicum zur Internationalen Empirischen Literaturwissenschaft. SPIEL.*, 18 (1999)(1), 35-54.
- Renn, O., Pfennig, U., Duddeck, H., Menzel, R., Holtfrerich, C.-L., Lucas, K., . . . Klocke, F. (2012). *Stellungnahmen und Empfehlungen zur MINT-Bildung in Deutschland auf der Basis einer europäischen Vergleichsstudie*. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaft.

- Robert Bosch Stiftung. (2011). *Qualität und Effekte frühkindlicher Bildung und Betreuung: ein internationaler Vergleich. Band zur Fachtagung der Robert Bosch Stiftung und des Lehrstuhls für Elementar- und Familienpädagogik der Otto-Friedrich-Universität Bamberg am 17/18. November 2011 in Berlin*. Berlin.
- Rollett, W. (2008). *Strategieinsatz, erzeugte Information und Informationsnutzung bei der Exploration und Steuerung komplexer dynamischer Systeme* (Vol. 1). Münster: LIT Verlag.
- Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik*. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- Rössler, P. (2017). *Inhaltsanalyse, 3. Auflage*. München: UTB.
- Schlagenhauf, W., & Wiesmüller, C. (2018). *Anliegen und Grundzüge Allgemeiner Technischer Bildung. Grundsatzpapier Nr. 1*. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V.
- Schmieder, J., & Wittenberg, E. (2020). Das Elternhaus spielt bei Geschlechterstereotypen im MINT-Bereich eine wichtige Rolle. *DIW Wochenbericht*, 87(13), 261-261.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. In. Orlando, Florida: Academic Press.
- Seidel, T. (2003). Überblick über Beobachtungs- und Kodierungsverfahren. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, & M. Lehrke (Eds.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (pp. 99-111). Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Seidel, T., Kobarg, M., & Rimmel, R. (2003). Aufbereitung der Videodaten. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, & M. Lehrke (Eds.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (pp. 77-98). Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr- Lern-Prozesse im Physikunterricht"*. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- She, H. C., Yu, W. F., & Lee, Y. M. (2010). The effects of Web-based/non-Web-based problem-solving instruction and high/low achievement on students' problem-solving ability and biology achievement. *Innovations in Education and Teaching International*, 47(2), 187-199.
- Sobich, C., Große, C., Drechsler, R., & Mädler, L. (2020). Ein Projekt zur Förderung von Technikinteresse. *Resonanz Magazin. Innovationen in der Lehre*, 20.
- Solga, H., & Pfahl, L. (2009). Doing Gender Im Technisch-Naturwissen-Schaftlichen Bereich. In J. Milberg (Ed.), *Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft* (pp. 155-218). Berlin: Springer.
- Statistik der Bundesagentur für Arbeit. (2019). *MINT-Berufe. Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt*. Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.
- Stemmann, J. (2017). *Technische Problemlösekompetenz im Alltag—theoretische Entwicklung und empirische Prüfung des Kompetenzkonstruktes: Problemlösen im Umgang mit technischen Geräten*. (Dissertation). Retrieved from <https://d-nb.info/1124395601/34>

- Stiftung Haus der kleinen Forscher. (2012). *Technik – bauen und konstruieren. Hintergründe und Praxisideen für die Umsetzung in Hort und Grundschule*. Berlin: Haus der kleinen Forscher.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher. (2015). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Band 7. Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- Strohschneider, S., & Schaub, H. (1991). *Können Manager wirklich so gut managen? Über die Effekte unterschiedlichen heuristischen Wissens beim Umgang mit komplexen Problemen*. Heidelberg: Barth.
- Strübing, J. (2013). *Qualitative Sozialforschung: Eine komprimierte Einführung für Studierende*. . München: De Gruyter Oldenbourg.
- Süß, H.-M. (1996). *Intelligenz, Wissen und Problemlösen: Kognitive Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln bei computersimulierten Problemen*. Göttingen: Hogrefe.
- Sutherland, L. (2002). Developing problem solving expertise: the impact of instruction in a question analysis strategy. *Learning and Instruction*, 12(2), 155-187.
- Tenenbaum, H. R. (2009). ‘You'd Be Good at That’: Gender Patterns in Parent-Child Talk about Courses. *Social Development*, 18(2), 447-463.
- Tenenbaum, H. R., & Leaper, C. (2002). Are parents' gender schemas related to their children's gender-related cognitions? A meta-analysis. *Developmental psychology*, 38(4), 615-630.
- Thiel, T. (1997). Film- und Videotechnik in der Psychologie. Eine erkenntnistheoretische Analyse mit Jean Piaget und ein historischer Rückblick auf Kurt Lewin und Arnold Gesell. In H. Keller (Ed.), *Handbuch der Kleinkindforschung* (2, vollständig überarbeitete Auflage ed., pp. 347-384). Bern: Huber.
- Thies, W., & Röhner, C. (2000). *Erziehungsziel Geschlechterdemokratie. Interaktionsstudie über Reformansätze im Unterricht*. Weinheim: Juventa.
- Thomas, R. G., & Litowitz, L. (1986). *Vocational Education and Higher Order Thinking Skills: An Agenda for Inquiry*. St. Paul, Minnesota: Minnesota Research and Development Center for Vocational Education.
- Trautmann, T. (2010). *Interviews mit Kindern: Grundlagen, Techniken, Besonderheiten, Beispiele*. . Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ullrich, H., & Klante, D. (1994). *Technik im Unterricht der Grundschule: Didaktische Grundlegung, Unterrichtsmodelle, Unterrichtsmaterialien* (6., unveränderte Auflage ed.). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- VERBI Software GMBH. (2017). *MAXQDA 12. Referenzhandbuch*. Berlin: Consult Sozialforschung.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2012). *Positionspapier: Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2021). VDI-Richtlinien: Standards setzen – auf dem aktuellen Stand der Technik. Retrieved from <https://www.vdi.de/richtlinien>
- von Eye, A. (2006). An alternative to Cohen's κ . *European Psychologist*, 11(1), 12-24.

- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wagner, S. (2015). *Handeln von Lehrpersonen beim naturwissenschaftlichen Lernen - Eine videobasierte Analyse des Unterstützungshandelns und seiner Bezüge zu Lehrervorstellungen*. (Dissertation). PH Weingarten, Retrieved from https://hsbwgt.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/157/file/Dissertation+Sandra+Wagner+Version_Ver%c3%b6ffentlichung.pdf
- Waldis, M., Gautschi, P., Hodel, J., & Reusser, K. (2006). *Die Erfassung von Sichtstrukturen und Qualitätsmerkmalen im Geschichtsunterricht. Methodologische Überlegungen am Beispiel der Videostudie "Geschichte und Politik im Unterricht"*. Berlin: LIT.
- Walker, D. (2000). Process over Product. A Critique of the Present State of Problem Solving in Technology Education. *Technology Teacher*, 59(4), 10-14.
- Webster, A., Campbell, C., & Jane, B. (2006). Enhancing the creative process for learning in primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(3), 221-235.
- Weinert, S., Doil, H., & Frevert, S. (2008). Kompetenzmessungen im Vorschulalter: eine Analyse vorliegender Verfahren. In H.-G. Rossbach & S. Weinert (Eds.), *Kindliche Kompetenz im Elementarbereich: Förderbarkeit, Bedeutung, Messung*. Bundesministerium für Bildung und Forschung (pp. 89-209). Bonn, Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Welch, M. (1998). Students' use of three-dimensional modelling while designing and making a solution to a technological problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 8(3), 241-260.
- Welch, M., & Lim, H. S. (2000). The Strategic Thinking of Novice Designers: Discontinuity between Theory and Practice. *Journal of Technology Studies*, 26(2), 34-44.
- Westberry, R. (2009). *Design and Problem-Solving in Technology Education* (Vol. 58th Yearbook). USA: Council on Technology Teacher Education.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe.
- Wolffgramm, H. (1994). *Allgemeine Techniklehre: Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten*. Hildesheim: Verlag Franzbecker.
- Wright, P. (2001). School-based issues and appropriate technology. In R. C. Wicklein (Ed.), *Appropriate technology for sustainable living: ITEA 50th yearbook* (pp. 133-152). Reston, VA: International Technology Education Association.
- Yu, K.-C., Fan, S.-C., & Lin, K.-Y. (2015). Enhancing students' problem-solving skills through context-based learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(6), 1377-1401.
- Ziefle, M., Jakobs, E.-M., & Arning, K. (2009). *Wege zur Technikfaszination: Sozialisationsverläufe und Interventionszeitpunkte*. Berlin: Springer Verlag.
- Zimbardo, P. G., & Gerrig, R. (2004). *Psychologie* (Vol. 16. Auflage). Pearson.

Zobl, C. (2019). Werken in der österreichischen Primarstufe. Von welchen Kompetenzen sprechen wir hier eigentlich? In A. Holzinger, S. Kopp-Sixt, S. Luttenberger, & D. Wohlhart (Eds.), *Fokus Grundschule Band 1: Forschungsperspektiven und Entwicklungslinien* (pp. 143-148). Münster: Waxmann.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Abbildung 1 Dimensionen und Erkenntnisperspektiven der Technik nach Ropohl (2009, S. 32) | 8 |
| Abbildung 2 Aufgabe und Problem (Edelmann & Wittmann, 2012, S. 179)..... | 18 |
| Abbildung 3 Modell eines technischen Problemlösekreislaufs nach Graube und Mammes (2016) | 38 |
| Abbildung 4 Theoretischer Problemlöseverlauf (eigene Darstellung)..... | 39 |
| Abbildung 5 Erhebungsablauf | 41 |
| Abbildung 6 Aufgabenblatt Seite 1 (Vorderseite)..... | 43 |
| Abbildung 7 Aufgabenblatt Seite 2 (Rückseite) | 43 |
| Abbildung 8 Lichtsensor und Alarmwürfel | 46 |
| Abbildung 9 Die Würfel-symbole werden in der App angezeigt und müssen ins große Feld verschoben werden | 46 |
| Abbildung 10 Verbinden der beiden Würfelsymbole in der App | 46 |
| Abbildung 11 Bauen eines Schutzraums aus Legobausteinen..... | 46 |
| Abbildung 12 Einfügen der Goldtaler und der beiden Würfel in den Schutzraum..... | 46 |
| Abbildung 13 Abdunkeln des Schutzraums | 46 |
| Abbildung 14 Altersverteilung der Stichprobe | 52 |
| Abbildung 15 Zeitplan - Vorbereitung und Durchführung der Erhebung | 52 |
| Abbildung 16 Raumausstattung..... | 55 |
| Abbildung 17 Ablaufschema einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016, S. 78)..... | 61 |
| Abbildung 18 Darstellung des deduktiv-induktiven Vorgehens bei der Entwicklung des Kategoriensystems, Erstellt in Anlehnung an Lotz (2016)..... | 62 |
| Abbildung 19 Einsatz des Materials | 84 |
| Abbildung 20 Spinnennetzdiagramm zur dreidimensionalen Darstellung des vollständigen Einbezugs der Materialien für die Problemlösung; Erstellt in Anlehnung an Feltes (2016) | 86 |
| Abbildung 21 Schrittwechsel Proband J1..... | 92 |
| Abbildung 22 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe | 96 |
| Abbildung 23 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) bei den Jungen..... | 97 |
| Abbildung 24 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) bei den Mädchen | 98 |
| Abbildung 25 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe | 99 |
| Abbildung 26 Verteilung der Codehäufigkeiten bei den Jungen | 99 |
| Abbildung 27 Verteilung der Codehäufigkeiten bei den Mädchen | 100 |
| Abbildung 28 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen" | 105 |
| Abbildung 29 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Jungen | 105 |
| Abbildung 30 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Mädchen | 105 |
| Abbildung 31 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen" | 106 |
| Abbildung 32 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Jungen..... | 106 |
| Abbildung 33 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Problem erkennen und verstehen"; Mädchen..... | 106 |
| Abbildung 34 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung suchen" | 108 |
| Abbildung 35 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen | 109 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 36 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen..... | 109 |
| Abbildung 37 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung suchen" | 109 |
| Abbildung 38 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen | 112 |
| Abbildung 39 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen | 112 |
| Abbildung 40 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung umsetzen" | 115 |
| Abbildung 41 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen | 115 |
| Abbildung 42 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen..... | 115 |
| Abbildung 43 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung umsetzen"..... | 116 |
| Abbildung 44 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Jungen | 116 |
| Abbildung 45 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung suchen"; Mädchen | 116 |
| Abbildung 46 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung testen"..... | 119 |
| Abbildung 47 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung testen"; Jungen | 119 |
| Abbildung 48 Verteilung der codierten Zeit (in Sekunden) für die Subkategorien von "Lösung testen"; Mädchen..... | 119 |
| Abbildung 49 Verteilung der Codehäufigkeiten innerhalb der Stichprobe für die Subkategorien von "Lösung testen" | 120 |
| Abbildung 50 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung umsetzen"; Jungen | 120 |
| Abbildung 51 Verteilung der Codehäufigkeiten für die Subkategorien von "Lösung umsetzen"; Mädchen..... | 120 |
| Abbildung 52 Code-Relation-Modell mit Angaben zur Anzahl der Codenähen zwischen den untersuchten Hauptkategorien und Zusatzkategorien | 126 |
| Abbildung 53 Materialeinsatz (durchschnittlicher Zeitanteil in %) | 128 |
| Abbildung 54 Materialeinsatz (durchschnittliche Codeanzahl) | 129 |
| Abbildung 55 Bild 1-13, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M2..... | 141 |
| Abbildung 56 Bild 1-11, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J13..... | 142 |
| Abbildung 57 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M19..... | 143 |
| Abbildung 58 Bild 1-13, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J23..... | 144 |
| Abbildung 59 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M25..... | 145 |
| Abbildung 60 Codeline M2..... | 148 |
| Abbildung 61 Codeline J13..... | 148 |
| Abbildung 62 Codeline M19..... | 148 |
| Abbildung 63 Codeline J23..... | 148 |
| Abbildung 64 Codeline M25..... | 148 |
| Abbildung 65 Abgeleiteter Lösungsverlauf für M2, J13, M19, J23, M25 | 149 |
| Abbildung 66 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J13 | 152 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 67 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandinnen M2, M19 und M25 | 152 |
| Abbildung 68 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J23 (Einsatz Hilfestellung (HIL)) | 154 |
| Abbildung 69 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J1 | 156 |
| Abbildung 70 Bild 1-16, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J3 | 157 |
| Abbildung 71 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J9 | 159 |
| Abbildung 72 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J17 | 160 |
| Abbildung 73 Codeline J1 | 162 |
| Abbildung 74 Codeline J3 | 162 |
| Abbildung 75 Codeline J9 | 162 |
| Abbildung 76 Codeline J17 | 162 |
| Abbildung 77 Abgeleiteter Lösungsverlauf J1, J3, J9, J17 | 163 |
| Abbildung 78 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probanden J9 und J17 (jeweils Einsatz Hilfestellung (HIL)) | 165 |
| Abbildung 79 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probanden J1 und J3 (Einsatz Hilfestellung (HIL)) | 166 |
| Abbildung 80 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J5 | 169 |
| Abbildung 81 Bild 1-16, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J22 | 170 |
| Abbildung 82 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M26 | 171 |
| Abbildung 83 Codeline J5 | 173 |
| Abbildung 84 Codeline J22 | 173 |
| Abbildung 85 Codeline M26 | 173 |
| Abbildung 86 Abgeleiteter Lösungsverlauf J5, J22, M26 | 174 |
| Abbildung 87 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J22 (Einsatz Hilfestellung (HIL)) | 176 |
| Abbildung 88 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband*innen J5 (Einsatz Hilfestellung (HIL)) und M26 | 177 |
| Abbildung 89 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M4 | 179 |
| Abbildung 90 Bild 1-16, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M8 | 181 |
| Abbildung 91 Bild 1-14, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M12 | 182 |
| Abbildung 92 Bild 1-15, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J20 | 183 |
| Abbildung 93 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M21 | 184 |
| Abbildung 94 Codeline M4 | 187 |
| Abbildung 95 Codeline M8 | 187 |
| Abbildung 96 Codeline M12 | 187 |
| Abbildung 97 Codeline J20 | 187 |
| Abbildung 98 Codeline M21, Videoansicht 1 (V1), Abbruch Minute 39 | 188 |
| Abbildung 99 Codeline M21, Videoansicht 3 (V3), Fortführung V1 | 188 |
| Abbildung 100 Abgeleiteter Lösungsverlauf M4, M8, M12, J20, M21 | 189 |
| Abbildung 101 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandinnen M4, M8, M12, M21 (M4, M12, M21 jeweils Einsatz Hilfestellung (HIL)) | 192 |
| Abbildung 102 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J20 | 192 |
| Abbildung 103 Bild 1-15, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M10 | 194 |
| Abbildung 104 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J14 | 196 |
| Abbildung 105 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M18 | 197 |
| Abbildung 106 Codeline M10 | 199 |
| Abbildung 107 Codeline J14 | 199 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 108 Codeline M18 | 199 |
| Abbildung 109 Abgeleiteter Lösungsverlauf M10, J14, M18..... | 200 |
| Abbildung 110 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandinnen M10 (Einsatz Hilfestellung (HIL)) und M18 | 203 |
| Abbildung 111 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband J14 (Einsatz Hilfestellung (HIL))..... | 204 |
| Abbildung 112 Bild 1-17, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M6 | 207 |
| Abbildung 113 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf J7..... | 208 |
| Abbildung 114 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M11 | 209 |
| Abbildung 115 Bild 1-18, Bilderabfolge Problemlöseverlauf M16 | 211 |
| Abbildung 116 Codeline M6..... | 214 |
| Abbildung 117 Codeline J7..... | 214 |
| Abbildung 118 Codeline M11, Videoansicht 1 (V1), Abbruch Minute 47..... | 214 |
| Abbildung 119 Codeline M11, Videoansicht 3 (V3), Fortführung ab Minute 47 | 214 |
| Abbildung 120 Codeline M16 | 214 |
| Abbildung 121 Abgeleiteter Lösungsverlauf M6, J7, M11, M16..... | 215 |
| Abbildung 122 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Proband*innen J7, M11, M16 (M11, M16 jeweils Einsatz Hilfestellung (HIL))..... | 218 |
| Abbildung 123 Dreidimensionale Modellierung zum Materialeinsatz, Probandin M6 | 219 |
| Abbildung 124 Problemlösekreislauf 1 | 224 |
| Abbildung 125 Problemlösekreislauf 2 | 225 |
| Abbildung 126 Problemlösekreislauf 3 | 226 |
| Abbildung 127 Einfluss Problemlösekontext und Subjekt auf die drei Problemlösemodelle | 230 |
| Abbildung 128 Theoretischer Problemlöseverlauf (eigene Darstellung)..... | 235 |
| Abbildung 129 Lösungsverlauf Proband*in M26 (Vergleichsbeispiel aus der vorliegenden Studie) . | 235 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Tabelle 1 Konstruktionsablauf (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012, S. 20f.)..... | 29 |
| Tabelle 2 Leitfadeninterview Themenblock I..... | 44 |
| Tabelle 3 Leitfadeninterview Themenblock II..... | 47 |
| Tabelle 4 Stichprobe | 51 |
| Tabelle 5 Darstellungsrichtlinien der transkribierten Interviews | 59 |
| Tabelle 6 Codierleitfaden, Übersicht Hauptkategorien Problemlösen..... | 64 |
| Tabelle 7 Codierleitfaden, Übersicht Zusatzkategorien..... | 65 |
| Tabelle 8 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Problem erkennen und verstehen" | 65 |
| Tabelle 9 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung suchen" | 67 |
| Tabelle 10 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung umsetzen“..... | 68 |
| Tabelle 11 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung testen" | 69 |
| Tabelle 12 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung optimieren" | 69 |
| Tabelle 13 Codierleitfaden, Hauptkategorie "Lösung reflektieren" | 70 |
| Tabelle 14 Codierleitfaden, Zusatzkategorie "Material nutzen" | 72 |
| Tabelle 15 Codierleitfaden, Zusatzkategorie "Hilfestellung nutzen" | 73 |
| Tabelle 16 Codierleitfaden, Zusatzkategorie "Sonstiges" | 74 |
| Tabelle 17 Dimensionen zur Verknüpfung des Material Einsatzes und Level zur Lösungserarbeitung | 85 |
| Tabelle 18 Mögliche Hilfestellungen und Nutzung | 86 |
| Tabelle 19 Einsatz der angebotenen Hilfestellungen durch Proband*innen..... | 87 |
| Tabelle 20 Übersicht Lösungsumsetzung mit und ohne Hilfestellung..... | 88 |
| Tabelle 21 Lösungszeit (in Sekunden), Wechsel Problemlöseschritte, Erfolgreiche Lösung, Einsatz Hilfestellung; Proband*innen J1 – J13 | 91 |
| Tabelle 22 Lösungszeit (in Sekunden), Wechsel Problemlöseschritte, Erfolgreiche Lösung, Einsatz Hilfestellung; Proband*innen J14 – M26 | 91 |
| Tabelle 23 Problemlöseschritte Proband*innen J1 – J13 (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden)..... | 94 |
| Tabelle 24 Problemlöseschritte Proband*innen J14 – M26 (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden)..... | 95 |
| Tabelle 25 Subkategorien von „Problem erkennen und verstehen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 - J13..... | 102 |
| Tabelle 26 Subkategorien von „Problem erkennen und verstehen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26..... | 103 |
| Tabelle 27 Zusammenfassende Übersicht von "Problem erkennen und verstehen" (PE&V)..... | 107 |
| Tabelle 28 Subkategorien von „Lösung suchen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13 | 110 |
| Tabelle 29 Subkategorien von „Lösung suchen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 – M26 | 111 |
| Tabelle 30 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung suchen" (LS)..... | 112 |
| Tabelle 31 Subkategorien von „Lösung umsetzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13..... | 113 |
| Tabelle 32 Subkategorien von „Lösung umsetzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26 | 114 |
| Tabelle 33 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung umsetzen" (LU)..... | 117 |
| Tabelle 34 Subkategorien von „Lösung testen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13 | 118 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 35 Subkategorien von „Lösung testen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 – M26 | 118 |
| Tabelle 36 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung testen" (LT)..... | 120 |
| Tabelle 37 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung optimieren" (LO) | 121 |
| Tabelle 38 Zusammenfassende Übersicht von "Lösung reflektieren" (LR)..... | 122 |
| Tabelle 39 Hauptkategorie „Lösung optimieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13..... | 123 |
| Tabelle 40 Hauptkategorie „Lösung optimieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26 | 123 |
| Tabelle 41 Hauptkategorie „Lösung reflektieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13..... | 123 |
| Tabelle 42 Hauptkategorie „Lösung reflektieren“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 - M26 | 123 |
| Tabelle 43 Zusammenfassende Übersicht von "Hilfestellung nutzen" (HIL) | 124 |
| Tabelle 44 Subkategorien von „Hilfestellung nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J1 – J13..... | 125 |
| Tabelle 45 Subkategorien von „Hilfestellung nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Sekunden); Proband*innen J14 – M26 | 125 |
| Tabelle 46 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J1 – J14 | 131 |
| Tabelle 47 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J14 - M26..... | 132 |
| Tabelle 48 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J1 – J14 | 133 |
| Tabelle 49 Subkategorien von „Material nutzen“ (*Codehäufigkeit *Prozent der codierten Zeit *Zeit in Stunden); Proband*innen J14 - M26..... | 134 |
| Tabelle 50 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit; M2, J13, M19, J23 und M25 | 146 |
| Tabelle 51 Storyline..... | 151 |
| Tabelle 52 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, J1, J3, J9 und J17..... | 161 |
| Tabelle 53 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, J5, J22 und M26..... | 172 |
| Tabelle 54 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, M4, M12 und J20..... | 185 |
| Tabelle 55 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, M10, J14 und M18..... | 198 |
| Tabelle 56 Übersicht Zeitanteil und Codehäufigkeit, M6, M16 und M21 | 212 |

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/78084

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230424-141848-3

Alle Rechte vorbehalten.