



Fachbereich 10 – Mathematik und Informatik

Institut für Didaktik der Mathematik und Informatik

Arbeitsbereich Didaktik der Informatik

Corrensstraße 80, 48149 Münster

Erstgutachter: Prof. Dr. Marco Thomas

Zweitgutachter: Prof Dr. Stanislaw Schukajlow-Wasjutinski

Masterarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Education (M.Ed.)

Der 'Farbmischautomat' – Durchführung und Evaluation einer Unterrichtseinheit im Bereich 'Sprachen und Automaten' nach der Schuleingangsphase unter besonderer Betrachtung der Lernvoraussetzungen und Lernziele

The 'Color-Mixing Automaton'– Implementation and Evaluation of a Teaching Unit in the
Field of 'Languages and Automata' after the School Entry Phase with Particular Consideration
of Learning Preconditions and Learning Objectives

Vorgelegt am 01.02.2022 von:

Elodie Sophie Bulirsch

Master of Education Grundschule

Matrikelnummer:

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Theoretischer Hintergrund	3
2.1 Informatik im Alltag.....	3
2.2 Informatik in der Grundschule	4
2.3 Lernvoraussetzungen für den Informatikunterricht	7
2.3.1 Lernvoraussetzungen im Allgemeinen.....	8
2.3.2 Heterogene Lernvoraussetzungen im Schullalltag	10
2.3.3 Empirische Befunde	12
3. Unterrichtsplanung	13
3.1 Lehrplanbezug	15
3.1.1 Kompetenzen für die informatische Bildung im Primarbereich.....	16
3.1.2 Einordnung in den Perspektivrahmen Sachunterricht.....	17
3.1.3 Einordnung in den Lehrplan Sachunterricht	18
3.2 Sachanalyse.....	18
3.2.1 Automaten	19
3.2.2 Der Farbmischautomat	21
3.3 Lernvoraussetzungen.....	23
3.4 Didaktische Analyse	25
3.4.1 Relevanz des Lerngegenstands.....	25
3.4.2 Didaktische Reduktion	26
3.4.3 Anordnung und Vermittlung von Lerninhalten	28
3.4.4 Überprüfung des Kompetenzerwerbs.....	30
3.5 Lernziele.....	30
3.6 Strukturskizze.....	32
4. Forschungsfragen	33
5. Untersuchungsdesign	35
5.1 Design-Based Research.....	35
5.2 Ablauf der Untersuchung.....	38
5.3 Forschungsmethoden	39
5.3.1 Befragung	40
5.3.2 Beobachtung	43
5.3.3 Testung.....	44
6. Ergebnisse.....	45
6.1 Einschätzung einer Grundschullehrkraft	45
6.1.1 Auswertung der Daten.....	46
6.1.2 Re-Design der Intervention und der Forschungsinstrumente.....	47
6.2 Erste Unterrichtserprobung	48
6.2.1 Auswertung der Daten.....	49
6.2.2 Re-Design des Unterrichts und der Forschungsinstrumente	54

6.3 Zweite Unterrichtserprobung	55
6.3.1 Auswertung der Daten.....	55
6.3.2 Re-Design des Unterrichts und der Forschungsinstrumente	61
7. Auswertung der Forschungsfragen	63
8. Fazit und Ausblick	69
Literaturverzeichnis	71
Abbildungsverzeichnis	76
Anhang	77
Plagiatserklärung	187

1. Einleitung

In den letzten Jahren ist die Diskussion in Deutschland über einen möglichst frühen Beginn der informatischen Bildung in der Grundschule weiter vorangeschritten. Auch die ehemalige Staatsministerin für Digitalisierung im Bundeskanzleramt Dorothee Bär forderte, dass „die digitale Ausbildung schon ab der Grundschule mit ‚Digitalkunde‘ als Pflichtfach [beginnt].“ (Neuerer, 2019) Ebenso liefert die Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (2019a) mit Ihren Empfehlungen „Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich“ konkrete Anhaltspunkte, welche informatischen Inhalte und Kompetenzen bereits in der Grundschule vermittelt werden sollten.

Die Notwendigkeit einer frühen informatischen Bildung ist darin begründet, dass die Informatik die Gesellschaft bereits in vielerlei Hinsicht durchdrungen hat (GI, 2019b, S. V). Folglich reicht ihr Einfluss auch in „die Lebenswelt und den Alltag von Kindern“ (GI, 2019b, S. V).

Oftmals ist uns jedoch der Einfluss der Informatik auf unser alltägliches Leben nicht bewusst (Bergner et al., 2018, S. 28). Denn die Informatik ist nicht nur in unverkennbar digitalen Geräten gegenwärtig, wie beispielsweise in einem Computer, Tablet oder Smartphone, sondern auch in alltäglichen Anlagen, Maschinen und Gegenständen wie Ampelanlagen, Saugroboter, Mähroboter, Kaffeeautomaten, Autowaschanlagen und vieles mehr. Die Informatik ist also mehr als nur die Wissenschaft über Computer. Vielmehr umfasst sie alle „konstruierte (also technische) Systeme, die es erlauben, Daten [...] so zu interpretieren, dass Aktionen bewirkt werden.“ (Mittermeir, 2010, S. 57). Folglich ist ihr weitreichender Einfluss gegenwärtig, wenn

- **Abläufe automatisiert gesteuert und geregelt** (die Ampelsteuerung, der Fahrplan der Bahn oder die Tour des Müllwagens, das Programm der Waschmaschine),
- **Daten digital gespeichert und ausgegeben** (Kamera, Hörbücher),
- **Daten übertragen** (Handy, Fernseher, Radio) oder
- **Daten verändert und berechnet werden** (die Wettervorhersage, der Taschenrechner, das Navigationssystem im Auto...). (Bergner et al., 2018, S. 40)

Vor diesem Hintergrund wird es immer wichtiger, dass Kinder schon früh die Bedeutung der Informatik in ihrem Lebensumfeld verstehen. Denn erst mit dem Blick hinter die Benutzeroberfläche wird eine kompetente Nutzung digitaler Technologien möglich und daher benötigen Kinder „grundlegendes Wissen über Methoden und Prinzipien der

Informatik.“ (Martschinke et al., 2021, S. 133) Doch wie gelingen Entwicklung und Erwerb informatischer Kompetenzen in der Grundschule? Konkrete Vorschläge zu didaktischen Unterrichtskonzepten sollen die Umsetzung und Realisierung der informatischen Bildung in der Grundschule stützen (Gl, 2019b, S. V; Humbert et al., 2019).

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist eine Unterrichtsreihe zum Thema „Farbmischautomat“, welche in einer Arbeitsgruppe des Projekts „Informatische Bildung als Perspektive des Sachunterrichts in Praxisphasen“ entwickelt wurde. Ziel ist es, zu untersuchen, inwieweit die Durchführung der ersten Doppelstunde der Unterrichtsreihe „Farbmischautomat – Ein Modell zum Mischen von Farben“¹ im realen Schullalltag gelingt und in welchen Bereichen eine Überarbeitung notwendig ist. Dabei soll die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes insbesondere durch Erkenntnisse zu den individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler*innen sowie zur Lernzielerreichung gestützt werden.

Zunächst werden die theoretischen Grundlagen zu diesem Themenbereich in drei Abschnitten beleuchtet. Im ersten Abschnitt wird der Einfluss der Informatik auf das alltägliche Leben von Kindern und die informatischen Kompetenzen von Kindern unter Berücksichtigung aktueller Studien untersucht. Darauf aufbauend wird auf die Notwendigkeit einer frühzeitigen informatischen Ausbildung zur Teilhabe an der Gesellschaft verwiesen. Der zweite Abschnitt fokussiert auf die bisherige Realisierung der informatischen Bildung im deutschen Schulsystem. Im letzten Abschnitt werden die Lernvoraussetzungen für den Informatikunterricht einschließlich einer Klassifizierung sowie die Heterogenität der Lernvoraussetzungen in Lerngruppen erörtert.

Der zweite Teil der Arbeit fokussiert die Planung und Gestaltung des Unterrichtsentwurfes und betrachtet hierzu Lehrplanbezug, Sachanalyse, Lernvoraussetzungen, didaktische Analyse, Lernziele und Strukturskizze.

Nach Vorstellung der Forschungsfragen und Erörterung des Untersuchungsdesigns befasst sich der letzte Teil der Arbeit mit der Untersuchung des Unterrichtsentwurfes in drei Zyklen – (1) Bewertung durch eine Grundschullehrkraft, (2) Erprobung in zwei dritten Klassenstufen sowie (3) in drei vierten Klassenstufen, einschließlich der

¹ Nachfolgend wird der Unterrichtsentwurf mit „Farbmischautomat“ betitelt.

jeweiligen Darstellung der Erkenntnisse zu Lernvoraussetzungen, Unterrichtsdurchführung und Lernzielerreichung. Es folgen die Auswertung der Forschungsfragen und eine Reflexion der Forschungsmethoden. Ein abschließendes Fazit und ein Ausblick auf weitere Untersuchungen bilden den Schluss dieser Arbeit.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Informatik im Alltag

Die Bedeutsamkeit von Informatik im Alltag wird in verschiedenen Studien bestätigt. Laut einer Studie des Deutschen Instituts für Vertrauen und Sicherheit im Internet (2015, S. 131) sind digitale Medien bereits fester Bestandteil des Familienlebens von Kleinkindern: Über 40% der unter 9-jährigen Kinder sind online aktiv, wobei der Gebrauch des Internets teilweise bereits im vierten Lebensjahr beginnt. Zu einer ähnlichen Erkenntnis gelangt die „KIM“ (Kindheit, Internet, Medien) Studie des Medienpädagogischen Forschungsverbands Südwest im Jahr 2020. Diese Studie schlussfolgert, dass „in praktisch allen Familien mit sechs- bis 13-jährigen Kindern [...] Fernsehgeräte, ein Internetzugang, Handys/ Smartphones sowie Computer/ Laptops vorhanden“ (mpfs, 2021, S. 86) sind.

Allerdings führt das Aufwachsen in einer von Informatiktechnologien dominierten Welt nicht unabdingbar zur Entwicklung kompetenter Nutzer*innen, welche über informatische Kompetenzen verfügen (Bergner et al., 2018, S. 28; Martschinke et al., 2021, S. 133). Laut der internationalen Schulleistungsstudie „ICLIS“ (*International Computer and Information Literacy Study*) von 2013 haben nahezu 30% der Achtklässler*innen in Deutschland nur geringe Computer- und Informationskompetenzen (Bos et al., 2014, S. 132). Auch in der ICLIS Studie von 2018 bleibt dieser Wert unverändert (Eickelmann et al., 2019, S. 131). Ein vergleichbares Ergebnis zeichnet sich im Bereich des Computational Thinking² ab. So liegen die Leistungen dort „signifikant unter dem internationalen Mittelwert“ (Eickelmann et al., 2019, S. 380).

² Das Computational Thinking „baut auf dem Wissen der Informatik über informationsverarbeitende Prozesse auf und nutzt die Techniken, Modelle, Konzepte und Werkzeuge der Informatik für das problemlösende Denken.“ (Bergner et al., 2018, S. 60)

Im Zusammenhang mit den Ergebnissen der ICLIS Studie kritisiert Eickelmann et al. (2019), dass es somit einer Vielzahl von Schüler*innen besonders schwerfallen dürfte, in einer zunehmend digitalisierten Gesellschaft „erfolgreich am privaten, beruflichen sowie gesellschaftlichen Leben“ (S. 131) teilzunehmen. Die Bedeutsamkeit von Informatik für die Teilhabe an der Gesellschaft wird auch in einer Studie, welche mehrere Dokumente zur Relevanz der Informatik als Schulfach untersucht, bekräftigt (Seegerer et al., 2019, S. 10). Ebenso betont die GI (2019b), dass „eine bewusste Teilnahme am Leben in unserer Gesellschaft, aber auch die konstruktive Mitgestaltung der Lebenswelt, [...] zunehmend informatische Kompetenzen voraus[setzt].“ (S. V) Informatikkenntnisse sind demnach nicht nur notwendig, um reflektiert und verantwortungsvoll in der digitalen Welt zu handeln, sondern vor allem auch, um den digitalen Wandel mitzugestalten und dabei in der Entwicklung neuer, zukünftiger Technologien mitzuwirken. Daher müssen Maßnahmen ergriffen werden, um bereits zu einem frühen Zeitpunkt der schulischen Bildung erste Grundlagen in diesen Technologien zu vermitteln.

2.2 Informatik in der Grundschule

Das Bildungsprogramm der Grundschule zielt darauf ab, Wissen und Fähigkeiten zu vermitteln, welche der „Bewältigung von alltäglichen Lebenssituationen und zunehmend auch [...] [der] verantwortlichen Teilhabe am gesellschaftlich-kulturellen Leben [...]“ (KMK, 2015, S. 5) dienen. Angesichts der Tatsache, dass das gesellschaftliche Leben informatische Kompetenzen erfordert, scheint die Integration einer Informatikausbildung in der Grundschule sinnvoll (Engelhardt, 2020, S. 1).

Für die frühe Vermittlung informatischer Kompetenzen wird auch in der Fachliteratur geworben. Unter anderem sollen so gleiche Chancen für alle Schüler*innen geschaffen werden, damit die informatische Bildung eben „nicht nur [auf] technikaffine Kinder mit interessierten Eltern“ (Müller & Haselmeier, 2019) limitiert ist. Außerdem kann so der Entwicklung stereotypischer Einstellungen zur Informatik vorgebeugt werden. Einige Studien deuten darauf hin, dass der frühe und kontinuierliche Kontakt zur Informatik geschlechtsspezifischen Unterschieden im informatischen Interesse sowie in der Selbstwirksamkeit vorbeugt (Bergner et al., 2018, S. 140). Grund hierfür ist, dass die geschlechtsspezifischen Rollenbilder bei Grundschulkindern noch nicht fest verankert

sind (GI, 2019b, S. V). Zwar verfügen Kinder bereits vor Schuleintritt über Vorstellungen zu traditionellen Rollenbildern, dennoch ergibt sich ab Mitte der Grundschulzeit bis zur Pubertät ein Zeitfenster, in welchem diese Vorstellungen modifiziert werden können (Haselmeier, 2019, S. 90). Laut der GI (2019b) besteht „daher die Chance, bereits in jungen Jahren auch Mädchen für Informatik zu begeistern“ (S. V).

Obwohl in Nordrhein-Westfalen der Informatikunterricht in der Sekundarstufe I ab dem Schuljahr 2021/2022 verpflichtend ist, existieren derzeit keine entsprechenden Verordnungen für den Grundschulunterricht. Nichtsdestotrotz ist die Umsetzung der Forderung zur frühen informatischen Bildung in den letzten Jahren vorangeschritten.

Ein erster Schritt zur frühen Ausbildung informatischer Kompetenzen ist mit der Revision des Medienkompetenzrahmens NRW erfolgt. Laut Haselmeier (2019) ist so „die Tür zur informatischen Bildung in der Grundschule aufgestoßen worden.“ (S. 92) Der neue Kompetenzbereich „Problemlösen und Modellieren“ umfasst mit vier Teilkompetenzen – „Prinzipien der digitalen Welt“, „Algorithmen erkennen“, „Modellieren und Programmieren“ und „Bedeutung von Algorithmen“ – erste obligatorische informatische Inhalte für den Primarbereich (Haselmeier, 2019, S. 92). Allerdings bemängeln Seegerer et al. (2019), dass „die Debatte um digitale Bildung [...] von der Medienbildung und dem Umgang mit digitalen Medien dominiert“ (S. 1f.) wird.

Auch die GI hat Maßnahmen zur Umsetzung einer frühen Informatikausbildung ergriffen. Ziel ist es, die „informatische Bildung als Bestandteil einer allgemeinen Bildung zu etablieren, damit Kinder einen Zugang zur Informatik finden sowie Informatik bewusst erleben und mitgestalten können“ (Humbert et al. 2019). Zu diesem Zweck wurden im Januar 2019 Empfehlungen zur Umsetzung der informatischen Bildung in der Grundschule mit den „Kompetenzen für die informatische Bildung im Primarbereich“ veröffentlicht. Hierdurch wurde mit den Empfehlungen für die Sekundarstufe I und Sekundarstufe II ein schlüssiges Konzept für eine allgemeine informatische Bildung im deutschen Schulsystem geschaffen (GI, 2019b, S. VI).

Der Aufbau der Empfehlungen für die Grundschule orientiert sich an den bereits existierenden Bildungsstandards und ist entsprechend in fünf Prozessbereiche – „Modellieren und Implementieren“, „Begründen und Bewerten“, „Strukturieren und Vernetzen“, „Kommunizieren und Kooperieren“ und „Darstellen und Interpretieren“ –

sowie fünf Inhaltsbereiche – „Information und Daten“, „Algorithmen“, „Sprachen und Automaten“, „Informatiksysteme“ und „Informatik, Mensch und Gesellschaft“ – unterteilt (GI, 2019b, S. VI, 8-16).

Eine mögliche Vermittlung der vorgegebenen Inhalte sieht die GI (2019b) beispielsweise durch eine Verankerung in einem bereits existierenden Schulfach (S. 5). Dabei ist die Umsetzung der Empfehlungen im Sachunterricht naheliegend. Denn „mit dem neuen Entwurf des Sachunterrichtslehrplans in NRW werden in der technischen Perspektive auch Kompetenzen adressiert, die informatischer Bildung zuzuordnen sind.“ (Institut für Didaktik des Sachunterrichts, o.D.) So beinhaltet der Sachunterrichtslehrplan nicht nur Aspekte der „Bedienung von Geräten, sondern [auch des] [...] Erkennen[s] und Anwenden[s] grundlegender Prinzipien der Informatik, um damit Probleme aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler zu lösen.“ (Institut für Didaktik des Sachunterrichts, o.D.) Damit besteht eine Übereinstimmung des Lehrplans mit den Empfehlungen der GI für die Primarstufe in „fachinhaltliche[n] Kompetenzen (z. B. aus den Bereichen „Information und Daten“ und „Sprachen und Automaten“) und prozessbezogenen Kompetenzen (z. B. aus den Bereichen „Modellieren und Implementieren“ und „Begründen und Bewerten“).“ (Institut für Didaktik des Sachunterrichts, o.D.)

Die Umsetzung der Empfehlungen und die Etablierung einer informatischen Bildung in der Grundschule soll durch die Bereitstellung didaktischer Konzepte gefördert werden (GI, 2019b, V; Humbert et al., 2019). Begleitend zur Entwicklung dieser Konzepte muss jedoch berücksichtigt werden, dass Grundschullehrkräfte in der Regel keine informatische Ausbildung haben (Humbert et al., 2019). Folglich müssen die zur Verfügung gestellten Materialien möglichst gut geplant und erprobt sein (Humbert et al., 2019).

Ein besonderer Bedarf für die Entwicklung von Unterrichtsbausteinen zum Inhaltsbereich „Sprachen und Automaten“ aus dem Kompetenzrahmen der GI ergeben die Untersuchungen nach Koppers (2017). Bereits im Jahr 2017 existierte eine Vielzahl von Projekten, welche die Implementierung einer frühen informatischen Ausbildung an Grundschulen förderten und dennoch blieb unter anderem der Inhaltsbereich „Sprachen und Automaten“ weitestgehend unbeachtet (Koppers, 2017, S. 28). Infolgedessen ist im Bereich „Informatik in der Grundschule (IGS)“ an der Westfälischen

Wilhelms-Universität die Entwicklung von Unterrichtsbausteinen zu diesem Inhaltsbereich gefördert worden. So existieren bereits zwei Abschlussarbeiten von Studierenden (Deitmer, 2019; Engelhardt, 2020), die sich mit der Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsbausteinen im Inhaltsbereich „Sprachen und Automaten“ auseinandersetzen. Darüber hinaus wird die Entwicklung weiterer Unterrichtsbausteine in einer Kooperation mit der Didaktik des Sachunterrichts im Rahmen des Projekts „Informatische Bildung als Perspektive des Sachunterrichts in Praxisphasen“ fortgeführt.

2.3 Lernvoraussetzungen für den Informatikunterricht

In der Planung von didaktischen Konzepten sollten die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen berücksichtigen werden. Denn die individuellen Bedingungen eines Schülers oder einer Schülerin auf kognitiver, motivationaler, und volitionaler Ebene beeinflussen das Lernen im Unterricht (Kopp & Martschinke, 2015, S. 361).

Die Bedeutung der Lernvoraussetzungen für den Erfolg des Unterrichts wird in dem „Makromodell der Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen“ von Helmke (2009, S. 30) deutlich. Helmke (2009, S. 30) zufolge ist der Lernerfolg durch eine Reihe unterschiedlicher Faktoren determiniert, welche sich wiederum wechselseitig beeinflussen. Als mögliche Bedingungsfaktoren für den Schulerfolg werden Merkmale der Schule, des Unterrichts, der Lehrkraft, der Medien sowie der Einfluss der Eltern und der soziokulturelle Hintergrund aufgeführt (Helmke, 2009, S. 30f.). Aber auch die Persönlichkeit des Kindes selbst beeinflusst laut Helmke (2009, S. 31) den Lehr-Lern-Prozess. Denn „die individuellen Eingangsvoraussetzungen [...], das heißt das Vorwissen in einem betreffenden Fach, die kognitive Grundfähigkeit (Intelligenz) und die Lernstrategien sowie motivationale, soziale, konstitutionelle und affektive Merkmale (Selbstvertrauen, Lernfreude, Leistungsangst)“ (S. 31) nehmen Einfluss auf das Lernen im Unterricht.

Demnach sollten auch bei der Erstellung von Unterrichtsbausteinen für den Informatikunterricht der Primarstufe grundsätzlich die möglichen Lernvoraussetzungen der Zielgruppe berücksichtigt werden.

2.3.1 Lernvoraussetzungen im Allgemeinen

In der Fachliteratur finden sich verschiedene Klassifizierungen der Lernvoraussetzungen. Zur genaueren Betrachtung unterschiedlicher Arten von Lernvoraussetzungen werden die Beschreibungen von Franke (1977), Waiter (2015) und Becker (2007) herangezogen. In Anlehnung an die Berliner Didaktik³ unterteilt Franke (1977, S. 55) die Lernvoraussetzungen in die Hauptkategorien der anthropologisch-psychologischen und der sozio-kulturellen Voraussetzungen. Die anthropologisch-psychologischen Voraussetzungen werden weiter in die Kategorien „Lernfähigkeit“ und „Lernbereitschaft“ unterteilt (Franke, 1977, S. 56). Mit Blick auf die Lernfähigkeit von Schüler*innen, müssen unter anderem Überlegungen über deren aktuellen Lernstand angestellt werden (Franke, 1977, S. 56). Zum Beispiel müssen das Wissen und Können der Schüler*innen hinsichtlich des Lerninhalts sowie der Haltung zum Lerngegenstand bewertet werden (Franke, 1977, S. 55). Auch Merkmale der Schüler*innen bezüglich ihres Lernstils (z.B. bekannte Lernmethoden, physische und psychische Verfassung) und ihres Lerntempos sind zu beachten (Franke, 1997, S. 55). Darüber hinaus betont Franke (1977), dass der Unterricht eine Interaktion zwischen Schüler*innen und Lehrkraft ist und demzufolge sind „die lernhemmenden bzw. lernförderlichen Voraussetzungen auf seiten [sic] des Lehrers mitzubetrachten.“ (S. 55) Die sozio-kulturellen Voraussetzungen hingegen beziehen sich nicht auf die Voraussetzungen eines einzelnen Kindes oder einer einzelnen Lehrkraft. Vielmehr umfassen sie diejenigen Faktoren, welche „aus sozialen, kulturellen und politischen Zeitumständen heraus“ (Franke, 1977, S. 57) den Lehr-Lern-Prozess im Unterricht behindern oder fördern. So sind sozio-ökonomische, sozio-ökologische, sozio-kulturelle und ideologisch-normbildende Faktoren für die Unterrichtsplanung entscheidend (Franke, 1997, S. 57f.).

Im Vergleich zu Frankes Kategorisierung der Lernvoraussetzungen, bezieht sich die Auflistung von Waiter und Becker ausschließlich auf die Lernvoraussetzungen eines einzelnen Schulkindes.

Waiter (2015, S. 199f.) benennt dreizehn Lernvoraussetzungen, die das Lernen und Lehren im Unterricht beeinflussen und schlägt somit vor, entwicklungsbedingte,

³ Die „Berliner Didaktik“ wird auch als Lerntheoretische Didaktik bezeichnet und wurde in den 60er Jahren an der Pädagogischen Hochschule Berlin erarbeitet. (Waiter, 2015, S. 70)

kognitive, emotionale, psychomotorische, sprachliche, soziale, motivationale, volitionale, gruppenbezogene, familiale, kulturelle, schulische und fachliche Voraussetzungen in die Unterrichtsplanung einzubeziehen. Eine kleine Auswahl einschlägiger und für den Verlauf der Arbeit wichtiger Lernvoraussetzungen wird nachfolgend genauer erläutert und durch Überlegungen von Becker (2007) ergänzt:

Motivationale Voraussetzungen

Die motivationalen Voraussetzungen von Schüler*innen werden durch „Erfolgs-Misserfolgsorientierung, Aufgeschlossenheit für Lerninhalte, Leistungswille, positive Einstellung zum schulischen Lernen“ (Waiter, 2015, S. 200) beeinflusst. Sie beziehen sich auf die Bereitschaft von Schüler*innen, sich mit einem neuen Unterrichtsinhalt auseinanderzusetzen. Dementsprechend ist die Motivation ein ausschlaggebender Faktor und Maßstab dafür, ob ein Schulkind die Energie aufwendet, sich einen neuen Lerninhalt anzueignen (Becker, 2007, S. 24).

Zudem betont Becker (2007, S. 24), dass die motivationalen Lernvoraussetzungen deutlich variieren. Demnach findet man in einer Schulklasse Kinder, deren Bereitschaft sich mit einem bestimmten Thema auseinanderzusetzen, Leistung zu erbringen und Unterrichtsziele zu erreichen, hoch ist. Faktoren, die diesen Antrieb begünstigen, sind sehr individuell und können beispielsweise von Notengebung, Erwartungshaltung der Eltern sowie Position in der Lerngruppe beeinflusst werden (Becker, 2007, S. 24). Andererseits fehlen auch Schüler*innen genau dieser Antrieb und diese Lernhaltung (Becker, 2007, S. 24).

Vor allem die Bedeutung der intrinsischen Motivation für den Lernerfolg ist empirisch belegt. In einer Zusammenfassung von Ergebnissen aus 30 Publikationen und Dissertationen erfassen Schiefele und Schreyer (o.D.) „durchwegs positive Korrelationen zwischen ILM [Intrinsischer Lernmotivation] und Lernen“ (S. 10). Auch deuten Ergebnisse der Untersuchung darauf hin, dass der Einfluss der intrinsischen Motivation auf Lernleistung bedeutsamer ist als der Einfluss der extrinsischen Motivation (Schiefele & Schreyer, o.D., S. 10). Ähnliche Erkenntnisse wurden in einer Studie von Stark und Mandl (2001) gewonnen. Hier hatte die intrinsische Motivation deutliche Auswirkungen

auf die Leistungen in einer Übungsklausur von Studierenden (Stark & Mandl, 2001, S. 27).

Fachliche Voraussetzungen

Die fachlichen Voraussetzungen umfassen die „Vorkenntnisse, außerschulische[n] Erfahrungen zu dem und mit dem Lerninhalt, [sowie] Kenntnis methodischer Vorgehensweisen.“ (Waiter, 2015, S. 200) Demnach muss für eine Unterrichtsstunde das Vorwissen der Lerngruppe zum Unterrichtsgegenstand eingeschätzt werden. Auch sollen nicht nur bisherige Erfahrungen mit dem Lerninhalt, sondern ebenso mit der geplanten Unterrichtsmethodik berücksichtigt werden.

Einen empirischen Beleg zur Bedeutsamkeit der Vorkenntnisse schafft Franz (2008, zitiert nach Kopp & Martschinke, 2015) in einer Untersuchung zum Thema „Strom“. Hier konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Vorwissen und Leistungserfolg erfasst werden (Kopp & Martschinke, 2015, S. 362).

Die Vielfalt der Lernvoraussetzungen, die das Lernen im Unterricht beeinflussen, ist groß. Zum einen müssen Voraussetzungen der gesellschaftlichen, politischen und kulturellen Umstände berücksichtigt werden. Zum anderen gilt es, die Voraussetzungen der Lehrkraft sowie der Schüler*innen zu beachten. Ebenso wurde herausgearbeitet, dass Faktoren, welche die Lernvoraussetzungen eines einzelnen Schülers beeinflussen, umfassend sind und weitaus mehr als nur Intelligenz oder Veranlagung einschließen.

2.3.2 Heterogene Lernvoraussetzungen im Schullalltag

Zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen in einer Klasse bedarf es „eine[r] hohe[n] diagnostische[n] Kompetenz des Lehrers/ der Lehrerin“ (Waiter, 2015, S. 200). Außerdem sollte das Erfassen der Lernvoraussetzungen zum Beispiel durch Erkenntnisse aus Unterrichtsbeobachtungen, Elterngesprächen, Lernleistungen in Prüfungssituationen sowie leistungsfreien Arbeitsphasen gestützt werden (Waiter, 2015, S. 200f.).

Darüber hinaus wird in einer kleineren Lerngruppe die Einschätzung der jeweiligen Lernvoraussetzungen erleichtert (Becker, 2007, S. 20). Es ist hingegen besonders schwer, diese individuellen Voraussetzungen zu ermitteln, wenn die Kontaktphasen zwischen Lehrkraft und Schüler*innen zeitlich begrenzt sind (Becker, 2007, S. 20f.). Ein

außer Acht lassen der individuellen Voraussetzungen führt unweigerlich zu einer Unter- oder Überforderung der Lernenden im Unterricht, und dies wirkt sich wiederum negativ auf das Klassenklima und den Lehr-Lern-Prozess aus (Becker, 2007, S. 20). Jedoch können Lernvoraussetzungen selten genau erfasst werden (Becker, 2007, S. 20). Vielmehr erfolgt in der Regel eine grobe Einschätzung von Schüler- bzw. Lernvoraussetzungen (Becker, 2007, S. 20).

Zunächst ist davon auszugehen, dass die Schüler*innen keine Vorkenntnisse zu neuen Unterrichtsinhalten mitbringen, insbesondere im Bereich der informatischen Bildung als ein nicht verpflichtendes Fach der Grundschule. Jedoch betont Becker (2007) die Möglichkeit von bereits existierenden Vorerfahrungen zu einem Lerninhalt:

Selbst wenn aus der Sicht der Lehrerin eine Sache für eine bestimmte Schülergruppe neu sein müsste, kann sie nie sicher sein, dass nicht doch ein Schüler über Vorkenntnisse oder Vorerfahrungen verfügt. Im Umgang mit älteren Geschwistern, mit Eltern aber auch mit den verschiedenen Medien haben die Schüler immer wieder Gelegenheit, Sachverhalte aufzufassen oder zumindest Elemente einer Struktur zu begreifen [...]. (S. 20)

So werden die Lernvoraussetzungen eines Schülers unter anderem durch seine individuellen Erfahrungen aus dem Alltag bestimmt. Allerdings können diese Erfahrungen zwischen Schüler*innen stark variieren, sodass die Lernvoraussetzungen in einer Klasse oftmals unterschiedlich sind.

Das Auftreten heterogener Lernvoraussetzungen belegen Studien, in welchen unterschiedliche Fähigkeiten, Erklärungsansätze sowie Vorstellungen der Schüler*innen in den Bereichen Sozialwissenschaften, Naturwissenschaften, Geografie, Historie sowie Technik erfasst wurden (Kopp & Martschinke, 2015, S. 362-364). Dabei manifestierten sich die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen beispielsweise in Erklärungsmustern und im Sprachgebrauch bei der Erläuterung naturwissenschaftlicher Vorgänge oder in der Kartenkompetenz durch das richtige Anordnen der Lage von Ländern und Beschriften von Landkarten (Kopp & Martschinke, 2015, S. 362f.).

Die Lehrkraft sollte also davon ausgehen, dass Schüler*innen aus einer Klasse unterschiedliche Voraussetzungen zum Erwerb eines neuen Unterrichtsthemas mitbringen. Vor diesem Hintergrund und mit Blick auf die besondere Bedeutung der Lernvoraussetzungen, müssen Überlegungen angestellt werden, wie man im Unterricht dennoch den individuellen Anforderungen aller Schüler*innen gerecht werden kann.

Gemäß dem Arbeitsstab Forum Bildung (2001) ist hierzu eine individuelle Förderung im Unterricht erforderlich, welche auf „die konsequente Berücksichtigung unterschiedlicher Lernvoraussetzungen, wie z.B. Begabungen, Lernhaltung, Lernumgebungen im Elternhaus, Vorwissen aus der Lebenswelt“ (S. 7) zielt. Konkrete Hinweise zur Umsetzung einer individuellen Förderung werden von Klieme und Warwas (2011) gegeben.

Laut Klieme und Warwas (2011, S. 808-811) kann eine individuelle Förderung (1) durch die Bereitstellung eines kompensatorischen Trainings- und Zusatzangebotes, (2) durch die Gestaltung eines offenen Unterrichts und (3) mittels einer Binnendifferenzierung in einem adaptiven Unterricht erfolgen. Ebenfalls sehen Kopp und Martschinke (2015, S. 364) in der Adaption des Unterrichts ein Konzept, das unabdingbar für den Umgang mit heterogenen Lerngruppen ist. Damit wird die Lernumgebung in „Inhalt, Methode, Medien, Materialien, Sozialform und Lernzeit an die Voraussetzung der Schüler“ (Kopp & Martschinke, 2015, S. 364) angepasst.

2.3.3 Empirische Befunde

Erste Forschungsergebnisse sowie Erfahrungen aus dem informatikbezogenen Grundschulunterricht deuten darauf hin, dass Grundschulkindern bereits über die erforderlichen kognitiven Voraussetzungen zum Erlernen informatischer Inhalte verfügen (Bergner et al., 2018, S. 84).

Beispielweise wurden in einer Studie von Schwill (2001) die Fähigkeiten von jungen Schulkindern im Erfassen von wichtigen informatischen Ideen untersucht. Hierbei sind unter Einbeziehung von „Ergebnissen aus der Kognitionspsychologie“ (Schwill, 2001, S. 13) die bestehenden kognitiven Voraussetzungen von Schüler*innen zum Verstehen zentraler informatischer Inhalte nachgewiesen worden. Zwar ist der Informatikunterricht in der Grundschule durchführbar, dennoch müssen laut Schwill (2001) „Gegenstände [...] altersgemäß aufbereitet und im Unterricht unter Berücksichtigung der kognitiven Strukturen der Kinder und unterstützt durch Handlungen oder reale Gegenstände vermittelt“ (S. 29) werden. Die Studien von Hoffmann et al. (2017) und Gibson (2012) belegen darüber hinaus, dass spezifische kognitive Voraussetzungen für das Erfassen von Algorithmen existieren. Laut Hoffmann et al. (2017) konnten in diesem Bereich insbesondere von Grundschulkindern aus

höheren Klassenstufen gute Leistungen erbracht werden. Des Weiteren argumentiert Gibson (2012, S. 39), dass die Ergebnisse der Studie darauf schließen lassen, dass die Vermittlung informatischer Inhalte bereits im Alter von 5-11 Jahren erfolgen kann, also noch bevor Schüler*innen lesen oder schreiben können.

Mit Blick auf die dargestellten Studienergebnisse scheint es naheliegend zu sein, dass auch bei Grundschüler*innen ein Interesse für den Themenbereich „Informatik“ gegeben ist. Auch liegt bei Kindern ein grundsätzliches Interesse für neue Medien vor und dies wird auch durch die zunehmende Nutzung von Medien in dieser Altersgruppe untermauert (Bergner et al., 2018, S. 85). Ob sich dieses Interesse für die Nutzung von Medien gleichermaßen auf ein Interesse für informatische Hintergründe übertragen lässt, ist allerdings noch nicht belegt (Bergner et al., 2018, S. 85). Aktuelle Studienergebnisse deuten jedoch an, dass Kinder ab 11 Jahren die Informatik eher als langweilig empfinden sowie keinen „Bezug zur realen Welt“ (Bergner et al., 2018, S. 85) sehen.

3. Unterrichtsplanung

Die vorherigen Kapitel zeigen, dass die Vermittlung informatischer Inhalte in der Grundschule notwendig ist. Die reflektierte und mitgestaltende Teilnahme am gesellschaftlichen Leben erfordert es, dass Kinder über informationstechnische Kompetenzen verfügen (siehe Kapitel 2.1). Außerdem wird aufgezeigt, dass junge Schüler*innen bereits über die hierzu notwendigen kognitiven Lernvoraussetzungen verfügen und daher eine zielführende Auseinandersetzung mit informatischen Inhalten bereits ab der Grundschule möglich ist (siehe Kapitel 2.3.3). Allerdings ist hier herauszustellen, dass zur Etablierung der Informatik in der Grundschule ein besonderer Fokus auf die Ausarbeitung von didaktischen Konzepten gerichtet werden muss (GI, 2019b, S. V; Humbert et al., 2019).

Daher nimmt das dritte Kapitel Bezug auf die Erläuterungen eines konkreten Unterrichtsentwurfes, welcher im Rahmen des Projekts „Informatische Bildung als Perspektive des Sachunterrichts“ angefertigt wurde. Dieser Unterrichtsentwurf wurde von einer Arbeitsgruppe der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster entwickelt. In Anlehnung an eine ergänzend bereitgestellte Handreichung „Der Farbmischautomat –

Ein Modell zum Mischen von Farben“ (siehe Anhang B) für den Unterrichtsentwurf werden im Folgenden Überlegungen zur Gestaltung des Unterrichtes erläutert.

Die Planung eines Unterrichts bezieht sich auf das, was die Lehrkraft „vor, während oder nach der Fixierung seiner unterrichtlichen Absichten gedanklich überlegt, berücksichtigt oder ausschließt.“ (Franke, 1977, S. 10) Somit ist die Unterrichtsplanung eine Ausarbeitung eines Unterrichtsvorhabens. Bedingungen für den Planungsprozesses eines Unterrichts werden in nachfolgender Definition von Esslinger-Hinz et al. (2013) dargelegt:

Unterricht zu planen heißt, eine Lehr-Lern-Situation imaginativ vor auszudenken. Jemand, der Unterricht plant, entwickelt begründete Vorstellungen davon, was weshalb im Unterricht geschehen soll. Im Unterrichtsentwurf werden diese Überlegungen und Ergebnisse in eine schriftliche [...] Form gebracht, die sie für Dritte gut und schlüssig nachvollziehbar macht. (S. 11)

Eine Unterrichtsplanung erfolgt also nicht zufällig. Vielmehr setzt sie auf fundierten theoretischen und fachlichen Erkenntnissen sowie Vorausdenken von möglichen Lehr-Lern-Situationen auf.

Die konkrete Planung eines Unterrichts erfolgt in mehreren Schritten. Die Abfolge dieser zu berücksichtigenden Planungsschritte wird in einer Abbildung von Waiter (2015) deutlich:



Abbildung 1: Die Abfolge der Planungsschritte (Waiter, 2015, S. 152)

Die Herausforderung in der Unterrichtsplanung liegt insbesondere in der praktischen Umsetzung des Unterrichts. Denn „Schüler und Schülerinnen, denen die Planungsüberlegungen gelten, [sind] in vielfacher Hinsicht untereinander verschieden [...]. Infolgedessen gibt es strukturell Unplanbares bei der Unterrichtsplanung.“ (Waiter, 2015, S. 20) In diesem Zusammenhang wird auch auf den Einfluss der Lernvoraussetzungen der Schüler*innen auf den Unterricht (siehe Kapitel 2.3) hingewiesen. Es liegt an der Lehrkraft, wenn erforderlich, situative Anpassungen vorzunehmen. Der Unterrichtsplan sollte als vorläufig aufgefasst werden, da er jederzeit überarbeitet oder korrigiert werden kann (Esslinger-Hinz et al., 2013, S. 11).

Die Struktur dieses Kapitels orientiert sich an den von Waiter (2015) in der Abbildung dargestellten Planungsschritten. Demnach wird zunächst der Bezug zwischen Unterricht und Lehrplänen herausgearbeitet. Anschließend folgt eine Sachanalyse zur Klärung der fachwissenschaftlichen Grundlagen des Unterrichts. Auch werden mögliche Lernvoraussetzungen einer Lerngruppe, welche an einer Unterrichtsdurchführung teilnimmt, bestimmt. Darauf aufbauend wird eine didaktische Analyse vorgenommen. Letztlich werden die zu erreichenden Lernziele der Unterrichtsstunde sowie die Strukturskizze erläutert.

3.1 Lehrplanbezug

Die Lehrpläne der einzelnen Schulfächer stellen eine verbindliche Vorgabe zur Unterrichtsplanung dar, indem sie „die wesentlichen fachlichen Inhalte und Themen und darauf bezogene Kenntnisse und Fähigkeiten, die für den weiteren Bildungsweg unverzichtbar sind [,]“ (MSW NRW, 2008, S. 8) benennen. Die zu erreichenden Lernziele werden durch Kompetenzen bzw. Kompetenzerwartungen angegeben (MSW NRW, 2008, S. 8). Mit der Vorgabe der Kompetenzerwartungen existiert eine klare Richtlinie für das, „was Schülerinnen und Schüler zeigen sollen und über welche Kompetenzen sie verfügen müssen.“ (MSW NRW, 2008, S. 11) Allerdings muss betont werden, dass die für einen Themenbereich vorgegebenen Kompetenzen nicht in einer einzigen Unterrichtseinheit und damit auch nicht in einer einzigen Unterrichtsstunde zu erwerben sind. Vielmehr „erfordern [sie] eine kontinuierliche und langfristige Bearbeitung.“ (MSW NRW, 2008, S. 9)

Der in dieser Arbeit im Fokus stehende Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ fördert sowohl im Bereich der Informatik als auch im Sachunterricht eine Reihe unterschiedlicher Kompetenzen (Anhang B, S. 86-87). Die Informatik ist derzeit kein verpflichtendes Fach für die Grundschule in NRW und somit nicht mit einem Lehrplan hinterlegt. Daher erfolgt die Einordnung der Kompetenzen im Bereich Informatik auf Grundlage der Empfehlungen „Kompetenzen für die informatische Bildung im Primarbereich“ (GI, 2019b). Darüber hinaus werden Bezüge zu dem Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU, 2013) sowie den curricularen Vorgaben des Lehrplans NRW (MSB NRW, 2021) für den Sachunterricht hergestellt.

3.1.1 Kompetenzen für die informatische Bildung im Primarbereich

Der Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ kann dem Inhaltsbereich „Sprachen und Automaten“ zugeordnet werden (Anhang B, S. 87). Für diesen Inhaltsbereich werden für das Ende der vierten Klasse die folgenden Kompetenzerwartungen formuliert:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben Zustände und Zustandsübergänge von Automaten
- erstellen Automatenmodelle, um (sprachliche) Eingaben zu akzeptieren und (sprachliche) Ausgaben zu erzeugen (GI, 2019b, S. 14)

Indem die Schüler*innen in der dargestellten Doppelstunde ein Automatenmodell zu dem Farbmischautomaten kennenlernen und thematisieren, werden sie mit den einzelnen Bestandteilen des Automatenmodells vertraut gemacht. Darüber hinaus erlernen sie zur Beschreibung eines Automatenmodells die unterschiedlichen Symbole sowie Fachbegriffe (Startzustand, Endzustand, Übergang, Zustand). Also beschreiben die Schüler*innen konkret „Zustände sowie Übergänge und entwickeln selbst Automatenmodelle, die bestimmte Eingaben akzeptieren.“ (Anhang B, S. 87) Ebenso erfassen sie die grundlegende Systematik des Automatenmodells, dass ein Zusammenhang zwischen Eingabe und Ausgabe besteht. Laut der Handreichung der Arbeitsgruppe liegt demnach ein besonderer Fokus der Unterrichtsstunden „auf der Erkenntnis, dass bei gleicher Eingabe (Menge) auch ein gleiches Ergebnis erzielt wird.“ (Anhang B, S. 87)

In der Doppelstunde wird zusätzlich zu dem Inhaltsbereich „Sprachen und Automaten“ auch eine Reihe von Kompetenzen aus dem Prozessbereich der Empfehlungen aufgegriffen. Zum einen wird die prozessbezogene Kompetenz „Modellieren und Implementieren“ gefördert (Anhang B, S. 87). Denn die Schüler*innen „wenden informatorische Denk- und Arbeitsweisen auf konkrete Aufgabenstellungen aus ihrer Erfahrungswelt an“ (GI, 2019b, S. 8), indem sie aufgefordert werden, die in einem Farbmischautomat ablaufenden Farbmischprozesse nach Beobachtung eines diese Prozesse vereinfachenden Experiments mittels eines Automatenmodells darzustellen (Anhang B, S. 87). Auch wird das „Strukturieren und Vernetzen“ gefördert, indem die Schüler*innen zum Modellieren des Automatenmodells die Abläufe in einem Farbmischautomaten zunächst in ihre einzelnen Bestandteile zerlegen und anschließend in einem Automatenmodell anordnen (Anhang B, S. 87). Letztlich werden auch die Prozessbereiche „Begründen und Bewerten“ und „Kooperieren und

Kommunizieren“ mit dem Experimentieren in den Kleingruppen und der Nachbesprechung der Ergebnisse aus den Experimenten gefördert (Anhang B, S. 87). Dabei werden, wie in den Empfehlungen der GI (2019b, S. 8f) angegeben, zunächst noch umgangssprachliche Begriffe und später Fachbegriffe eingesetzt.

3.1.2 Einordnung in den Perspektivrahmen Sachunterricht

Es können auch die Vorgaben zur Gestaltung des Sachunterrichts von der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) mit ihrem Perspektivrahmen Sachunterricht herangezogen werden, da die Umsetzung der Unterrichtsentwurfes im Sachunterricht erfolgen soll (Anhang B, S. 86).

Der Perspektivrahmen ist in fünf Perspektiven unterteilt (GDSU, 2013, S. 13). Da keine eigene informatorische Perspektive aufgeführt wird, erfolgt eine Zuordnung in die technische Perspektive (Anhang B, S. 86). Innerhalb der technischen Perspektive werden fünf perspektivenbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen und fünf perspektivenbezogene Themenbereiche differenziert (GDSU, 2013, S. 64). Der Unterricht kann dem perspektivenbezogenen Themenbereich „Werkzeuge, Geräte und Maschinen“ zugeordnet werden (Anhang B, S. 86), da die Schüler*innen „die Funktionsweise [...] von [...] Maschinen der Alltagswelt [...] analysieren.“ (GDSU, 2013, S. 70). Zwar werden hier nicht explizit informatorische Inhalte benannt, dennoch kann der Automat als eine Maschine verstanden werden, welche „nach einem einmaligen Einricht- bzw. Programmiervorgang und nach Beschicken mit Material und Hilfsstoffen vorbestimmte Aufgaben teilweise oder völlig selbstständig durchführt.“ (Weck & Brecher, 2006, S. 1) Indem die Schüler*innen also die Maschine „Farbmischautomat“ untersuchen und ihre Wirkungsweise mit dem Automatenmodell und Fachbegriffen beschreiben, wird dieser aufgeführte Themenbereich angesprochen. Darüber hinaus werden in der Doppelstunde mehrere perspektivenübergreifende Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen gefördert (Anhang B, S. 86). Indem die Schüler*innen den Herstellungsprozess der Farbenmischung nachstellen, werden die Aspekte „Technik konstruieren und herstellen“ und „Technik und Arbeit erkunden und analysieren“ gefördert (Anhang B, S. 86). Durch das Experimentieren nach Anleitung zur Mischung eines gleichen Farbmischergebnis werden ebenso „die Produktionsprozesse

auf ihre Wirksamkeit hin überprüft, wobei *Technik bewertet*, und *Technik kommuniziert* wird.“ (Anhang B, S. 86)

3.1.3 Einordnung in den Lehrplan Sachunterricht

Der Lehrplan Sachunterricht führt im Bereich „Technik, digitale Technologie und Arbeit“ unter dem Schwerpunkt „Technische und digitale Entwicklungen“ folgende Kompetenzerwartungen für das Ende der vierten Klasse an: „Die Schülerinnen und Schüler untersuchen Aufbau und Funktion einfacher technischer Geräte aus ihrem Alltag und beschreiben ihre Wirkungsweise“ (MSB NRW, 2021, S. 192). Durch die Auseinandersetzung mit dem Farbmischautomaten sowie der Erkundung seiner einzelnen Bestandteile und Funktionsweise wird diese Kompetenzerwartung gefördert.

3.2 Sachanalyse

Das Zusammenwirken zwischen Lehrkraft und Schüler*innen im Unterricht zielt auf die Aneignung eines sachlichen Gegenstandes (Waiter, 2015, S. 193). In der Literatur ist eine Vielzahl von unterschiedlichen Umschreibungen für den Begriff „sachlicher Gegenstand“ zu finden. Diese lauten (Unterrichts-)Stoff, Unterrichtsinhalt, Lerngegenstand, Sache, „Was“ des Unterrichts, Bildungsgut, Bildungsinhalt, Lerninhalt oder Thematik (Becker, 2007, S. 86; Waiter, 2015, S. 193).

In der Unterrichtsplanung erfolgt mit Hilfe einer Sachanalyse eine intensive Auseinandersetzung und Analyse mit der Thematik (Becker, 2007, S. 86). „Es ist die selbstverständliche Aufgabe einer Lehrerin“ (Becker, 2007, S. 86) sich mit dem sachlichen Gegenstand des Unterrichts zu beschäftigen und sich dabei grundlegendes Wissen über den Gegenstand anzueignen. Insbesondere eine umfassende Sachanalyse kann die Lehrkraft unterstützen, den Unterricht möglichst verständlich für die Schüler*innen aufzuarbeiten und sicherzustellen, dass den Schüler*innen sachlich korrekte Inhalte vermittelt werden (Becker, 2007, S. 86). Unterstützend sollen beispielsweise Sachbücher, Lexika, (Lehrer-) Handbücher sowie didaktische Handreichungen eingesetzt werden (Becker, 2007, S. 86).

Da nachfolgend eine „vordidaktische“ Sachanalyse vorgenommen wird, liegt der Fokus ausschließlich auf der Sache selbst (Waiter, 2015, S. 193). Erst später, in der didaktischen Analyse, werden spezifische Elemente bestimmt, welche schließlich im Unterricht aufgegriffen werden sollen (Waiter, 2015, S. 193). Daher werden nun die dem

Unterrichtsentwurf zu Grunde liegenden fachlichen Hintergründe des sachlichen Gegenstands „Automat“ sowie dem Anwendungskontext „Farbmischautomat“ erläutert.

3.2.1 Automaten

Die Gesellschaft für Informatik definiert den Automaten als „ein Gerät, das zu einer Eingabe ein bestimmtes Ergebnis ausgibt.“ (GI, 2019b, S. 19) Ergänzend kann auf die Definition von Schubert und Schwill (2011) verwiesen werden, in welcher sowohl technische als auch informatische Aspekte eines Automaten herausgearbeitet werden: „Als Automat bezeichnet man technische Geräte, die zu gewissen Eingaben nach einem schematischen (algorithmischen) Verfahren nach endlich vielen Schritten erwartete Ausgaben liefern.“ (S. 261)

Im Umgang mit einem Automaten erfassen wir in der Regel nur Ausgabe und Eingabe. Die Prozesse und Vorgänge der einzelnen ablaufenden Schritte in dem Automaten bleiben für uns im Verborgenen: Der Automat ist eine „Black Box“.

Ein Teilbereich der Informatik, die Automatentheorie, versucht genau diese Verarbeitungsschritte eines Automaten systematisch zu ermitteln (Hedtstück, 2012, S. 49). Dabei kommt dem Begriff „Automat“ in der Informatik auch eine andere Bedeutung zu (GI, 2019b, S. 19). Denn der „Automat“ ist eine Abkürzung für das „Automatenmodell“, welches wiederum „ein formales Beschreibungsschema“ (GI, 2019b, S. 49) darstellt. Mit Hilfe eines Automatenmodells können „die Eigenschaften eines Automaten, [...] Eingaben entgegenzunehmen, diese schrittweise durch fortlaufende Änderungen des inneren Zustands zu verarbeiten, schließlich den Arbeitsprozess zu beenden und eine Ausgabe zu liefern“ (Schubert & Schwill, 2011, S. 261f.) entschlüsselt werden.

Ein in der Informatik einfach zu modellierendes Automatenmodell ist das eines endlichen Automaten (Schubert & Schwill, 2011, S. 262). Es gibt zwei verschiedene Typen des endlichen Automaten: den deterministisch endlichen Automaten und den nichtdeterministisch endlichen Automaten. Während der deterministisch endliche „Automat nach jeder Eingabe von seinem aktuellen Zustand aus in genau einen Zustand übergehen kann [,]“ (Hopcroft et al., 2011, S. 71) kann ein nichtdeterministisch endlicher

Automat zeitgleich in mehrere unterschiedlichen Zustände überlaufen. Nachfolgend wird der Fokus auf den deterministischen endlichen Automaten gelegt.

Der deterministische endliche Automat wird von Hedtstück (2012) durch folgende Komponenten definiert:

Ein (*deterministischer*) *endlicher Automat* ist ein 5-tupel $M = (Z, V, \delta, q_M, F)$ mit

1. Z, V sind endliche, nichtleere, disjunkte Mengen.
 Z heißt *Zustandsmenge*, V heißt das *Eingabealphabet*.
2. $\delta: Z \times V \rightarrow Z$, δ heißt *Überföhrungsfunktion*.
3. $q_M \in Z$, q_M heißt *Anfangszustand*.
4. $F \subseteq Z$, F heißt die *Menge der Endzustände*. Ein Endzustand wird auch als *akzeptierender Zustand* bezeichnet. (S. 53)

Weitere Definitionen des deterministisch endlichen Automaten greifen ebenso diese fünf Bestandteile auf (Hopcroft et al., 2011, S. 72f.; Socher, 2007, S. 19). Es sind allerdings kleinere Unterschiede in der Bezeichnung der einzelnen Bestandteile festzustellen. Beispielsweise wird anstelle des Begriffs „Anfangszustand q_M “ der Begriff „Startzustand q_0/z_0 “ verwendet (Hopcroft et al., 2011, S. 72; Socher, 2007, S. 19).

Ein zentraler Bestandteil des deterministisch endlichen Automaten ist das Eingabealphabet V . Es besteht aus alldenjenigen Eingabezeichen, welche der Automat zum Übergang in einen neuen Zustand akzeptiert. Die Zustandsmenge Z ist eine weitere wichtige Komponente. Sie umfasst alle Zustände (Anfangszustand, akzeptierende Zustände und Endzustand), welche der Automat einnehmen kann. Dem deterministisch endlichen Automaten liegt eine Überföhrungsfunktion δ zu Grunde, die den Folgezustand definiert. Der Folgezustand wird ausgehend vom aktuellen Zustand beim Lesen eines einzelnen Zeichens erreicht.

Die Funktionsweise eines deterministisch endlichen Automaten wird nachfolgend in Anlehnung an Hopcroft et al. (2011, S. 72) beschrieben:

Der endliche Automat basiert auf der Akzeptanz einer bestimmten Folge von Eingabesymbolen a_1, a_2, a_3, \dots , aus denen die Sprache (Eingabealphabet V) des deterministisch endlichen Automaten besteht. Zu Beginn befindet sich der deterministisch endliche Automat in einem Anfangszustand q_M . Mit Eingabe des akzeptierten Eingabesymbols a_1 in die Überföhrungsfunktion $\delta(q_M, a_1) = q_1$ wird der Zustand q_1 bestimmt, den der Automat nach Eingabe von a_1 einnimmt. Die Eingabe eines weiteren Eingabesymbols a_2 föhrt über den Zustand q_1 mit $\delta(q_1, a_2) = q_2$ zum Zustand q_2 . Dies kann man nun mit weiteren Eingabesymbolen a_i fortsetzen und erhält

über $\delta(q_{i-1}, a_i) = q_i$ entsprechend den Zustand q_i . Nur wenn die ermittelten Zustände q_1, q_2, \dots, q_i zur Menge F der akzeptierenden Zustände oder Endzustände gehören, wird die Eingabe angenommen. Andernfalls bleibt ein Übergang in einen neuen Zustand aus. Zur Beschreibung eines deterministisch endlichen Automaten kann eine Tupel-Notation $[M = (Z, V, \delta, q_M, F)]$ „mit einer detaillierten Beschreibung der Überföhrungsfunktion δ “ (Hopcroft et al., 2011, S. 74) oder einer Übergangstabelle eingesetzt werden. Ebenso bietet sich die Darstellung der Funktionsweise mittels eine Übergangsdiagramm an, welches von Hedstück (2012, S. 56) auch als Zustandsdiagramm bezeichnet wird.

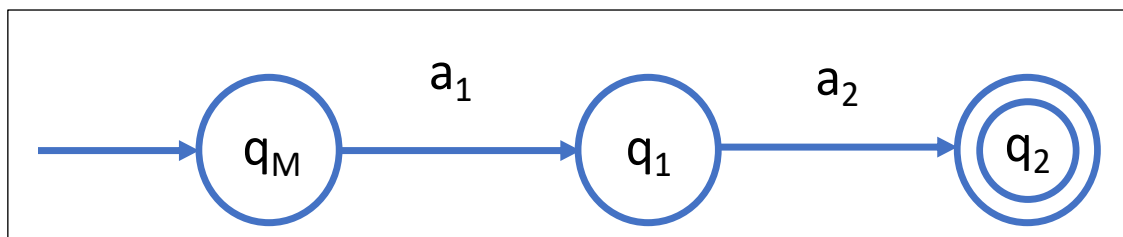


Abbildung 2: Zustandsdiagramm eines deterministischen endlichen Automaten (In Anlehnung an Hedstück, 2012, S. 56)

Die Beschriftung eines Zustandsdiagramms erfolgt nach spezifischen Vorgaben. So werden alle möglichen Zustände (q_M, q_1, q_2) mit einem Knoten gekennzeichnet. Der Anfangszustand (q_M) wird durch einen zusätzlichen Pfeil und der Endzustand (q_2) durch einen weiteren Knoten markiert. Die Übergänge zwischen zwei Zuständen werden durch einen Pfeil gekennzeichnet und mit dem Eingabezeichen (a_1, a_2) beschriftet. Das Zustandsdiagramm bietet somit eine Möglichkeit, die Funktionen und die Zusammenhänge der einzelnen Bestandteile des Automaten zu veranschaulichen.

3.2.2 Der Farbmischautomat

Die Automatisierung der Gesellschaft hat auch in die Farb- und Lackindustrie Einzug genommen. Früher erfolgte die Farbmischung im Malerbetrieb noch manuell und somit stimmte das Mischergebnis oftmals nicht exakt mit dem gewünschten Farbton überein (Muftah et al., 2014, S. 233). Heutzutage wird der Farbmischprozess von einem Automaten, dem Farbmischautomaten, übernommen. So kann jeder Farbton auf 'Knopfdruck' exakt gemischt werden.

Zunächst wird der auf einer Farbtonkarte vorgegebene alphanumerische Code in den Automaten eingegeben. Ebenso ermöglichen Farbtonscanner das Einlesen eines

Farbtönen und damit das Mischen einer individuellen Wunschfarbe. Nach Eingabe des entsprechenden alphanumerischen Codes in den Automaten werden die zum Mischen notwendigen Farben sowie die jeweils benötigte Menge automatisch bestimmt. Anschließend muss in den Automaten ein mit weißer Farbe befüllter Farbeimer gestellt werden, welcher dann automatisch mit den zur Mischung erforderlichen Farben aus Farbzyindern befüllt wird.

Eine vereinfachte Darstellung der Abläufe eines Farbmischautomaten kann mittels des deterministischen endlichen Automaten nachgebildet werden. Ein deterministischer endlicher Automat, der einfache Abläufe eines Farbmischautomaten nachbildet, kann wie folgt beschrieben werden:

- Die Zustandsmenge $Z = (q_M, q_1, q_2, q_3, \dots, q_i)$ besteht aus den Zuständen: „Anfangszustand $[q_M]$ “, „Farbcode eingestellt $[q_1]$ “, „Grundfarbe weiß $[q_2]$ “, „Farbton 1 zugemischt $[q_3]$ “, „Farbton 2 zugemischt $[q_4]$ “, „Farbton j zugemischt $[q_{i+1}]$ “.
- Das Eingabealphabet V könnte die Menge $V = (a_1 \text{ [Eingabe Farbcode]}, a_2 \text{ [Grundfarbe weiß]}, a_3 \text{ [Farbton 1]}, a_4 \text{ [Farbton 2]}, \dots, a_{i+1} \text{ [Farbton j]})$ sein.
- Der Farbmischautomat kann dann mit folgenden Übergängen beschrieben werden:
 - $\delta(q_M, a_1 \text{ [Eingabe Farbcode]}) = q_1$
 - $\delta(q_1, a_2 \text{ [Grundfarbe weiß]}) = q_2$
 - $\delta(q_2, a_3 \text{ [Farbton 1]}) = q_3$
 - $\delta(q_3, a_4 \text{ [Farbton 2]}) = q_4$
 - :
 - $\delta(q_i, a_{i+1} \text{ [Farbton j]}) = q_{i+1}$

Es wird nun zunächst der Farbcode in den Farbmischautomaten eingegeben, der Farbmischautomat ist im Zustand q_1 . Anschließend wird der Farbeimer mit der weißen Grundfarbe eingestellt, damit wechselt der Automat in den Zustand q_2 . Die Zumischung der erforderlichen Mischfarben ändert den Zustand von q_i nach q_{i+1} in Abhängigkeit der Anzahl j der Mischfarben bis letztlich die Zielfarbe gemischt wurde. Hieraus ergibt sich folgendes Zustandsdiagramm zur Beschreibung der Abläufe:

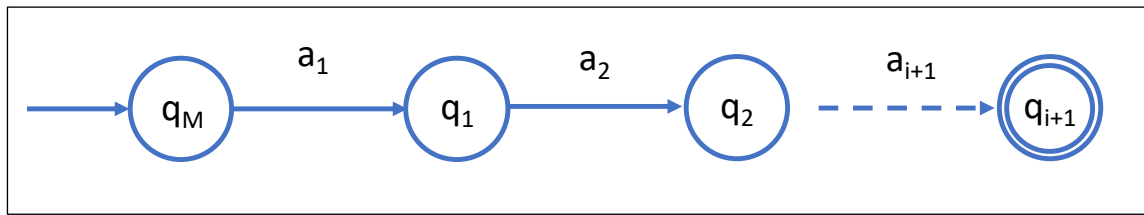


Abbildung 3: Zustandsdiagramm eines Farbmischautomaten (Beispiel)

3.3 Lernvoraussetzungen

Zur Gestaltung eines schülerorientierten Unterrichts müssen „bei der Planung und Durchführung die Lernvoraussetzungen der Schüler berücksichtigt werden.“ (Becker, 2007, S. 20) Lernvoraussetzungen sind damit ein entscheidender Faktor für den Erfolg des Lernens im Unterricht (siehe Kapitel 2.3). Jedoch ist zu beachten, dass die Lernvoraussetzungen in einer Schulklasse stark variieren (siehe Kapitel 2.3.2).

Eine Festlegung der Lernvoraussetzungen für den vorliegenden Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ ist schwierig, da er nicht für eine spezifische Lerngruppe entwickelt wurde, sondern die Durchführung allgemein auf den Sachunterricht in einer dritten oder vierten Jahrgangsstufe ausgelegt ist (Anhang B, S. 83). Daher werden nachfolgend erste Annahmen zu möglichen Lernvoraussetzungen vorgenommen.

Im Bereich der fachlichen Lernvoraussetzungen von Schüler*innen einer dritten und vierten Klasse werden folgende Überlegungen angestellt:

Es ist davon auszugehen, dass die Schüler*innen kein fachliches Hintergrundwissen zum Thema „Automaten“ mitbringen, da eine Auseinandersetzung mit informatischen Inhalten für die Grundschule nicht verpflichtend ist (siehe Kapitel 2.2). Daher werden Kenntnisse über Bestandteile, Funktionsweise und Notationsmöglichkeiten eines Automaten ausgeschlossen. Allerdings ist zu vermuten, dass die meisten Schüler*innen bereits einen Automaten im Alltag gesehen sowie einen Automaten eigenständig bedient haben. Jedoch ist nicht davon auszugehen, dass weitere Prozesse in einem Automaten tiefergehend hinterfragt oder erforscht wurden.

Erste Erfahrungen im Anwendungskontext „Farbmischautomat“ sind nicht auszuschließen, da es möglich ist, dass Schüler*innen mit ihren Eltern ein Malergeschäft oder einen Baumarkt, die mit einem Farbmischautomat ausgestattet sind, besucht haben. Auch ist es möglich, dass bereits von Schüler*innen eine Wandfarbe ausgesucht wurde, welche dann von einem Farbmischautomat gemischt wurde. Das Wissen, dass

ein Farbmischautomat also eine vorgegebene Farbe aus anderen Farben eigenständig mischt, ist nicht auszuschließen.

Zudem werden konkrete Kenntnisse zum Farben mischen durch den Lehrplan für den Kunstunterricht NRW vorausgesetzt. Im Lehrplan Kunst wird für das Ende der Schuleingangsphase erwartet, dass Schüler*innen „experimentell neue Farbtöne zum Malen her[gestellt]“ (MSB NRW, 2021, S. 62) und ihre Entstehungsprozesse beschrieben haben. Daher ist zu vermuten, dass die Bedeutung der Grundfarben sowie die Entwicklung neuer Farben durch das Mischen zweier Grundfarben im Kunstunterricht bereits thematisiert wurden.

Außerdem werden bei den Schüler*innen erste Erfahrungen im Experimentieren vorausgesetzt. Zusätzlich zum „Aufbau grundlegenden inhaltlichen Wissens geht es im Sachunterricht auch um das Erarbeiten elementarer Methoden, wie zum Beispiel um das Beobachten, Experimentieren, Konstruieren und Beschaffen von Informationen.“ (GDSU, 2002, S. 5) Auch in dem Lehrplan Sachunterricht wird das Experimentieren als Möglichkeit gesehen, die Schüler*innen zu unterstützen „Kenntnisse, Fähig- und Fertigkeiten zu erwerben und sie in neuen Kontexten anzuwenden.“ (MSB NRW, 2021, S. 178) Somit stellt das Experimentieren einen wichtigen Bestandteil des Sachunterrichts dar, weswegen davon ausgegangen wird, dass Experimente bereits im Unterricht durchgeführt wurden.

Auch sollte das Experimentieren nach ausgehändigter Anleitung ohne Probleme erfolgen können, da ein vorstrukturiertes Experimentieren im schulischen Kontext den Normalfall darstellt (Wodzinski, 2021, S. 124). Falls das Experimentieren nach Anleitung wider Erwarten noch nicht in dem Schulunterricht durchgeführt wurde, ist es dennoch wahrscheinlich, dass einige Schüler*innen aus dem Alltag eigene Erfahrungen mitbringen, beispielsweise durch das Experimentieren mit einem Experimentierkasten oder durch das Bauen nach Anleitung mit einem Konstruktionsbaukasten.

Mit Blick auf die sozialen sowie gruppalen Lernvoraussetzungen wird davon ausgegangen, dass Schüler*innen einer dritten oder vierten Klasse bereits grundsätzliche Fähigkeiten in diesen Bereichen mitbringen. So wird erwartet, dass die Schüler*innen in Gruppen- und Partnerarbeit arbeiten können und mit dem Arbeiten in diesen Sozialformen vertraut sind. Demnach werden unter anderem soziale

Kompetenzen, d.h. Schüler*innen verfügen über notwendige Kompetenzen zum Umgang mit Menschen sowie basale kommunikative Kompetenzen, vorausgesetzt.

Im Bereich der motivationalen Lernvoraussetzungen wird auf Grundlage des Interesses von Kindern an neuen Medien erwartet, dass bei Schüler*innen auch ein Interesse für diese Themenbereiche und für informatische Hintergründe geweckt werden kann.

3.4 Didaktische Analyse

In der didaktischen Analyse sind die Ergebnisse der Sachanalyse sowie die Erkenntnisse zu den Voraussetzungen in einer Lerngruppe zu berücksichtigen (Waiter, 2015, S. 204). Die Lehrkraft stellt konkrete Überlegungen an, wie der Lehr-/Lerngegenstand und die Schüler*innen in Beziehung zueinander gesetzt werden können, damit ein Kompetenzerwerb in dem Unterricht erreicht wird (Waiter, 2015, S. 205). Hierzu muss die Lehrkraft zunächst die für den Unterricht geeigneten Aspekte des Sachgegenstandes erfassen und darauf aufsetzend eine methodische Planung, die der Sache und dem Lernen im Unterricht angemessen ist, erarbeiten (Waiter, 2015, S. 205). Komponenten der Didaktischen Analyse sind demnach die didaktische Reduktion des Lerngegenstands, die Einordnung der Relevanz des Lerngegenstands, die Anordnung des Lerngegenstands, die Auswahl geeigneter Unterrichtskonzepte und -methoden sowie die Überprüfung des Kompetenzerwerbs (Waiter, 2015, S. 205-208). Herausforderungen in der didaktischen Analyse sieht Waiter (2015) „im Zwang zur Differenzierung und Individualisierung bei der Planung“ (S. 205). Wenn auch der Sachverhalt auf unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen erarbeitet werden sollte, muss dies dennoch „unter Wahrung von dessen Sachanspruch“ (Waiter, 2015, S. 205) erfolgen.

3.4.1 Relevanz des Lerngegenstands

Der Lerngegenstand knüpft an die gegenwärtige Diskussion über die Notwendigkeit der Befassung mit informatischen Inhalten im Grundschulunterricht an. Besonders in den letzten Jahren hat die Informatik im Alltag einen hohen Stellenwert eingenommen. Jedoch zeigte sich in Kapitel 2.1, dass die Nutzung der Informatiktechnologien nicht gleich zu einem tiefergehenden Verständnis dieser Technologien führt. Vielmehr ist deren Nutzung überwiegend auf eine oberflächliche Ebene beschränkt, wobei die hinter den Technologien stehenden Prozesse unerkannt bleiben und daher oftmals von Nutzer*innen nicht hinterfragt werden. Allerdings bedarf es eines gewissen

Verständnisses ihrer Funktionsweise. Erst so kann eine umfängliche und bewusst aktive Mitwirkung und Teilnahme in der Gesellschaft erfolgen. Auch scheint eine Mitgestaltung zukünftiger Technologien ohne ein informatisches Grundverständnis problematisch. Somit bietet der Lerngegenstand eine Möglichkeit der Auseinandersetzung mit der Informatik in unserer gegenwärtigen sowie zukünftigen Lebenswelt. Kinder können in die „Black Box“ blicken und notwendige erste Erkenntnisse über die Funktionsweise von Informatiktechnologien gewinnen.

Nachdem die allgemeine Bedeutung informatischer Inhalte im Unterricht geschildert wurde, soll nun die Notwendigkeit der Thematisierung von Automaten erörtert werden. Die Bedeutung von Automaten in unserer Gesellschaft ist nicht zu unterschätzen, denn „Automaten sind in vielerlei Ausprägungen und in einfacher bis unüberschaubarer Komplexität Teil der Lebenswelt“ (Schubert & Schwill, 2011, S. 261). Dabei geht der Einsatz von Automaten auch mit massiven Veränderungen in der Gesellschaft einher. Es ist für uns heutzutage selbstverständlich, Bargeld am Geldautomaten zu ziehen oder die Einkäufe selbst an einer Self-Checkout-Kasse zu erfassen und zu bezahlen. Somit übernehmen Automaten in immer mehr Bereiche unseres Alltags eigenständig ganze Aufgabenbereiche.

Auch ist davon auszugehen, dass die Automatisierung der Gesellschaft in den nächsten Jahren weiter voranschreitet. Somit steht der Thematisierung von Automaten in der Schule auch eine hohe Zukunftsbedeutung zu. Auf diese Weise wird nämlich ein Beitrag zur Vorbereitung auf die zukünftige Arbeitswelt geleistet. Mit diesem Fortschritt werden nämlich höchstwahrscheinlich auch neue Arbeitsplätze entstehen, bei denen neue Technologien eingeführt sowie kontrolliert werden müssen (Kramer, 2018).

3.4.2 Didaktische Reduktion

Die Darstellung des fachwissenschaftlichen Hintergrunds zeigt, dass die Automatentheorie ein komplexes Thema ist (siehe Kapitel 3.2). Jedoch besteht laut Schwill und Schubert (2011) ein nutzbarer Vorteil in einer „einfachen graphischen Darstellung [...] und [...] Handlungsorientierung beim Nachvollziehen der Arbeitsweise“ (S. 261), was wiederum „bereits auf einfachem Niveau realisiert werden“ (S. 261) kann. Auch bietet der endliche Automat einen Einstieg in die Automatentheorie als das

„einfachste Modell“ (Schwill & Schubert, 2011, S. 262), welches modelliert werden kann.

Allerdings setzen das Verstehen der Definition sowie die Beschreibung der Funktionsweise eines Automaten formal symbolisches Wissen voraus. Daher muss der Sachgegenstand zunächst didaktisch reduziert werden. Hierbei werden komplexe Sachverhalte so weit von einer Lehrkraft vereinfacht, „dass sie von den Schülerinnen/Schülern der Klasse aufgenommen und verstanden werden können.“ (Waiter, 2015, S. 208)

Eine erste didaktische Reduktion erfolgt bereits durch den Anwendungskontext „Farbmischautomat“. Ergänzend müssen für den Unterrichtsverlauf die Beschreibung und Darstellung der Funktionsweise eines Farbmischautomaten hinsichtlich seiner Komplexität an die Voraussetzungen einer Grundschulklasse abgestimmt werden. Hierzu wird zunächst auf eine rein formale Beschreibung des Automaten verzichtet und die Darstellung der Funktionsweise erfolgt mittels eines Zustandsdiagramms, welches in der Handreichung (Anhang B) wie folgt beschrieben wird:

„Der Entwurf des Automatenmodells beruht in dieser Unterrichtseinheit auf dem Mischen von Farben. Ein Automatenmodell startet immer in einem *Startzustand*, dieser wird durch einen Pfeil ohne Beschriftung markiert. Die jeweiligen Farben werden hier in *Zuständen* dargestellt und die Grundfarben [gelb und rot], die zum Mischen hinzugegeben werden, jeweils als *Übergänge* zwischen den Zuständen. Sobald die gewünschte Mischfarbe [orange] erreicht ist, wird dieser Zustand mittels eines Doppelkreises als *Endzustand* gekennzeichnet.“ (S. 85)

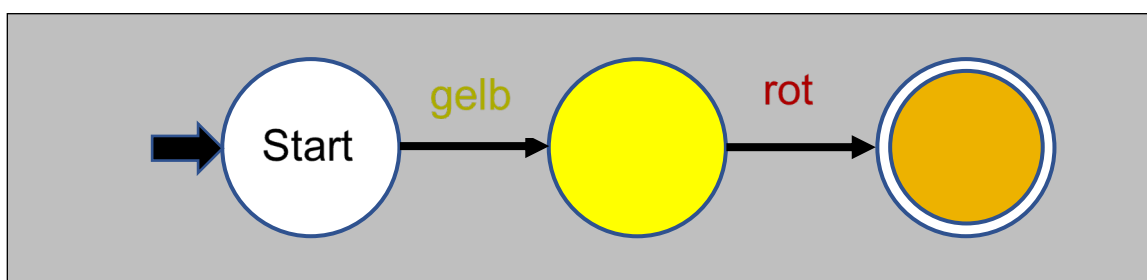


Abbildung 4: Automatenmodell aus Handreichung (Anhang B, S. 85)

Somit wird die Funktionsweise des Farbmischautomaten durch das Zustandsdiagramm mit einer begrenzten Anzahl möglicher Zustände, Eingabezeichen sowie Übergangsfunktionen vereinfacht. Ebenso kann der Farbmischautomat zum einfacheren Verständnis zunächst nur eine einzige Farbe aus zwei Farben mischen. Zudem wird kein komplexeres Modell in der Unterrichtsstunde angesprochen; es wird lediglich ein

anderes Farbmischbeispiel thematisiert. In dieser Begrenzung umfasst der Automat in der Abbildung 4 die Zustandsmenge Z mit den Zuständen „Leer“, „Gelb“, „Orange“, das Eingabealphabet $V = (\text{gelb}, \text{rot})$ und die Übergangsfunktionen $\delta(\text{Leer}, \text{gelb}) = \text{Gelb}$, $\delta(\text{Gelb}, \text{rot}) = \text{Orange}$.

Zur weiteren Vereinfachung der Thematik werden nur die Parameter – Startzustand, Endzustand, Übergang, Zustand – zur Beschreibung des Automatenmodells aufgegriffen. Weitere Begriffe werden nicht berücksichtigt. Zudem wird die Erarbeitung der Fachbegriffe mit Hilfe eines Wortspeichers gestützt (Anhang B, S. 89). Dabei wird „das Verständnis für die Begriffe“ (Anhang B, S. 89) vertieft, sowie ihre Anwendung im Unterrichtsgespräch gestärkt.

Außerdem werden die Zustände und Übergänge im Zustandsdiagramm durch die Ergänzung von gefärbten Bechern sowie später Pipetten visualisiert. Hierbei werden unterschiedliche Becherdarstellungen für Übergänge und Zustände eingesetzt. Beispielsweise verdeutlichen die gekippten Becher mit gefärbter Flüssigkeit einen Übergang, also das Hinzufügen neuer Farbe für den Wechsel in einen neuen Zustand.

3.4.3 Anordnung und Vermittlung von Lerninhalten

Die Vermittlung des Sachgegenstands wird durch die Durchführung von Experimenten vereinfacht, wobei „ein enaktiver Zugang zum Automatenmodell ermöglicht“ (Anhang B, S. 88) wird. Im Rahmen der Durchführung dieser Farbmischexperimente verinnerlichen die Schüler*innen die Abläufe des Automaten (Anhang B, S. 88). Darüber hinaus üben sie den Umgang mit dem Automatenmodell ein, welches als Handlungsanleitung eingesetzt wird (Anhang B, S. 88).

Demnach erfassen Schüler*innen nicht nur die Funktionsweise des Automaten durch die Modellierung in einem Zustandsdiagramm, welches zudem in seiner Visualisierung und in seinen Bestandteilen reduziert wurde, sondern können selbst die einzelnen Abläufe innerhalb des Farbmischautomaten handelnd erproben und dabei verinnerlichen.

Mit dieser Verknüpfung von Experiment und Beschreibung eines Zustandsdiagramms erfolgt nach und nach ein „**systematische[r], schrittweise[r] Aufbau** von Kompetenzen“ (Waiter, 2015, S. 206). Ausgangspunkt ist ein zunächst noch ein unvollständiges Automatenmodell zur Beschreibung der Funktionsweise, welches durch die

Beobachtung eines Farbmischexperiments entwickelt sowie enaktiv in einem Farbmischexperiment nachgestellt wird. Hieran anknüpfend wird ein formal korrektes Automatenmodell unter Verwendung der Fachbegriffe entwickelt, welches dann im weiteren Experiment zur Problemlösung beim Mischen „immer gleiche[r] Farbmengen“ (Anhang B, S. 88) enaktiv erfasst wird.

Die Vermittlung des Lerninhaltes erfolgt in einem lehrergesteuerten Unterricht. Gemäß Waiter (2015) ist der lehrergesteuerte Unterricht „eine Lehrform, bei der der Lehrer den Unterricht schülerorientiert vorplant, um das Verstehen des Lernstoffs möglichst sicherzustellen, Wissensdefizite und Verständnisprobleme nicht entstehen zu lassen und unproduktive Lernumwege auf Schülerseite zu vermeiden.“ (S. 101) Demnach wird der gesamte Lehr-Lern-Prozess von einer Lehrkraft geplant, gestaltet und geprüft (Waiter, 2015, S. 101). Somit soll bei Schüler*innen Wissen über den Lerninhalt aufgebaut werden, welches „stets verfügbar, anwendbar, nachhaltig und vernetzt“ (Waiter, 2015, S. 101) ist.

In der Gestaltung des Unterrichts zum Thema „Farbmischautomat“ bietet sich der Einsatz eines solchen Unterrichtskonzeptes an, da die Erfassung der Funktionsweise eines Farbmischautomaten sowie seine Modellierung in einem Automatenmodell sehr komplex ist. Durch die Implementation eines lehrergesteuerten Unterrichtskonzeptes kann die Lehrkraft einer zeitaufwändigen und gegebenenfalls fehlerhaften selbstständigen Erarbeitung eines komplexen Lerninhaltes seitens der Schüler*innen entgegenwirken (Waiter, 2015, S. 101). Andernfalls müsste das fehlerhafte Wissen zu einem späteren Zeitpunkt mühsam revidiert werden (Waiter, 2015, S. 101).

Trotz der überwiegend lehrergesteuerten Unterrichtsform werden den Schüler*innen in dem Unterrichtsverlauf Möglichkeiten geboten, mit Schülerexperimenten, in Gruppenarbeitsphasen sowie in einer Partnerarbeit die Funktionsweise des Farbmischautomaten eigenständig zu erkunden und zu erfassen. Die hierbei gewonnenen Kenntnisse sowie mögliche aufgetretenen Schwierigkeiten werden anschließend im Klassenverbund besprochen. Somit kann auch von einem reformierten Frontalunterricht gesprochen werden (Waiter, 2015, S. 102f.). Zwar wird die Lenkung des Unterrichtsverlaufs durch eine Lehrkraft beibehalten, jedoch werden auch

„Elemente des schülerorientierten und handlungsorientierten Lernens“ (Waiter, 2015, S. 103) integriert.

Eine detaillierte Beschreibung und Begründung der Unterrichtsgestaltung wird in der Handreichung der Arbeitsgruppe unter dem Kapitel „Didaktischer Kommentar zur ersten Doppelstunde“ (Anhang B, S. 88f.) zur Verfügung gestellt. Hier wird unter anderem darauf verwiesen, dass die Heterogenität der Lerngruppe in der Bearbeitung eines Arbeitsblattes mittels der Bereitstellung von Tippkarten und Lösungskarten berücksichtigt wird (Anhang B, S. 89). Dabei wird im Sinne eines adaptiven Unterrichts die Lernumgebung an die Voraussetzungen der Lerngruppe angepasst (Kopp & Martschinke, 2015, S. 364).

3.4.4 Überprüfung des Kompetenzerwerbs

Der bereitgestellte Unterrichtsentwurf sieht keine Überprüfung der erworbenen Kompetenzen vor. Dennoch bietet es sich nach der ersten Doppelstunde an, eine Einschätzung des Verständnisses der Schüler*innen hinsichtlich der vermittelten Grundlagen zu erhalten. Anknüpfend an diese Grundlagen wird in der zweiten Doppelstunde das Automatenmodell zunächst erweitert sowie „die formale Sprache aufgegriffen, die für die Kommunikation mit dem Automaten notwendig ist.“ (Anhang B, S. 90)

Der Kompetenzzuwachs könnte durch die Entwicklung eines Automatenmodells zu einer neuen Sachsituation erfasst werden. Mit Fragestellungen zur Notwendigkeit von gleichen Farbmengen für die Eindeutigkeit des Farbmischergebnisses kann zudem das Verständnis des Grundprinzips „Gleiche Eingabe führt zu gleicher Ausgabe“ bewertet werden.

3.5 Lernziele

„Wenn man nicht genau weiß, wohin man will, landet man leicht da, wo man gar nicht hin wollte“
(Mager, 1977, S. V)

Das Zitat von Mager (1977) verdeutlicht, dass die Planung eines Unterrichts stets zielgerichtet erfolgen sollte. Eine Lehrkraft sollte bereits in der Planungsphase bedenken, welche Lernergebnisse bei Schüler*innen mit dem Unterricht erreicht werden sollen und entsprechend in Lernziele fassen (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 113). Lernziele beschreiben, was Schüler*innen „am Ende des Lernprozesses **neu** –

mehr - besser - anders wissen, verstehen anwenden können.“ (Hoffmann, 2018, S. 29) und dienen als Vermittlungsziele für die Lehrkraft (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 113). Durch die Festlegung von Lernzielen gibt sich eine Lehrkraft selbst eine Zielsetzung vor, was sie mit Schüler*innen im Unterricht erreichen will (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 133). Auch wird eine gewisse Transparenz für das schulische Lernen gegenüber Schüler*innen, Eltern, Lehrerkollegium, Schulleitung, sowie Schulaufsicht geschaffen (Waiter, 2015, S. 211).

Lernziele können auch in der Nachbereitung des Unterrichts hilfreich sein. Laut Mager (1977) ist der Unterricht nur „in dem Maße erfolgreich oder wirksam, wie er dazu führt, daß [sic] das Angestrebte erreicht wird.“ (S. 1) Um jedoch die Wirksamkeit des Unterrichts zu bestimmen, müssen Lernziele präzise formuliert werden. „Andernfalls lässt sich am Ende der Stunde nicht feststellen, ob sie von den Schülerinnen/Schülern erreicht wurden.“ (Waiter, 2015, S. 214)

In der Fachliteratur wird zwischen unterschiedlichen Lernzielebenen sowie Lernzieldimensionen unterschieden. Im Bereich der Lernzielebenen kann in der Unterrichtsplanung zwischen folgenden Zielen differenziert werden: Reihenziele, Hauptlernziele und Teillernziele (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 118). Während Reihenziele einen allgemeinen Orientierungspunkt darstellen und Ziele einer ganzen Unterrichtssequenz umfassen, beziehen sich Hauptlernziele und Teillernziele auf eine einzelne Unterrichtsstunde einer Unterrichtsreihe (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 118f.). Dabei sind Teillernziele als Konkretisierung von Hauptlernzielen aufzufassen (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 119). Im Bereich der Lernzieldimensionen wird zwischen den kognitiven, affektiven und psychomotorischen Zielen differenziert (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 114). Jedoch muss angemerkt werden, dass vorwiegend kognitive Lernziele berücksichtigt werden, da sie kontrollierbar sind (Kliebisch & Meloefski, 2013, S. 115).

Folgende Lernziele sind für die erste Doppelstunde des Unterrichtsentwurfes „Farbmischautomat“ benannt worden:

Hauptlernziel:

- Die Schüler und Schülerinnen erlernen die zentralen Elemente eines endlichen Automatenmodells am Beispiel des Farbmischautomaten.

Teillernziele:

- Die Schüler und Schülerinnen erkennen anhand eines exemplarischen Automaten (Farbmischautomat) durch das angeleitete Experimentieren, die in der Black Box „Automat“ ablaufenden Prozesse. (Teillernziel 1)
- Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt. (Teillernziel 2)
- Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären. (Teillernziel 3)
- Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln. (Teillernziel 4)

Zu dem Hauptlernziel der Doppelstunde wurden vier Teillernziele ausdifferenziert. Diese strukturieren inhaltlich den Aufbau der Unterrichtsstunde. Dabei ist es das Ziel, dass Schülerinnen und Schüler nicht nur Wissen reproduzieren, sondern auch neu erworbenes Wissen auf andere Kontexte übertragen (Hoffmann, 2018, S. 35). So werden zunächst die Schüler*innen angeleitet die Funktionsweise des Automaten mit Hilfe von Experimenten zu ergründen und danach diese Erkenntnisse in eine formale Sprache zu transferieren, um darauf basierend eigene Automatenmodelle zu entwickeln.

3.6 Strukturskizze

Die Durchführung des geplanten Unterrichts wird durch eine Strukturskizze gestützt. Sie ist eine Strukturierungshilfe, welche sprachlich vereinfacht, die zentralen Elemente des Unterrichts, unter Einbezug der Erkenntnisse einer ausführlichen Unterrichtsplanung, darstellt (Waiter, 2015, S. 230).

Für den vorliegenden Unterrichtsentwurf wird ein übersichtlicher Verlaufsplan (Anhang B, S. 92-95) in den Handreichungen zur Verfügung gestellt. Dieser Plan ist in die unterschiedlichen Unterrichtsphasen, d.h. Einstieg, Erarbeitung, Sicherung/Anwendungen und Abschluss unterteilt. Zu den einzelnen Unterrichtsphasen werden detaillierte Angaben zu Zeitplanung, Unterrichtsinhalt, Sozial-/Arbeitsform und Material/Medien gemacht sowie didaktische und methodische Hinweise angeboten.

4. Forschungsfragen

In den vorherigen Kapiteln wurden der theoretische sowie didaktische Unterbau für die nachfolgende Untersuchung erörtert. Basierend auf Fachliteratur sowie Ergebnissen aus Studien wurden die Bedeutung der Informatik im Alltag und in der Schule sowie der Einfluss von Lernvoraussetzungen auf das schulische Lernen dargelegt (siehe Kapitel 2.1/2.2). Mit Blick auf die Umsetzung der Informatischen Bildung in der Primarstufe scheint der Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ mit Fokus auf der ersten Doppelstunde ein gut geplantes didaktisches Konzept zu sein, welches zentrale Elemente der Automatentheorie kindgerecht vermittelt (siehe Kapitel 3). Allerdings muss betont werden, dass es auch bei einer sorgfältigen Unterrichtsvorbereitung und -planung nicht selbstverständlich ist, dass die angestrebten Lehr-Lern-Prozesse auch wirklich angeregt werden (Becker, 2007, S. 240). Daher ist es das Ziel dieser Arbeit zu untersuchen, **inwieweit der Einsatz des entwickelten Unterrichtsentwurfs „Farbmischautomat“ im realen Schullalltag gelingt und in welchen Bereichen eine Überarbeitung notwendig ist. Dabei wird die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes durch Ergebnisse zu den individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler*innen sowie dem Erreichen der Lernziele gestützt.** Insbesondere soll betrachtet werden:

1. Welche Lernvoraussetzung muss der Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ berücksichtigen?

Wie in Kapitel 2.3 aufgezeigt wird, ist der Lehr-Lern-Prozess von den individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler*innen in Klassenraum beeinflusst. Da der Unterrichtsentwurf für keine spezielle Lerngruppe entwickelt wurde und eine Einordnung der Lernvoraussetzungen auf einer annahmebasierten Ebene erfolgte, sollen Einblicke in die Lernvoraussetzungen realer Lerngruppen gewonnen werden.

Hierbei soll unter anderem erfasst werden, ob sich die Überlegungen bezüglich der Lernvoraussetzungen zur Unterrichtsplanung bestätigen oder negieren lassen. Ebenso soll untersucht werden, ob sich die Lernvoraussetzungen innerhalb einer Lerngruppe sowie im Vergleich mit anderen Lerngruppen, sowohl aus einer gleichen als auch anderen Altersgruppe, unterscheiden.

2. Welche Lernziele lassen sich mit dem Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ erreichen?

Wie in Kapitel 3.5 beschrieben wird, ist die Bestimmung der Lernziele für die zielorientierte Planung eines Unterrichts entscheidend. Denn Lernziele geben konkrete Hinweise dazu, welchen Zweck der Unterricht erfüllt und welche Lernergebnisse bei Schüler*innen beabsichtigt werden. Auch kann mittels Kontrolle der Lernziele laut Mager (1977) die Wirksamkeit eines Unterrichts eingeschätzt werden. Diese Überprüfung der Lernziele gibt uns also Aufschluss über die Effektivität des geplanten Unterrichts.

In der Untersuchung soll zunächst erfasst werden, ob die benannten Lernziele mit der Unterrichtsintervention erreicht werden. Mit Blick auf die oftmals heterogene Lerngruppe einer Schulklasse, stellt sich zudem die Frage, ob große Unterschiede in der Lernzielerreichung in den einzelnen Lerngruppen sowie zwischen den unterschiedlichen Lerngruppen beobachtet werden. Ebenso sollen dabei die Einschätzungen der Praxisexperten bezüglich der Lernziele berücksichtigt werden. Letztlich soll untersucht werden, ob die methodische Gestaltung, z.B. die Experimente, Tafelbilder sowie Arbeitsblätter, den Kompetenzerwerb unterstützen können.

3. Welche Forschungsinstrumente sind in der Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes „Farbmischautomat“ zielführend?

Die Überarbeitung des Unterrichts soll durch den Einsatz unterschiedlicher Forschungsinstrumente erfolgen. Zum einen werden die Forschungsinstrumente selbst entwickelt, zum anderen mit Anpassungen aus anderen Untersuchungen übernommen. Es stellt sich die Frage, welche verwendeten Forschungsinstrumente die Überarbeitung des Unterrichts gestützt haben. Dementsprechend soll untersucht werden, ob die Anmerkungen erfahrener Lehrkräfte, die Berücksichtigung individueller Lernvoraussetzungen sowie der Lernzielerreichung für die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes zielführend sind.

5. Untersuchungsdesign

Nachdem die Ziele der Untersuchung benannt wurden, wird in diesem Kapitel das Untersuchungsdesign konkretisiert. Die Untersuchung folgt dem Ansatz des Design-Based Research, weswegen zunächst Ursprung, Charakteristika und Ablauf einer designbasierten Forschung dargestellt werden. Anschließend werden der Ablauf der Untersuchung erläutert sowie die ausgewählten Forschungsinstrumente beschrieben.

5.1 Design-Based Research

Die Bezeichnung der designbasierten Forschung erfolgt auf verschiedene Weise, jedoch werden die Begriffe häufig synonym verwendet (Reinmann, 2005, S. 60). Zu den gängigsten Begriffen zählen „Design-Based Research“, „Design Research“, „Design Experiment“, „(Educational) Design Research“, „Teacher Research“, „didaktische Entwicklungsforschung“, „entwicklungsorientierte Bildungsforschung“ oder „nutzenorientierte Grundlagenforschung“ (Gess et al., 2014, S. 10; Reinmann, 2005, S. 60). Nachfolgend wird der Begriff „Design-Based Research“ verwendet, da hierbei erkenntlich wird, dass Design und Untersuchung im Mittelpunkt stehen (Gess et al., 2014, S. 10).

Der Forschungsansatz des Design-Based Research findet „seinen Ursprung in der amerikanischen Bildungsforschung“ (Gess et al., 2014, S. 11). Auch ist es eine relativ neue Methode in der Lehr-Lern-Forschung. Erst seit den 1990er Jahren hat die Idee der designbasierten Forschung durch Beiträge von Ann Brown und Allan Collins an Bedeutung gewonnen (Gess et al., 2014, S. 11; Reinmann, 2005, S. 60). Grund hierfür ist, dass das Design-Based Research eine Lücke schließt, welche bis dahin nur wenig Beachtung in der Lehr-Lern-Forschung gefunden hat: Lerngeschehen und Lernabläufe werden in realen Lehr-Lern-Situationen des Schulunterrichts erforscht und dabei werden das Design und Re-Design selbst ein essenzieller Teil des Forschungsprozesses (Reinmann, 2005, S. 60). Ergänzend kann angefügt werden, dass dieser Forschungsansatz ein Resultat der mangelnden praktischen Umsetzbarkeit von Forschungsergebnissen im Unterricht ist (Euler, 2014, S. 16). Auch das Design-Based Research Collective (2003, S. 5) kritisiert eine Abkoppelung vorheriger Bildungsforschung von den Problemen und Erfordernissen des Schulalltags. Hingegen verbindet nun die Methode des Design-Based Research die Wissenschaft und Praxis in

der Absicht, eine praxisgerechte unterrichtliche Intervention zu entwickeln (Gess et al., 2014, S. 11). Auch in einer Definition von Plomp (2007, zitiert nach Euler, 2014, S. 16) wird betont, dass im Rahmen des Design-Based Research Entwurf, Entwicklung und Evaluation der unterrichtlichen Intervention betrachtet werden. Ebenso werden dabei wichtige Erkenntnisse gewonnen, wie diese Interventionen als Lösung komplexer Bildungsprobleme zu konzipieren und zu entwickeln sind (Euler, 2014, S. 16). Somit werden im Design-Based Research „also nicht nur Wirksamkeit und Praktikabilität einer Intervention – auch die Gestaltungs- und Entwicklungsprozesse [...] zum Gegenstand der wissenschaftlichen Betrachtung“ (Brahm & Jenert, 2014, S. 48).

Neben der Entwicklung und Testung einer Intervention sowie Durchführung der Intervention in der realen Schulpraxis und entsprechender Anpassung an den jeweiligen Kontext, definieren Gess et al. (2014, S. 11) weitere Kernelemente des Design-Based Research:

- Kombination unterschiedlicher Forschungsmethoden (quantitative sowie qualitative Methoden)
- Weiterentwicklung der Intervention in einem iterativen Vorgang
- Einbeziehung von Praxisexpertise
- Entwicklung der Intervention auf Grundlage einer Theorie und damit Erprobung und Weiterentwicklung der Theorie im Verlauf

Insbesondere in dem wechselseitigen Beeinflussen von Theorie und Praxis sieht Reinmann (2005, S. 66) das hohe Innovationspotenzial des Design-Based Research. So kommt es nicht nur zu einer Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis, „sondern die Praxis wird beim DBR-Ansatz zum *Nukleus* für Theorieentwicklung und wissenschaftlichen Fortschritt im Bereich des Lernens und Lehrens.“ (Reinmann, 2005, S. 66)

Der iterative Charakter des Design-Based Research wird in einem Prozessmodell nach Euler verdeutlicht. So geht der Forschungs- und Entwicklungsprozess einer Intervention in wiederholenden Zyklen von Testung, Evaluation und Neuentwurf vonstatten, wodurch eine schrittweise Optimierung der Intervention angestrebt wird (Euler, 2014, S. 19).

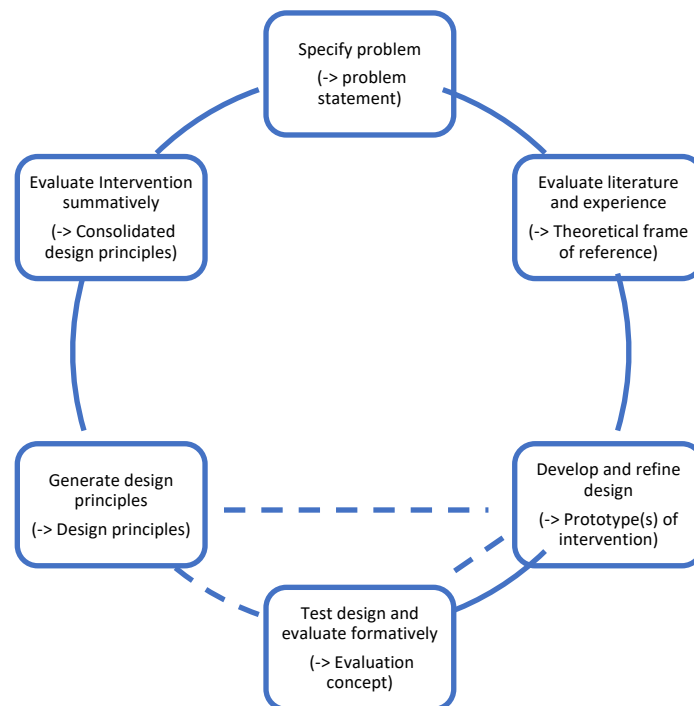


Abbildung 5: Research and development cycles in the design research context (Euler, 2014, S. 20)

Der Ausgangspunkt des Design-Based Research ist ein spezifisches Problem in der Bildungspraxis (*specify problem*). Dieses Problem muss zum einen wissenschaftlich relevant sein, zum anderen auch durch den Prozess des Design-Based Research gelöst werden können (Euler, 2014, S. 24). Nach Festlegung des Problems werden Überlegungen zur Lösung des Problems auf Grundlage der Theorie spezifiziert (*Evaluate literature and experience*) (Euler, 2014, S. 25). Daraus ableitend wird nun eine robuste Interventionsmöglichkeit entwickelt (*Develop and Refine Design*) (Euler, 2014, S. 26), welche anschließend getestet und evaluiert wird (*Test design and evaluate formatively*) (Euler, 2014, S. 28). Im Rahmen dieser Evaluierung wird insbesondere die Anwendbarkeit der Intervention in einer authentischen Unterrichtssituation betrachtet und es werden nachfolgend Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert, wozu es unter anderem der Festlegung von Datenerhebungsinstrumenten bedarf (Euler, 2014, S. 28). Eine Konkretisierung der einzusetzenden Forschungsmethoden wird mit dem Design-Based Research nicht vorgegeben, weswegen sowohl qualitative als auch quantitative Methoden eingesetzt werden können, wobei eine Liste möglicher einzusetzender Forschungsmethoden von Euler (2014, S. 29f.) bereitgestellt wird. Letztlich ist ein wichtiger Aspekt, der stets im Rahmen des Design-Based Research zu beachten ist, dass die Verbesserungen einer Intervention einer allgemeinen Anwendbarkeit standhalten

sollte (*Generate design principles*) (Euler, 2014, S. 31). So fasst Brown zusammen: „We must operate always under the constraint that an effective intervention should be able to migrate from our experimental classroom to average classrooms operated by and for average students and teachers, supported by realistic technological and personal support.“ (Brown, 1992, zitiert nach Euler, 2014, S. 31) Schließlich soll die allgemeingültige Anwendbarkeit, nachdem eine scheinbar ausreichend robuste Interventionsmöglichkeit entwickelt wurde, in einer größeren Testgruppe überprüft werden (*Evaluate Intervention summatively*) (Euler, 2014, S. 33).

In der Literatur lassen sich auch weitere Modellierungen zum Design-Based Research finden, beispielsweise bei Gres et al (2014, S. 12) und McKenney & Reeves (2019, S. 83). Laut Euler (2014, S. 19) bestehen in unterschiedlichen Modellierungen zentrale Ähnlichkeiten in dem strukturellen Ablauf des jeweiligen Forschungsansatzes, auch wenn sich diese in ihrer Beschreibung und Anzahl von Elementen unterscheiden.

Hinsichtlich der Durchführung des Design-Based Research im Rahmen dieser Arbeit ist anzumerken, dass bereits die Aspekte 1 bis 3 aus der Prozessmodellierung nach Euler (2014) durch die Arbeitsgruppe vorgenommen wurden. Mit dem Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ wird also bereits eine durchdachte Intervention bereitgestellt.

5.2 Ablauf der Untersuchung

Die Evaluierung des Unterrichtsentwurfes „Farbmischautomat“ erfolgt nach dem Ansatz des Design-Based Research. Somit wird der Unterrichtsentwurf in drei Zyklen von Testung, Evaluation und Neuentwurf weiterentwickelt. Das Ziel ist die Überprüfung des theoretischen Unterrichtsentwurfes in realen Lehr-Lern-Situationen. Konkrete Verbesserungsmöglichkeiten ergeben sich durch die Durchführung des Unterrichts in authentischen Unterrichtssituationen, wobei sich Evaluation und das Re-Design der Intervention auf Ergebnisse von unterschiedlichen Forschungsmethoden, deren Entwicklung in Kapitel 5.3 genauer erläutert wird, stützen. Mit diesen Forschungsinstrumenten werden unter anderem auch Einschätzungen von erfahrenen Lehrkräften aus der Praxis eingeholt.

Der Ablauf der Untersuchung in einzelnen Zyklen wird durch die folgende Abbildung verdeutlicht:

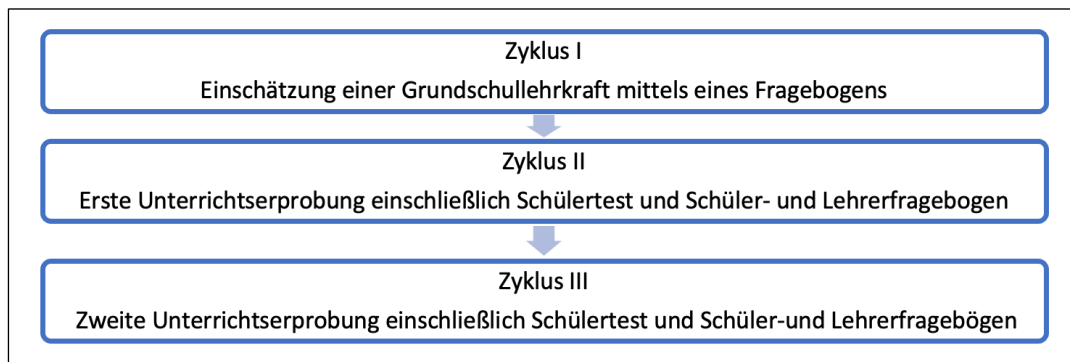


Abbildung 6: Ablauf der Untersuchung

Im ersten Zyklus der Untersuchung wird der Unterrichtsentwurf zunächst von einer Grundschullehrkraft evaluiert. Mit Hilfe eines Fragebogens sollen Einschätzungen der Lehrkraft zu Lernzielen, Lernvoraussetzungen, Gestaltung des Unterrichts und zu den entwickelten Forschungsinstrumenten erfasst werden. Die Anmerkungen der Lehrkraft sollen ein erstes Re-Design des Unterrichts und der Forschungsinstrumente ermöglichen.

In einem nächsten Zyklus wird der modifizierte Unterricht in zwei Parallelklassen einer dritten Jahrgangsstufe durchgeführt und unter Einsatz unterschiedlicher Forschungsinstrumenten evaluiert. Diese Forschungsinstrumente sind (1) ein Fragebogen zur Erfassung der Lernvoraussetzungen von Schüler*innen aus den untersuchten Lerngruppen, (2) eine Testung zur Lernzielkontrolle und (3) ein Beobachtungsbogen, welcher von einer nichtunterrichtenden Lehrkraft ausgefüllt werden soll. Die Weiterentwicklung des Unterrichts sowie der Forschungsinstrumente stützt sich somit auf Erkenntnisse zu bestehenden Lernvoraussetzungen, zur Lernzielerreichung sowie auf einer Unterrichtsbeobachtung.

In einem dritten Zyklus wird, der aus dem zweiten Zyklus überarbeitete Unterrichtsentwurf in drei vierten Klassen erprobt. Zur Evaluierung und Weiterentwicklung werden ebenso die überarbeiteten Forschungsinstrumenten eingesetzt.

5.3 Forschungsmethoden

Die vorliegende Untersuchung kombiniert Forschungsmethoden aus dem Bereich der Befragung, Beobachtung sowie Testung (Zierer et al., 2013, S. 50). In diesem Kapitel folgt nun eine detaillierte Beschreibung der eingesetzten Methoden sowie eine Begründung ihrer Auswahl.

5.3.1 Befragung

Die wissenschaftliche Befragung ist eine sehr häufig eingesetzte Forschungsmethode (Zierer et al., 2013, S. 62). Möglichkeiten einer Datenerhebung im Rahmen einer Befragung sind vielfältig, da sie alle Erhebungsverfahren umfasst, „bei dem ein oder mehrere Personen mittels Fragebogen, Leitfaden, Stegreiferzählungen oder Stimulus zu einer Fragestellung mündlich oder schriftlich interviewt werden und ihr Wissen, ihre Sichtweisen, Einstellungen und Einschätzungen wiedergeben [...]“ (S. 63). Unterschiedliche Arten von Befragungen werden hinsichtlich ihrer (1) Standardisierung (voll-/teil-/nichtstandardisiert), (2) Kommunikationsform (mündlich/schriftlich) und (3) Erhebungsortes (Face-to-Face/telefonisch/Internet) differenziert (Zierer et al., 2013, S. 64).

Zur Befragung werden zwei Fragebögen konstruiert, welche zum einen zur Einschätzung des Unterrichtsentwurfes durch eine Lehrkraft und zum anderen zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen der Untersuchungsgruppen eingesetzt werden sollen. Da „die Befragten einen Fragebogen [...] eigenständig beantworten sollen [...]“ (Zierer et al., 2013, S. 69) wird hier auch von einer schriftlichen Befragungsform gesprochen.

Die Entwicklung des **Fragebogens zur Einschätzung des Unterrichtsentwurfes** (Anhang D.1) orientiert sich an bereits existierenden Fragebögen aus den Untersuchungen von Engelhardt (2020) und Deitmer (2019), da sich der Einsatz dieser Fragebögen als zielführend erwiesen hat.

Der Fragebogen besteht aus insgesamt 19 vorformulierten Fragen, welche Aufschluss zur Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes geben sollen. Zur Beantwortung der Fragen werden der Lehrkraft die Handreichung der Arbeitsgruppe (Anhang B), einen in der Struktur und Darstellung abgewandelten Verlaufsplan (Anhang C) sowie die im nächsten Zyklus relevanten Datenerhebungsinstrumente (Anhang D.2-D.4) zur Verfügung gestellt. Im Fragebogen werden offene Fragen (4/ 18/ 19) und Hybridfragen (1-3/ 5-17) eingesetzt, weswegen es sich hierbei um einen teilstandardisierten Fragebogen handelt (Döring & Bortz, 2016, S. 399). Dadurch ergibt sich für die Teilnehmenden eine gewisse Freiheit in der Beantwortung der Fragen (Zierer et al., 2013, S. 64). Insbesondere mit dem offenen Fragenformat können Teilnehmende in der Einschätzung des

Unterrichtsentwurfes und Benennung möglicher Änderungsvorschläge „mit eigenen Gedanken und Worten reagieren.“ (Zierer et al., 2013, S. 71) Gleiches gilt für die Fragen im Hybridformat. Zwar wird die Antwortkategorie „Ja“ und „Nein“ als Antwortmöglichkeit vorgegeben, dennoch werden Teilnehmende angewiesen, insbesondere zu Aspekten, die im Unterrichtsentwurf nicht erfüllt werden, Änderungs- bzw. Anpassungsvorschläge im Freitextfeld festzuhalten (Zierer et al., 2013, S. 71).

Mit Blick auf die Forschungsfrage ist der Fragebogen in drei Themenbereiche – Lernziele, Lernvoraussetzung, Planung des Unterrichts – unterteilt. Zum Aspekt der Lernziele wird zunächst eine Einschätzung der vorgegebenen Lernziele für die Doppelstunde erfragt (Fragen 1-3). Dabei stehen die Formulierung der Lernziele sowie ihre Passung zum Unterricht und der Lerngruppe einer dritten oder vierten Klasse im Fokus. Denn laut Waiter (2015) kann erst festgestellt werden, ob Lernziele in einem Unterricht erreicht wurden, wenn sie präzise genug formuliert sind (Waiter, 2015, S. 214). Die Fragen 4 und 5 beziehen sich auf die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen. Es wird einerseits eine Einschätzung der Lehrkraft zu notwendigen Voraussetzungen für den Unterrichtsinhalt und andererseits zum Auftreten dieser Voraussetzungen bei Schüler*innen einer dritten oder vierten Klasse erfragt. Zuletzt werden im Bereich der Unterrichtsplanung die Einschätzungen einer Lehrkraft zur didaktischen Reduktion des Lerninhaltes (Frage 6–9), zum Aufbau des Unterrichtes (Fragen 10-13), zu Unterrichtsmethoden/-materialien sowie Arbeitsaufträgen (Fragen 14-16) und zur Differenzierung (Frage 17) ermittelt. Auch kann die Lehrkraft in Frage 18 konkrete Änderungsvorschläge zum Unterrichtsentwurf benennen.

Die letzte Frage des Fragebogens bezieht sich auf die weiteren Datenerhebungsinstrumente der Untersuchung. Insbesondere eine Einschätzung einer erfahrenen Lehrkraft zu Schülerfragebogen und Schülertest scheint sinnvoll, da wichtige Informationen zu einem neu konstruierten Forschungsinstrument und dessen Zweckmäßigkeit gewonnen werden können.

Der **Fragebogen zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen** (Anhang D.2) der untersuchten Lerngruppen besitzt einen hohen Standardisierungsgrad, da vorwiegend ein geschlossenes Frageformat eingesetzt wird (Döring & Bortz, 2016, S. 399). Dabei

werden die Aussagen des Fragebogens anhand einer Ratingskala, welche aus den fünf Antwortkategorien – Stimmt nicht, Stimmt kaum, Weder noch, Stimmt fast und Stimmt genau – besteht, beantwortet. Durch den Einsatz einer ungeraden Ratingskala entsteht laut Döring und Bortz (2016) eine „neutrale Mittelkategorie [,] [...] [welche] unsicheren Urteilenden das Ausweichen auf diese Neutralkategorie“ (S. 249) erleichtert. Darüber hinaus wird die verbale Ratingskala durch „symbolische Marken“ (Döring und Bortz, 2016, S. 248) und zwar fünf Smileys mit unterschiedlichem Ausdruck, ergänzt. Die Verwendung von Smileys in den Antwortkategorien ermöglicht es Schüler*innen, ohne zu Lesen, die Bedeutung der einzelnen Kategorien auf Anhieb zu erkennen (Döring & Bortz, S. 248). Es ist davon auszugehen, dass der Fragebogen durch die zusätzliche Visualisierung ansprechender gestaltet ist und damit auch motivierender auf Schüler*innen wirkt. Der Einsatz einer Rating-Skala mit verbalen und symbolischen Antwortkategorien orientiert sich an einer Untersuchung von Christen aus dem Jahr 2004 (S. 34).

Insgesamt besteht der Fragebogen aus 14 Fragen, welche den Themenbereichen „In der Schule...“, „Farbenmischen“ und „Automaten“ zugeordnet werden können. Die verwendeten Fragen erfassen motivationale sowie fachliche Lernvoraussetzungen der Teilnehmenden. Insbesondere im Bereich der fachlichen Lernvoraussetzungen werden sowohl bisherige Erfahrungen der Teilnehmenden mit dem Lerninhalt als auch zur geplanten Unterrichtsmethodik berücksichtigt.

Gemäß Becker (2007) ist in der Unterrichtsplanung die Beantwortung der Frage *„Wie steht es vermutlich mit der generellen Bereitschaft der Lerngruppe, sich dem spezifischen Thema zuzuwenden und mögliche Lernziele anzustreben?“* (S. 24) sinnvoll. Auch Walter (2015) thematisiert in der Beschreibung von motivationalen Lernvoraussetzungen die „Aufgeschlossenheit für Lerninhalte [...] [und eine] positive Einstellungen zum schulischen Lernen“ (S. 200). Grund hierfür ist, dass die Motivation von Schüler*innen Einfluss auf den Lehr/-Lernprozess hat (Helmke, 2009, S. 31). Daher dienen die ersten beiden Fragen „In der Schule lerne ich gerne neue Dinge“ und „In der Schule finde ich gerne heraus, wie etwas funktioniert“ einer Einschätzung der Teilnehmenden hinsichtlich ihrer Bereitschaft, sich mit einem unbekannten Themenbereich auseinanderzusetzen und diesen zu erforschen. Die letzten beiden

Fragen zum Themenbereich „In der Schule...“ beziehen sich auf die Vorerfahrungen der Teilnehmenden zu methodischen Vorgehensweisen im Unterricht, und zwar zu den Farbmischexperimenten sowie zu dem Arbeiten in Kleingruppen.

Die Fragenbereiche „Farbenmischen“ sowie „Automaten“ fokussieren auf spezifische inhaltliche Vorkenntnisse zum Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ und gewinnen somit wichtige Informationen bezüglich der fachliche Lernvoraussetzungen.

Im Fragenblock „Farbmischen“ werden individuelle Vorkenntnisse zu den Grundfarben sowie zur Entwicklung neuer Farben durch das Mischen zweier Grundfarben erfasst. Auch werden konkrete Farbmischbeispiele benannt, deren Lösungen in einem offenen Frageformat anzugeben sind. Ebenso werden Teilnehmenden über ihre Kenntnisse zu und Vorerfahrungen mit Automaten befragt. Anschließend folgt eine Abfrage zu spezifischen Erfahrungen mit dem Farbmischautomat („Ich habe schon einmal einen Farbmischautomat gesehen“). In der letzten Frage des Fragebogens sollen die Teilnehmenden weitere ihnen bekannte Automaten aufzählen.

5.3.2 Beobachtung

Mit Hilfe von wissenschaftlichen Beobachtungen kann „das soziale Handeln und die Interaktionen von Personen, Gruppen und Kulturen“ (Zierer et al. 2013, S. 79) erfasst werden. Dabei werden „die Handlungen und Interaktionen – jenseits von Selbsteinschätzung – in den natürlichen, unverfälschten Lebenswelten und Realsituationen erfasst“ (Zierer et al. 2013, S. 79). Aus diesem Grund bietet sich die Methode der Beobachtung insbesondere in der Evaluierung des Unterrichtsentwurfes in einer realen Unterrichtssituation an.

Zur Durchführung der Beobachtung wird ein Fragebogen (Anhang D.3) eingesetzt, welcher von einer nicht unterrichtenden Lehrkraft ausgefüllt werden soll. Durch die nicht-teilnehmende Beobachtung kann sich die Lehrkraft auf die Rolle des Beobachters konzentrieren und nimmt wenig Einfluss auf das Untersuchungsgeschehen (Zierer et al. 2013, S. 86).

Zum Einsatz kommt ein überarbeiteter Fragebogen aus den Untersuchungen von Engelhardt (2020) und Deitmer (2019). Hierdurch werden „zentrale Bewertungskriterien vor[gegeben], welche darauf zielen, die Umsetzbarkeit der Unterrichtsplanung in der Praxis auszuwerten.“ (Engelhardt, 2020, S. 45). Die eingesetzten Bewertungskriterien

orientieren sich an von Waiter (2015) bereitgestellten Kriterien zur Nachbereitung eines Unterrichts (Deitmer, 2019, S. 29; Engelhardt, 2020, S. 46).

Auf dieser Basis erfolgt eine Reflexion auf der Lehr-Lern-Prozessebene (Fragen 1-4/ 8), welche die „objekt- und personenbezogene Interaktionen zwischen Lehrer/Lehrerinnen und Schülerinnen/Schüler im Klassenverbund und in individueller Hinsicht“ (Waiter, 2015, S. 238) berücksichtigt, sowie auf der Inhaltsebene (Fragen 5-7), d.h. orientiert an der „Vermittlung von Sach- und Fachkompetenzen“ (Waiter, 2015, S. 236). Demnach werden im Bereich der Lehr-Lern-Prozessebene die Passung zwischen Unterrichtsplanung und Unterrichtsdurchführung (Fragen 1/2), Sachgegenstand (Frage 3), Differenzierung (Frage 4) und Eignung der Unterrichtsmethodik/-materialien (Frage 8) abgefragt und im Bereich der Inhaltsebene eine Einschätzung zum Erwerb der angestrebten Lernziele und Unterschiede sowie zu darüberhinausgehenden Lernzielen eingeholt (Fragen 5-7). Auch sollen konkrete Vorschläge für möglichen Überarbeitungen des Unterrichtsentwurfes erfasst werden (Frage 10).

Darüber hinaus wird mit der Frage 9 ein direkter Bezug zu den Lernvoraussetzungen der untersuchten Lerngruppe geschaffen. So soll die beobachtende Lehrkraft einschätzen, inwiefern eine Passung zwischen Unterricht und Lernvoraussetzungen gelungen ist.

5.3.3 Testung

Der in der Untersuchung eingesetzte Test (Anhang D.4) kann in Anlehnung an Lienert und Raatz (1998, S. 15) der Gruppe der kognitiven Leistungstests zugeordnet werden. Mit diesem Testformat kann „die maximale Leistungsfähigkeit“ (Döring & Bortz, 2016, S. 453) des Teilnehmenden erforscht werden. Der durchgeführte Test bezieht sich auf die Fähigkeiten der Schüler*innen in einem spezifischen Aufgabenbereich: den Automaten.

Die Aufgaben des Tests wurden so gewählt, dass einzelne Aufgaben die Teillernziele der Unterrichtsstunde abfragen. Insgesamt besteht der Test aus drei Aufgabenstellungen, welche in ihrem Aufbau und Anforderungen dem Arbeitsblatt zur Sicherung der Lerninhalte der Unterrichtseinheit (Anhang B, S. 109f.) ähneln. Es wurden lediglich die Formulierung der Aufgabenstellungen und die Farbmischbeispiele abgewandelt.

In der ersten Aufgabe müssen die Teilnehmenden die Fachbegriffe dem vorgezeichneten Automatenmodell korrekt zuordnen. Zwar werden die Begriffe

bereitgestellt, jedoch befinden sie sich an einer falschen Position im Automatenmodell. Diese Aufgabe erfordert eine Reproduktion des Wissens aus der Unterrichtsstunde und fokussiert auf die Erreichung des Lernziels „Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären.“ (Teillernziel 3) Die korrekte Zuordnung der Fachbegriffe erfordert das Verständnis ihrer Rolle im Automatenmodell. In der zweiten Aufgabe sollen die Teilnehmenden ein Automatenmodell entwickeln. Es wird überprüft, ob die Teilnehmenden das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell für ein neues Farbmischbeispiel entwickeln können (Teillernziel 4). In der letzten Aufgabenstellung steht die Bedeutsamkeit der gleichen Farbmenge zum Mischen eines gleichen Farbtons im Mittelpunkt und damit das Verständnis, dass die gleiche Eingabe, d.h. gleiche Menge von Farbe, immer zu einem gleichen Endergebnis, d.h. gleichen Farbton, führt (Teillernziel 2).

Die Auswertung der zweiten und dritten Testaufgabe erfolgt anhand eines Bewertungsbogen (Anhang D.5). Hierdurch können die Lösungen der Teilnehmenden objektiv auf richtig oder falsch geprüft werden (Döring & Bortz, 2016, S. 453).

6. Ergebnisse

Das folgende Kapitel ist der Ergebnisdarstellung gewidmet. Die in jedem durchlaufenen Zyklus erhobenen Daten werden zunächst ausgewertet und anschließend das vorgenommene Re-Design des Unterrichtsentwurfes und der Forschungsinstrumente beschrieben.

6.1 Einschätzung einer Grundschullehrkraft

Ausgangspunkt der ersten Evaluation des Unterrichtsentwurfes ist der von einer erfahrenen Grundschullehrkraft ausgefüllte Fragebogen (Anhang E.1). Hierbei wurden erste Erkenntnisse zur praktischen Umsetzbarkeit und Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes gewonnen.

Zwar hat die befragte Lehrkraft keine informatische Ausbildung, sie ist jedoch bereits seit über 25 Jahren als Grundschullehrkraft tätig. Auf Grund dieser umfassenden Praxiserfahrung ist davon auszugehen, dass die Lehrkraft ein Gespür dafür besitzt, wo

Elemente zur praktischen Umsetzung des Unterrichtsentwurfes zu überarbeiten sind (Euler, 2014, S. 26f.).

6.1.1 Auswertung der Daten

Die Rückmeldung zum Unterrichtsentwurf ist positiv ausgefallen, da insgesamt 12 von 16 Hybridfragen mit „Ja“ beantwortet werden. Kleinere Probleme werden im Bereich der Lernvoraussetzungen, didaktischen Reduktion des Sachverhalts und der Zeitplanung gesehen.

Nach Einschätzung der Grundschullehrkraft sind die Lernziele, sowohl das Hauptlernziel als auch die spezifischen Teillernziele, passend für die Unterrichtsstunde gewählt (Frage 1). Auch sind sie exakt und konkret formuliert (Frage 2), wodurch ihr Einsatz als Maßstab für den Erfolg des Unterrichts möglich scheint. Darüber hinaus ist die befragte Lehrkraft überzeugt, dass die Lernziele für Schüler*innen einer dritten und vierten Klasse erreichbar sind. Jedoch wird angemerkt, dass von einzelnen Schuler*innen die Lernziele wahrscheinlich nicht oder nur teilweise erreichen werden (Frage 3).

Zu den Lernvoraussetzungen (Frage 4) wird angemerkt: „Die Kinder müssen wissen, was ein Farbmischautomat im Malergeschäft ist und macht. Weiterhin sollte ihnen die Bedeutung und Notwendigkeit eines solchen Automaten bewusst sein.“ Zentrale Lernvoraussetzung zum Unterrichtsinhalt ist also Kenntnis über Bedeutung, Funktion und Notwendigkeit eines Farbmischautomaten in einem Malergeschäft. Das Auftreten dieser Lernvoraussetzungen bei Grundschüler*innen stuft die Lehrkraft jedoch eher als unwahrscheinlich ein (Frage 5).

Eine Auswertung der Fragen zum Bereich der didaktischen Analyse zeigt, dass eine Vereinfachung des Lerninhaltes zum Großteil gelungen ist. So wird die sechste Frage, ob der endliche Automat in ausreichend vereinfachter Weise dargestellt und vermittelt wird, bejaht. Zudem wird das Experimentieren zur Verdeutlichung der Funktionsweise des Farbmischautomaten als hilfreich angesehen (Frage 7). Dennoch wird in den Fragen 8 und 9 darauf hingewiesen, dass die eingesetzten Fachbegriffe und das Zustandsdiagramm recht komplex sind. Demnach wird angemerkt, dass der Einsatz des Zustandsdiagramms zum Verständnis des Farbmischautomaten zwar in seiner Komplexität für leistungsstärkere Schüler*innen, aber nicht für leistungsschwächere

Schüler*innen geeignet ist (Frage 8). Ebenso wird kritisiert, dass die eingesetzten Begriffe noch sehr abstrakt für einen Grundschulunterricht sind (Frage 9).

Die Lehrkraft sieht keine Probleme im Aufbau des Unterrichtes (Fragen 11-13), den Unterrichtsmethoden/-materialien und Arbeitsaufträgen (Fragen 14-16). Zur Zeitplanung des Unterrichtes wird angemerkt, dass manche Schüler*innen das Arbeitsblatt zur Sicherung der Erkenntnisse aus der Unterrichtsstunde schneller als andere Schüler*innen bearbeiten werden und daher eine zusätzliche Beschäftigung bereitgestellt werden sollte (Frage 12). Auch ist es schwer einzuschätzen, wie viel Zeit für das Experimentieren eingeplant werden muss (Frage 12). Die Differenzierung wird von der Lehrkraft als ausreichend bewertet (Frage 17). Demnach kann das Arbeitsblatt mit den unterschiedlichen Anforderungsbereichen und den Tippkarten von Schüler*innen aus allen Leistungsbereichen gelöst werden.

Eine Änderung der Forschungsinstrumenten muss nach Einschätzung der Lehrkraft nicht vorgenommen werden, vielmehr wird der Einsatz des Schülertests und des Beobachtungsbogens positiv bewertet (Frage 19).

6.1.2 Re-Design der Intervention und der Forschungsinstrumente

Der Unterrichtsverlaufsplan sowie die Unterrichtsmaterialien⁴ wurden hinsichtlich der sprachlichen Form und Gestaltung überarbeitet. Ergänzend wird ein weiteres Arbeitsblatt (Anhang E.3.1) in der Unterrichtsphase „Sicherung und Anwendung“ zur Verfügung gestellt. Die Notwendigkeit dieser Überarbeitung ergibt sich aus der Einschätzung der befragten Lehrkraft. Da manche Schüler*innen das Arbeitsblatt wahrscheinlich schneller als andere Schüler*innen bearbeiten werden, muss eine zusätzliche Beschäftigung bereitgestellt werden (Frage 12).

In diesem Arbeitsblatt werden Schüler*innen nicht nur angewiesen, ein Automatenmodell für einer neuen Sachsituation zu modellieren und dabei das Gelernte auf andere Farbmischbeispiele zu übertragen, sondern sie sollen folgende Problemstellung lösen: „Ein Farbmischautomat kann nicht nur die Farbe Grün mischen, sondern auch die Farbe Orange. Zeichne den Ablauf im Automatenmodell.“

⁴ Der überarbeitete Unterrichtsverlaufsplan sowie die überarbeiteten Unterrichtsmaterialien sind als Anlage (Anhang E.2/3) beigefügt.

Der Farbmischautomat kann nun also zwei unterschiedliche Farben mischen. Zwar haben die Schüler*innen im Verlauf des Unterrichts bereits getrennte Automatenmodelle zum Mischen der Farben Grün und Orange entwickelt, jedoch sollen nun beide Farbmischprozesse in nur einem Automatenmodell vereint werden. Mit dieser Aufgabe wird also die Modellierung eines komplexeren Automatenmodells gefordert.

In Anlehnung an die Handreichung, werden auch für das zweite Arbeitsblatt Tippkarten (Anhang E.3.2) und Lösungskarten (Anhang E.3.3) bereitgestellt, um die Heterogenität der Lerngruppe zu berücksichtigen sowie Schüler*innen in der eigenständigen Aufgabenlösung zu unterstützen. Diese Tippkarten können auch als „gestufte Lernhilfen“ (Müller, 2018, S. 49) bezeichnet werden, da zunächst nur kleine Denkanstöße (Tippkarte 1: „Welche Farben brauchst du, um die Farben Grün und Orange zu mischen?“) und wenn erforderlich ein unausgefülltes Automatenmodell (Tippkarte 4) als ein konkreter Lösungsansatz bereitgestellt werden.

Hinsichtlich der Komplexität des Lerninhaltes werden bei den Fachbegriffen und dem Zustandsdiagramm keine Überarbeitungen vorgenommen. Auch in einer Untersuchung von Engelhardt (2020, S. 49/53) führte der Einsatz einer ähnlichen Modellierung des Automatenmodells sowie die Verwendung von Fachbegriffen zur Beschreibung eines Automatenmodells zu keinen Problemen in der Durchführung. Ebenso muss darauf hingewiesen werden, dass auch in anderen Grundschulfächern Fachbegriffe, Inhalt des Unterrichts sind. In den Vorgaben des Lehrplans Sachunterricht wird sogar auf die Berücksichtigung von Fachbegriffen sowie deren Klärung hingewiesen (MSB NRW, 2021, S. 178).

6.2 Erste Unterrichtserprobung

Die erste praktische Erprobung des Unterrichtsentwurfes erfolgte am 03.11.2021. An der Untersuchung nahmen zwei Parallelklassen (Klasse A und Klasse B) eines dritten Schuljahrgangs teil.

6.2.1 Auswertung der Daten

Befragung

Mit einem Fragebogen zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen erfolgt eine erste Einschätzung zu bestehenden Lernvoraussetzungen der Schüler*innen aus Klasse A (19 Schüler*innen) und Klasse B (23 Schüler*innen). Die Befragung wurde vor der Unterrichtserprobung von einer Lehrkraft durchgeführt.⁵

Im Bereich der motivationalen Lernvoraussetzungen werden in beiden Klassen ähnliche Ergebnisse erfasst. Insgesamt 90% aller Schüler*innen sind gegenüber dem Erlernen von neuen Dingen in der Schule positiv eingestellt. Ähnliche Ergebnisse werden auch zur Aussage „In der Schule finde ich gerne heraus, wie etwas funktioniert“ dokumentiert, wobei ungefähr 80% der Teilnehmenden positive Einstellungen haben.

Unterschiede zwischen den beiden Klassen werden im Bereich der Vorkenntnisse zum Experimentieren in der Klasse erfasst. Nahezu 80% der Schüler*innen aus Klasse A und 40% der Schüler*innen aus Klasse B geben an, nicht oder kaum im Schulunterricht experimentiert zu haben. Das gemeinsame Arbeiten mit anderen Kindern wird von über 90% der Teilnehmenden positiv bewertet.

Das Thema „Farben“ ist nach Aussage von fast allen Schüler*innen (92,86%) bereits Teil des Unterrichts gewesen. Jedoch scheint der Begriff „Grundfarbe“ vorwiegend den Schüler*innen aus Klasse B bekannt zu sein. Hier haben bis auf zwei Schüler*innen alle die Kategorie „Stimmt genau“ angekreuzt (91,3%). Im Vergleich dazu sind die Aussagen in Klasse A sehr durchmischt. Die Tendenz liegt jedoch bei einer Kenntnis von Grundfarben, da fast 60% der Angaben in den Kategorien „Stimmt genau“ und „Stimmt fast“ liegen. Zudem wissen nahezu 80% aller Schüler*innen aus Klasse A und B, dass sie durch das Mischen zweier Grundfarben, eine neue Farbe mischen können. Die Vorerfahrungen der Schüler*innen zum Mischen einer neuen Farbe aus zwei Grundfarben können auch durch das Benennen von Farbmischergebnissen in beiden Klassen bestätigt werden: Über 80 % der angegebenen Farbmischergebnisse sind richtig. Teilweise liegen die richtigen Angaben sogar bei über 90%.

Die Mehrheit der Schüler*innen weiß genau, was ein Automat ist (80,95%) und hat auch bereits eigenständig einen Automaten bedient (71,43%). Jedoch haben über die Hälfte

⁵ Eine Auswertung der erhobenen Daten ist als Anlage (Anhang F.1) beigelegt.

der Teilnehmenden noch nie einen Farbmischautomaten gesehen, weswegen über 60% aller Angaben der Kategorie „Stimmt nicht“ zugeordnet sind. In Klasse A ist jedoch die Gruppe derjenigen Schüler*innen, die bereits sicher einen Farbmischautomat gesehen haben mit 31,58% am größten.

Insgesamt werden 57 „andere Automaten“ von den Teilnehmenden benannt, wobei die folgenden Automaten am bekanntesten sind: Lebensmittelautomat mit 22 Nennungen (z.B. Getränkeautomat, Süßigkeitenautomat oder Kaugummiautomat), Spielzeugautomat mit 20 Nennungen (z.B. Flummiautomaten oder Greifarmautomaten für Kuscheltiere) oder Geldautomat mit 8 Nennungen. In der Beantwortung dieser Frage sind große Unterschiede zwischen Schüler*innen aus der Klasse A und B feststellbar. Während in Klasse A nur ein(e) Schüler*in keinen weiteren Automaten benennen kann, sind es in Klasse B fast die Hälfte der Schüler*innen (47,83%).

Beobachtung

Zentrale Eindrücke der unterrichtenden Grundschullehramtsstudentin werden durch Beobachtungen von zwei nicht-unterrichtenden Lehrkräften (Lehrkraft A und Lehrkraft B) ergänzt. Hierzu haben beide Lehrkräfte einen Beobachtungsbogen (Anhang F.2) während der Unterrichtsdurchführung ausgefüllt.

Die Durchführung des Unterrichts orientierte sich grundsätzlich an dem geplanten Unterrichtsverlauf. Lediglich in Klasse A musste auf das Einzeichnen der Black Box im Automatenmodell an der Tafel verzichtet werden, da das Erarbeiten des Tafelbildes an einer Pinnwand mit Reißnägeln erfolgte. Alternativ wurde die Platzierung der Black Box von Schüler*innen an dem Tafelbild angedeutet. Darüber hinaus war keine weitere Abweichung vom geplanten Unterrichtsverlauf notwendig. Der Unterricht wurde planmäßig in 90 Minuten durchgeführt.

Das didaktisch reduzierte Modell des Farbmischautomaten war für die Schüler*innen nachvollziehbar (Frage 3). Hilfreich zum Erfassen der Funktionsweise des Farbmischautomaten war, dass die Schüler*innen bereits im Kunstunterricht Farben gemischt haben und „daher schon wussten was passiert, wenn bestimmte Farben gemischt werden“ (Lehrkraft A, (Frage 3)). Vorerfahrungen im Bereich des Farbmischens sind also für das Verständnis des Farbmischautomaten eine hilfreiche

Voraussetzung (Frage 9). Dies hat sich auch bei der Besprechung des Experiments zum Einstieg bewährt, denn Schüler*innen konnten schnell eigene Vermutungen zu Abläufen im Farbmischautomat aufstellen, welche sich durch das Aufdecken oder „Lüften des Geheimnisses“ der Black Box bestätigt haben.

Ebenso war das Experimentieren der Schüler*innen in der Unterrichtserprobung hilfreich. Denn es konnten nicht nur die Aufmerksamkeit der Schüler*innen gewonnen, sondern auch die ablaufenden Prozesse veranschaulicht werden (Frage 3a). Aus diesem Grund kann das Experiment als eine zielführende Unterrichtsmethode zur Vermittlung des Lehrinhaltes eingestuft werden. Jedoch führte das Experimentieren auch zu kleineren Unruhen im Unterrichtsverlauf. Unter anderem experimentierten viele Schüler*innen der Klasse A nicht exakt nach Anleitung.

Der Farbmischautomat wurde durch den Einsatz eines Zustandsdiagramms verständlich in einem Tafelbild veranschaulicht (Frage 3b). Im Zuge der Erarbeitung des Zustandsdiagramms traten kleinere Probleme bei der Zuordnung der Übergangspfeile auf. Schüler*innen aus beiden Klassen wollten die Pfeile zum Befüllen oder Umrühren der Becher im Automatenmodell anordnen. Auch verloren die Schüler*innen bei der Erarbeitung des formal korrekten Zustandsdiagramms zunehmend das Interesse. Laut Lehrkraft A ließ auch die Konzentration der Schüler*innen bei der Erarbeitung des Zustandsdiagramms und der Fachbegriffe nach (Frage 3b). Dies zeigte sich auch in einer geringeren Beteiligung der Schüler*innen bei der Entwicklung des zweiten Tafelbildes.

Der Einsatz von Fachbegriffen zum Verstehen des Automaten wurde von Lehrkraft B kritisiert: Die Fachbegriffe sind zu anspruchsvoll und haben die Schüler*innen überfordert (Frage 3b). Hingegen betonte Lehrkraft A die Notwendigkeit des mehrfachen Besprechens der Fachbegriffe (Frage 3b). Eine teilweise Überforderung von Schüler*innen wurde auch im Bereich der Differenzierung bemängelt (Frage 4).

Größere Schwierigkeiten hatten die Schüler*innen in der Bearbeitung des ersten Arbeitsblattes. Demnach musste zur Beantwortung der ersten Aufgabe erneut das Automatenmodell und die Fachbegriffe aus dem Wortspeicher im Plenum angesprochen werden. Das zweite Arbeitsblatt wurde von 2 Schüler*innen aus beiden Klassen bearbeitet. Außerdem wurde im Bereich der Unterrichtsmaterialien von beiden beobachtenden Lehrkräften der Aufbau, Gestaltung sowie Anzahl der Tippkarten

hinterfragt (Fragen 8/10). Zudem wurde bei dem Einsatz der Lösungskarten von einem Schüler/ einer Schülerin auf die Begriffsänderung von „Startzustand“ zu „Anfangszustand“ hingewiesen.

Gemäß Lehrkraft A wurden die Teillernziele im Unterricht erreicht (Frage 5). Beide Lehrkräfte wiesen darauf hin, dass es Unterschiede im Erreichen der Lernziele gab (Frage 7). Ein Grund hierfür ist zum Beispiel, dass die Schüler*innen „alle unterschiedliche Lernvoraussetzungen und Fähigkeiten haben.“ (Lehrkraft A, (Frage 7)). Ein Erwerb von Kompetenzen konnte auch von der unterrichtenden Studentin beobachtet werden, jedoch zeigte sich in der Erarbeitung des Tafelbildes und bei der Bearbeitung des Arbeitsblattes, dass die Schüler*innen insbesondere mit der Verwendung der Fachsprache größere Schwierigkeiten hatten.

Testung

Nach der Unterrichtserprobung haben 22 Schüler*innen aus Klasse A und 22 Schüler*innen aus Klasse B an einer Testung teilgenommen. Mit Hilfe des Tests können konkrete Aussagen zum Erwerb von Kompetenzen hinsichtlich der Teillernziele 2 bis 3 (siehe Kapitel 3.5) gemacht werden. In der Datenauswertung zeigt sich vor allem, dass sich die Lösungen zu einzelnen Aufgabenstellungen innerhalb der Lerngruppen sowie zwischen den beiden Lerngruppen unterscheiden.⁶

Eine korrekte Begriffszuordnung aller Fachbegriffe im Automatenmodell (Aufgabe 1) gelingt 12 Schüler*innen aus Klasse A und 9 Schüler*innen aus Klasse B. Weitere 8 Schüler*innen aus Klasse A bzw. 2 Schüler*innen aus Klasse B können zwei Begriffe im Automatenmodell korrigieren. Allerdings hat die Hälfte der Schüler*innen aus Klasse B keinen einzigen Fachbegriff korrekt zugeordnet.

Schwierigkeiten in der Modellierung eines Automatenmodells zu einer neuen Sachsituation zeigt die Auswertung der zweiten Testaufgabe. Nur 4 Schüler*innen aus beiden Klassen gelingt die Entwicklung eines korrekten Automatenmodells. Die Hälfte der Aufgabenlösungen wird den Kategorien „fehlerhaftes Automatenmodell“ und „vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell“ zugeordnet. Während die Schülerlösungen aus Klasse B vor allem der Kategorie „fehlerhaftes Automatenmodell“

⁶ Eine Auswertung der erhobenen Daten ist als Anlage (Anhang F.3) beigelegt.

zugeordnet werden (fehlerhaftes Automatenmodell: 31,82%; vorwiegend: 9,1%), müssen die Lösungen in Klasse A überwiegend der letzten Kategorie zugeordnet werden (fehlerhaftes Automatenmodell: 9,1%; vorwiegend: 50%). Die Fehler in der Modellierung sind vielfältig. Sie reichen von fehlender Symbolik bis hin zur Bezeichnung eines falschen Startzustandes. Letztlich werden die Lösungen von 8 Schüler*innen aus Klasse A und 10 Schüler*innen aus Klasse B als „kein Automatenmodell“ eingestuft. Besonders häufig haben Schüler*innen aus Klasse B in dieser Kategorie „Farbdüsen“ zur Aufgabenlösung eingesetzt.

Bei der dritten Aufgabe haben insgesamt 20 Schüler*innen aus beiden Klassen die Aufgabe nicht bzw. nicht korrekt gelöst. Somit haben über die Hälfte der Teilnehmenden (54,54%) die Aufgabe richtig gelöst.

Die Ergebnisse der Testung der beiden dritten Klassen mit Blick auf die Teillernziele sind wie folgt:

- „Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt.“ **(Teillernziel 2/Aufgabe 3)**
In Klasse A haben 9 Schüler*innen (40,91%) und in Klasse B haben 15 Schüler*innen (68,18%) das Teillernziel ganz erreicht.
- „Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären.“ **(Teillernziel 3/Aufgabe 1)**
In Klasse A haben 12 Schüler*innen (54,55%) und in Klasse B haben 9 Schüler*innen (40,91%) das Teillernziel ganz erreicht.
- „Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln.“ **(Teillernziel 4/Aufgabe 2)**
In Klasse A haben 3 Schüler*innen (13,64%) und in Klasse B haben 10 Schüler*innen (45,46%) das Teillernziel durch die Entwicklung eines nahezu fehlerfreien (Kategorie: „fehlerhaftes Automatenmodell“) oder vollständig korrekten Automatenmodell erreicht.

Demnach wurden die formulierte Teillernziele nur von einem Teil der Lerngruppe vollumfänglich erreicht.

6.2.2 Re-Design des Unterrichts und der Forschungsinstrumente

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Datenerhebung erfolgt zunächst eine Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes und anschließend der Forschungsinstrumente.⁷ Insbesondere Erkenntnisse aus der Beobachtung und der Testung deuten darauf hin, dass Änderungen in der Erarbeitung des Zustandsdiagramms und der Fachbegriffe erforderlich sind.

Eine erste Überarbeitung wird bei dem ersten Tafelbild vorgenommen. In der Beobachtung zeigt sich, dass beide Lerngruppen große Probleme in der Zuordnung des Übergangspfeils haben. Daher wird der Einsatz der Übergangspfeile erst für das zweite Tafelbild, bei der Erarbeitung des korrekten Automatenmodells unter Einbezug der Fachbegriffe und des Wortspeichers, vorgesehen. Diese Veränderung führt auch zur Entwicklung einer neuen Anleitung für das erste Experiment (Anhang F.5.1). Ebenso wird aufgrund der häufigen Verwendung von Farbdüsen in den Lösungen zur zweiten Testaufgabe auf das Vorzeigen der Abbildung „Farbdüsen des Farbmischautomaten im Malergeschäft“ (Anhang B, S. 97) verzichtet. Die Lehrkraft greift also nur verbal die Bedeutung der Farbdüsen für den Farbmischautomaten auf.

Für eine vertiefende Anwendung der Fachsprache (Zustand, Übergang, Startzustand, Endzustand, Zustand und Automatenmodell) werden, in Anlehnung an Überarbeitungsvorschläge der beobachtenden Lehrkräfte (Fragen 9/10), Begriffskarten (Anhang F.5.2) bereitgestellt. Die Begriffskarten werden nach der Erarbeitung des Automatenmodells und des Wortspeichers von Schüler*innen mit Pfeilen dem Tafelbild zugeordnet. Zur Differenzierung wird zudem bei der Erarbeitung des formal korrekten Automatenmodells eine echte Pipette vorgezeigt (Frage 4).

Ebenso wird die Durchführung des zweiten Experiments überarbeitet. Um sicherzustellen, dass die Schüler*innen der Anleitung folgen, wird diese zunächst im Plenum durchgesprochen (Frage 3a). Die Bedeutsamkeit des exakten Befolgens der Anleitung wird somit verdeutlicht, wodurch in der Ergebnisbesprechung die Erkenntnis, dass eine gleiche Eingabe zu einer gleichen Ausgabe führt, gestärkt werden soll.

⁷ Ein überarbeiteter Unterrichtsverlaufsplan, überarbeitete Unterrichtsmaterialien sowie Forschungsinstrumente sind als Anlage (Anhang F.4/5/6) beigelegt.

Auch wird die erste Aufgabe des ersten Arbeitsblattes (Anhang F.5.3) überarbeitet. Zum einen werden die zuzuordnenden Begriffe auf dem Aufgabenblatt angegeben (Frage 8). Damit reduziert sich die Anzahl der Tippkarten von drei auf zwei. Zum anderen werden die Striche durch Pfeile ersetzt, damit die Schüler*innen genau einschätzen können, welcher Begriffskasten zu welchem Symbol im Automatenmodell zugeordnet ist. Auch werden die Tippkarten an der Tafel aufgehängt (Frage 8). Schüler*innen sollen somit einen klareren Überblick über die unterschiedlichen verfügbaren Tippkarten bekommen und diese der Nummerierung entsprechend einsetzen. Auch wird eine überarbeitete Lösungskarte (Anhang F.5.4) mit einer dem Wortspeicher entsprechenden und damit einheitlichen Beschriftung bereitgestellt.

Die Anpassung der Striche zu Pfeilen wird auch in der ersten Aufgabe des Forschungsinstrument zur Testung (Anhang F.6.1) aufgegriffen. Darüber hinaus werden in dem Beobachtungsbogen (Anhang F.6.2) zur fünften Frage einzelne Boxen zum Ankreuzen jedes erreichten Lernziels bereitgestellt. Dies soll eine genauere Einschätzung zur Lernzielerreichung in der jeweiligen Lerngruppe ermöglichen.

6.3 Zweite Unterrichtserprobung

Die zweite praktische Erprobung des Unterrichtsentwurfes wurde im Zeitraum vom 22.11.2021 bis 24.11.2021 in drei vierten Parallelklassen (Klasse C, Klasse D und Klasse E) durchgeführt.

6.3.1 Auswertung der Daten

Befragung

Zur Bestimmung bestehender Lernvoraussetzungen in der Untersuchungsgruppe wurde erneut der Fragebogen „Fragebogen zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen“ (Anhang D.2) eingesetzt. An der Befragung nahmen je 23 Schüler*innen aus den Klassen C, D und E teil.⁸

In den untersuchten Klassen werden überwiegend positive Einstellungen zum Lernen und Erforschen neuer Inhalte erfasst. Insgesamt 116 von 138 Angaben zu den ersten beiden Fragen sind den Kategorien „Stimmt genau“ und „Stimmt fast“ zugeordnet.

⁸ Eine Auswertung der erhobenen Daten ist als Anlage (Anhang G.1) beigelegt.

Einzelne Angaben aus den Gruppen unterscheiden sich in den beiden Aussagen nicht und liegen konstant bei 82,61% in Klasse C, bei 91,3% in Klasse D und 78,26% in Klasse E. Im Vergleich hierzu konnte im Bereich der Vorkenntnisse zum schulischen Experimentieren Unterschiede dokumentiert werden. Über die Hälfte der Schüler*innen in den Klassen C (65,22%) und E (60,87%) stimmen genau bzw. fast zu, dass Experimente öfters im Unterricht durchgeführt werden, wobei in Klasse D dieser Wert knapp unter 50% liegt.

Die Teilnehmenden bewerten das Arbeiten mit anderen Kindern positiv, wobei die Angaben von Klasse D mit nur 78,26% aller Stimmen von denen der Klassen C und E (jeweils 95,65%) abweichen.

Vorerfahrungen zu Farben aus dem Schulunterricht sind in Klasse C im großen Umfang vorhanden (78,26%). Obwohl in Klasse D (39,13%) und Klasse E (47,83%) viele Schüler*innen sicher sind, dass Farben bereits in der Schule thematisiert wurden, sind die restlichen Stimmen der Schüler*innen auf die anderen Kategorien nahezu gleichverteilt. In Klasse C und Klasse E geben über 70% der Schüler*innen an, dass sie die Grundfarben sicher bzw. fast sicher kennen. Mit weniger als 40% ist dieser Wert in Klasse D jedoch deutlich geringer. Das Wissen, dass man aus zwei bestimmten Farben eine neue Farbe mischen kann, ist in den verschiedenen Klassen fast gleich, mit einem Durchschnitt von nahezu 80% aller Angaben in den Kategorien „Stimmt genau“ und „Stimmt fast“. Letztlich können durch das Benennen von Farbmischergebnissen in den Klassen konkrete Vorerfahrungen der Schüler*innen zum Mischen einer neuen Farbe aus zwei Grundfarben erfasst werden: Zwar werden von ca. 70% aller Schüler*innen eine korrekte Lösung zur Farbmischung von Rot – Gelb und Gelb – Blau angegeben, jedoch werden in den Klassen D (34,78%) und E (43,48%) die Mischaufgabe Blau – Rot in deutlich geringerem Umfang richtig gelöst.

Mehr als 90% der Schüler*innen wissen sicher bzw. fast sicher, was ein Automat ist. Auch haben viele Teilnehmende (Kategorie „Stimmt genau“: 56,52%) bereits einen Automaten eigenständig bedient. Jedoch haben nur ungefähr 10% aller Schüler*innen bisher sicher einen Farbmischautomaten gesehen.

Insgesamt werden 75 „andere Automaten“ von den Teilnehmenden benannt, wobei die folgenden Automaten am bekanntesten sind: Lebensmittelautomat mit 51 Nennungen

oder Geldautomat mit 7 Nennungen. Auch wurde von 3 Schüler*innen aus Klasse D ein rein mechanischer Kurbelautomat benannt. Trotz der vielen Nennungen alternativer Automaten, wurden von insgesamt 24 von 69 Schüler*innen keine weiteren konkreten Automaten benannt, wobei mit 13 Schüler*innen die meisten Schüler*innen aus Klasse E stammen.

Beobachtung

Zu den Anmerkungen aus den Beobachtungsbögen von drei nicht-unterrichtenden Lehrkräften (Abkürzung Lehrkraft C, Lehrkraft D und Lehrkraft E) (Anhang G.2), werden ergänzend Beobachtungen der unterrichtenden Grundschullehramtsstudentin herangezogen.

In allen drei Unterrichtserprobungen orientierte sich die Durchführung des Unterrichts grundsätzlich an dem geplanten Unterrichtsverlauf. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass in allen drei Klassen der Unterricht in weniger als 90 min durchgeführt wurde. Laut Lehrkraft C waren keine größeren Abweichungen in der Unterrichtserprobung notwendig (Frage 1). Konkrete Änderungsvorschläge der beobachtenden Lehrkräfte (Frage 2) zu den einzelnen Unterrichtsphasen werden im nachfolgenden Text aufgegriffen.

Das didaktisch reduzierte Modell des Farbmischautomaten war für die Viertklässler grundsätzlich verständlich aufbereitet und nachvollziehbar (Frage 3). Insbesondere der Einsatz von Experimenten wurde von den beobachtenden Lehrkräften als hilfreich zum Erfassen der Funktionsweise des Farbmischautomaten eingestuft (Frage 3a). Gemäß Lehrkraft D war das Experimentieren unterstützend, da die Schüler*innen selbst handelnd die Abläufe des Farbmischautomaten erproben können (Frage 3b). Insbesondere konnte in den untersuchten Lerngruppen die Fragestellung „Wie kann man immer die gleiche Farbe mischen?“ mit Bezug auf das vorherige Experiment gelöst werden. So wiesen die Schüler*innen auf die im Experiment eingesetzten Becher mit Millimeter-Skalen hin.

Dennoch wurde es erneut bei der Durchführung der Schülerexperimente in den Klassen unruhig. Diesbezüglich wurde das Austeilen der Materialien in Klasse D von der beobachtenden Lehrkraft kritisiert (Frage 2). Hieraus folgt die Erkenntnis, dass für ein

geordnetes und verzugsloses Abholen der benötigten Materialien genügend Platz im Klassenraum zur Verfügung stehen muss. Das Austeilen der Materialien führte unter den gegebenen räumlichen Einschränkungen auch zu zeitlichen Verzögerungen beim Experimentieren in den einzelnen Gruppen. Während einige Schüler*innen bereits experimentieren konnten, mussten andere Schüler*innen noch auf ihre Materialien warten. Darüber hinaus wurde deutlich, dass eine zielgerichtete und ergebnisorientierte Durchführung der Experimente nur unter Aufsicht der Lehrperson möglich ist. Insbesondere der hochmotivierende Einsatz der Pipetten führte im zweiten Experiment dazu, dass sich in den Kleingruppen nicht an die Anleitung gehalten wurde und somit andere Farbtöne gemischt wurden (Frage 2). Allerdings ist anzumerken, dass hierdurch auch eine spannende Diskussion bei der Ergebnisbesprechung angeregt wurde. Beispielsweise wurden Vermutungen über Fehler in den Experimenten angestellt. Auch wurde von Schüler*innen in Klasse D der Einsatz der Pipette unter der Angabe „3x Pipette“ kritisiert. Die Schüler*innen bemerkten, dass diese Angabe zu ungenau ist und Farbergebnisse sich schon mit einem Tropfen mehr oder weniger einer Mischfarbe unterscheiden können.

Der Einsatz der Fachbegriffe und des Zustandsdiagramms wurde von den beobachtenden Lehrkräften nicht kritisiert (Frage 3b). Gemäß Lehrkraft D wurden die Fachbegriffe angemessen eingesetzt und unterstützen das Verständnis für die Funktionsweise des endlichen Automaten. Die Veränderung des ersten Tafelbildes hatte somit auch keine Auswirkungen auf die Erarbeitung des zweiten Tafelbildes. Insbesondere nach der ersten Erarbeitung der Fachbegriffe wurde eine hohe Beteiligung der Schüler*innen in der Zuordnung der Begriffskarten beobachtet.

Laut Lehrkraft C ist für leistungsstärkere Schüler*innen jedoch das Bereitstellen von besser differenzierten Arbeitsmaterialien notwendig. Während einige Kinder noch das erste Arbeitsblatt bearbeiteten, waren andere Kinder bereits mit dem zweiten Arbeitsblatt fertig (Frage 4). Anzumerken ist jedoch, dass es Schüler*innen aus verschiedenen Lerngruppen, die das zweite Arbeitsblatt bearbeitet hatten, nicht möglich war, eigenständig ein vollständig komplexes Automatenmodell zu entwickeln. Auch das Aufhängen der Tippkarten an der Tafel wurde kritisiert, da die Tippkarten „nicht von Beginn an für alle SuS sichtbar“ (Lehrkraft C, (Frage 2)) sein sollten. Aufgrund

einer zu geringen Zahl magnetischer Flächen wurden die Tippkarten in den Klassen D und E erneut ausgelegt. Im Umgang mit den Tippkarten hat sich jedoch gezeigt, dass Schüler*innen bereits mit ihrem Einsatz vertraut sein müssen. Demnach ist das eigenständige Arbeiten mit den Tippkarten vielen Schüler*innen aus den untersuchten Lerngruppen nicht gelungen. Oftmals musste weiterer Input von einer Lehrkraft bereitgestellt werden sowie auf den konkreten Einsatz einer Tippkarte verwiesen werden. Letztlich wurden die Lösungskarten teilweise von vielen Schüler*innen unreflektiert eingesetzt und die richtigen Lösungen abgeschrieben.

Gemäß den beobachtenden Lehrkräften gab es Unterschiede im Erreichen der Teillernziele, vor allem in den Teillernzielen 3 und 4 (Frage 5). Alle beobachtenden Lehrkräfte sind jedoch der Meinung, dass die Schüler*innen mit Hilfe des angeleiteten Experimentierens die in der Black Box „Farbmischautomat“ ablaufenden Prozesse erfasst haben (Frage 5). Auch wurde das Erreichen des Teillernziele 2 und 3 von den Lehrkräften C und E bejaht (Frage 5). Die Förderung weiterführender Lernziele sieht Lehrkraft D durch den Einsatz von Gruppenarbeitsphasen (Frage 6). Es ist also davon auszugehen, dass auch Lernziele im Bereich des Aufbaus von Sozial- / Methodenkompetenzen gefördert werden.

Die Lernvoraussetzungen wurden nach Einschätzung von Lehrkraft C in angemessener Weise berücksichtigt (Frage 9). Dennoch wird darauf hingewiesen, dass die Lernvoraussetzungen von Schüler*innen in einer Lerngruppe unterschiedlich sind (Frage 9).

Eine weitere Beobachtung von Lehrkraft D ist, dass das Stundenziel umformuliert werden sollte (Frage 10). Zudem wurde eine Schüleraussage von einer beobachtenden Lehrkraft festgehalten, welche die umfangreichen Vorkenntnisse einzelner Schüler*innen zu dem Thema „Automaten“ verdeutlicht. Nach Vorstellung des Farbmischautomaten wurde von einem Schulkind sofort ein entschiedenes Merkmal eigenständig benannt, und zwar, dass ein Automat Aufgaben selbstständig erledigt.

Testung

An der Testung nach der Unterrichtserprobung haben insgesamt 69 Schüler*innen teilgenommen, welche in gleicher Anzahl den Klassen C, D und E zugeordnet sind.

Testergebnisse deuten darauf hin, dass sich der Grad der Lernzielerreichung teilweise zwischen den Lerngruppen, aber vor allem innerhalb der einzelnen Lerngruppen unterscheidet.⁹

In der ersten Testaufgabe gelingt nahezu 80% der Schüler*innen eine korrekte Zuordnung aller Fachbegriffe. Allerdings gibt es in Klasse C auch eine große Gruppe, bestehend aus 9 Schüler*innen (39,13%), die nicht in der Lage ist, einen einzigen Fachbegriff korrekt zuzuordnen.

Das Modellieren eines Automatenmodells zu einer neuen Sachsituation (Aufgabe 2) bleibt für viele Teilnehmenden problematisch.¹⁰ Lediglich 17 von 69 Schüler*innen (24,64%) können ein korrektes Automatenmodell entwickeln. Hiervon sind über die Hälfte der richtigen Lösungen aus Klasse C. Nur durchschnittlich 11,59% der Schülerlösungen können der Kategorie „fehlerhaftes Automatenmodell“ zugeordnet werden. Besonders häufig - mit jeweils ca. 30% - werden die Aufgabenlösungen den Kategorien „vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell“ und „kein Automatenmodell“ zugeordnet. Während die Schülerlösungen aus Klasse C (vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell: 26,09%; kein Automatenmodell: 21,74%) und Klasse D (vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell: 47,83%; kein Automatenmodell: 30,43%) nahezu gleichverteilt sind, unterscheidet sich die Verteilung zwischen den Kategorien aus Klasse E (vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell: 17,39%; kein Automatenmodell: 47,83%) deutlich.

Die Bedeutsamkeit der gleichen Farbmenge zum Mischen eines gleichen Farbtons haben 59 Schüler*innen (85,51%) erfasst. In Klasse E haben sogar alle Schüler*innen die dritte Testaufgabe korrekt gelöst.

Mit Blick auf das Erreichen der einzelnen Teillernziele können folgende Aussagen durch die Ergebnisse der Testung gemacht werden:

- „Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt.“ (**Teillernziel 2/Aufgabe 3**)

⁹ Eine Auswertung der erhobenen Daten ist als Anlage (Anhang G.3) beigelegt.

¹⁰ Bei der Auswertung der zweiten Testaufgabe wurde sich auf die Entwicklung eines korrekten Automatenmodells und die weitestgehend formal korrekte Darstellung der einzelnen Abläufe im Farbmischautomaten fokussiert.

In Klasse C haben 17 Schüler*innen (73,91%), in Klasse D haben 19 Schüler*innen (82,61%) und in Klasse E alle Schüler*innen das Teillernziel ganz erreicht.

- „Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären.“ (**Teillernziel 3/Aufgabe 1**)

In Klasse C haben 14 Schüler*innen (60,87%), in Klasse D haben 20 Schüler*innen (86,96%) und in Klasse E haben 19 Schüler*innen (82,61%) das Teillernziel ganz erreicht.

- „Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln.“ (**Teillernziel 4/Aufgabe 2**)

In Klasse C haben 12 Schüler*innen (52,17%) in Klasse D Schüler*innen haben 5 Schüler*innen (21,74%) und in Klasse E haben 8 Schüler*innen (34,78%) das Teillernziel durch die Entwicklung eines nahezu fehlerfreien (Kategorie: fehlerhaftes Automatenmodell) oder vollständig korrekten Automatenmodell erreicht.

Demnach konnten die Teillernziele 2 und 3 überwiegend von Schüler*innen aller Lerngruppen erreicht werden. Jedoch deuten Ergebnisse der Testung auch darauf hin, dass viele Schüler*innen nicht in der Lage sind eigenständig ein korrektes bzw. fehlerhaftes Automatenmodell zu modellieren.

6.3.2 Re-Design des Unterrichts und der Forschungsinstrumente

Auch die dritte Überarbeitung des Unterrichts erfolgt unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse.¹¹ Die Forschungsinstrumente werden nicht überarbeitet.

Als Ergebnis der Durchführung des Unterrichts im dritten Zyklus wird das Stundenziel umformuliert. Es wird zwar der Begriff „Informatik“ im Stundenziel benannt, jedoch nicht explizit in der Unterrichtsstunde angesprochen. Daher lautet das überarbeitete Stundenziel nun: „Wir entdecken, wie ein Farbmischautomat funktioniert.“

Auch wird die Arbeitsanweisung für die Schülerexperimente angepasst. Die Schüler*innen dürfen erst mit dem Experimentieren beginnen, wenn die für das

¹¹ Ein überarbeiteter Unterrichtsverlaufsplan und überarbeitete Unterrichtsmaterialien als Anlage (Anhang G.4/5) beigefügt.

Experiment notwendigen Materialien an alle Kleingruppen verteilt wurden. Während der Materialausgabe sollen sich die Schüler*innen in ihren jeweiligen Kleingruppen über die Anleitung zum Experiment austauschen. Durch diese Änderung soll nicht nur Verzögerungen beim Experimentieren in den einzelnen Gruppen entgegengewirkt werden, sondern auch das Experimentieren gemäß den Vorgaben der Anleitung gefördert werden.

Außerdem werden für die Vorbereitung der Nachbesprechung des zweiten Experiments sowie für den Erkenntnisgewinn, „Bei gleicher Eingabe erhält man auch immer das gleiche Ergebnis“, weiterführende Fragen bereitgestellt. Zwar haben nahezu 90% aller Schüler*innen die letzte Testaufgabe richtig gelöst und damit den Zusammenhang zwischen Eingabe und Ausgabe erfasst, jedoch deuten einzelne Schülerlösungen in dem Test (z.B. „Sandra hat 3mal Blau und 1mal Rot. Das ist falsch. Paul hat 3mal Blau und 3mal Rot. Das ist richtig.“ [Anhang D.5]), auf die Notwendigkeit einer vertiefenden Erörterung dieses Grundprinzips hin. Auch soll in dieser Phase die Pipette zunächst als stummer Impuls dienen und nicht als Lösung vorgegeben werden (Frage 2).

Eine weitere Differenzierung der Arbeitsblätter wird nicht vorgenommen, da bereits die Modellierung eines komplexen Automatenmodells (im zusätzlichen Arbeitsblatt II) von den meisten Schüler*innen nicht eigenständig durchgeführt werden konnte. Demnach scheint bereits mit den beiden bestehenden Arbeitsblättern eine ausreichende Differenzierung für leistungsstärkere Schüler*innen gegeben.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch auch, dass vor allem weitere Maßnahmen getroffen werden müssen, um den Anforderungen der leistungsschwächeren Schüler*innen gerecht zu werden. Demnach ist zunächst festzuhalten, dass der Einsatz der Tippkarten, trotz Probleme im Rahmen ihrer Nutzung in den untersuchten Lerngruppen, weiterhin als notwendig erachtet wird. Ihr Einsatz ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn Schüler*innen bereits mit der Methodik vertraut sind. Auch sollen die einzelnen Tippkarten für die Arbeitsblätter wieder in der Klasse ausgelegt werden. Zudem sollen die Tippkarten ihrer Schwierigkeitsstufe entsprechend im Klassenraum verteilt werden (Müller, 2018, S. 49).

Ergänzend zum Einsatz der Lösungskarten soll eine Nachbesprechung von ausgewählten Aufgaben im Plenum erfolgen. Die Ergebnisse des Tests deuten darauf hin, dass viele

Schüler*innen mit der Modellierung des Automatenmodells Probleme haben. Deswegen soll in der Nachbesprechung die zweite Aufgabe des ersten Arbeitsblattes besprochen werden. Auch bietet sich hier die Möglichkeit, die einzelnen Fachbegriffe zu wiederholen. Zur Besprechung des Automatenmodells werden Symbolkarten (Anhang G.5) zur Anpassung des zweiten Tafelbildes zur Verfügung gestellt. Mit dieser Veränderung wird eine Änderung der Zeitplanung im Unterrichtsverlauf erforderlich. In diesem Kontext wird, mit Blick auf die Lernzielerreichung der Unterrichtsreihe daraufhin gewiesen, dass die Aktivierung des Vorwissens durch die Revision des Automatenmodells zu Beginn der folgenden Doppelstunde, wie auch bereits in der Handreichung (Anhang B, S. 91) vorgesehen, für sehr wichtig erachtet wird. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass eine weiterführende Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt in der nächsten Unterrichtsstunde der Unterrichtseinheit zu einem vertiefenden Verständnis des Automatenmodells führen wird.

7. Auswertung der Forschungsfragen

Ergebnisse der Untersuchung bestätigen, dass die Arbeitsgruppe mit dem Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ bereits ein gut geplantes didaktisches Konzept entwickelt hat. Bereits in der ersten Evaluation des Unterrichts wird durch eine erfahrene Grundschullehrkraft lediglich das Erfordernis einer geringen Überarbeitung gesehen. Auch bestätigt die erste Erprobung des Unterrichts in zwei dritten Klassen die gute Umsetzbarkeit des Unterrichtsentwurfes in realen Bildungssituationen. Der Unterrichtsentwurf ermöglicht kindgerecht Einblicke in die Black Box „Farbmischautomat“, wodurch Schüler*innen die Funktionsweise eines Automaten erforschen können. Allerdings überfordert der Einsatz von Fachbegriffen sowie die Entwicklung eines formal korrekten Automatenmodells einen großen Teil der Schüler*innen. Daher wurde insbesondere eine Überarbeitung dieser Bereiche als notwendig erachtet. Bereits kleinere Überarbeitungen (z.B. Begriffskarten und beispielhaftes durchsprechen der Experimentieranleitung) sind für die zweite Unterrichtserprobung in den vierten Klassen zielführend und können die praktische Einsetzbarkeit des Unterrichtsentwurfes in realen Bildungssituationen erheblich verbessern. Aufgrund der Komplexität des Unterrichtsinhaltes sind insbesondere im

Bereich der Modellierung des Automatenmodells Verständnisschwierigkeiten bei Schüler*innen auch in der zweiten Unterrichtserprobung gegeben, welche voraussichtlich durch eine Einbettung der ersten Doppelstunde in eine Unterrichtreihe minimiert werden könnten.

1. Welche Lernvoraussetzung muss der Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ berücksichtigen?

Die in Kapitel 3.3 dargelegten Überlegungen hinsichtlich der Erfahrungen der Schüler*innen mit einem Automaten können bestätigt werden. Automaten sind ein fester Bestandteil des Alltags der meisten Kinder und dies wird durch vielfältige Nennungen von Beispielen sowie mit der Aussage „Ich weiß, was ein Automat ist“ (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“: 90,99%) dokumentiert. Mit Hinblick auf die Automatenennungen der Teilnehmenden muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass alle genannten technische Geräte, ob rein mechanischer Bauweise oder mit digitaler Komponente, das Wort „Automat“ beinhalten. Damit ist festzustellen, dass viele der alltäglichen Automaten, d.h. Waschmaschinen, Ampelanlagen etc., nicht als Automat begriffen werden.

Auch haben bereits viele Teilnehmenden einen Automaten selbstständig bedient (Kategorie „Stimmt genau“: 62,16%). Es ist durchaus anzunehmen, dass diese Vorerfahrungen der Untersuchungsgruppe mit einem Automaten sich im Hinblick auf die Durchführung des Unterrichtsentwurf unterstützend ausgewirkt haben.

Die Annahme, dass Kinder, wenn auch in geringem Umfang (Kategorie „Stimmt genau“: 15,32%), bereits einen realen Farbmischautomaten gesehen haben, ist ebenfalls belegt. Es zeigt sich im Rahmen der Unterrichtsdurchführung, dass die explizite Kenntnis eines Farbmischautomaten beziehungsweise „was ein Farbmischautomat im Malergeschäft ist und macht“ (Anhang E.1), eine nicht zwingend notwendige Vorerfahrung für den erfolgreichen Einsatz des Unterrichtsentwurfes „Farbmischautomat“ ist. Das vermittelte Wissen über den Farbmischautomat im Unterricht ist hinreichend für das Verständnis seiner Funktionsweise.

Die Einschätzung, dass in der dritten und vierten Klassenstufe der Grundschule bereits Farben im Kunstunterricht besprochen wurden (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt

fast“: 72,97%) und damit die Kenntnis der Grundfarben vorliegt (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“: 68,47%), kann ebenfalls überwiegend bestätigt werden. Ein entscheidender Faktor für den Einsatz des Unterrichtsentwurfes und das Verständnis des Farbmischautomaten scheint zudem die Kenntnis zu sein, dass aus zwei Farben eine neue Farbe gemischt werden kann. Diese Einschätzung ist darauf gegründet, dass dieses Wissen bei sehr vielen Schüler*innen gegeben ist, (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“: 81,98% und korrekte Lösungen der Farbmischergebnisse: 70,27%) aber auch in einer Einschätzung von Lehrkraft A (Anhang F.2) als hilfreich angesehen wird. Demnach wird dieses Vorwissen der Kinder als vorteilhafte Lernvoraussetzung erachtet.

Im Bereich der motivationalen Lernvoraussetzungen zeigt sich, dass Schüler*innen eine hohe Bereitschaft und großes Interesse zeigen, sich mit neuen Unterrichtsinhalten auseinanderzusetzen (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“: 86,49%) und herauszufinden, wie etwas funktioniert (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“: 82,88%). Es ist anzumerken, dass es sich hierbei um eine Einschätzung der Schüler*innen zu einem nicht näher spezifizierten Lerninhalt handelt. Dies kann im Hinblick auf das Erforschen der Black Box „Farbmischautomat“ und damit einem wahrscheinlich fremden Unterrichtsinhalt als eine vorteilhafte Lernvoraussetzung gewertet werden.

Hinsichtlich der konkreten Vorerfahrungen mit Experimenten im Schulunterricht sind in den Klassen zwar Unterschiede (Kategorien „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“ in Klasse A: 21,05%; Klasse B: 47,83%; Klasse C: 65,22%; Klasse D: 47,83% und Klasse E: 60,87%) feststellbar, jedoch hatte dies keine großen Auswirkungen auf das Experimentieren in der Unterrichtserprobung. Trotz unterschiedlicher Vorerfahrungen der Lerngruppen mit Experimenten im schulischen Kontext sind die Schülerexperimente in der Unterrichtserprobung gleichermaßen mit kleineren Unruhen sowie vereinzelt Nichtbefolgen der Anleitung verbunden gewesen. Die Vermutung, dass alle Teilnehmenden durch den Sachunterricht bereits viele Experimentiererfahrungen mitbringen, wird teils widerlegt.

Das Auftreten heterogener Lernvoraussetzungen in einer Lerngruppe wird in der Untersuchung untermauert. Überwiegend lassen sich klare Tendenzen hinsichtlich Einstellungen und Vorkenntnissen der Schüler*innen einer Lerngruppe erfassen, aber

ebenso fallen Schüler*innen aus dieser Hauptgruppe heraus. Beispielsweise stimmen in Klasse B der Aussage „Ich weiß, was ein Automat ist“ 17 Schüler*innen zu, während 2 Schüler*innen angeben, dass sie nicht wissen, was ein Automat ist. Ebenso sind zum Beispiel in Klasse D Kenntnisse über die Grundfarben bei Schüler*innen weitgefächert: sowohl in der Kategorie „Stimmt genau“ als auch in der Kategorie „Stimmt nicht“ sind jeweils 6 Angaben.

Die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen aus Lerngruppen derselben Jahrgangsstufe ähneln sich sehr. Deutliche Unterschiede lassen sich deshalb in wenigen Fragebereichen erfassen. In beiden dritten Klassen kann ein Unterschied hinsichtlich der Durchführung von Experimenten im Schulunterricht (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“: Klasse A 21,05% und Klasse B 47,83%) sowie der Kenntnis der Grundfarben (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“: Klasse A 57,89% und Klasse B 95,65%) dokumentiert werden. Auch in den vierten Klassen unterscheidet sich beispielsweise das Wissen zwischen den Lerngruppen über die Grundfarben (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“ in Klasse C: 73,91%, Klasse E: 73,91% und Klasse D: 39,13%) und zu Vorerfahrungen mit Farben aus dem Schulunterricht (Kategorie „Stimmt genau“/ „Stimmt fast“ in Klasse C: 78,26%, Klasse E: 56,53% und Klasse D: 47,83%).

Nennenswerte Unterschiede zwischen den Lernvoraussetzungen aller Lerngruppen können nicht erfasst werden, da sich in den einzelnen Themenbereichen die Aussagetendenzen der fünf Lerngruppen überwiegend gleichen sowie Unterschiede zwischen den Schüler*innen in jeder Lerngruppe auftreten.

2. Welche Lernziele lassen sich mit dem Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ erreichen?

Bereits in dem Fragebogen zur Einschätzung des Unterrichtsentwurfes durch eine erfahrene Grundschullehrkraft wird der Erwerb der vorgegebenen Lernziele als möglich eingestuft. Jedoch wird darauf hingewiesen, dass sich die Lernzielerreichung zwischen Schüler*innen innerhalb einer Lerngruppe unterscheiden können (Anhang E.1). Diese Annahme wird in beiden Unterrichtserprobungen bestätigt.

In der ersten Unterrichtserprobung mit beiden dritten Klassen können die formulierten Teillernziele nur von einem kleinen Teil der Lerngruppe vollumfänglich erreicht werden.

Die beobachtenden Lehrkräfte der dritten Klassenstufe bestätigen in Ihrer Einschätzung ebenfalls Unterschiede zwischen den Schüler*innen im Erreichen der Lernziele (Anhang F.2). Darüber hinaus belegen Testergebnisse die Heterogenität der Lerngruppen sowie Unterschiede zwischen den einzelnen Lerngruppen. Unterschiede in der Lerngruppe zeigen, dass nur durchschnittlich 54,55% der Schüler*innen das Teillernziel 2 (Aufgabe 3) und 47,72% der Schüler*innen das Teillernziel 3 (Aufgabe 1) erreichen. Unterschiede in der Lernzielerreichung zwischen den Lerngruppen werden vor allem beim vierten Teillernziel (Aufgabe 2) deutlich: Während 45,46% der Schüler*innen in Klasse B ein nahezu fehlerfreies (Kategorie: „fehlerhaftes Automatenmodell“) oder vollständig korrektes Automatenmodell gelingt, sind es in Klasse A nur 13,64% der Schüler*innen.

Nach einer Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes für die zweite Unterrichtserprobung in der vierten Klassenstufe können bessere Leistungen der Schüler*innen in dem Test erfasst werden. Dies deutet auf eine bessere Erreichung der Teillernziele 2 bis 4 hin. Ebenso ist eine Lernzielerreichung aus den Beobachtungsbögen der Lehrkräfte C bis D erkennbar (Anhang G.2). Das zweite Teillernziel (Aufgabe 3) wird von durchschnittlich 85,51% der Schüler*innen und das dritte Teillernziel (Aufgabe 1) von durchschnittlich 76,81% der Schüler*innen erreicht. Erneut deuten hier die Ergebnisse der Testung auf Unterschiede in der Lernzielerreichung zwischen Schüler*innen innerhalb einer Lerngruppe hin. Am Beispiel der Klasse C ist feststellbar, dass 14 von 23 Schüler*innen alle Fachbegriffe korrekt zuordnen können, wiederum können 9 Schüler*innen dies nicht. Ebenso zeigen sich klare Unterschiede hinsichtlich der Lernzielerreichung zwischen den einzelnen Lerngruppen. Zum Beispiel liegt ein Unterschied von nahezu 30% hinsichtlich der Erreichung des Teillernziels 2 (Aufgabe 3) zwischen Klasse C und E sowie hinsichtlich der Erreichung des Teillernziels 3 (Aufgabe 1) zwischen Klasse C und D. Auch in den vierten Klassen bleibt der Erreichungsgrad des vierten Teillernziels gering. So liegt dieser Wert in Klasse C bei knapp über 50% und Klasse E mit 34,78% und Klasse D mit 21,74% erheblich darunter.

Mit Hinblick auf den Einfluss der methodischen Gestaltung zur Lernzielerreichung wird insbesondere auf die Bedeutung der Experimente verwiesen, welche nahezu alle Lehrkräfte als sehr hilfreich bewerten (Anhang F.2/G.2).

Alles in allen kann festgehalten werden, dass Inhalte und Planung des Unterrichtsentwurfes grundsätzlich das Erreichen der vorformulierten Lernziele ermöglichen, jedoch sind hier auch deutliche Unterschiede zwischen Schüler*innen einer Lerngruppe feststellbar. Ebenso unterscheidet sich der Grad der Lernzielerreichung zwischen Schüler*innen der ersten und zweiten Unterrichtserprobung. Zwar kann in der höheren Klassenstufe ein größerer Anteil der Schüler*innen die Teillernziele 2 und 3 erreichen, aber dennoch bleibt die Modellierung des Automatenmodells für Schüler*innen bei Betrachtung aller Lerngruppen mit einer durchschnittlichen Lernzielerreichung von nur 20-55% problematisch.

3. Welche Forschungsinstrumente sind in der Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes „Farbmischautomat“ zielführend?

In der Untersuchung ist der Einsatz von Befragung, Beobachtung und Testung zielführend. Insbesondere in der ersten Befragung mit einer erfahrenen Lehrkraft können Problemfelder im Unterrichtsentwurf erfasst werden (Anhang E.1). Auch wird hier bereits auf Schwierigkeiten mit den Fachbegriffen sowie mit der Modellierung mittels Zustandsdiagramms hingewiesen, welche in der ersten Unterrichtserprobung auftraten.

Mit Hilfe des Beobachtungsbogens können nicht nur objektiv, wertvolle Anmerkungen zu Problemen bei der Umsetzung des Unterrichtsentwurfes erfasst werden, sondern vor allem auch Handlungsalternativen und Hinweise erfahrener Lehrkräfte eingeholt werden. Die zielführende erneute Zuordnung der Fachbegriffe mittels Begriffskarten ist beispielsweise auf Anmerkungen der Lehrkräfte A und B zurückzuführen (Anhang F.2). Ebenso ist der Einsatz des eigens konstruierten Fragebogens zum Erfassen der Lernvoraussetzung hilfreich. Hierdurch können motivationale und fachliche Lernvoraussetzungen der Schüler*innen einer dritten und vierten Klasse erfasst werden. Dennoch ist anzumerken, dass Aussagen zu notwendigen Lernvoraussetzungen für den Unterrichtsentwurf aufgrund der bestehenden Datenlage mit Vorsicht zu betrachten sind. Mit dem Fragebogen werden nicht die Leistungen einzelner Schüler*innen im Verlauf des Unterrichts und der Einfluss individueller Lernvoraussetzungen berücksichtigt. Eine Weiterentwicklung des Unterrichtsentwurfes unter

Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen ist nicht möglich, da die Tendenzen der Lernvoraussetzungen bei den verschiedenen Lerngruppen zu ähnlich sind.

Hingegen ist der Einsatz der Testung zum Abschluss des Unterrichts für die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes sehr hilfreich. Mittels der Abfrage einzelner Teillernziele in den Testaufgaben können Problemfelder klar erkannt und darauf aufbauend Änderungen vorgenommen werden.

8. Fazit und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, den Einsatz des Unterrichtsentwurfs „Farbmischautomat“ im realen Schullalltag zu untersuchen sowie mit Hilfe des Ansatzes des Design- Based Researchs den Unterricht in unterschiedlichen Zyklen von Testung, Evaluation und Neuentwurf weiterzuentwickeln und zu optimieren. Hierzu wurden unterschiedliche Forschungsinstrumente eingesetzt, welche eine Anpassung des Unterrichts mit Blick auf Lernvoraussetzungen, Durchführung sowie Lernzielerreichung ermöglichen sollten.

In der Untersuchung zeigte sich, dass der Unterrichtsentwurf „Farbmischautomat“ den Anforderungen der realen Schulpraxis gerecht wird und gut anwendbar ist. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass der Unterricht bereits vor dem ersten Evaluierungs- und Überarbeitungsprozess ein gut durchdachtes Konzept bot. Im Verlauf der Untersuchung konnten mittels der eingesetzten Forschungsinstrumente noch kleinere Problempunkte erfasst und zur Optimierung des Unterrichtsentwurfes überarbeitet werden. Als besonderer Vorteil erwies sich dabei die zyklische Erprobung des Unterrichtsentwurfes unter Einbezug anderer Lerngruppen sowie Lehrkräfte. Der Unterricht wurde mit Hilfe kleiner Stichproben von Lerngruppen zu einer robusten Interventionsmöglichkeit weiterentwickelt.

Mit Bezug auf das Design-Based Research und die Modellierung nach Euler (2014) bietet es sich an, in einer weiterführenden Untersuchung (*Evaluate Intervention summatively*), die allgemeingültige Anwendbarkeit an einer größeren Testgruppe zu überprüfen. Im Rahmen dieser Untersuchungen könnten weitere Lerngruppen verschiedener Jahrgangsstufen eingeschlossen werden. Insbesondere müsste der im Zyklus III überarbeitete Unterrichtsentwurf erneut in Lerngruppen einer dritten Jahrgangsstufe

eingesetzt werden. Auch könnte die Datenlage zur Untersuchung der Fragestellung „Welche Lernvoraussetzungen muss der Unterrichtsentwurf berücksichtigen?“ durch den zusätzlichen Einsatz von Interviews erweitert werden und weitere Erkenntnisse gewonnen werden, die zum Beispiel das sozio-demografische Umfeld einschließen. Dies könnte mit der konkreten Beobachtung einzelner Schüler*innen im Unterrichtsverlauf sowie in der Testung der Lernzielerreichung verbunden werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass der Unterricht Kompetenzen aus dem Inhaltsbereich „Sprachen und Automaten“ vermittelt und somit im Einklang mit den Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik eine Möglichkeit bietet, die informatische Bildung bereits in der Grundschule zu realisieren.

Literaturverzeichnis

- Arbeitsstab Forum Bildung. (2001). *Empfehlungen des Forums Bildung*. BLK.
https://www.pedocs.de/volltexte/2014/1105/pdf/BLK_2001_Empfehlungen_des_Forum_Bildung_A.pdf
- Becker, G. E. (2007). *Unterricht planen*. Beltz.
- Bergner, N., Köster, H., Magenheimer, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2018). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Verlag Barbara Budrich.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Schulz-Zander, R. & Wendt, H. (Hrsg.). (2014). *ICILS 2013: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Waxmann.
https://www.pedocs.de/volltexte/2015/11459/pdf/ICILS_2013_Berichtsband.pdf
- Brahm, T. & Jenert, T. (2014). Wissenschafts-Praxis-Kooperation in designbasierter Forschung: Im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Gültigkeit und praktischer Relevanz. In D. Euler & P. F.E. Sloane (Hrsg.), *Design-Based Research* (S. 45-63). Franz Steiner Verlag.
- Christen, F. (2003). *Einstellungsaupprägungen bei Grundschulern zu Schule und Sachunterricht und der Zusammenhang mit ihrer Interessiertheit*. Kassel University Press.
<https://portal.ub.uni-kassel.de/kup/d/9783899580624>
- Deitmer, M. (2019). *Der ‚Passwortprüfautomat‘ – Entwurf, Durchführung und Evaluation einer Unterrichtseinheit im Bereich „Sprachen und Automaten“ für die Jahrgangsstufe vier*.
https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/idmi/ag-thomas/publikationen/2019_deitmer_grundschule_passwortpr__fautomat.pdf
- Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet (DIVSI). (2015). *DIVSI U9-Studie: Kinder in der digitalen Welt*. DIVSI.
<https://www.divsi.de/wp-content/uploads/2015/06/U9-Studie-DIVSI-web.pdf>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
https://www.pedocs.de/volltexte/2019/18166/pdf/Eickelmann_et_al_2019_ICILS_2018_Deutschland.pdf
- Engelhardt, N. (2020). *Museums-Automat – Pilotstudie zu einer Unterrichtseinheit im Bereich „Sprachen und Automaten“ für die Jahrgangsstufe vier*.
https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/idmi/ag-thomas/publikationen/2020_engelhardt_grundschule_museums_automat.pdf
- Esslinger-Hinz, I., Wigbers, M., Giovannini, N. M., Hannig, J., Hebert, L., Jäkel, L., Klingmüller, C., Lange, B., Neubrech, N. & Schnepf-Rimsa, E. (2013). *Der ausführliche Unterrichtsentwurf*. Beltz.

- Euler, D. (2014). Design-Research – a paradigm under development. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), *Design-Based Research* (S. 15-45). Franz Steiner Verlag.
- Franke, P. (1977). *Unterricht planen - Unterricht vorbereiten*. Verlag Ludwig Auer.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.). (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Gesellschaft für Informatik e. V. (GI). (2019a, 12. Februar). *GI veröffentlicht Empfehlungen zur informatischen Bildung im Primarbereich* [Pressemeldung].
<https://gi.de/meldung/gi-veroeffentlicht-empfehlungen-zur-informatischen-bildung-im-primarbereich>
- Gesellschaft für Informatik e. V. (GI). (2019b). *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich*. LOG IN Verlag.
https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/20121/61-GI-Empfehlung_Kompetenzen_informatische_Bildung_Primarbereich.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gess, C., Reuß, J. & Deicke, W. (2014). Design-based Research zur Verbesserung der Lehre an Hochschulen: Einführung und Praxisbeispiel. *Qualität in der Wissenschaft*, 8 (1), S. 10-17.
- Gibson, J. P. (2012). Teaching graph algorithms to children of all ages. In T., Lapidot & J., Gal-Ezer, *ITICSE '12: Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education* (S.34-39). Association for Computing Machinery.
- Haselmeier, K. (2019). Informatik in der Grundschule – Stellschraube Lehrerbildung. In A. Pasternak (Hrsg.), *Informatik für alle. 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule* (S. 89-98). Gesellschaft für Informatik.
<https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/28968/b5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hedtstück, U. (2012). *Einführung in die Theoretische Informatik: Formale Sprachen und Automatentheorie* (5. Aufl.). Oldenburg Wissenschaftsverlag.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Klett/Kallmeyer.
- Hoffmann, B. (2018). *Der Unterrichtsentwurf* (2. Aufl.). Schneider Verlag Hohengehren.
- Hoffmann, S., Wendlandt, K. & Wendlandt, M. (2017). *Algorithmisieren im Grundschulalter*. GI.
<https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/4363/paper.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hopcroft, J. E., Motwani, R. & Ullman, J. D. (2011). *Einführung in Automatentheorie, formale Sprachen und Berechenbarkeit* (3. Aufl.). Pearson Studium.
- Humbert, L., Thomas, M., Haselmeier, K., Best, A. & Freudenberg, R. (2019, 03. März). *Informatische Bildung in der Grundschule wagen – ein Plädoyer*.
<https://gi.de/themen/beitrag/informatische-bildung-in-der-grundschule-wagen-ein-plaedoyer>
- Institut für Didaktik des Sachunterrichts. (o.D.). *Informatische Bildung im Sachunterricht an universitären Standorten in NRW*.
<https://www.uni-muenster.de/Sachunterrichtsdidaktik/forschung/13521.html>

- Kliebisch, U. W. & Meloefski, R. (2013). *Lehrer Sein: Erfolgreich handeln in der Praxis (Band 1)* (6. Aufl.). Schneider Verlag Hohengehren.
- Klieme, E. & Warwas, J. (2011). Konzepte der individuellen Förderung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 57 (6), S. 808-818.
https://www.pedocs.de/volltexte/2014/8782/pdf/ZfPaed_6_2011_Klieme_Warwas_Konzepte_der_individuellen_Foerderung.pdf
- Kopp, B. & Martschinke, S. (2015). Heterogene Lernvoraussetzungen. In J., Kahlert, M., Fölling-Albers, M., Götz, A., Hartinger, S., Miller & S., Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Aufl., S. 361-366). Verlag Julius Klinkhardt.
- Koppers, F. (2017). *Standards zur informatischen Bildung in Projekten für die Grundschule*.
https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/idmi/ag-thomas/publikationen/2017_koppers_grundschule_standards.pdf
- Kramer, B. (2018, 20. September). "Es wird Jobs geben, die wir uns bisher nicht vorstellen können". *Zeit*.
<https://www.zeit.de/arbeit/2018-09/weltwirtschaftsforum-arbeitsplaetze-digitalisierung-vorraussetzung>
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2015). *Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule.: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 02.07.1970 i. d. F. vom 11.06.2015*.
https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2015/Empfehlung_350_KMK_Arbeit_Grundschule_01.pdf
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Aufl.). Beltz Verlagsgruppe.
- Mager, R. F. (1977). *Lernziele und Unterricht*. Beltz.
- Martschinke, S., Palmer Parreira, S. & Romeike, R. (2021). Informatische (Grund-) Bildung schon in der Primarstufe? Erste Ergebnisse aus einer Evaluationsstudie. In B., Landwehr, I., Mammes & L. Murmann (Hrsg.), *Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bedeutsam und dennoch vernachlässigt?* (S. 133-151). Verlag Julius Klinkhardt.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2019). *Conducting Educational Design Research* (2. Aufl.). Routledge.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). (2021). *KIM 2020: Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland*. Mpfs.
https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020_WEB_final.pdf
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (o.D.). *stark.stärker.WIR. Präventionskonzept an Schulen. Fragebogen für die erste Klasse – Fragebogen für den Bereich Klassenklima*.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW (MSB NRW) (Hrsg.). (2021). *Lehrpläne für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen*.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW (MSW NRW) (Hrsg.). (2008). *Kompetenzorientierung – Eine veränderte Sichtweise auf das Lehren und Lernen in der Grundschule*.
https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_gs/LP_GS_Handreichung.pdf
- Mittermeir, R. (2010). Informatikunterricht zur Vermittlung allgemeiner Bildungswerte. In G., Brandhofer, G., Futschek, P., Micheuz, A. Reiter & K.,

Schoder (Hrsg.), *25 Jahre Schulinformatik in Österreich: Zukunft mit Herkunft* (S. 54–74). Österreichische Computer Gesellschaft.

- Muftah, M. N., Faraj, A. & Albagul, A. (2014) *Automatic paint mixing process using LabView*.
- Müller, D. & Haselmeier, K. (2019, 20. März). Informatiklehrer*in und Informatik in der Grundschule NRW.
<https://www.digitalisierung.education/informatiklehrerin-und-informatik-in-der-grundschule-nrw/>
- Müller, F. (2018). *Praxisbuch Differenzierung und Heterogenität*. Beltz.
- Neuerer, D. (2019, 02. Februar). CSU-Staatsministerin Bär fordert „Digitalkunde“ als Pflichtfach ab der Grundschule. *Handelsblatt*.
<https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/digitalisierung-csu-staatsministerin-baer-fordert-digitalkunde-als-pflichtfach-ab-der-grundschule/24029670.html?ticket=ST-4379784-uhhWvTlg2NzOeXyfSrou-ap3>
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33 (1), S.52-69.
- Schiefele, U. & Schreyer, I. (o.D.). *Intrinsische Lernmotivation: ein Überblick zu Ergebnissen der Forschung*. Postprints der Universität Potsdam.
https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/3180/file/schiefele1994_8.pdf
- Schubert, S. & Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik* (2. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag.
- Schwill, A. (2001). *Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen? Eine Studie über informatische Fähigkeiten von Kindern*. GI.
<https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/30883/02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Seegerer, S., Michaeli, T., Romeike, R. (2019). Informatik für alle – Eine Analyse von Argumenten und Argumentationsschemata für das Schulfach Informatik. In *Informatik 2019. Lecture Notes in Informatics*. GI.
https://computingeducation.de/pub/2019_Seegerer-Michaeli-Romeike_INFORMATIK19.pdf
- Socher, R. (2007). *Theoretische Grundlagen der Informatik* (3. Aufl.). Carl Hanser Verlag.
- Stark, R. & Mandl, H. (2001). *Entwicklung, Implementation und Evaluation eines beispielbasierten Instruktionsansatzes zur Förderung von Handlungskompetenz im Bereich empirischer Forschungsmethoden* (Forschungsbericht Nr.141). Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
https://epub.ub.uni-muenchen.de/249/1/FB_141.pdf
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), S. 5-8.
- Waiter, W. (2015). *Unterrichtsplanung: Prüfungswissen - Basiswissen Schulpädagogik* (3. Aufl.). Auer Verlag.
- Weck, M. & Brecher, C. (2006). *Werkzeugmaschinen 4 - Automatisierung von Maschinen und Anlagen* (6. Aufl.). Springer Vieweg.
- Wodzinski, R. (2021). Experimentieren im Sachunterricht. In A., Kaiser & D., Pech (Hrsg.), *Unterrichtsplanung und Methoden* (7. Aufl., S. 124-130). Schneider Verlag Hohengehren.

- Zierer, K., Speck, K. & Moschner, B. (2013). *Methoden erziehungswissenschaftlicher Forschung*. Reinhardt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Abfolge der Planungsschritte (Waiter, 2015, S. 152)	14
Abbildung 2: Zustandsdiagramm eines deterministischen endlichen Automaten (In Anlehnung an Hedtstück, 2012, S. 56)	21
Abbildung 3: Zustandsdiagramm eines Farbmischautomaten (Beispiel).....	23
Abbildung 4: Abbildung 4: Automatenmodell aus Handreichung (Anhang B, S. 85).....	28
Abbildung 5: Research and development cycles in the design research context (Euler, 2014, S. 20).....	37
Abbildung 6: Ablauf der Untersuchung.....	39

Anhang

- A Exposé**
- B Handreichung**
- C Verlaufsplan**
- D Forschungsinstrumente**
 - D.1 Fragebogen zur Einschätzung des Unterrichtsentwurfes**
 - D.2 Fragebogen zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen**
 - D.3 Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde**
 - D.4 Test zur Lernzielerreichung**
 - D.5 Bewertungsbogen Test**
- E Einschätzung einer Grundschullehrkraft – ZYKLUS I**
 - E.1 Ausgefüllter Fragebogen zur Einschätzung des Unterrichtsentwurfes**
 - E.2 Überarbeiteter Verlaufsplan**
 - E.3 Überarbeitete Unterrichtsmaterialien**
 - E.3.1 Arbeitsblatt II**
 - E.3.2 Arbeitsblatt II – Tippkarten**
 - E.3.3 Arbeitsblatt II – Lösungskarte**
- F Erste Unterrichtserprobung – ZYKLUS II**
 - F.1 Auswertung des Fragebogens zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen**
 - F.2 Ausgefüllter Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde (Lehrkraft A und Lehrkraft B)**
 - F.3 Auswertung des Tests zur Lernzielerreichung**
 - F.4 Überarbeiteter Verlaufsplan**
 - F.5 Überarbeitete Unterrichtsmaterialien**
 - F.5.1 Überarbeitetes Tafelbild 1 (Automatenmodell zum ersten Experiment**
 - F.5.2 Begriffskarten für das Automatenmodell**
 - F.5.3 Überarbeitetes Arbeitsblatt I**
 - F.5.4 Überarbeitete Lösungskarte**
 - F.6 Überarbeitete Forschungsinstrumente**
 - F.6.1 Überarbeiteter Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde**
 - F.6.2 Überarbeiteter Test zur Lernzielerreichung**
- G Zweite Unterrichtserprobung**
 - G.1 Auswertung des Fragebogens zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen**
 - G.2 Ausgefüllter Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde (Lehrkraft C, Lehrkraft D und Lehrkraft E)**
 - G.3. Auswertung des Tests zur Lernzielerreichung**
 - G.4 Überarbeiteter Verlaufsplan**
 - G.5 Tafelbild 3 (Nachbesprechung Arbeitsblatt 1)**

A Exposé

**Titel: *Der 'Farbmischautomat' -
Durchführung und Evaluation einer Unterrichtseinheit im Bereich 'Sprachen und
Automaten' nach der Schuleingangsphase unter besonderer Betrachtung der
Lernvoraussetzungen und Lernziele***

1. Problemstellung

Bereits der Alltag von Kleinkindern ist geprägt „von den neusten Errungenschaften der Informatik“ (Humbert et al., 2019). Diese Errungenschaften beschränken sich nicht auf typische digitale Geräte, wie das Smartphone oder Tablet, sondern umfassen auch eine Vielzahl von technischen Maschinen und Automaten, wie Waschmaschinen, Ampelanlagen oder Getränkeautomaten (Martschinke et al., 2021, S. 133). Mittels einer Vorprogrammierung durch einen Informatiker können sie automatisch Vorgänge ausführen (Martschinke et al., 2021, S. 133). Allerdings bleiben die vorwiegend im Verborgenen ablaufenden Prozesse, und damit auch ihr Bezug zur Informatik, für kleinere Kinder meist unerkannt. Grund hierfür ist unter anderem, dass das Verständnis dieser Prozesse ein gewisses technisches sowie informatisches Denken erfordert.

Mit zunehmender Bedeutung der Informatik für das alltägliche Leben verlangt die Teilhabe an der Gesellschaft ein gewisses informatisches Verständnis für und eine Ausbildung in diesen Technologien. Denn, entgegen der Erwartung, dass das Aufwachsen in einer von Informatiktechnologien geprägten Welt auch mit der Entwicklung kompetenter Nutzer*innen einhergeht, deuten Studien zur Digitalisierung daraufhin, dass dies nicht der Fall ist (Martschinke et al., 2021, S. 133). Daher muss dem Informatikunterricht in der Schule eine größere Bedeutung zugeschrieben werden. Insbesondere eine frühzeitige Informatikausbildung ist zielführend und kann nicht nur informatisches Interesse fördern, sondern auch der vorherrschenden Geschlechterkluft im Fachbereich der Informatik entgegenwirken (Haselmeier et al., 2019, S. 107).

Erste Schritte zur frühen informatischen Bildung sind durch die Gesellschaft für Informatik erfolgt. So erschienen im Jahr 2019 Empfehlungen zur Umsetzung der informatischen Bildung in der Grundschule mit den „Kompetenzen für die informatische Bildung im Primarbereich“ (GI, 2019). Ziel ist es, die „informatische Bildung als Bestandteil einer allgemeinen Bildung zu etablieren, damit Kinder einen Zugang zur Informatik finden sowie Informatik bewusst erleben und mitgestalten können“

(Humbert et al., 2019). Um dieses Ziel zu erreichen, wird insbesondere die Bereitstellung geplanter und evaluierter Unterrichtsmaterialien als notwendig erachtet (Humbert et al., 2019). So kann die Etablierung einer informatischen Bildung für Lehrkräfte, welche vorwiegend keine informatische Ausbildung haben, gestützt werden (Humbert et al., 2019).

In der Planung solcher Unterrichtskonzepte und -materialien müssen auch die Anforderungen einer heterogenen Schülerlandschaft mit ihren unterschiedlichen Lernvoraussetzungen berücksichtigt werden. Denn auch im Bereich der Informatik ist davon auszugehen, dass Schüler*innen unterschiedliche Lebenserfahrungen, Interessen und variierendes Vorwissen mitbringen. Daher ist es ebenso wichtig, Möglichkeiten der Differenzierung in der Materialgestaltung zu berücksichtigen.

2. Zielsetzung und Fragestellungen

Im Rahmen des Projekts Informatik in der Grundschule wurden bereits unterschiedliche Unterrichtskonzepte zum informatischen Inhaltsbereich „*Sprachen und Automaten*“ für den Sachunterricht entwickelt und erprobt (Deitmer, 2019; Engelhardt, 2020). Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, inwieweit sich der Einsatz eines in diesem Projekt entwickelten Unterrichtsentwurfs zum Thema *Farbmischautomat* im realen Schullalltag umsetzen lässt.¹² Dabei soll insbesondere betrachtet werden:

- Welche Lernvoraussetzung muss der Unterrichtsentwurf *Farbmischautomat* berücksichtigen?
- Welche Lernziele lassen sich mit dem Unterrichtsentwurf *Farbmischautomat* erreichen?

3. Methodik

Die Evaluierung des Unterrichtsentwurfes erfolgt nach dem Ansatz der designbasierten Forschung, wodurch eine Unterrichtsmaßnahme „systematisch gestaltet, durchgeführt, überprüft und überarbeitet“ (Rott, 2018, S. 92) wird. Folglich durchläuft die Untersuchung mehrere Zyklen mit dem Ziel, ein Unterrichtskonzept zu entwickeln, das „den Anforderungen der konkreten Bildungspraxis standhält.“ (Brahm & Jenert, 2014, S. 48)

¹² Die Evaluierung umfasst die erste Doppelstunde einer geplanten Unterrichtsreihe zum Thema *Farbmischautomat*.

Im Rahmen der Masterarbeit wird ein bereits entwickelter Unterrichtsentwurf in drei verschiedenen Zyklen unter Einsatz quantitativer Datenerhebungsmethoden erprobt. Im ersten Zyklus der Untersuchung wird der Unterrichtsentwurf zunächst von einer Grundschullehrkraft evaluiert. Zu diesem Zweck wird ein Fragebogen entwickelt, der die Einschätzungen der Lehrkraft zu den Lernzielen, den Lernvoraussetzungen sowie der Gestaltung des Unterrichts erfasst. Diese Einschätzungen ermöglichen eine erste Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes.

Anschließend wird der modifizierte Unterrichtsentwurf in zwei dritten Parallelklassen erprobt. Um die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen zu ermitteln, füllen die Schüler*innen vor Unterrichtsdurchführung einen Fragebogen aus. In diesem Fragebogen werden sie unter anderem nach ihren eigenen Vorerfahrungen mit Farben, Automaten und des Farbmischautomaten befragt. Außerdem wird am Ende der Unterrichtsstunde mit einem Schülerfragebogen erfasst, ob die Lernziele erreicht wurden. Auf diese Weise werden Erkenntnisse über die Lernvoraussetzungen und den Kompetenzerwerb im Hinblick auf die Passung und Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes gewonnen. Die Modifizierung des Unterrichts im zweiten Zyklus stützt sich darüber hinaus auf Ergebnisse eines Beobachtungsbogens, welchen die nichtunterrichtenden Lehrer*innen während der Unterrichtserprobung ausfüllen.

Letztlich wird der überarbeitete Unterrichtsentwurf in drei Klassen einer vierten Jahrgangsstufe getestet und evaluiert. Die Reflexion erfolgt mittels den Forschungsinstrumenten aus dem vorherigen Zyklus.

5. Literaturverzeichnis

- Brahm, T. & Jenert, T. (2014). Wissenschafts-Praxis-Kooperation in designbasierter Forschung: Im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Gültigkeit und praktischer Relevanz. In D. Euler & P. F.E. Sloane (Hrsg.), *Design-Based Research* (S. 45-63). Franz Steiner Verlag.
- Deitmer, M. (2019). *Der ‚Passwortprüfautomat‘ – Entwurf, Durchführung und Evaluation einer Unterrichtseinheit im Bereich „Sprachen und Automaten“ für die Jahrgangsstufe vier.* https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/idmi/ag-thomas/publikationen/2019_deitmer_grundschule_passwortpr__fautomat.pdf.
- Engelhardt, N. (2020). *Museums-Automat – Pilotstudie zu einer Unterrichtseinheit im Bereich „Sprachen und Automaten“ für die Jahrgangsstufe vier.* Abgerufen am 09.10.202. von https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/idmi/ag-thomas/publikationen/2020_engelhardt_grundschule_museums_automat.pdf.

- Gesellschaft für Informatik e. V. (GI). (2019b). *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich*. LOG IN Verlag.
https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/20121/61-GI-Empfehlung_Kompetenzen_informatische_Bildung_Primarbereich.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Haselmeier, K., Humbert, L., Killich, K., Müller, D. (2019). Interesse an Informatik und Informatikselbstkonzept zu Beginn der Sekundarstufe I des Gymnasiums. In Pasternak, A. (Hrsg.). *Informatik für alle*. GI.
<https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/28969/b6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Humbert, L., Thomas, M., Haselmeier, K., Best, A. & Freudenberg, R. (2019, 03. März). *Informatische Bildung in der Grundschule wagen – ein Plädoyer*.
<https://gi.de/themen/beitrag/informatische-bildung-in-der-grundschule-wagen-ein-plaedoyer>
- Martschinke, S., Palmer Parreira, S. & Romeike, R. (2021). Informatische (Grund-) Bildung schon in der Primarstufe? Erste Ergebnisse aus einer Evaluationsstudie. In B., Landwehr, I., Mammes & L. Murmann (Hrsg.), *Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bedeutsam und dennoch vernachlässigt?* (S. 133-151). Verlag Julius Klinkhardt.
- Rott, L. (2018). *Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren: Die Unterrichtskonzeption „choice2explorer“*. Logos Verlag Berlin.

B Handreichung

Der Farbmischautomat – Ein Modell zum Mischen von Farben

Kernanliegen: Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich über den Kontext „Farbmischautomat“ das Automatenmodell der Informatik, indem sie an verschiedenen Beispielen und Darstellungsformen zum gegebenen Kontext vorgegebene und selbstgewählte Abläufe nachvollziehen und modellieren.

Paradigma:

☐

Plugged

☒

Unplugged

Zeitungfang: 180 Minuten

Jahrgangsstufe: 3–4

Kurzfassung

Ziel dieses Unterrichtsentwurfs zum „Farbmischautomat“ ist es, Schülerinnen und Schülern (nachfolgend mit SuS abgekürzt) ein grundlegendes Verständnis vom Prozess des Farbmischens in Form eines Automatenmodells der Informatik zu vermitteln. In einer ersten Unterrichtseinheit werden die SuS dazu zunächst auf die Blackbox „Automat“ aufmerksam gemacht, woran sich eine Erläuterung der Produktionsabläufe des Farbmischens in Form eines Automatenmodells anschließt. Dieses wird dann in einem ersten Experiment praktisch erprobt, bei dem Gläser zum Mischen genutzt werden. Da die Eingabe in Form eines Mengenverhältnisses der zu mischenden Farben zunächst nicht genau definiert ist, führt das Experiment zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die SuS werden so auf die Bedeutsamkeit der gleichen Eingabe aufmerksam. Zur Lösung des Problems wird das Experiment nochmals mit gleicher Eingabe durchgeführt, sodass die Kinder am Ende der Stunde verstanden haben, dass eine gleiche Eingabe zu einer gleichen Ausgabe führt.

In der zweiten Unterrichtseinheit wird darauf aufbauend das Modell um weitere Farben erweitert. Da formale Sprachen für die Kommunikation mit Maschinen nötig sind, wird in dieser Stunde der Fokus auf die gemeinsame Entwicklung einer kindgerechten formalen Sprache gelegt. Deren Anwendung wird anschließend mittels Sprachkarten in einer Stationsarbeit erprobt.

Inhaltsübersicht

Der Farbmischautomat – Ein Modell zum Mischen von Farben.....	83
Kurzfassung.....	83
Inhaltsübersicht.....	84
Stundenspezifische fachliche Einführung.....	85
Einordnung in den Perspektivrahmen Sachunterricht.....	86
Einordnung in die Kompetenzen für informatischen Bildung.....	87
Didaktischer Kommentar zur ersten Doppelstunde.....	88
Didaktischer Kommentar zur zweiten Doppelstunde.....	90
Tabellarischer Unterrichtablauf der ersten Doppelstunde.....	92
Anhang.....	96
Unterrichtsmaterialien für die erste Doppelstunde.....	96
Tafelbild 1 (Automatenmodell zum ersten Experiment).....	96
Anleitung zum Experiment 1.....	103
Tafelbild 2 (Automatenmodell zum zweiten Experiment).....	104
Anleitung zum Experiment 2.....	107
Wortspeicher.....	108
Arbeitsblatt Stunde 1.....	109
Lösungskarte Stunde 1.....	111
Tippkarten Stunde 1.....	112
Literaturverzeichnis.....	114

Stundenspezifische fachliche Einführung

Der Entwurf des Automatenmodells beruht in dieser Unterrichtseinheit auf dem Mischen von Farben. Ein Automatenmodell startet immer in einem *Startzustand*, dieser wird durch einen Pfeil ohne Beschriftung markiert. Die jeweiligen Farben werden hier in *Zuständen* dargestellt und die Grundfarben, die zum Mischen hinzugegeben werden, jeweils als *Übergänge* zwischen den Zuständen. Sobald die gewünschte Mischfarbe erreicht ist, wird dieser Zustand mittels eines Doppelkreises als *Endzustand* gekennzeichnet.

Beispielsweise wird zum Mischen von der Farbe Orange zuerst die Farbe Gelb hinzugefügt (-> gelb steht auf dem ersten Übergang und ist der erste Zustand). Anschließend wird die Grundfarbe Rot hinzugefügt (-> rot steht auf dem zweiten Übergang) und es entsteht die Farbe Orange (-> orange ist der nächste Zustand). Da in diesem Beispiel Orange die gewünschte Mischfarbe (d. h. den Endzustand) darstellt, erhält der orangene Zustand einen Doppelkreis.

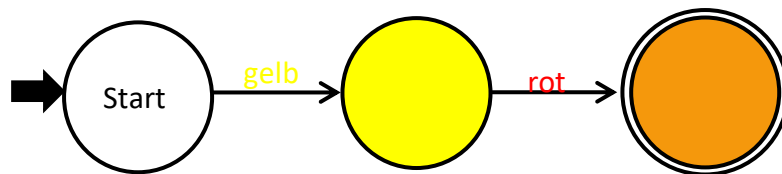


Abb. 1: Automatenmodell

Die zweite Unterrichtsstunde befasst sich mit dem Bereich „formale Sprache“. Die Sprache basiert in dieser Einheit auf der Notation der Backus-Naur-Form, denn diese lässt sich anschaulich und intuitiv auf Sprachkarten übertragen:

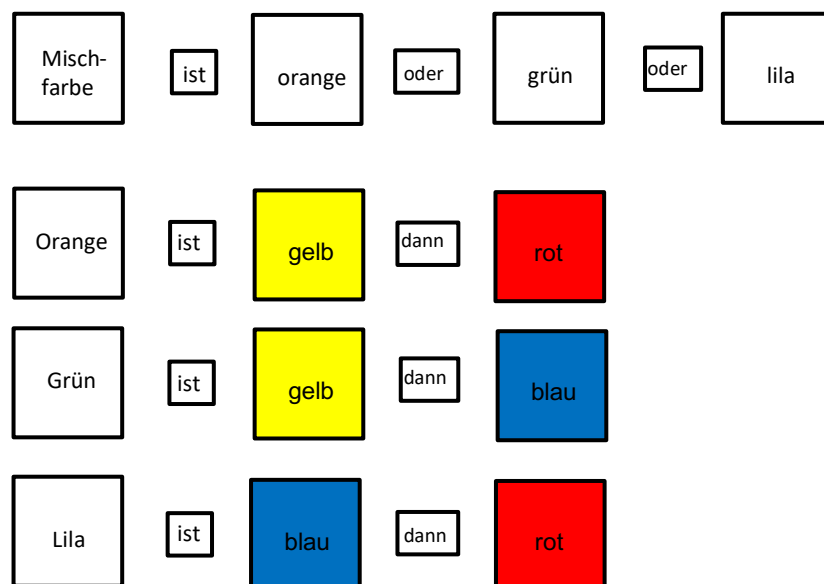


Abb. 2: Sprachkarten zum ersten Automatenmodell in der zweiten Stunde

Im obigen Beispiel sind „Mischfarbe“, „Orange“, „Grün“ und „Lila“ so genannte *Nichtterminale* und die Grundfarben „gelb“, „rot“ und „blau“ stellen die *Terminale* dar.

Nichtterminalsymbole, also solche Symbole, die durch andere Karten ausgetauscht werden können, werden durch eine „ist“-Karte definiert und ggf. durch „oder“-Karten getrennt

(„Mischfarbe ist orange oder grün oder lila“). *Terminalsymbole* können nicht durch andere Karten ausgetauscht werden, sind hier zur besseren Unterscheidung farbig ausgefüllt und werden durch „dann“-Karten unterteilt. Die „dann“-Karten dienen dazu, die Farbreihenfolge herauszustellen und zu beschreiben.

Exkurs/Informatischer Hintergrund: In der Backus-Naur-Form lässt sich das Mischen als formale Sprache auch wie folgt beschreiben:

`<Mischfarbe> ::= Orange | Grün | Lila`

`<Orange> ::= „gelb“ „rot“`

`<Grün> ::= „gelb“ „blau“`

`<Lila> ::= „blau“ „rot“`

Um Terminalsymbole von Nichtterminalsymbolen zu unterscheiden, werden erste in spitze Klammern gesetzt. Ersetzungsmöglichkeiten werden durch zwei Doppelpunkte gefolgt von einem Gleichheitszeichen gekennzeichnet. Zwei aufeinanderfolgende Symbole entsprechenden dem „dann“ der Sprachkarten. Ein senkrechter Strich (pipe) entspricht dem „oder“ der Sprachkarten.

Einordnung in den Perspektivrahmen Sachunterricht

In der Unterrichtseinheit werden vielfältige Kompetenzen gefördert. Da diese im Sachunterricht verortet wird, kann zur Bestimmung der Kompetenzen der bundesländerübergreifende Perspektivrahmen Sachunterricht der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) herangezogen werden. Dieser unterteilt die Kompetenzen in perspektivbezogene und perspektivübergreifende Kompetenzen und unterscheidet zudem zwischen fünf Perspektiven. Die informatische Perspektive stellt im Perspektivrahmen Sachunterricht keine eigene Perspektive dar, weshalb sie in den anderen Perspektiven zu verorten ist (vgl. GDSU 2013, S. 13). Dazu kann vorrangig die technische Perspektive aufgegriffen werden. Innerhalb der Perspektiven werden Denk-, Arbeits-, und Handlungsweisen (DAH) von Themenbereichen unterschieden. Die technische Perspektive greift fünf DAHs auf, von denen sich einige in der Unterrichtseinheit wiederfinden lassen (vgl. GDSU 2013, S. 64). So werden Fertigungsprozesse der Farbmischung nachempfunden, wodurch die Aspekte *Technik konstruieren und herstellen* sowie *Technik und Arbeit erkunden und analysieren* umgesetzt werden. Darüber hinaus werden die Produktionsprozesse auf ihre Wirksamkeit hin überprüft, wobei *Technik bewertet* und *Technik kommuniziert* wird. Neben den DAHs werden Themenbereiche der technischen Perspektive im Unterricht aufgegriffen. Durch die Behandlung der Funktionsweise einer Farbmischmaschine wird der Bereich *Werkzeuge, Geräte und Maschinen* gefördert (vgl. GDSU 2013, S. 64).

Einordnung in die Kompetenzen für informatischen Bildung

Doppelstunde 1

Da das Mischen von Farben anhand eines Automatenmodells beschrieben wird, lassen sich die Kompetenzen u. a. im Bereich der Informatik wiederfinden. 2019 wurden von der Gesellschaft für Informatik (GI) Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich veröffentlicht. Die einzelnen Kompetenzbereiche werden dabei in Prozess- und Inhaltsbereiche unterteilt (vgl. GI 2019, S. 7 ff.).

Im Unterricht wird u. a. der Bereich *Modellieren und Implementieren* in der Eingangsphase gefördert, wenn das Experiment beobachtet und anhand eines Automatenmodells konkretisiert wird. Die SuS müssen dazu zunächst die gegebene Situation aufzeigen und anschließend zusammen mit der Lehrkraft (LK) ein Automatenmodell erstellen, welches sie dann im Anschluss wieder auf die gegebene Situation übertragen (Transfer).

Bei diesem Vorgehen trennen sie die gegebene Situation in einzelne Bestandteile, kombinieren diese und strukturieren sie neu (Teile-und-Herrsche-Prinzip) (vgl. GI 2019, S. 8). Aus diesem Grund wird zudem der Bereich *Strukturieren und Vernetzen* gefördert. Des Weiteren werden die SuS in gemeinsamen Gruppenarbeiten dazu aufgefordert, das Experiment selbst durchzuführen und anschließend die Ergebnisse gegenseitig zu vergleichen sowie zu analysieren. Dabei werden die Kompetenzbereiche *Kommunizieren und Kooperieren* sowie *Begründen und Bewerten* aufgegriffen.

Inhaltlich liegt der Fokus dieser Unterrichtseinheit im Bereich *Sprachen und Automaten*. Konkret beschreiben die SuS Zustände sowie Übergänge und entwickeln selbst Automatenmodelle, die bestimmte Eingaben akzeptieren (vgl. GI 2019, S. 10, 14). Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Erkenntnis, dass bei gleicher Eingabe (Menge) auch ein gleiches Ergebnis erzielt wird. Voraussetzung hierfür ist das gleiche Automatenmodell. Durch das Beispiel „Malergeschäft“ wird zusätzlich die Dimension *Lebensweltbezug* integriert.

Doppelstunde 2

In der Erweiterungsstunde wird erneut das Thema Mischen von Farben anhand eines Automatenmodells aufgegriffen und es wird die Notwendigkeit einer formalen Sprache zur Interaktion mit einem Automaten herausgestellt. Daher lassen sich auch hier informatische Kompetenzen fördern.

Der Bereich *Modellieren und Implementieren* wird mittels eines Rollenspiels, in welchem die SuS einen gegebenen Sachverhalt aufzeigen, und anschließend Festhalten der Erkenntnisse im Automatenmodell gefördert. Die SuS werden während des Rollenspiels dazu angehalten, über informatische Prozesse in angebahnter Fachsprache zu kommunizieren, wodurch der Kompetenzbereich *Kommunizieren und Kooperieren* angesprochen wird.

Während eines Stationenlernens werden die SuS aufgefordert, die zuvor besprochenen Inhalte auf andere Sachverhalte (auch in ihrer Lebenswelt) zu übertragen und anzuwenden. Aus diesem Grund wird der Bereich *Strukturieren und Vernetzen* und die Dimension *Lebensweltbezug*

angesprochen. Auch die Bereiche *Darstellen und Interpretieren* und *Begründen und Bewerten* werden durch die einzelnen Stationen bedingt tangiert.

Am Ende dieser Unterrichtseinheit können die SuS Zustände und Übergänge benennen, beschreiben und auf Prozesse in ihrer Lebenswelt übertragen. Zudem sind sie sich bewusst, dass eine formale Sprache zur Interaktion mit Automaten notwendig ist und können ihre Interaktion mit diesen beschreiben (vgl. Gl 2019, S. 14).

Didaktischer Kommentar zur ersten Doppelstunde

Zum Einstieg in das Thema wurde ein von der Lehrkraft selbstgebastelter Automat, bestehend aus einem Pappkarton, gewählt. Der Karton muss dabei lediglich einen Sichtschutz bieten und nicht zwingend künstlerisch gestaltet werden. Lediglich das Wort Automat sollte auf die Rückseite geschrieben werden. Der Karton eignet sich besonders zur Repräsentation eines Automaten, da die Kinder nicht in ihn hineinschauen können und dieser so eine „Blackbox“ darstellt. Zur Einordnung des Pappkartons erklärt die LK, dass es sich um einen Farbmischautomaten handelt, der ähnlich ist, wie der aus einem Malergeschäft. In einem realen Farbmischautomaten werden die einzelnen Bestandteile mit weißer Farbe vermischt. Zur didaktischen Reduktion wird an dieser Stelle aber auf die weiße Farbe verzichtet. Um die Aufmerksamkeit der Kinder auf die Blackbox zu lenken, wird ein Experiment durchgeführt, bei dem Farben gemischt werden. Für die Kinder ist aber nur einsehbar, dass ein leerer Plastikbecher in den Automaten gestellt wird und ein Plastikbecher mit farbigem Wasser herausgeholt wird. Wahlweise sind auch ungetönte Gläser, Marmeladengläser etc. möglich, die ggf. später auch von den Kindern mitgebracht werden. In einer anschließenden Beschreibung ihrer Beobachtungen verbalisieren die Kinder dann das Phänomen der Blackbox „Farbautomat“. Für die Zieltransparenz wird im Anschluss an die Beobachtungen die Forscherfrage der heutigen Stunde formuliert.

In der Erarbeitungsphase wird dann die Blackbox durch das Entfernen des Pappkartons aufgelöst. Anhand der nun zu sehenden Materialien dürfen die Kinder nochmals die mögliche Durchführung beschreiben. Danach wird das Automatenmodell zur Beschreibung des Prozesses eingeführt, wobei die Fachbegriffe noch nicht genutzt werden. So kann das Modell intuitiv durch Handeln (enaktiv) erlernt werden. Um den Übergang vom Karton aus dem Experiment zum Automatenmodell zu veranschaulichen, wird um die Zustände von der LK ein Kasten mit Kreide eingezeichnet, welcher die Blackbox/Karton symbolisiert. Dabei wird erklärt, dass die Farben im Automaten aus Düsen kommen und die Kinder später im Experiment die Düsen nachstellen werden. Damit die Kinder den Ablauf des Experimentes verinnerlichen sowie den Umgang mit dem Modell einüben, sollen sie das Experiment selbstständig in Kleingruppen durchführen. Das Modell wird dabei an jede Gruppe verteilt und dient als Handlungsschema. So wird den Kindern ein enaktiver Zugang zum Automatenmodell ermöglicht.

Um die Ergebnisse vergleichen zu können, treffen sich die Kinder im Sitzkreis und stellen die Becher mit den gemischten Farben in die Mitte. Dadurch dass nun alle Becher nebeneinander stehen, lässt sich gut beobachten, dass alle Farben etwas unterschiedlich aussehen. Falls den Kindern dies nicht sofort auffallen sollte, kann die LK darauf aufmerksam machen. Als Mischfarbe wird in diesem Entwurf Orange gewählt, denn bei Orange können die verschiedenen Farbtöne besonders gut wahrgenommen werden. Im Anschluss an diese Erkenntnis lenkt die LK den Blick zurück auf die Aufgabe des Automaten in einem Malergeschäft. Daran macht sie deutlich, dass unterschiedliche Farbtöne für dessen Funktion ungeeignet sind. Dadurch schafft sie ein Problem, dass es nun von den SuS zu lösen gilt (Problemorientierung). In einer gemeinsamen Interaktion wird dann eine Problemlösung erarbeitet, bei der immer gleiche Farbmengen zusammengemischt werden. Die Vorgehensweise wird dann in das Automatenmodell übertragen, damit die Kinder lernen, wie genau das Modell aufgebaut werden kann. An dieser Stelle wird das Automatenmodell zudem formal mithilfe der Fachbegriffe „Zustand“, „Übergang“,

„Anfangszustand“ sowie „Endzustand“ eingeführt. Um das Verständnis für die Begriffe zu vertiefen und deren Nutzung im Unterrichtsgespräch zu fördern, wird zudem ein Wortspeicher erarbeitet. Damit die Kinder ihre Problemlösung erproben können, wird diese wiederum enaktiv durchgeführt und anschließend gesichert. Falls immer noch verschiedene Farbtöne auftreten, können Fehler in der Durchführung gesucht und es kann auf falsche Eingaben eingegangen werden. Um die Erkenntnis festzuhalten, dass bei gleicher Eingabe eine gleiche Ausgabe erfolgt, wird diese von der LK formuliert.

Zur Sicherung der Erkenntnisse wird von den Kindern im Anschluss ein Arbeitsblatt bearbeitet. Um für eine Differenzierung zu sorgen, können dafür Tipp- und/oder Lösungskarten genutzt werden. Falls die Arbeit mit diesen Hilfsmitteln nicht bekannt ist, sollten sie zuvor eingeführt werden. Nach der Sicherung werden die Erkenntnisse der Doppelstunde in einer kurzen Reflexion zusammengefasst.

Didaktischer Kommentar zur zweiten Doppelstunde

Zu Beginn der zweiten Doppelstunde wird zunächst das Experiment der letzten Doppelstunde zusammen mit den Kindern aufgegriffen, um ihr Vorwissen zu aktivieren. Dazu wird die Darstellung des bekannten Automatenmodells an die Tafel gehängt und zusammen mit den Kindern besprochen, wobei zudem die Fachbegriffe der letzten Stunde mit Bezug auf den Wortspeicher wiederholt werden.

Anschließend wird erläutert, dass ein realer Farbmischautomat z. B. mit Düsen anstelle von Pipetten arbeitet aus denen stets die gleiche Menge an Farbe kommt. Zur didaktischen Reduktion wird auch hier auf die weiße Farbe bzw. sehr detaillierte Beschreibung verzichtet. Dies ermöglicht eine vereinfachte Darstellung des Farbmischautomaten, die noch durch das Ersetzen der Becher in den Zuständen durch farbige Kreise gefördert wird (vgl. Anhang). Im Anschluss daran bespricht die LK zusammen mit den Kindern, dass die Automaten in einem Malergeschäft mehr als nur eine Farbe mischen, wodurch den Kindern die Notwendigkeit für die Erweiterung des Modells bewusst wird.

In einer ersten Erarbeitungsphase erweitert die LK das Modell zusammen mit den Kindern zunächst um die Mischfarbe Grün und später um die Mischfarbe Lila. Dazu legt sie die entsprechenden Übergänge und Zustände an das bereits bestehende Modell an der Tafel an. Durch dieses Vorgehen erlernen die Kinder schrittweise, wie Automatenmodelle aufgebaut werden. Des Weiteren wird ihnen hierdurch ein bildlicher (ikonischer) Zugang ermöglicht. Auf einen enaktiven Zugang wird an dieser Stelle verzichtet, da die Kinder bereits in der letzten Doppelstunde ausreichend handelnde Erfahrungen sammeln konnten. Nachdem das erweiterte Modell erarbeitet wurde, folgt eine Anwendungsphase, in der die Kinder in Partnerarbeit das Modell durchspielen. Jede Gruppe erhält dazu ein ausgedrucktes Modell und eine Spielfigur. Das eine Kind stellt im Spiel den Kunden dar, der eine bestimmte Mischfarbe bestellt. Das andere Kind verbalisiert nun den Ablauf, den der Automat durchlaufen muss. Um sich dabei besser orientieren zu können, setzt es die Spielfigur immer an die Stelle im Automaten, die es gerade erklärt.

Anschließend an diese Anwendungsphase, in der die Kinder das Modell durch Handlungen verinnerlichen, folgt eine zweite Erarbeitungsphase. In dieser wird die formale Sprache aufgegriffen, die für die Kommunikation mit dem Automaten notwendig ist. Um diese Sprache einzuführen, geht die LK zunächst auf die Kommunikation in der Anwendungsaufgabe ein, wodurch sie an Erfahrungen der SuS anknüpfen kann. Sie bespricht mit den Kindern, wie der Automat in der Aufgabe „wusste“, was er mischen soll. Ergebnis dieses Austauschs sollte sein, dass der Automat eine Art Befehl von außen benötigt. Daraufhin kann die LK erläutern, dass der Automat als Maschine eine ganz „besondere Sprache“ benötigt, da er nicht in der Lage ist, selbstständig zu denken. Am Beispiel des Farbmischens muss ihm also eine klare Reihenfolge vorgegeben werden. Es kann dabei nur eine bestimmte Reihenfolge geben, die der Automat „versteht“. So kann er z. B. nur Orange mischen, wenn er zuerst Gelb und dann Rot hinzufügt. Auch wenn den SuS bewusst ist, dass die Reihenfolge nicht relevant für das Ergebnis ist. Bei einem realen Farbmischautomaten sind die Farbdüsen in einer bestimmten Reihenfolge angebracht, die die Mischreihenfolge vorgibt. Um Kindern dies zu verdeutlichen, kann ihnen ein entsprechendes Bild gezeigt werden (vgl. Anhang). Danach wird mit den Kindern besprochen, dass über einen Knopf „befohlen“ wird, welche Farbe gemischt werden soll. Dadurch erhält der Automat einen vorgegebenen Farbcode, sodass er „weiß“, was und in welcher Reihenfolge er die Farben mischen muss.

Nach dieser kurzen Erläuterung der LK, die für ein Verständnis der Notwendigkeit einer formalen Sprache sorgt, erarbeitet die LK zusammen mit den Kindern die formale Sprache in Form von Sprachkarten. Diese bestehen aus verschiedenen quadratischen Karten, die aneinandergelegt werden. Diese Darstellung wurde gewählt, da sie intuitiv zu verstehen ist und durch ein Aneinanderreihen der Bestandteile theoretisch unendlich erweiterbar ist. Zudem wird durch die Karten ein legender Zugang ermöglicht. In einem ersten Schritt wird festgelegt, dass eine

Mischfarbe aus lila, grün oder orange besteht. Die Farben sowie der Begriff Mischfarbe stehen je auf einer Sprachkarte. Zwischen die einzelnen Farben wird eine Begriffskarte mit „oder“ gelegt. Nach der Karte „Mischfarbe“ folgt eine Karte mit „ist“ durch die der Zusammenhang verdeutlicht wird. In einem nächsten Schritt werden die einzelnen Mischfarben durch weitere Sprachkarten definiert. Diese Wörter sind ähnlich aufgebaut, wie das erste. So liegt links die jeweilige Mischfarbe neben die ein „ist“ gelegt wird. Rechts daneben werden dann die Farben gelegt, aus denen die Mischfarbe zusammengesetzt wird. Diese sind entsprechend der Mischreihenfolge angeordnet und durch ein „dann“ getrennt (vgl. Anhang). Die „ist“- „dann“- und „oder“-Karten sind zur Unterscheidung der eigentlichen Zeichen kleinere Quadrate. Nachdem die Zeichenreihenfolge (das Wort) für die erste Mischfarbe erarbeitet wurde, wird das Vorgehen auf die anderen Mischfarben übertragen. Dabei sollte die LK zunehmend die SuS auffordern, die fehlenden Symbole zu ergänzen. Insgesamt entsteht so ein Tafelbild, das die gesamte Sprache des Automaten wiedergibt. Durch die bildliche Darstellung sowie das schrittweise, legende Vorgehen sollen die kognitiven Anforderungen für die SuS reduziert werden.

Damit die SuS nun die formale Sprache bzw. die Erstellung einer formalen Sprache verinnerlichen können, schließt sich an die Erarbeitung eine Stationsarbeit an. Diese Methode wurde gewählt, damit der Heterogenität der Kinder mithilfe verschiedener Zugänge und Schwierigkeitsstufen entsprochen werden kann. In den ersten beiden Stationen geht es dabei darum, die Herstellung von Wörtern (Station 1) bzw. die Erstellung eines Automatenmodells aus Wörtern nachzuvollziehen (Station 2). Da diese Stationen die Grundlage für ein Verständnis darstellen, sollte jedes Kind mindestens eine der beiden Stationen bearbeitet haben. Für leistungsstarke Kinder bietet die Station 1 zudem noch eine Erweiterung in den äußeren Farbkreis. In der Station 3 wird die festgelegte Reihenfolge der Symbole im Wort behandelt, für das es ebenfalls eine Erweiterung gibt. Station 4 befasst sich mit der Entwicklung einer Sprache aus einem vorgegebenen Automatenmodell und in Station 5 wird ein Transfer des Modells auf andere Prozesse in der Lebenswelt der Kinder vorgenommen. Die Kinder sollten innerhalb der vorgegebenen Zeit je nach Schnelligkeit zwei bis drei Stationen bearbeiten.

Im Anschluss an diese Vertiefung werden in einer Reflexion die zentralen Erkenntnisse der Stunde festgehalten. Dazu eignet sich die Frage, was die Kinder am meisten überrascht hat bzw. was sie heute Neues gelernt haben. Dadurch wird ein organischer Abschluss der Stunde erzielt.

Tabellarischer Unterrichttablauf der ersten Doppelstunde

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Einstieg (10 min)	<p>Ein aus Pappe gebastelter „Automat“ wird so in den Raum gestellt, dass Kinder nur die Vorderseite sehen.</p> <p>Die LK sagt: „Ich habe euch heute einen Farbautomaten wie im Malergeschäft mitgebracht.“</p> <p>Die LK führt ein Experiment durch: Ein transparenter Plastikbecher wird in den Automaten gestellt, wobei die LK verdeckt rote und gelbe Flüssigkeit in den Becher gibt. Anschließend holt sie den Becher mit oranger Flüssigkeit raus.</p> <p>Die Kinder äußern ihre Beobachtungen und vermuten, was passiert sein könnte.</p> <p>Zusammen mit den Kindern wird erarbeitet, dass Automaten selbstständig Aufgaben erledigen, aber die Verarbeitung eine Blackbox ist.</p> <p>LK formuliert das Stundenziel: Funktion eines Automaten in der Informatik und hängt dieses als Plakat in den Raum</p>	Plenum (z.B. Theaterkreis)	<p>Gebastelter Automat aus Karton</p> <p>durchsichtiger Plastikbecher/Gläser</p> <p>durchsichtige Plastikbecher/Glas mit jeweils gelber und roter Farbe befüllt.</p> <p>Pipette</p> <p>Plakat mit Stundenziel</p>	<p>Durch ein Experiment wird das Interesse für die Funktionsweise eines Automaten geweckt.</p> <p>Mithilfe der anschließenden Beschreibung üben die Kinder die Versprachlichung von Beobachtungen.</p> <p>Zudem wird ihnen so bewusst, dass das Automatenmodell aus einer Blackbox besteht.</p> <p>Basierend auf dieser Erkenntnis, wird das Stundenziel formuliert. Zur Orientierung (Transparenz) wird dieses während der Stunde in der Klasse aufgehängt.</p>

<p>Erarbeitung (55 min)</p>	<p>LK entfernt Pappparton, wodurch die Becher mit dem gefärbten Wasser sichtbar werden.</p> <p>LK erarbeitet zusammen mit den SuS die Durchführung des Experiments in Form eines ersten Automatenmodells an der Tafel. Dabei sollte der Pappparton als Rechteck eingezeichnet werden (vgl. Anhang). Gleichzeitig wird erklärt, dass in diesen Automaten die Farben aus Düsen kommen und die Kinder gleich im Experiment selber die Düsen sind (LK zeigt Abbildung von Düsen).</p> <p>Die Kinder werden in Kleingruppen eingeteilt und sollen in den Gruppen das Experiment durchführen. Für jede Gruppe wird ein Arbeitsblatt mit der Durchführung in Form des Automatenmodells ausgeteilt.</p> <p>Nach der Durchführung treffen sich die SuS und die LK wieder im Plenum und stellen ihre Becher mit den gemischten Farben in die Mitte.</p> <p>Die Kinder beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle einen unterschiedlichen Orangeton gemischt haben.</p> <p>Die LK bezieht sich auf die Anfangsaussage, dass der Automat aus einem Malergeschäft kommt und fragt: „Wie wäre das, wenn der Farbautomat im Malergeschäft jedes Mal eine andere Farbton mischt?“</p>	<p>Plenum</p> <p>Kleingruppen</p> <p>Plenum</p>	<p>Gegenstände aus dem Eingangsexperiment</p> <p>Symbole für das Automatenmodell (an der Tafel)</p> <p>Bild von Düsen</p> <p>Anleitung zum ersten Experiment</p> <p>Pro Gruppe: Arbeitsblatt mit Durchführung, zwei durchsichtige Plastikbecher mit gelbem und rotem Wasser, leerer durchsichtiger Plastikbecher, Handtuch</p> <p>Kommentar: Die LK sollte in einem großen Gefäß gelb und rot gefärbtes Wasser mit Wasserfarben anmischen und jeder</p>	<p>Um zu einem klaren Experimentierablauf hinzuführen, werden Überlegungen zur Durchführung an der Tafel gemeinsam konkretisiert.</p> <p>Der Ablauf wird in Form eines (noch unvollständigen) Automatenmodells dargestellt, um die Kinder langsam an das Automatenmodell heranzuführen. Dabei wird das Modell formal noch nicht thematisiert, sodass ein intuitiver Zugang zum Automatenmodell aus der Informatik ermöglicht wird.</p> <p>Bei der Durchführung des Experiments müssen die Kinder ihre motorischen Fähigkeiten einsetzen und das Automatenmodell kann erprobt werden.</p> <p>Die Kinder treffen sich erneut im Plenum und stellen ihre gemischten Farbbecher zusammen, wobei Beobachtungen verglichen werden und die unterschiedlichen Orangetöne sehr deutlich werden.</p> <p>Um die Notwendigkeit einheitlicher Eingaben zu begründen, verweist die</p>
---------------------------------	---	---	---	--

	<p>Kinder kommen darauf, dass man die Farbe erhalten möchte, die man sich vorher auf der Farbskala ausgesucht hat.</p> <p>Die LK fragt die Kinder, wie man immer die gleiche Farbe mischen kann. Kinder kommen darauf, dass immer gleich viel Grundfarbe benötigt wird. LK greift die Erkenntnis der Kinder auf und stellt fest, dass Automaten immer ganz genaue Befehle brauchen.</p> <p>LK erarbeitet zusammen mit den Kindern, dass immer genaue Mengen benötigt werden, z. B. in Form von Pipettenanzahl.</p> <p>Diese Anweisungen werden an die Tafel (in das Automatenmodell) übertragen (vgl. Anhang). Die LK erläutert, dass es sich bei dieser Beschreibung um ein Automatenmodell handelt, also um ein Modell, welches die Funktionsweisen eines Automaten beschreibt. Dabei werden die Begriffe „Zustand“ und „Übergang“ eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten. Danach werden Start- und Endzustand mit Pfeil bzw. Doppelkreis markiert und auch in den Wortspeicher aufgenommen.</p> <p>Wenn ein Smartboard vorhanden: LK kann Foto von den Farben machen und auf dem Smartboard zeigen.</p> <p>Kinder leeren und spülen ihre Becher mit orangener Farbe aus und führen erneut in Kleingruppen das Experiment mit den genauen Anweisungen (3</p>		<p>Gruppe daraus etwas abfüllen</p> <p>Wortspeicherplakat</p> <p>Wenn Smartboard vorhanden: Handy, Tablet oder Kamera</p> <p>Tafelbild für das zweite Experiment</p> <p>Arbeitsblatt zur Durchführung des zweiten Experiments</p>	<p>LK auf den Farbautomaten im Malergeschäft.</p> <p>Das Automatenmodell wird im Anschluss mithilfe von Fachbegriffen formal eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten.</p> <p>Damit die neuen Erkenntnisse verinnerlicht und weitere Zugänge ermöglicht werden, wird das Experiment mit den genauen Mengenangaben handelnd durchgeführt.</p> <p>Um die vorherige Vermutung, bei gleicher Eingabe eine gleiche Ausgabe zu erhalten, werden die neuen Ergebnisse untereinander und ggf. mit den vorherigen Ergebnissen auf einem Smartboard verglichen.</p> <p>An dieser Stelle kann zudem auf fehlerhafte Eingaben eingegangen werden.</p> <p>Zum Schluss der Erarbeitung wird nochmals die Erkenntnis festgehalten, damit diese eindeutig hervorgeht.</p>
--	---	--	---	--

	<p>Pipetten gelbe Farbe, 3 Pipetten rote Farbe) durch. Die Anweisungen erhalten die Kinder erneut als Arbeitsblatt.</p> <p>Nach der Durchführung treffen sich die SuS und die LK wieder im Plenum und stellen ihre Becher mit den gemischten Farben in die Mitte.</p> <p>Die Kinder beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle den gleichen Orangeton gemischt haben. Falls ein abweichender Orangeton auftritt wird dies besprochen und auf eine fehlerhafte Eingabe oder einen nicht vollständig ausgewaschenen Becher eingegangen.</p> <p>Erkenntnis: Bei gleicher Eingabe erhält man auch immer das gleiche Ergebnis.</p>	Plenum		
Sicherung/ Anwendung (20 min)	Die LK verteilt ein Arbeitsblatt, welches die Kinder in Partnerarbeit bearbeiten sollen. Zur Differenzierung gibt es Tipp- und Lösungskarten.	Partnerarbeit	Arbeitsblätter, Tipp- und Lösungskarten	Zur Sicherung der Erkenntnisse bearbeiten die Kinder ein Arbeitsblatt. Zur Differenzierung können die Kinder sich Tipp- und Lösungskarten holen.
Abschluss (5 min)	Das Arbeitsblatt wird kurz angesprochen und die Erkenntnisse der Stunde zusammengefasst.	Plenum		Abschließend sollen die SuS die gewonnenen Erkenntnisse reflektieren.

Anhang

Unterrichtsmaterialien für die erste Doppelstunde

Tafelbild 1 (Automatenmodell zum ersten Experiment)

Abbildung „Aufbau Farbmischautomat“

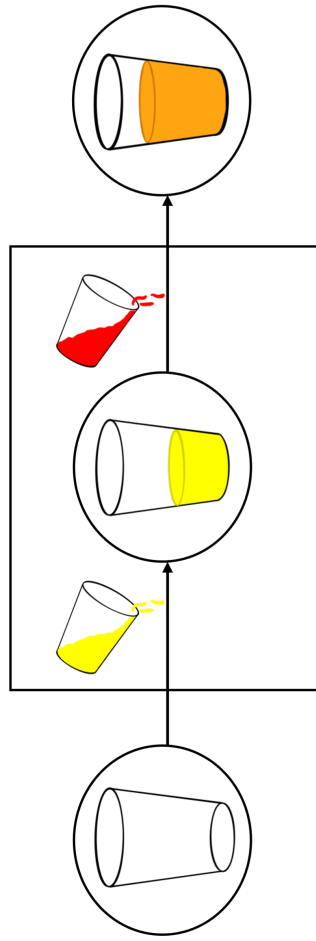
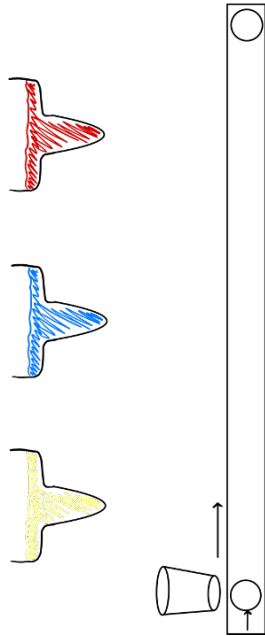
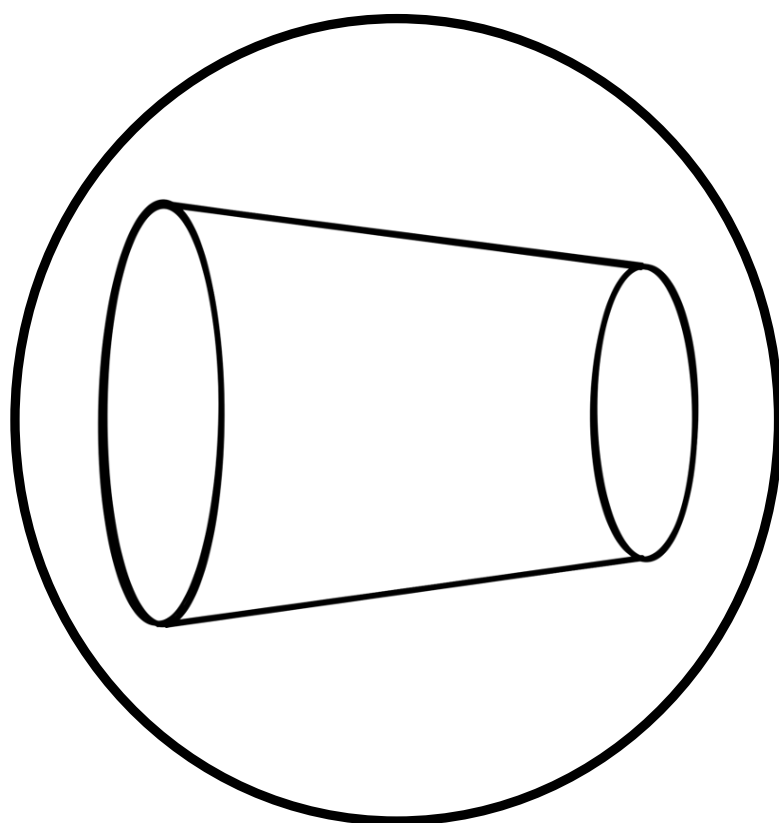
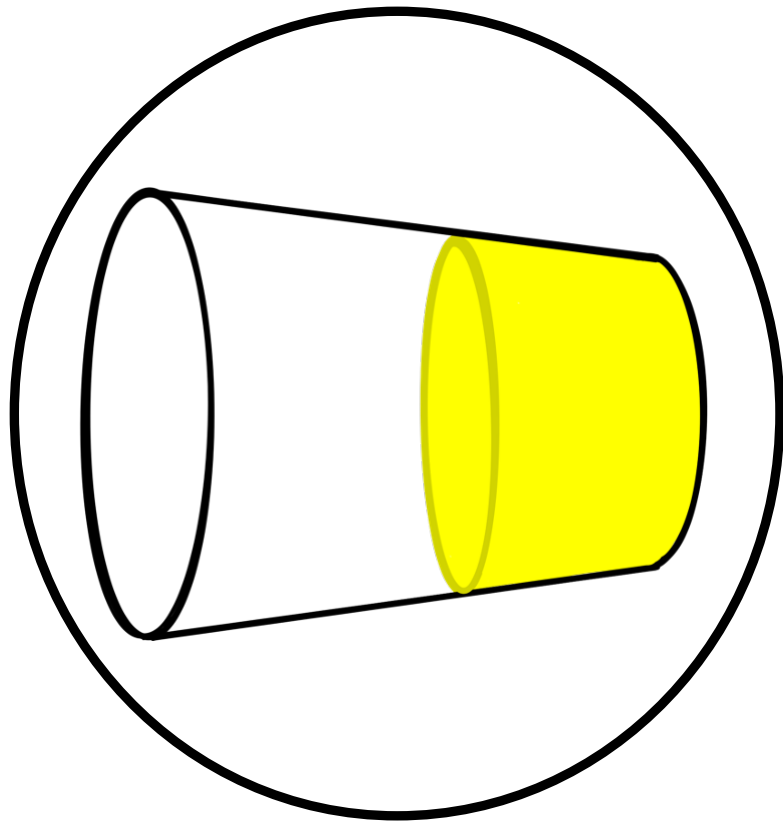
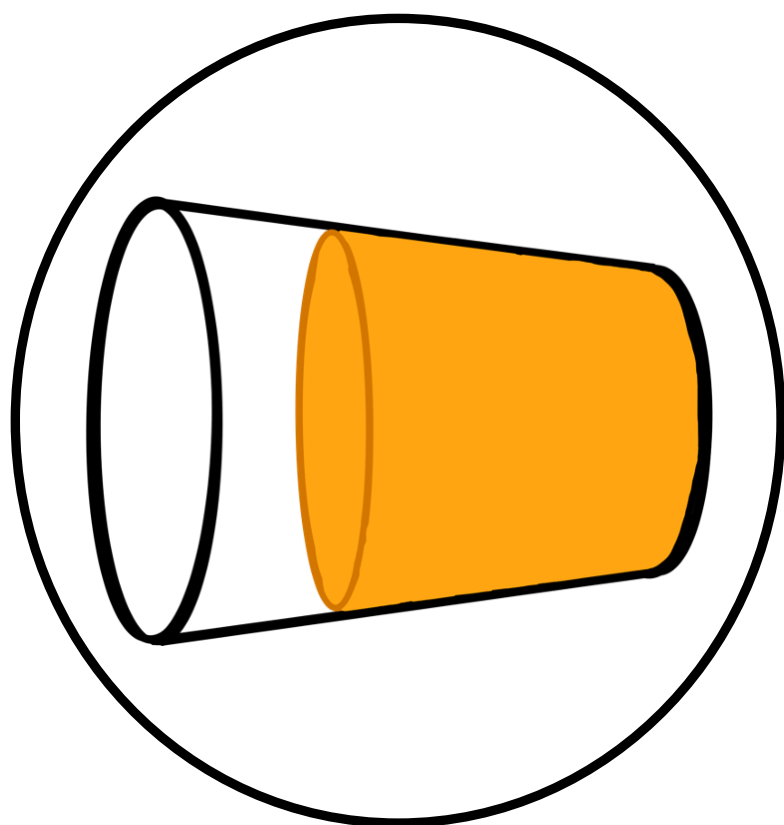


Abbildung „Farbdüsen des Farbmischautomaten im Malergeschäft“ und Analogie mittels eines Bechers sowie eines Fließbands



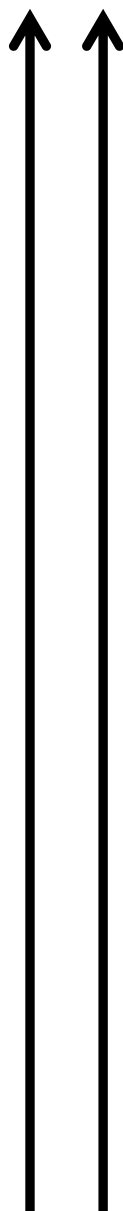




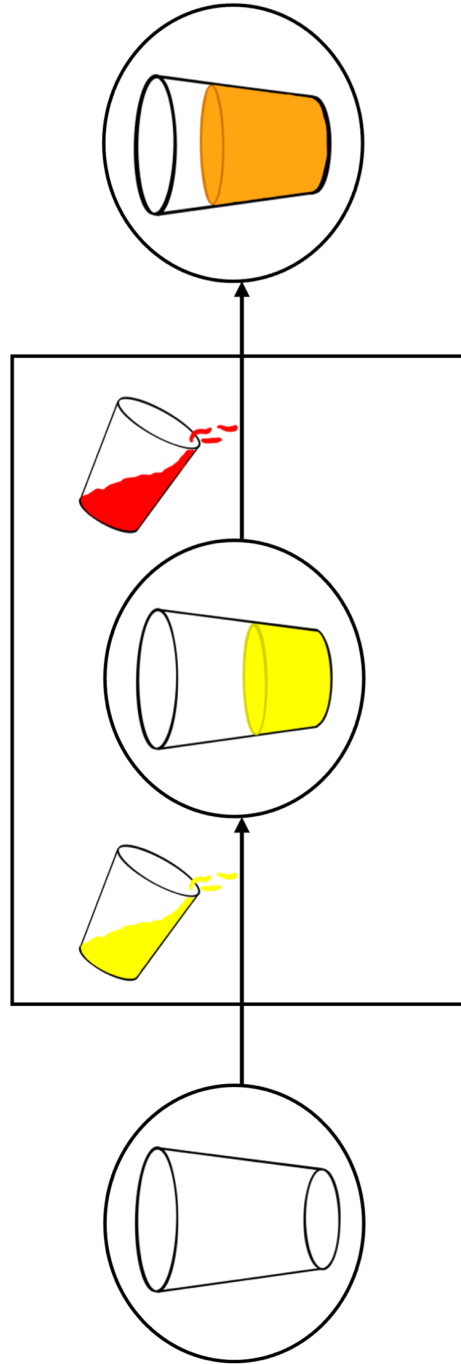




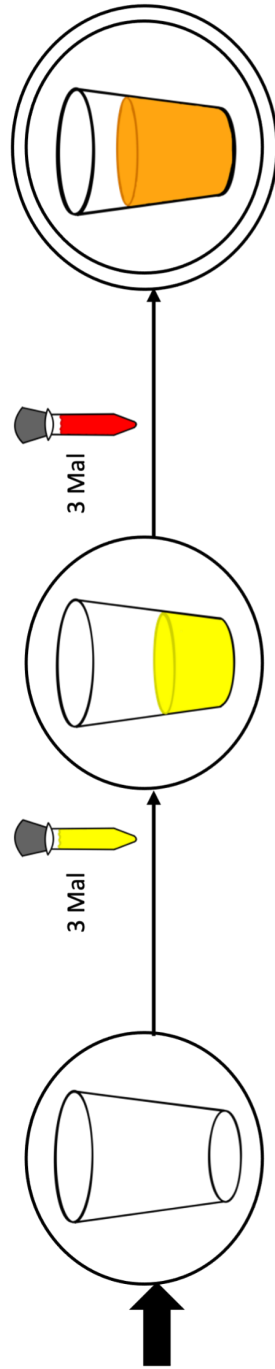
Didaktischer Hinweis: Der Kasten um den mittleren Zustand und die Farbbecher kann mit Kreide an die Tafel gemalt werden

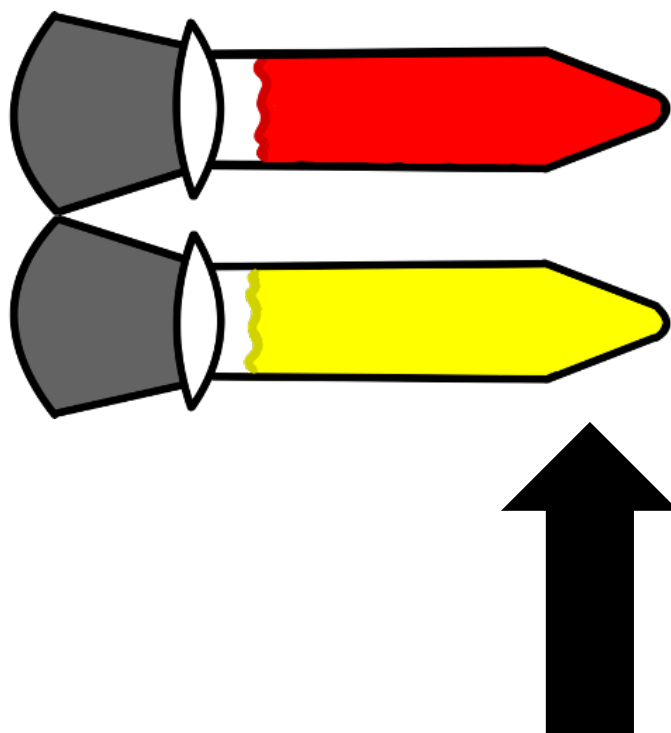


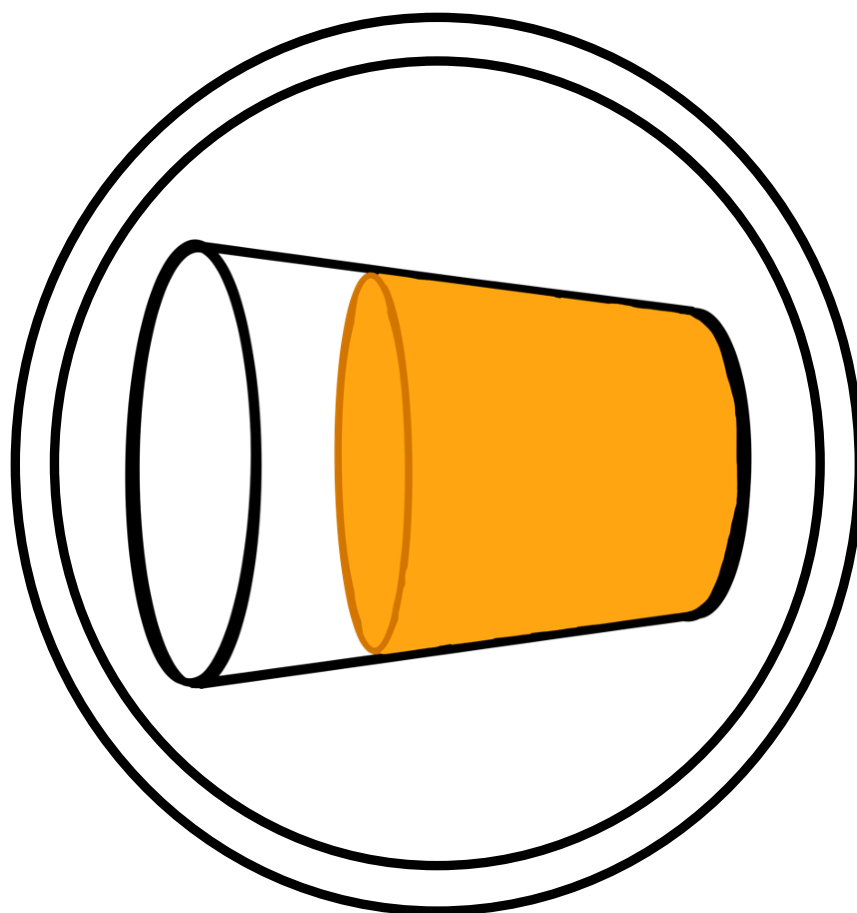
Anleitung zum ersten Experiment



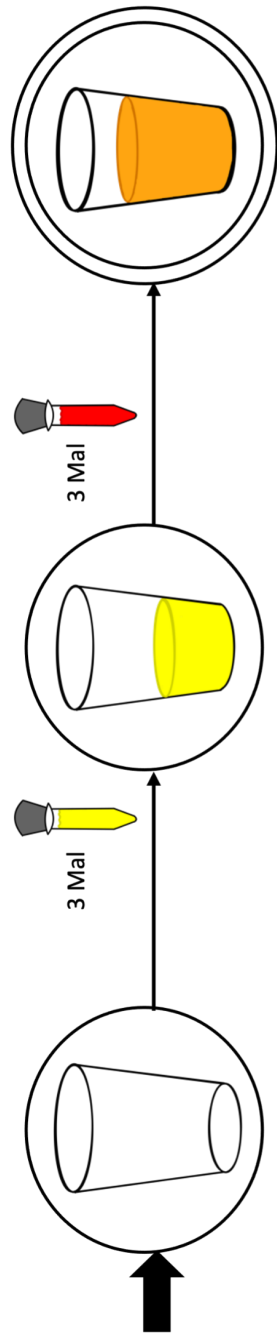
Tafelbild 2 (Automatenmodell zum zweiten Experiment)





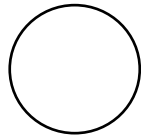


Anleitung zum Experiment 2

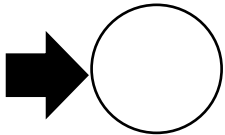


Wortspeicher

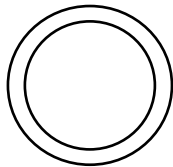
Ein Automatenmodell besteht aus:



Zustand: Beschreibung, wie etwas gerade ist



Startzustand: In diesem Zustand fängt
der Automat immer an



Endzustand: In diesem Zustand endet
der Automat immer



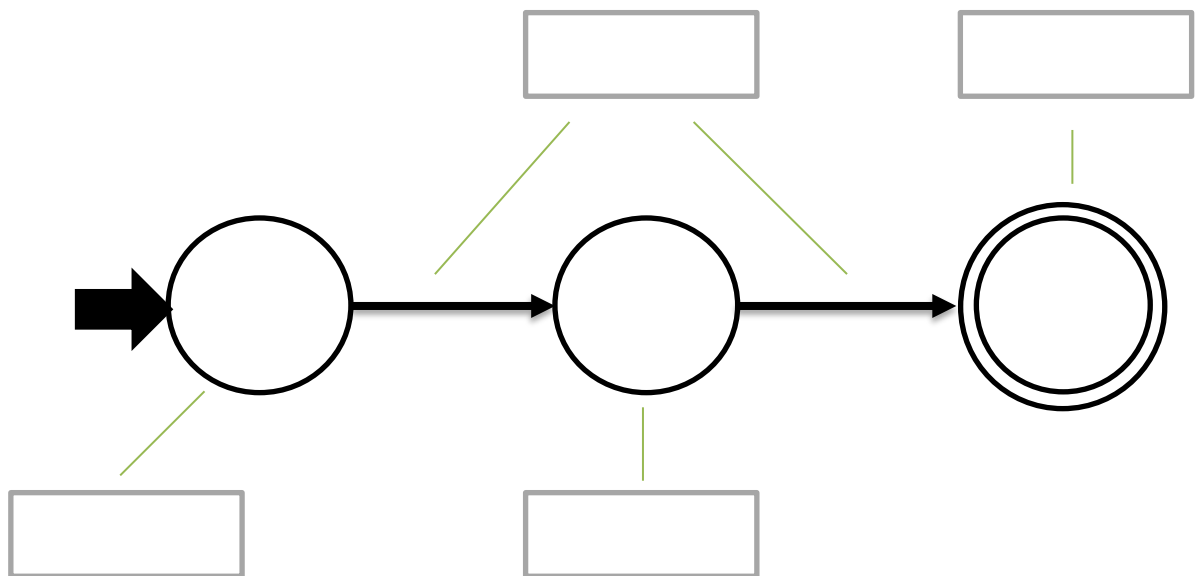
Übergang: zeigt an, was gemacht werden
muss, um in den nächsten
Zustand zu komme

Arbeitsblatt Stunde 1

Forschfrage: Wie funktioniert ein Automat?

Aufgabe 1:

Schreibe die fehlenden Wörter in die Kästen:

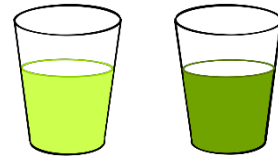


Aufgabe 2:



Tim und Lina wollen auch Farben mischen. Sie nehmen blau und gelb. Zeichne den Ablauf im Automatenmodell. Beschreibe deinem Partner, was die Kinder machen müssen

A large, empty rectangular box with a black border, intended for drawing the state machine model and writing the description of the process.



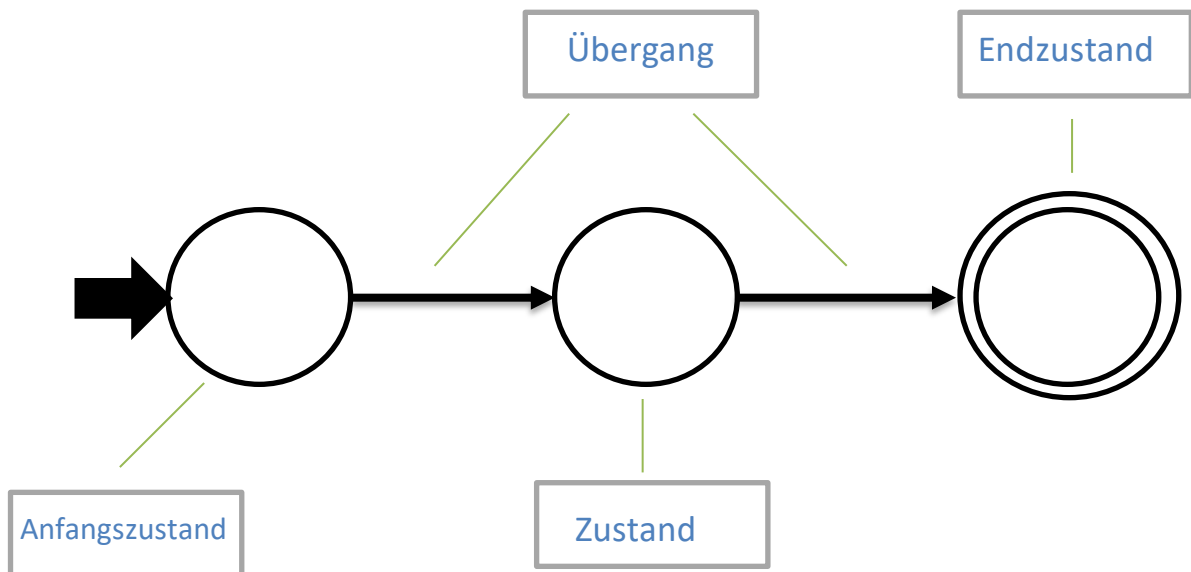
Aufgabe 3:

Tim und Lina haben beide die Farben gemischt. Aber sie haben einen unterschiedlichen Farbton. Was könnte passiert sein?

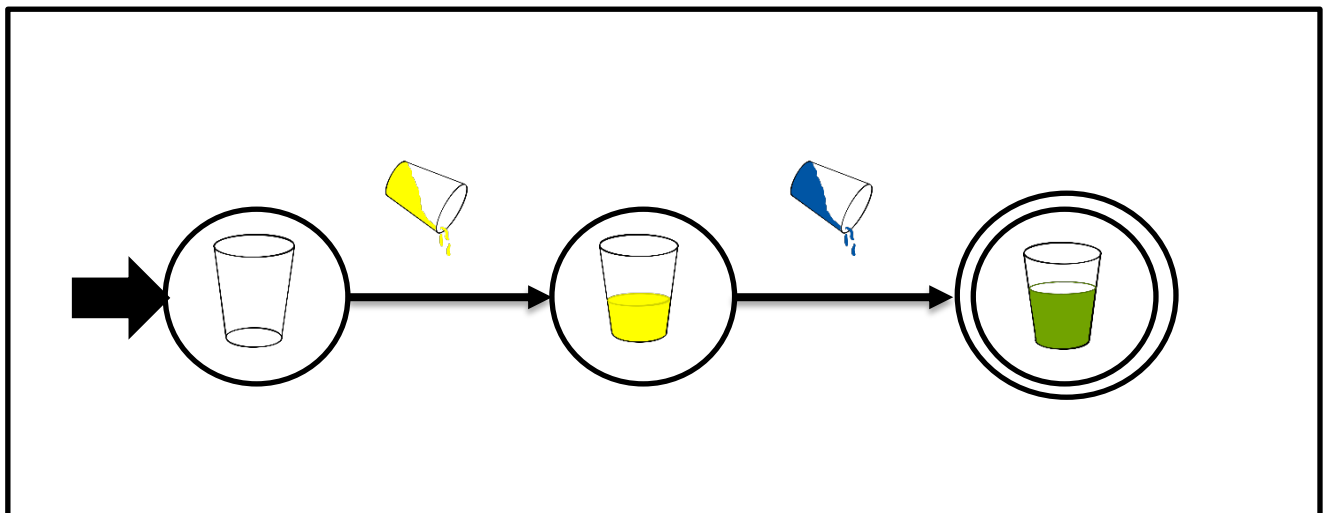
Was könnten sie anders machen, um den gleichen Farbton zu bekommen?

Lösungskarte Stunde 1

Aufgabe 1:



Aufgabe 2:



Aufgabe 3 a und b:

Tim und Lina haben unterschiedlich viel von der blauen und gelben Farbe genommen.

Sie könnten von jeder Farbe drei Pipetten nehmen.

Tippkarten Stunde 1

Aufgabe 1:

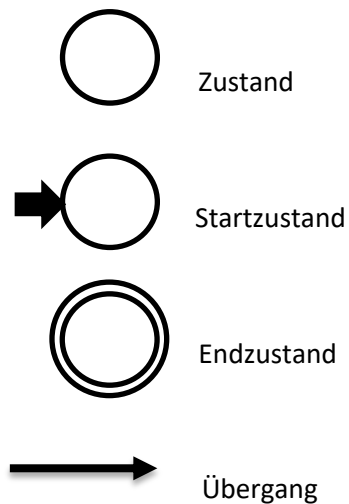
Tippkarte 1

Es fehlen die Wörter: Zustand, Anfangszustand, Endzustand und Übergang. In welchen Kästen passen die Wörter?

Tippkarte 2

Schaue auf den Wortspeicher. Findest du die Formen auf dem Arbeitsblatt?

Tippkarte 3



Aufgabe 2

Tippkarte 1

Schaue auf das Bild in Aufgabe 1). Hilft dir das dein Bild zu malen?

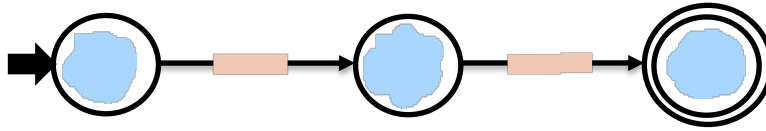
Tippkarte 2

Male das Bild aus Aufgabe 1) ab. Überlege: Was muss ich eintragen?

Tippkarte 3

Wie sieht der **Zustand** aus?

Wie sieht der **Übergang** aus?

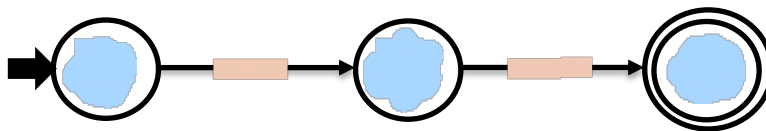


Tippkarte 4

Ordne die Zustände zu:



Ordne die Übergänge:



Aufgabe 3:

Tippkarte 1

Überlege: Was haben wir in unserem ersten Experiment gemacht? Was haben wir im zweiten verändert?

Tippkarte 2

In unserem ersten Experiment hatten wir verschiedene Orangetöne. Wie kam es dazu? Und was haben wir verändert?

Tippkarte 3

Wir haben unterschiedlich viel von gelb und rot genommen. Man muss gleich viel nehmen, um die gleiche Farbe zu bekommen

Quellen Bilder

Stunde 1:

- Kinder: Autor: Please Don't sell My Artwork AS IS Menschen Mann Frauen -
Kostenloses Bild auf Pixabay

Literaturverzeichnis

- GDSU (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Julius Klinkardt.
- GI (2019): Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards Informat

C Verlaufsplan

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Einstieg (10 min)	<p>Der Farbmischautomat – Eine Black Box</p> <ul style="list-style-type: none"> Ein aus Pappe gebastelter „Automat“ wird in den Raum gestellt. In dem Automat befinden sich bereits jeweils mit rot und gelber Flüssigkeit befüllte Plastikbecher. Nur die Vorderseite des Automaten ist für die SuS sichtbar. Die LK führt ein Experiment durch: <ul style="list-style-type: none"> „Ich habe euch heute einen Farbmischautomaten wie im Malergeschäft mitgebracht.“ Ein transparenter Plastikbecher wird für die SuS sichtbar in den Automaten gestellt. Die LK gibt verdeckt rote und gelbe gefärbte Flüssigkeit in den Becher. Anschließend holt sie den Becher mit oranger Flüssigkeit raus. Die SuS äußern ihre Beobachtungen und Vermutungen. Durch die Lenkung der LK: <ul style="list-style-type: none"> Zusammen mit den SuS wird erarbeitet, dass Automaten selbstständig Aufgaben erledigen, aber die Verarbeitung eine Black Box ist. 	<p>Lehrkraftgeleitetes Gespräch im Plenum (z.B. Theaterkreis)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gebastelter Automat aus Karton durchsichtige Plastikbecher/ Gläser durchsichtige Plastikbecher/Gläser mit gelb und rot gefärbter Flüssigkeit 	<p>Durch ein Experiment wird das Interesse für die Funktionsweise eines Automaten geweckt. Mit Hilfe der anschließenden Beschreibung üben die Kinder die Versprachlichung von Beobachtungen. Zudem wird ihnen so bewusst, dass das Automatenmodell aus einer Black Box besteht.</p> <p>Basierend auf dieser Erkenntnis, wird das Stundenziel formuliert. Zur Orientierung</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>Gruppe eine Anleitung und Arbeitsmaterialien ausgeteilt.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Pappkarton). Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle einen unterschiedlichen Orangeton gemischt haben. <ul style="list-style-type: none"> Die LK fragt: „Wie wäre das, wenn der Farbmischautomat im Malergeschäft jedes Mal einen anderen Farbton mischt?“ SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass man die Farbe erhalten möchte, die man sich vorher auf der Farbskala ausgesucht hat. <p>Erarbeitung des Automatenmodells</p> <ul style="list-style-type: none"> Die LK fragt: „Wie kann der Automat immer die gleiche Farbe mischen?“ <ul style="list-style-type: none"> SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass immer gleich viel Grundfarbe benötigt wird, z.B. in Form von Pipettenanzahl. 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Pro Gruppe: Anleitung zum ersten Experiment, zwei durchsichtige Plastikbecher mit gelbem und rotem Wasser, leerer durchsichtiger Plastikbecher, Handtuch Hinweis für die LK: Die LK sollte in einem großen Gefäß gelb und rot gefärbtes Wasser mit Wasserfarben anmischen und jeder Gruppe daraus etwas abfüllen 	<p>Kinder ihre motorischen Fähigkeiten einsetzen und das Automatenmodell kann erprobt werden.</p> <p>Nach Beobachtung der unterschiedlichen Farbtöne, verweist die LK auf die Notwendigkeit einheitlicher Eingaben in einen Automaten.</p>
		Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Symbole für das Automatenmodell (s.A. Tafelbild 2) Wortspeicher (s.A.) Wenn Smartboard vorhanden: Handy, Tablet oder Kamera 	<p>Das Automatenmodell wird im Anschluss mithilfe von Fachbegriffen formal eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten.</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<ul style="list-style-type: none"> ○ SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass Automaten immer ganz genaue Anweisungen brauchen. • LK überträgt genaue Anweisung (Pipettenanzahl) zur Farbmischung in das Automatenmodell an der Tafel (s.A. Tafelbild 2). • Die LK erläutert, dass es sich bei dieser Beschreibung um ein Automatenmodell handelt, also um ein Modell, welches die Funktionsweise eines Automaten beschreibt. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Begriffe „Zustand“ und „Übergang“ werden eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten. ○ Danach werden Start- und Endzustand mit Pfeil bzw. Doppelkreis markiert und auch in den Wortspeicher aufgenommen. ○ Wenn Smartboard vorhanden, kann LK Fotos von den Farben machen und auf dem Smartboard zeigen. 		<ul style="list-style-type: none"> • Anleitung zum Experiment 2 (s.A.) 	

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>Zweites Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> Durchführung eines weiteren Experiments: <ul style="list-style-type: none"> In Kleingruppen leeren und spülen die SuS ihre Becher mit oranger Farbe aus. Es werden eine Anleitung und Arbeitsmaterialien ausgeteilt. Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Pappkarton). Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle den gleichen Orangeton gemischt haben. (Hinweis: Falls ein abweichender Orangeton auftritt, wird dies besprochen und auf eine fehlerhafte Eingabe oder einen nicht vollständig ausgewaschenen Becher eingegangen). Die SuS gewinnen die Erkenntnis, dass man bei gleicher Eingabe auch immer das gleiche Ergebnis erhält. 	<p>Kleingruppen</p> <p>Plenum</p>		<p>Damit die neuen Erkenntnisse verinnerlicht und weitere Zugänge ermöglicht werden, wird das Experiment mit den genauen Mengenangaben handelnd durchgeführt.</p> <p>Um die vorherige Vermutung, bei gleicher Eingabe eine gleiche Ausgabe zu erhalten, werden die neuen Ergebnisse untereinander und ggf. mit den vorherigen Ergebnissen auf einem Smartboard /an der Tafel verglichen. An dieser Stelle kann zudem auf fehlerhafte Eingaben eingegangen werden.</p> <p>Zum Schluss der Erarbeitung wird nochmals die Erkenntnis festgehalten, damit diese eindeutig hervorgeht.</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Sicherung/ Anwendung (20 min)	<ul style="list-style-type: none"> Die LK verteilt ein Arbeitsblatt, welches die Kinder in Partnerarbeit bearbeiten sollen. 	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblatt (s.A.) Lösungskarte (s.A.) Tippkarten (s.A.) 	<p>Zur Sicherung der Erkenntnisse bearbeiten die Kinder ein Arbeitsblatt.</p> <p>Zur Differenzierung können die Kinder sich Tipp- und Lösungskarten holen.</p>
Abschluss (5 min)	<ul style="list-style-type: none"> Das Arbeitsblatt wird kurz angesprochen und die Erkenntnisse der Stunde zusammengefasst. Wobei hilft uns ein Automatenmodell? Mögliche weiterführende Fragen: <ul style="list-style-type: none"> Was hast du heute gelernt? Für was könnte man ein solches Automatenmodell auch entwickeln? 	Plenum		<p>Abschließend sollen die SuS die gewonnenen Erkenntnisse reflektieren.</p>

D Forschungsinstrumente

D.1 Fragebogen zur Einschätzung des Unterrichtsentwurfes

Absicherung der Planung durch eine Grundschullehrkraft
- Fragebogen zu der geplanten Unterrichtsstunde „Farbmischautomat“

Es folgen einige Entscheidungsfragen, die sich auf unterschiedliche Aspekte der Unterrichtsplanung (Lernziele, Lernvoraussetzungen, Inhalt, Gestaltung des Unterrichts) beziehen. Mit Hilfe des Fragebogens soll der Unterrichtsentwurf weiterentwickelt werden, sodass vor der Durchführung der Unterrichtsstunde alle Fragen mit „Ja“ beantwortet werden können.

Wenn Sie eine Frage mit „Ja“ beantworten, sind aus Ihrer Sicht keine weiteren Anpassungen der Unterrichtsstunde hinsichtlich dieses Aspektes notwendig.

Wenn Sie eine Frage mit „Nein“ beantworten, dann können Sie im Textfeld unter der Frage erläutern, warum der Aspekt nicht erfüllt ist und welche Änderungen bzw. Anpassungen Sie für sinnvoll halten. Die Fragen 4 und 19 folgen nicht diesem Schema. Hier können Sie Ihre Anmerkungen direkt in das freie Feld schreiben.

1. Wurden die folgenden Lernziele passend für die Unterrichtsstunde gewählt?

Hauptlernziel: Die Schüler und Schülerinnen erlernen die zentralen Elemente eines endlichen Automatenmodells am Beispiel des Farbmischautomaten.

Teillernziele:

- Die Schüler und Schülerinnen erkennen anhand eines exemplarischen Automaten (Farbmischautomat) durch das angeleitete Experimentieren die in der Blackbox „Automat“ ablaufenden Prozesse.
- Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt.
- Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären.
- Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln.

Ja ☐ Nein ☐

2. Sind die Lernziele exakt und präzise formuliert?

Ja ☐ Nein ☐

3. Sind die Lernziele für Schüler*innen a) einer dritten b) einer vierten Klasse erreichbar?

Ja ☐

Nein ☐

4. Welche Vorkenntnisse/Vorerfahrungen sind Voraussetzung für das Erlernen des Unterrichtsinhaltes?

5. Sind nach Ihrer Einschätzung diese Lernvoraussetzungen bei Schüler*innen einer a) dritten Klasse und b) vierten Klasse gegeben?

Ja ☐

Nein ☐

6. Wird der endliche Automat in ausreichend vereinfachter Weise dargestellt und vermittelt?

Ja ☐

Nein ☐

7. Unterstützt das Experimentieren das Verständnis für die Funktionsweise des endlichen Automaten (Farbmischautomat)?

Ja ☐

Nein ☐

8. Fördern die didaktisch reduzierten Zustandsdiagramme in einer geeigneten Komplexität das Verständnis des Automatenmodells?

Ja ☐ Nein ☐

9. Sind die Erklärungen zu den Fachbegriffen ausreichend sprachlich vereinfacht? Ist ihr Einsatz sinnvoll?

Ja ☐ Nein ☐

10. Ist ein geeigneter Aufbau der Unterrichtsstunde vorgenommen worden?

Ja ☐ Nein ☐

11. Bauen die Unterrichtsphasen sinnvoll aufeinander auf?

Ja ☐ Nein ☐

12. Sind die Zeitangaben für die Unterrichtsphasen realistisch?

Ja ☐ Nein ☐

13. Erzeugt der Unterrichtseinstieg eine sachbezogene Motivation?

Ja ☐ Nein ☐

14. Unterstützen die Methoden das inhaltliche Lernen?

Ja ☐ Nein ☐

15. Sind die Arbeitsaufträge verständlich formuliert?

Ja ☐ Nein ☐

16. Ist das Arbeitsblatt verständlich gestaltet? Vertieft es und sichert es das Verständnis des Automatenmodells als Abschluss der Unterrichtsstunde?

Ja ☐ Nein ☐

17. Wird in der Unterrichtsstunde ausreichend differenziert?

Ja ☐ Nein ☐

18. Welche Änderungen würden Sie vornehmen, wenn Sie die Unterrichtsstunde durchführen würden?



19. Welche Änderungen würden Sie bei den Forschungsinstrumenten (Lehrerfragebogen Schülerfragebogen und Schülertest) vornehmen?






































D.2 Fragebogen zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen
















Liebe Schülerin, lieber Schüler,

in dem Fragebogen geht es um deine Meinung. Also sollst du ankreuzen und schreiben, was für dich gilt!

Du kannst offen und ehrlich antworten, denn niemand weiß nachher, wer den Fragebogen ausgefüllt hat.

IN DER SCHULE...	Stimmt nicht	Stimmt kaum	Weder noch	Stimmt fast	Stimmt genau
lerne ich gerne neue Dinge.					
finde ich gerne heraus, wie etwas funktioniert.					
haben wir schon öfters Experimente gemacht.					
arbeite ich gerne mit anderen Kindern zusammen.					

FARBENMISCHEN	Stimmt nicht	Stimmt kaum	Weder noch	Stimmt fast	Stimmt genau
In der Schule haben wir schon über Farben gesprochen.					
Ich kenne die Grundfarben.					
Ich weiß, dass ich eine neue Farbe aus zwei Grundfarben mischen kann.					
1. Mischt man die Farben Rot und Gelb entsteht _____ 2. Mischt man die Farben Gelb und Blau entsteht _____ 3. Mischt man die Farben Blau und Rot entsteht _____					

AUTOMATEN	Stimmt nicht	Stimmt kaum	Weder noch	Stimmt fast	Stimmt genau
Ich weiß was ein Automat ist.					
Ich habe schon einmal einen Automaten bedient.					
Ich habe schon einmal einen Farbmischautomaten gesehen.					
Kennst du noch andere Automaten? _____					

Anmerkung: Die Smiley-Skala wurde von Döring und Bortz (2016, S. 246) und die Fragebogeneinleitung aus einem Fragebogen des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (o.D.) übernommen.

D.3 Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde

Beobachtungsbogen

Ihre Anmerkungen aus diesem Fragebogen werden in die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes einfließen. Ich bitte Sie daher, wenn möglich, genaue Angaben zu alternativen Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung zu machen.

Die Fragen 1 bis 4 können während des Unterrichts beantwortet werden. Die Fragen 5 bis 8 beziehen sich auf den Kompetenzerwerb und können nach dem Unterricht beantwortet werden.

- 1) In welchen (Unterrichts-) Phasen wird von der Planung abgewichen? Sind diese Entscheidungen nachvollziehbar? Bieten sich ggfs. Handlungsalternativen an?

- 2) Gibt es Phasen, in denen eine Abweichung von der Unterrichtsplanung erforderlich gewesen wäre? Welche?

- 3) Ist das Modell des Farbmischautomaten verständlich und für die Schüler*innen nachvollziehbar?

- a) Unterstützt das Experimentieren das Verständnis für die Funktionsweise des endlichen Automaten (Farbmischautomat)?

b) Waren die Fachbegriffe und die erarbeiteten Zustandsdiagramme so reduziert, dass sie ein Verstehen des Automaten unterstützen? Haben sie die Schüler*innen über-/unterfordert?



4) Werden alle Schüler*innen im Verlauf des Unterrichts angemessen gefördert und gefordert oder hatte mehr differenziert werden müssen?



5) Konnten die Schülerinnen die angestrebten Lernziele erreichen? Wie zeigt sich dies?

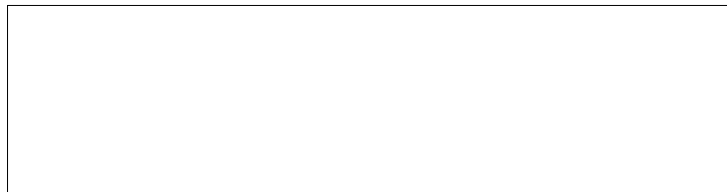
Hauptlernziel: Die Schüler und Schülerinnen erlernen die zentralen Elemente eines endlichen Automatenmodells am Beispiel des Farbmischautomaten.

Teillernziele:

- Die Schüler und Schülerinnen erkennen anhand eines exemplarischen Automaten (Farbmischautomat) durch das angeleitete Experimentieren die in der Blackbox „Automat“ ablaufenden Prozesse.
- Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt.
- Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären.
- Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln.



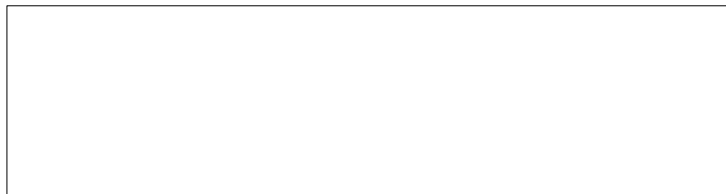
6) Wurden darüber hinaus weitere Lernziele (z.B. affektive Lernziele) erreicht? Welche?



7) Gab es Unterschiede zwischen den Schüler*innen im Erreichen der Lernziele?



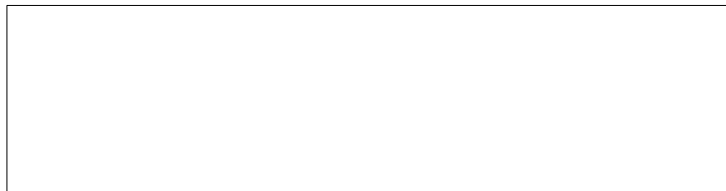
8) Haben die eingesetzten Unterrichtsformen/Methoden/Materialien und Arbeitsaufträge das Erreichen der Lernziele unterstützt?



9) Berücksichtigt der Unterricht die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen in angemessener Weise? Wenn nicht, was müsste an dem Unterricht angepasst werden, um den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen gerecht zu werden?



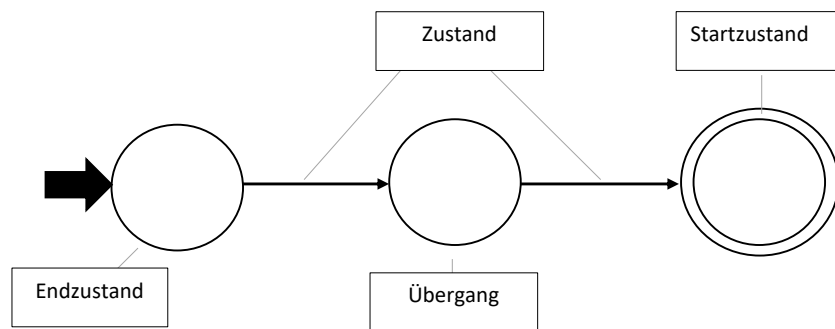
10) Welche weiteren Beobachtungen halten Sie für relevant? Wie könnten diese zu einer Anpassung der Unterrichtsplanung führen?



D.4 Test zur Lernzielerreichung

Aufgabe 1:

Bei der Beschriftung des Automatenmodells haben sich Fehler eingeschlichen. Kannst du die Fehler rot markieren und verbessern?




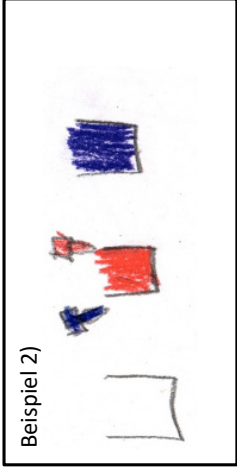
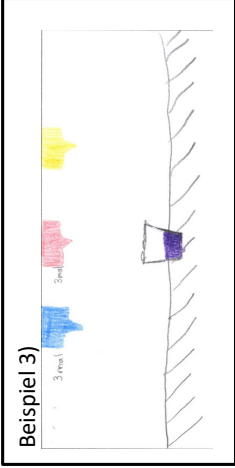
Aufgabe 2:

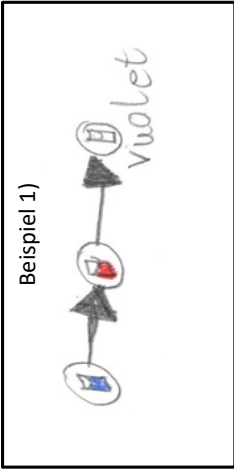
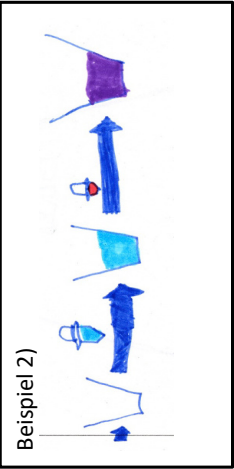
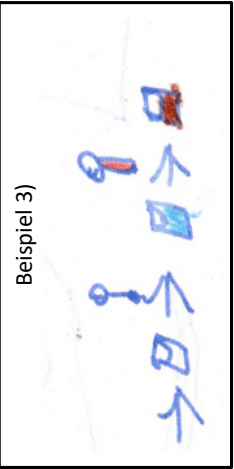
Sandra will eine neue Farbe mischen. Sie nimmt die Farben Blau und Rot. Zeichne den Ablauf im Automatenmodell.

Aufgabe 3:



Sandra mischt drei Pipetten Blau und eine Pipette Rot. Paul mischt drei Pipetten Blau und drei Pipetten Rot. Erhalten Sandra und Paul als Mischergebnis den gleichen Farbton? Begründe deine Antwort.

D.5 Bewertungsbogen Test

Aufgabe 2	Antwortkategorie	Beschreibung	Beispiele	
			Beispiel 1)	Beispiel 2)
	1. kein Automatenmodell	Alle Darstellungen, die lediglich einen Farbmischprozess veranschaulichen.		
				

	2. vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell	<p>Alle Darstellungen, die Ansätze eines Automatenmodells beinhalten, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zustände mit Kreisen • Startzustand mit zusätzlichem Pfeil • Endzustand mit Doppelkreis • Übergangspfeile 	<div> <div> <p>Beispiel 1)</p>  </div> <div> <p>Beispiel 2)</p>  </div> <div> <p>Beispiel 3)</p>  </div> </div>
--	--	---	---

	3. fehlerhaftes Automatenmodell	<p>Alle Darstellungen, die mindestens 4 der nachstehenden Elemente korrekt veranschaulichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle Zustände mit Kreisen • Startzustand mit zusätzlichem Pfeil • Endzustand mit Doppelkreis • Übergangspfeile 	<div data-bbox="411 358 646 824"> <p>Beispiel 1)</p> </div> <div data-bbox="667 358 901 824"> <p>Beispiel 2)</p> </div>
--	---------------------------------	--	---

	4. korrektes Automatenmodell	<p>Alle Darstellungen, die alle nachfolgenden Elemente korrekt veranschaulichen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Alle Zustände mit Kreisen• Startzustand mit zusätzlichem Pfeil• Endzustand mit Doppelkreis• Übergangspfeile	<div><p>Beispiel 1)</p></div> <div><p>Beispiel 2)</p></div>
Aufgabe 3	1. keine Antwort/Nicht zuordenbar		<div><p>Beispiel 1)</p><p>Sachsen Hat 3x Blau und 1x Rot das ist Valsch</p><p>Paul Hat 3x Blau und 3x Rot das ist Riedel</p></div> <div><p>Beispiel 2)</p><p>Sie haben es nicht gesehen</p></div>

2. Mischergebnis gleich	<p>Alle Schülerlösungen, die der Annahme „andere Eingabe führt zu einer gleichen Ausgabe“ folgen.</p>	<div> <div>Beispiel 1)</div> <div>Ja paul und Sandra ernten beides etwas.</div> </div> <div> <div>Beispiel 2)</div> <div>Da sie bekommen die gleichen Farben.</div> </div>
3. Mischergebnis unterschiedlich	<p>Alle Schülerlösungen, die dem Grundprinzip „gleiche Eingabe führt zu einer gleichen Ausgabe“ entsprechen</p>	<div> <div>Beispiel 1)</div> <div>Antwort: Sie erhalten nicht den gleichen Farb Weil sie nicht die gleichen Mengen der Farben reingegossen haben.</div> </div> <div> <div>Beispiel 2)</div> <div>Nur den Sie nehmen unter Schiedliche Mengen von den Farben</div> </div> <div> <div>Beispiel 3)</div> <div>Nur Paul bekommt eine dunkle Farbe weil er mehr rot rein gemacht hat.</div> </div>

E. Einschätzung einer Grundschullehrkraft

E.1 Ausgefüllter Fragebogen zur Einschätzung des Unterrichtsentwurfes

Fragebogen zu der geplanten Unterrichtsstunde „Farbmischautomat“

Es folgen einige Entscheidungsfragen, die sich auf unterschiedliche Aspekte der Unterrichtsplanung (Lernziele, Lernvoraussetzungen, Inhalt, Gestaltung des Unterrichts) beziehen. Mit Hilfe des Fragebogens soll der Unterrichtsentwurf weiterentwickelt werden, sodass vor der Durchführung der Unterrichtsstunde alle Fragen mit „Ja“ beantwortet werden können.

Wenn Sie eine Frage mit „Ja“ beantworten, sind aus Ihrer Sicht keine weiteren Anpassungen der Unterrichtsstunde hinsichtlich dieses Aspektes notwendig.

Wenn Sie eine Frage mit „Nein“ beantworten, dann können Sie im Textfeld unter der Frage erläutern, warum der Aspekt nicht erfüllt ist und welche Änderungen bzw. Anpassungen Sie für sinnvoll halten. Die Fragen 4 und 19 folgen nicht diesem Schema. Hier können Sie Ihre Anmerkungen direkt in das freie Feld schreiben.

1. Wurden die folgenden Lernziele passend für die Unterrichtsstunde gewählt?

Hauptlernziel: Die Schüler und Schülerinnen erlernen die zentralen Elemente eines endlichen Automatenmodells am Beispiel des Farbmischautomaten.

Teillernziele:

- Die Schüler und Schülerinnen erkennen anhand eines exemplarischen Automaten (Farbmischautomat) durch das angeleitete Experimentieren die in der Blackbox „Automat“ ablaufenden Prozesse.
- Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt.
- Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären.
- Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln.

Ja ☒ Nein ☐

2. Sind die Lernziele exakt und präzise formuliert?

Ja ☒ Nein ☐

3. Sind die Lernziele für Schüler*innen a) einer dritten b) einer vierten Klasse erreichbar?

Ja ☒ Nein ☐

Die Lernziele sind in beiden Klassenstufen zu erreichen. Es wird aber unabhängig von der Klassenstufe Kinder geben, die die Lernziele nicht oder nur teilweise erreichen werden.

4. Welche Vorkenntnisse/Vorerfahrungen sind Voraussetzung für das Erlernen des Unterrichtsinhaltes?

Die Kinder müssen wissen, was ein Farbmischautomat im Malergeschäft ist und macht. Weiterhin sollte ihnen die Bedeutung und Notwendigkeit eines solchen Automaten bewusst sein.

5. Sind nach Ihrer Einschätzung diese Lernvoraussetzungen bei Schüler*innen einer a) dritten Klasse und b) vierten Klasse gegeben?

Ja ☐ Nein ☒

Mit Bezug auf den Farbmischautomat nicht. Die meisten Kinder werden nicht wissen was ein Farbmischautomat ist und was er macht.

6. Wird der endliche Automat in ausreichend vereinfachter Weise dargestellt und vermittelt?

Ja ☒ Nein ☐

7. Unterstützt das Experimentieren das Verständnis für die Funktionsweise des endlichen Automaten (Farbmischautomat)?

Ja ☒ Nein ☐

8. Fördern die didaktisch reduzierten Zustandsdiagramme in einer geeigneten Komplexität das Verständnis des Automatenmodells?

Ja ☐ Nein ☐

Für leistungsstarke Kinder ja, bei leistungsschwächeren Kindern bin ich mir nicht sicher.

9. Sind die Erklärungen zu den Fachbegriffen ausreichend sprachlich vereinfacht? Ist ihr Einsatz sinnvoll?

Ja ☐ Nein ☒

Ich finde die Begriffe (Zustand, Übergang usw.) sehr abstrakt, weiß allerdings auch keine anderen Begriffe.

10. Ist ein geeigneter Aufbau der Unterrichtsstunde vorgenommen worden?

Ja ☒ Nein ☐

11. Bauen die Unterrichtsphasen sinnvoll aufeinander auf?

Ja ☒ Nein ☐

12. Sind die Zeitangaben für die Unterrichtsphasen realistisch?

Ja ☐ Nein ☐

Es gibt bestimmt Kinder, die das Arbeitsblatt schneller bearbeitet haben. Hast du für diese Kinder einen Puffer?
Wie lange die Kinder für die Experimente brauchen, ist schwer einzuschätzen.

13. Erzeugt der Unterrichtseinstieg eine sachbezogene Motivation?

Ja ☒ Nein ☐

14. Unterstützen die Methoden das inhaltliche Lernen?

Ja ☒ Nein ☐

15. Sind die Arbeitsaufträge verständlich formuliert?

Ja ☒ Nein ☐

16. Ist das Arbeitsblatt verständlich gestaltet? Vertieft es und sichert es das Verständnis des Automatenmodells als Abschluss der Unterrichtsstunde?

Ja ☒ Nein ☐

17. Wird in der Unterrichtsstunde ausreichend differenziert?

Ja ☒ Nein ☐

Die Differenzierung beim Arbeitsblatt ist ausreichend.

18. Welche Änderungen würden Sie vornehmen, wenn Sie die Unterrichtsstunde durchführen würden?

Ich würde mir überlegen, welches „Bechermaterial“ ich geben würde, um zu viele umkippende Becher zu vermeiden.

19. Welche Änderungen würden Sie bei den Forschungsinstrumenten (Lehrerfragebogen, Schülerfragebogen und Schülertest) vornehmen?

Schülertest ist ok, nicht allzu schwer.
Lehrerfragebogen beinhaltet alles Wichtige.

E.2 Überarbeiteter Verlaufsplan

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Einstieg (10 min)	<p>Der Farbmischautomat – Eine Black Box</p> <ul style="list-style-type: none"> Ein aus Pappe gebastelter „Automat“ wird in den Raum gestellt. In dem Automat befinden sich bereits jeweils mit rot und gelber Flüssigkeit befüllte Plastikbecher. Nur die Vorderseite des Automaten ist für die SuS sichtbar. Die LK führt ein Experiment durch: <ul style="list-style-type: none"> „Ich habe euch heute einen Farbmischautomaten wie im Malergeschäft mitgebracht.“ Ein transparenter Plastikbecher wird für die SuS sichtbar in den Automaten gestellt. Die LK gibt verdeckt rote und gelbe gefärbte Flüssigkeit in den Becher. Anschließend holt sie den Becher mit oranger Flüssigkeit raus. Die SuS äußern ihre Beobachtungen und Vermutungen. Durch die Lenkung der LK: <ul style="list-style-type: none"> Zusammen mit den SuS wird erarbeitet, dass Automaten selbstständig Aufgaben erledigen, aber die Verarbeitung eine Black Box ist. 	Lehrkraftgeleitetes Gespräch im Plenum (z.B. Theaterkreis)	<ul style="list-style-type: none"> Gebastelter Automat aus Karton durchsichtige Plastikbecher/ Gläser durchsichtige Plastikbecher/Gläser mit gelb und rot gefärbter Flüssigkeit 	<p>Durch ein Experiment wird das Interesse für die Funktionsweise eines Automaten geweckt. Mit Hilfe der anschließenden Beschreibung üben die Kinder die Versprachlichung von Beobachtungen. Zudem wird ihnen so bewusst, dass das Automatenmodell aus einer Black Box besteht.</p> <p>Basierend auf dieser Erkenntnis, wird das Stundenziel formuliert. Zur Orientierung</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>Gruppe eine Anleitung und Arbeitsmaterialien ausgeteilt.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Pappkarton). Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle einen unterschiedlichen Orangeton gemischt haben. <ul style="list-style-type: none"> Die LK fragt: „Wie wäre das, wenn der Farbmischautomat im Malergeschäft jedes Mal einen anderen Farbton mischt?“ SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass man die Farbe erhalten möchte, die man sich vorher auf der Farbskala ausgesucht hat. 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Pro Gruppe: Anleitung zum ersten Experiment, zwei durchsichtige Plastikbecher mit gelbem und rotem Wasser, leerer durchsichtiger Plastikbecher, Handtuch Hinweis für die LK: Die LK sollte in einem großen Gefäß gelb und rot gefärbtes Wasser mit Wasserfarben anmischen und jeder Gruppe daraus etwas abfüllen 	<p>Kinder ihre motorischen Fähigkeiten einsetzen und das Automatenmodell kann erprobt werden.</p> <p>Nach Beobachtung der unterschiedlichen Farbtöne, verweist die LK auf die Notwendigkeit einheitlicher Eingaben in einen Automaten.</p>
	<p>Erarbeitung des Automatenmodells</p> <ul style="list-style-type: none"> Die LK fragt: „Wie kann der Automat immer die gleiche Farbe mischen?“ <ul style="list-style-type: none"> SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass immer gleich viel Grundfarbe benötigt wird, z.B. in Form von Pipettenanzahl. 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Symbole für das Automatenmodell (s.A. Tafelbild 2) Wortspeicher (s.A.) 	<p>Das Automatenmodell wird im Anschluss mithilfe von Fachbegriffen formal eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten.</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<ul style="list-style-type: none"> ○ SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass Automaten immer ganz genaue Anweisungen brauchen. • LK überträgt genaue Anweisung (Pipettenanzahl) zur Farbmischung in das Automatenmodell an der Tafel (s.A. Tafelbild 2). • Die LK erläutert, dass es sich bei dieser Beschreibung um ein Automatenmodell handelt, also um ein Modell, welches die Funktionsweise eines Automaten beschreibt. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Begriffe „Zustand“ und „Übergang“ werden eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten. ○ Danach werden Start- und Endzustand mit Pfeil bzw. Doppelkreis markiert und auch in den Wortspeicher aufgenommen. ○ Wenn Smartboard vorhanden, kann LK Fotos von den Farben machen und auf dem Smartboard zeigen. 		<ul style="list-style-type: none"> • Wenn Smartboard vorhanden: Handy, Tablet oder Kamera 	

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>Zweites Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> Durchführung eines weiteren Experiments: <ul style="list-style-type: none"> In Kleingruppen leeren und spülen die SuS ihre Becher mit oranger Farbe aus. Es werden eine Anleitung und Arbeitsmaterialien ausgeteilt. Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Pappkarton). Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle den gleichen Orangeton gemischt haben. (Hinweis: Falls ein abweichender Orangeton auftritt, wird dies besprochen und auf eine fehlerhafte Eingabe oder einen nicht vollständig ausgewaschenen Becher eingegangen). Die SuS gewinnen die Erkenntnis, dass man bei gleicher Eingabe auch immer das gleiche Ergebnis erhält. 	<p>Kleingruppen</p> <p>Plenum</p>	<ul style="list-style-type: none"> Anleitung zum Experiment 2 (s.A.) 	<p>Damit die neuen Erkenntnisse verinnerlicht und weitere Zugänge ermöglicht werden, wird das Experiment mit den genauen Mengenangaben handelnd durchgeführt.</p> <p>Um die vorherige Vermutung, bei gleicher Eingabe eine gleiche Ausgabe zu erhalten, werden die neuen Ergebnisse untereinander und ggf. mit den vorherigen Ergebnissen auf einem Smartboard /an der Tafel verglichen.</p> <p>An dieser Stelle kann zudem auf fehlerhafte Eingaben eingegangen werden.</p> <p>Zum Schluss der Erarbeitung wird nochmals die Erkenntnis festgehalten, damit diese eindeutig hervorgeht.</p>

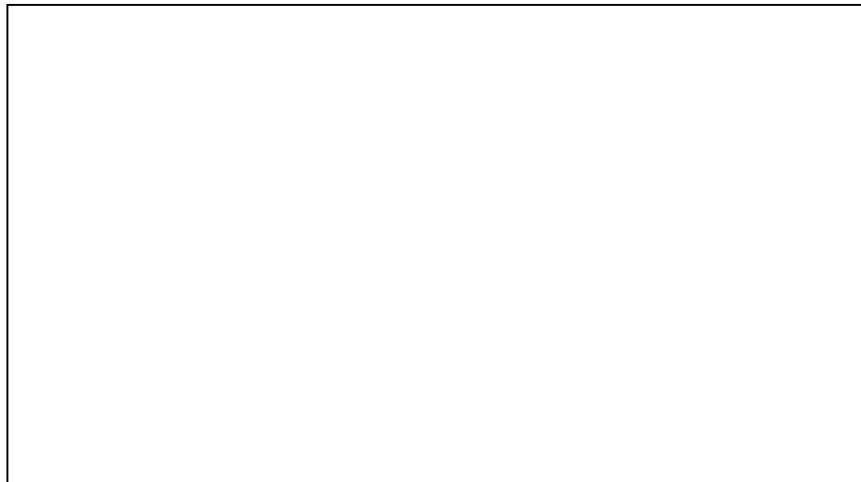
Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Sicherung/ Anwendung (20 min)	<ul style="list-style-type: none"> Die LK verteilt ein Arbeitsblatt, welches die Kinder in Partnerarbeit bearbeiten sollen. Die LK verweist auf zusätzliches Arbeitsblatt II. 	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblatt Stunde 1 (s.A.) Lösungskarte Stunde 1 (s.A.) Tippkarten Stunde 1 (s.A.) Arbeitsblatt II Lösungskarte Arbeitsblatt II Tippkarte Arbeitsblatt II 	<p>Zur Sicherung der Erkenntnisse bearbeiten die Kinder ein Arbeitsblatt.</p> <p>Zur Differenzierung können die Kinder sich Tipp- und Lösungskarten holen.</p> <p>Auch entwickeln leistungsstärkere SuS eigenständig ein komplexeres, erweitertes Automatenmodell (Arbeitsblatt II)</p>
Abschluss (5 min)	<ul style="list-style-type: none"> Das Arbeitsblatt wird kurz angesprochen und die Erkenntnisse der Stunde zusammengefasst. Wobei hilft uns ein Automatenmodell? Mögliche weiterführende Fragen: <ul style="list-style-type: none"> Was hast du heute gelernt? Für was könnte man ein solches Automatenmodell auch entwickeln? 	Plenum		<p>Abschließend sollen die SuS die gewonnenen Erkenntnisse reflektieren.</p>

E.3 Überarbeitete Unterrichtsmaterialien

E.3.1 Arbeitsblatt II

Forschfrage: Wie funktioniert ein Automat?
Arbeitsblatt 2

Ein Farbmischautomat kann nicht nur die Farbe Grün mischen, sondern auch die Farbe Orange. Zeichne den Ablauf im Automatenmodell.



Tippkarte 1

Welche Farben brauchst du,
um die Farben Grün und
Orange zu mischen?

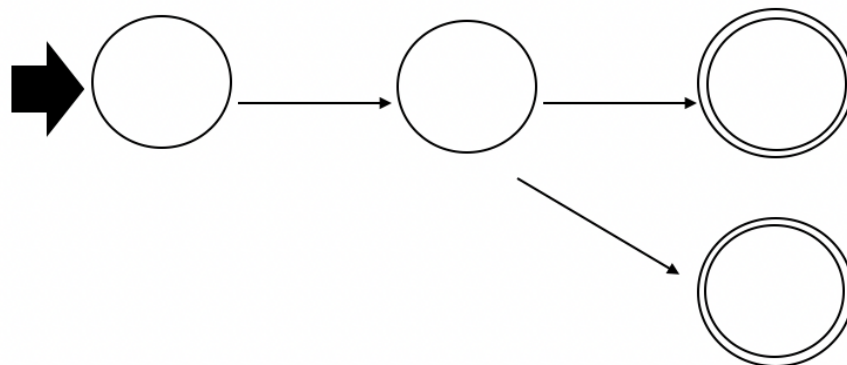
Tippkarte 2

Überlege: Welche Farbe ist
beim Mischen der Farbe
Grün und Orange gleich?

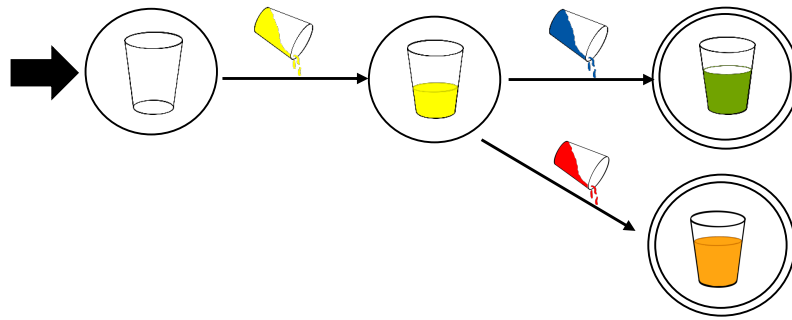
Tippkarte 3

Male das Bild aus Arbeitsblatt 1) ab. Was musst du ergänzen, damit der Automat die Farbe Orange mischt?

Tippkarte 4



E.3.3 Arbeitsblatt II – Lösungskarte



F Erste Unterrichtserprobung

F.1 Auswertung des Fragebogens zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen

	Auswertung Fragebogen zur Erfassung der Lernvoraussetzungen				
	ZYKLUS II				
	Klassenstufe 3				
		Klasse A - Schülerzahl 19		Klasse B - Schülerzahl 23	
	Kategorien	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
In der Schule...					
1. lerne ich gerne neue Dinge.	Stimmt genau	11	57,89	20	86,96
	Stimmt fast	5	26,32	2	8,70
	Weder noch	2	10,53	0	0,00
	Stimmt kaum	0	0,00	1	4,35
	Stimmt nicht	1	5,26	0	0,00
2. finde ich gerne heraus, wie etwas funktioniert.	Stimmt genau	6	31,58	15	65,22
	Stimmt fast	10	52,63	3	13,04
	Weder noch	2	10,53	2	8,70
	Stimmt kaum	0	0,00	0	0,00
	Stimmt nicht	1	5,26	3	13,04
3. haben wir schon öfters Experimente gemacht.	Stimmt genau	2	10,53	5	21,74
	Stimmt fast	2	10,53	6	26,09
	Weder noch	0	0,00	3	13,04
	Stimmt kaum	3	15,79	3	13,04
	Stimmt nicht	12	63,16	6	26,09
4. arbeite ich gerne mit anderen Kindern zusammen.	Stimmt genau	15	78,95	15	65,22
	Stimmt fast	3	15,79	6	26,09
	Weder noch	1	5,26	1	4,35
	Stimmt kaum	0	0,00	1	4,35
	Stimmt nicht	0	0,00	0	0,00
Farbenmischen					
5. In der Schule haben wir schon über Farben gesprochen.	Stimmt genau	18	94,74	21	91,30
	Stimmt fast	0	0,00	0	0,00
	Weder noch	0	0,00	1	4,35
	Stimmt kaum	0	0,00	0	0,00
	Stimmt nicht	1	5,26	1	4,35
6. Ich kenne die Grundfarben.	Stimmt genau	4	21,05	21	91,30
	Stimmt fast	7	36,84	1	4,35
	Weder noch	3	15,79	1	4,35
	Stimmt kaum	2	10,53	0	0,00
	Stimmt nicht	3	15,79	0	0,00
7. Ich weiß, dass ich eine neue Farbe aus zwei Grundfarben mischen kann.	Stimmt genau	14	73,68	19	82,61
	Stimmt fast	1	5,26	2	8,70
	Weder noch	3	15,79	1	4,35
	Stimmt kaum	0	0,00	0	0,00
	Stimmt nicht	1	5,26	1	4,35
8. Mischt man die Farben Rot und Gelb, entsteht __?	Orange	16	84,21	17	73,91
9. Mischt man die Farbe Gelb und Blau, entsteht __?	Grün	14	73,68	21	91,30
10. Mischt man die Farben Blau und Rot, entsteht __?	Violett	18	94,74	19	82,61
Automaten					
11. Ich weiß, was ein Automat ist.	Stimmt genau	17	89,47	17	73,91
	Stimmt fast	1	5,26	2	8,70
	Weder noch	0	0,00	2	8,70
	Stimmt kaum	0	0,00	0	0,00
	Stimmt nicht	1	5,26	2	8,70
12. Ich habe schon einmal einen Automaten bedient.	Stimmt genau	15	78,95	15	65,22
	Stimmt fast	2	10,53	2	8,70
	Weder noch	1	5,26	2	8,70
	Stimmt kaum	0	0,00	1	4,35
	Stimmt nicht	1	5,26	3	13,04
13. Ich habe schon einmal einen Farbmischautomat gesehen.	Stimmt genau	6	31,58	3	13,04
	Stimmt fast	0	0,00	2	8,70
	Weder noch	1	5,26	2	8,70
	Stimmt kaum	1	5,26	1	4,35
	Stimmt nicht	11	57,89	15	65,22
14. Kennst du noch andere Automaten?	Keine Angabe	1	5,26	11	47,83
	Ja	18	94,74	13	56,52
	Genannte Automaten:	39		18	
	Lebensmittelautomat (z.B. Getränkeautomat und Kaugummiautomat)	16		6	
	Spielzeugautomat (z.B. Flummiautomat und Greifarmautomaten)	14		6	
	Spielautomat	2		2	
	Geldautomat	5		3	
	Sonstige (z.B. Maskenautomat und Zigarettensautomat)	2		1	

F.2 Ausgefüllter Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde (Lehrkraft A und Lehrkraft B)

Beobachtungsbogen

Ihre Anmerkungen aus diesem Fragebogen werden in die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes einfließen. Ich bitte Sie daher, wenn möglich, genaue Angaben zu alternativen Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung zu machen.

Die Fragen 1 bis 4 können während des Unterrichts beantwortet werden. Die Fragen 5 bis 8 beziehen sich auf den Kompetenzerwerb und können nach dem Unterricht beantwortet werden.

- 1) In welchen (Unterrichts-) Phasen wird von der Planung abgewichen? Sind diese Entscheidungen nachvollziehbar? Bieten sich ggfs. Handlungsalternativen an?

- 2) Gibt es Phasen, in denen eine Abweichung von der Unterrichtsplanung erforderlich gewesen wäre? Welche?

- 3) Ist das Modell des Farbmischautomaten verständlich und für die Schülerinnen nachvollziehbar?

Lehrkraft A

- Es war sicherlich hilfreich, dass die Kinder im Kunstunterricht zuvor selbst Farben mischen mussten und sie daher schon wussten was passiert, wenn bestimmte Farben gemischt werden.
- Ansonsten hätte es sicherlich geholfen das Experiment im Papp-Automaten nochmal zu wiederholen.

Lehrkraft B

- Ja

- a) Unterstützt das Experimentieren das Verständnis für die Funktionsweise des endlichen Automaten (Farbmischautomat)?

Lehrkraft A

- Das Experimentieren weckt die Aufmerksamkeit der Kinder.
- Es veranschaulicht den Kindern was passiert.
- Nochmal deutlicher sagen, dass sie der Anleitung wirklich folgen müssen (3x) (ergänzende mündliche Anmerkung der Lehrkraft: Pipetten Experiment gemeinsam durchführen).

b) Waren die Fachbegriffe und die erarbeiteten Zustandsdiagramme so reduziert, dass sie ein Verstehen des Automaten unterstützen? Haben sie die Schüler*innen über-/unterfordert?

Lehrkraft A

- Gut veranschaulicht durch Abbildungen an der Tafel.
- Wegen der Theorie auf jeden Fall nur für 3.-4. Klasse geeignet.
- Bei manchen Kindern schwindet die Konzentration
- Begriffe mit Pfeilen an das Tafelbild
- *Ergänzende mündliche Anmerkung der Lehrkraft: Die Begriffe wären sicherlich auch einfacher für Kinder, wenn sie mehrmals besprochen werden.*

Lehrkraft B

- Fachbegriffe schwer zu verstehen (→ Kinder eher überfordert)
- Tafelbild mit Fachbegriffen (Schilder)

4) Werden alle Schüler*innen im Verlauf des Unterrichts angemessen gefördert und gefordert oder hatte mehr differenziert werden müssen?

Lehrkraft B

- Mehr differenzieren
- Beim Benennen des Wortes „Pipette“ diese auch zeigen, nicht jeder kennt eine Pipette).

5) Konnten die Schüler*innen die angestrebten Lernziele erreichen? Wie zeigt sich dies?

Hauptlernziel: Die Schüler und Schülerinnen erlernen die zentralen Elemente eines endlichen Automatenmodells am Beispiel des Farbmischautomaten.

Teillernziele:

- Die Schüler und Schülerinnen erkennen anhand eines exemplarischen Automaten (Farbmischautomat) durch das angeleitete Experimentieren die in der Black Box „Automat“ ablaufenden Prozesse.
- Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt.
- Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären.
- Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln.

Lehrkraft A

- Ja

- 6) Wurden darüber hinaus weitere Lernziele (z.B. affektive Lernziele) erreicht? Welche?

- 7) Gab es Unterschiede zwischen den Schüler*innen im Erreichen der Lernziele?

Lehrkraft A

- Ja, weil Kinder alle unterschiedliche Lernvoraussetzungen und Fähigkeiten haben.

Lehrkraft B

- Ja, unterschiedliches Verständnis.
- Voraussetzung Farbenlehre muss gegeben sein.

- 8) Haben die eingesetzten Unterrichtsformen/Methoden/Materialien und Arbeitsaufträge das Erreichen der Lernziele unterstützt?

Lehrkraft A

- AB vorher durchsprechen
- Begriffe für Aufgabe 1 dazuschreiben
- Viele Tippkarten (vielleicht eher an Tafel)
- *Ergänzende mündliche Anmerkung der Lehrkraft: Pfeile deutlicher im AB (Übergang)*

Lehrkraft B

- AB 1: nicht ganz verständlich (Bild ist unverständlich und sollte wie an der Tafel mit Bechern ergänzt werden)

- 9) Berücksichtigt der Unterricht die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen in angemessener Weise? Wenn nicht, was müsste an dem Unterricht angepasst werden, um den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen gerecht zu werden?

Lehrkraft A

- Verständnis für Farbenmischen muss vorher da sein.
- Begriffe für Ablauf nochmal in groß vorne an die Tafel.

- 10) Welche weiteren Beobachtungen halten Sie für relevant? Wie könnten diese zu einer Anpassung der Unterrichtsplanung führen?

Lehrkraft A

- AB optimieren
- Begriffe einmal an der Tafel von Kindern dem Ablauf zuordnen lassen (→ AB fällt dann leichter)

Lehrkraft B

- Tippkarten sind zu klein und unübersichtlich

F.3 Auswertung des Tests zur Lernzielerreichung

Auswertung Fragebogen zur Erfassung der Lernzielerreichung						
ZYKLUS II						
Klassenstufe 3						
	Kategorien	Klasse A - Schülerzahl 22		Klasse B - Schülerzahl 22		
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
Aufgabe 1						
Korrigierte Fachbegriffe	0 von 4	1	4,55	11	50,00	
	1 von 4	1	4,55	0	0,00	
	2 von 4	8	36,36	2	9,09	
	3 von 4	0	0,00	0	0,00	
	4 von 4	12	54,55	9	40,91	
Aufgabe 2						
	Kein Automatenmodell	8	36,36	10	45,45	
	Vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell	11	50,00	2	9,09	
	Fehlerhaftes Automatenmodell	2	9,09	7	31,82	
	korrektes Automatenmodell	1	4,55	3	13,64	
Aufgabe 3						
	Nicht zuordenbar/keine Antwort	6	27,27	6	27,27	
	Mischergebnis gleich	7	31,82	1	4,55	
	Mischergebnis unterschiedlich	9	40,91	15	68,18	

F.4 Überarbeiteter Verlaufsplan

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Einstieg (10 min)	<p>Der Farbmischautomat – Eine Black Box</p> <ul style="list-style-type: none"> Ein aus Pappe gebastelter „Automat“ wird in den Raum gestellt. In dem Automat befinden sich bereits jeweils mit rot und gelber Flüssigkeit befüllte Plastikbecher. Nur die Vorderseite des Automaten ist für die SuS sichtbar. Die LK führt ein Experiment durch: <ul style="list-style-type: none"> „Ich habe euch heute einen Farbmischautomaten wie im Malergeschäft mitgebracht.“ Ein transparenter Plastikbecher wird für die SuS sichtbar in den Automaten gestellt. Die LK gibt verdeckt rote und gelbe gefärbte Flüssigkeit in den Becher. Anschließend holt sie den Becher mit oranger Flüssigkeit raus. Die SuS äußern ihre Beobachtungen und Vermutungen. Durch die Lenkung der LK: <ul style="list-style-type: none"> Zusammen mit den SuS wird erarbeitet, dass Automaten selbstständig Aufgaben erledigen, aber die Verarbeitung eine Black Box ist. 	Lehrkraftgeleitetes Gespräch im Plenum (z.B. Theaterkreis)	<ul style="list-style-type: none"> Gebastelter Automat aus Karton durchsichtige Plastikbecher/ Gläser durchsichtige Plastikbecher/Gläser mit gelb und rot gefärbter Flüssigkeit 	<p>Durch ein Experiment wird das Interesse für die Funktionsweise eines Automaten geweckt. Mit Hilfe der anschließenden Beschreibung üben die Kinder die Versprachlichung von Beobachtungen. Zudem wird ihnen so bewusst, dass das Automatenmodell aus einer Black Box besteht.</p> <p>Basierend auf dieser Erkenntnis, wird das Stundenziel formuliert. Zur Orientierung</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>Gruppe eine Anleitung und Arbeitsmaterialien ausgeteilt.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Pappkarton). Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle einen unterschiedlichen Orangeton gemischt haben. <ul style="list-style-type: none"> Die LK fragt: „Wie wäre das, wenn der Farbmischautomat im Malergeschäft jedes Mal einen anderen Farbton mischt?“ SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass man die Farbe erhalten möchte, die man sich vorher auf der Farbskala ausgesucht hat. 	Plenum	<p>durchsichtige Plastikbecher mit gelbem und rotem Wasser, leerer durchsichtiger Plastikbecher, Handtuch</p> <ul style="list-style-type: none"> Hinweis für die LK: Die LK sollte in einem großen Gefäß gelb und rot gefärbtes Wasser mit Wasserfarben anmischen und jeder Gruppe daraus etwas abfüllen 	<p>Kinder ihre motorischen Fähigkeiten einsetzen und das Automatenmodell kann erprobt werden.</p> <p>Nach Beobachtung der unterschiedlichen Farbtöne, verweist die LK auf die Notwendigkeit einheitlicher Eingaben in einen Automaten.</p>
	<p>Erarbeitung des Automatenmodells</p> <ul style="list-style-type: none"> Die LK fragt: „Wie kann der Automat immer die gleiche Farbe mischen?“ <ul style="list-style-type: none"> SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass immer gleich viel Grundfarbe benötigt wird, z.B. in 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Symbole für das Automatenmodell (s.A.) Tafelbild 2) Wortspeicher (s.A.) Begriffskarten für das Automatenmodell 	<p>Das Automatenmodell wird im Anschluss mithilfe von Fachbegriffen formal eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten.</p>

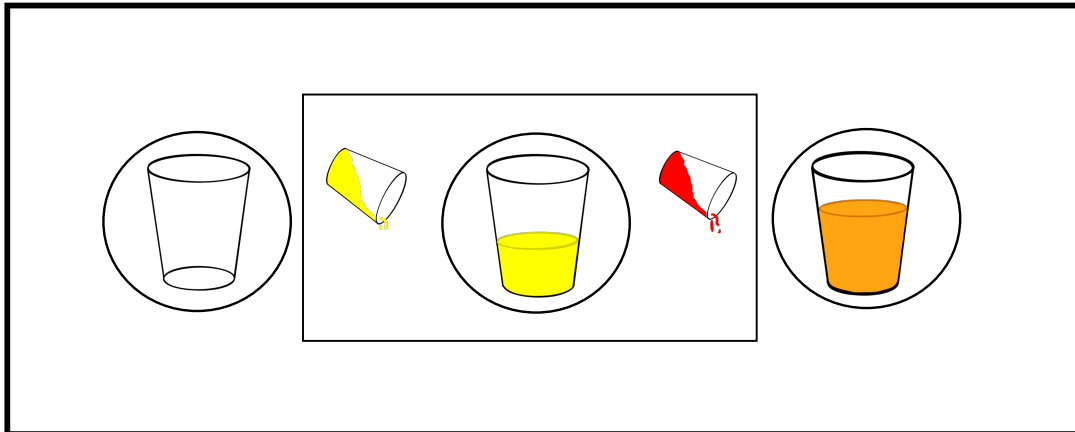
Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>Form von Pipettenanzahl (LK zeigt Pipetten)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass Automaten immer ganz genaue Anweisungen brauchen. • LK überträgt genaue Anweisung (Pipettenanzahl) zur Farbmischung in das Automatenmodell an der Tafel (s.A. Tafelbild 2). • Die LK erläutert, dass es sich bei dieser Beschreibung um ein Automatenmodell handelt, also um ein Modell, welches die Funktionsweise eines Automaten beschreibt. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Begriffe „Zustand“ und „Übergang“ werden eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten. ○ Danach werden Start- und Endzustand mit Pfeil bzw. Doppelkreis markiert und auch in den Wortspeicher aufgenommen. ○ SuS ordnen die Begriffskarten dem Tafelbild zu. ○ Wenn Smartboard vorhanden, kann LK Fotos von den Farben 		<ul style="list-style-type: none"> • Wenn Smartboard vorhanden: Handy, Tablet oder Kamera 	

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>machen und auf dem Smartboard zeigen.</p> <p>Zweites Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> Durchführung eines weiteren Experiments: <ul style="list-style-type: none"> In Kleingruppen leeren und spülen die SuS ihre Becher mit oranger Farbe aus. Es werden eine Anleitung und Arbeitsmaterialien ausgeteilt und gemeinsam besprochen bzw. beispielhaft vorgezeigt. Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Pappkarton). Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle den gleichen Orangeton gemischt haben. (Hinweis: Falls ein abweichender Orangeton auftritt, wird dies besprochen und auf eine fehlerhafte Eingabe oder einen nicht vollständig ausgewaschenen Becher eingegangen). 	<p>Kleingruppen</p> <p>Plenum</p>	<ul style="list-style-type: none"> Anleitung zum Experiment 2 (s.A.) 	<p>Damit die neuen Erkenntnisse verinnerlicht und weitere Zugänge ermöglicht werden, wird das Experiment mit den genauen Mengenangaben handelnd durchgeführt. Um die vorherige Vermutung, bei gleicher Eingabe eine gleiche Ausgabe zu erhalten, werden die neuen Ergebnisse untereinander und ggf. mit den vorherigen Ergebnissen auf einem Smartboard /an der Tafel verglichen. An dieser Stelle kann zudem auf fehlerhafte Eingaben eingegangen werden.</p> <p>Zum Schluss der Erarbeitung wird nochmals die Erkenntnis festgehalten, damit diese eindeutig hervorgeht.</p>

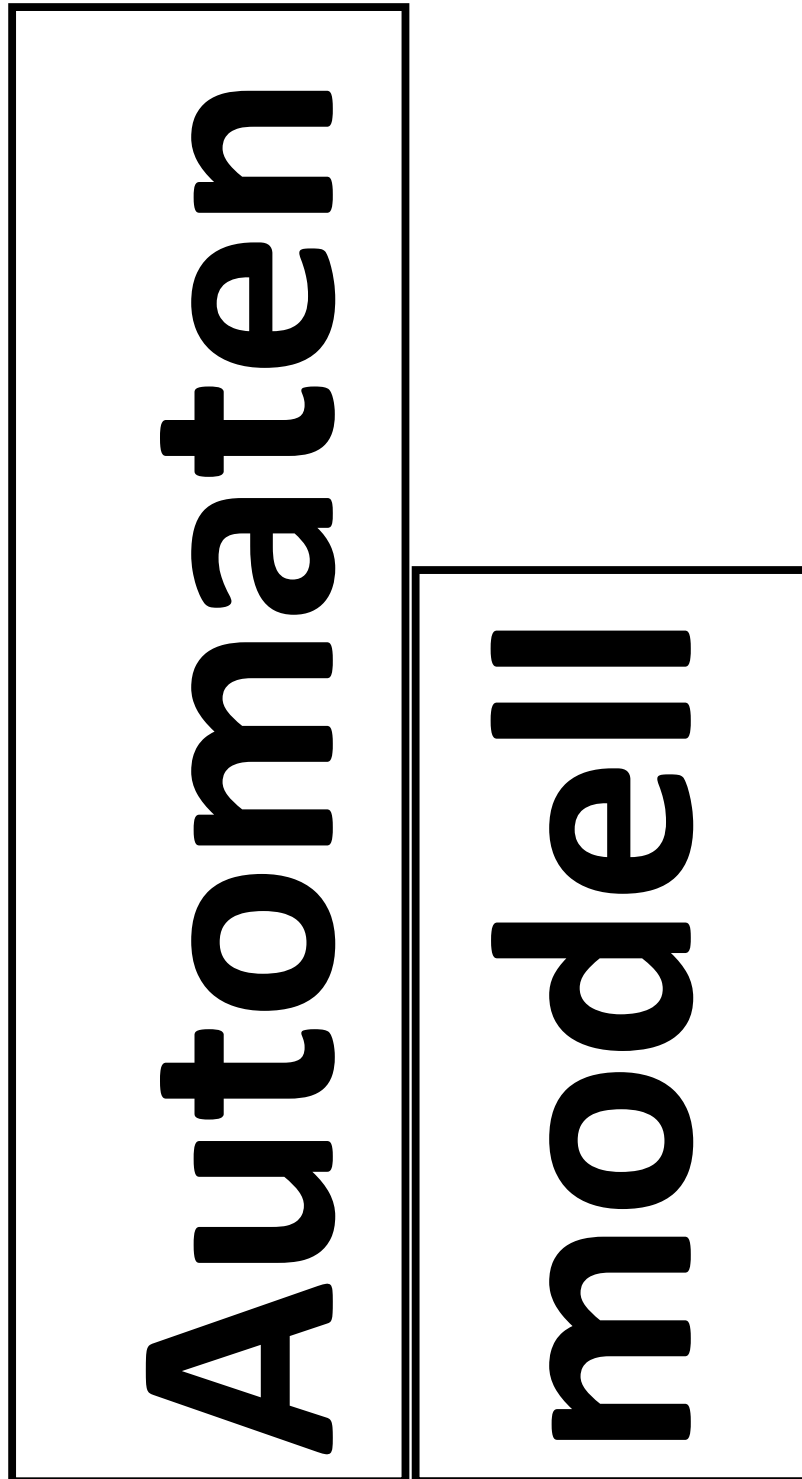
Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<ul style="list-style-type: none"> Die SuS gewinnen die Erkenntnis, dass man bei gleicher Eingabe auch immer das gleiche Ergebnis erhält. 			
Sicherung/ Anwendung (20 min)	<ul style="list-style-type: none"> Die LK verteilt ein Arbeitsblatt, welches die Kinder in Partnerarbeit bearbeiten sollen. Die LK verweist auf zusätzliches Arbeitsblatt II. Die LK verweist auf Tippkarten an der Tafel. 	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblatt Stunde 1 (s.A.) Lösungskarte Stunde 1 (s.A.) Tippkarten Stunde 1 (s.A.) Arbeitsblatt II Lösungskarte Arbeitsblatt II Tippkarte Arbeitsblatt II 	<p>Zur Sicherung der Erkenntnisse bearbeiten die Kinder ein Arbeitsblatt.</p> <p>Zur Differenzierung können die Kinder sich Tipp- und Lösungskarten holen.</p> <p>Auch entwickeln leistungstärkere SuS eigenständig ein komplexeres, erweitertes Automatenmodell (Arbeitsblatt II)</p>
Abschluss (5 min)	<ul style="list-style-type: none"> Das Arbeitsblatt wird kurz angesprochen und die Erkenntnisse der Stunde zusammengefasst. Wobei hilft uns ein Automatenmodell? Mögliche weiterführende Fragen: <ul style="list-style-type: none"> Was hast du heute gelernt? Für was könnte man ein solches Automatenmodell auch entwickeln? 	Plenum		Abschließend sollen die SuS die gewonnenen Erkenntnisse reflektieren.

F.5 Überarbeitete Unterrichtsmaterialien

F.5.1 Überarbeitetes Tafelbild 1 (Automatenmodell zum ersten Experiment)



F.5.2 Begriffskarten für das Automatenmodell



Übergang

Übergang

Zustand

Startzustand

Endzustand

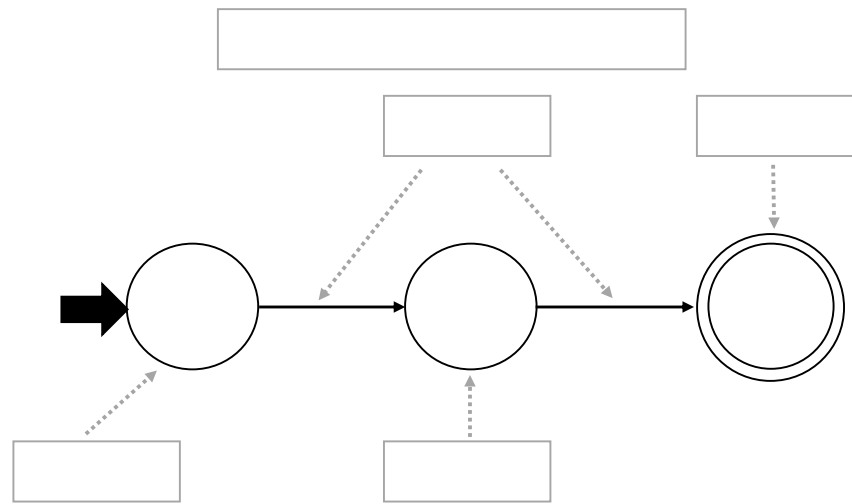
F.5.3 Überarbeitetes Arbeitsblatt I

Forschfrage: Wie funktioniert ein Automat?

Aufgabe 1:

Ordne die folgenden Wörter in die Kästen ein:

Automatenmodell · Übergang · Zustand · Startzustand · Endzustand



Aufgabe 2:



Tim und Lina wollen auch Farben mischen. Sie nehmen blau und gelb. Zeichne den Ablauf im Automatenmodell. Beschreibe deinem Partner, was die Kinder machen müssen.

A large, empty rectangular box with a black border, intended for drawing the process of mixing colors and describing the steps to a partner.

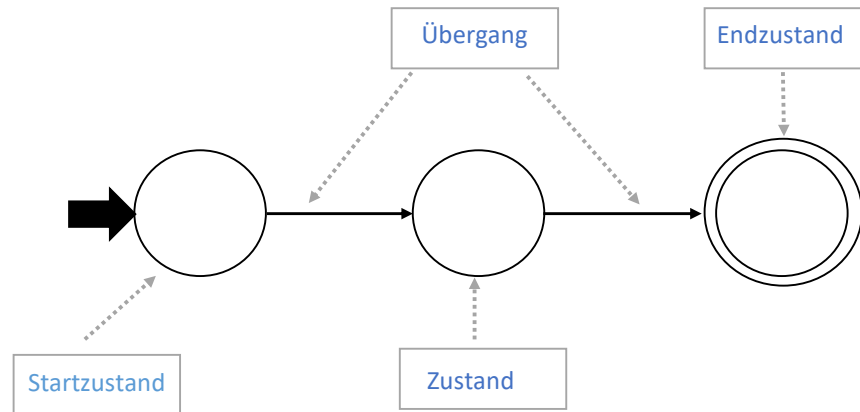
Aufgabe 3:

Tim und Lina haben beide die Farben gemischt. Aber sie haben einen unterschiedlichen Farbton. Was könnte passiert sein?

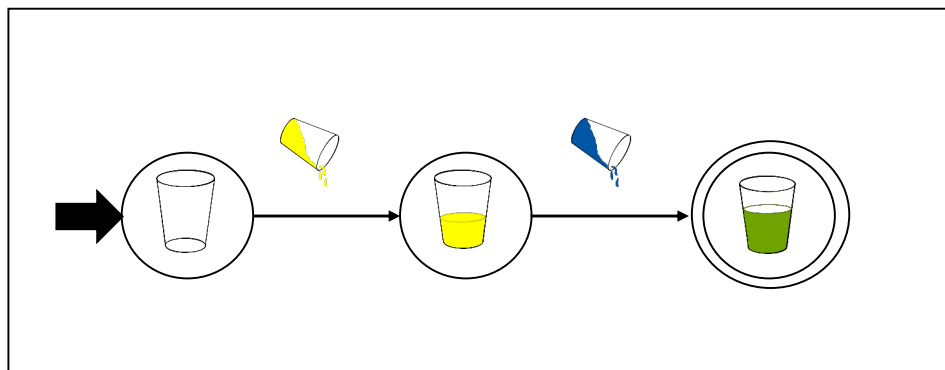
Was könnten sie anders machen, um den gleichen Farbton zu bekommen?

F.5.4 Überarbeitete Lösungskarte

Aufgabe 1:



Aufgabe 2:



Aufgabe 3 a und b:

Tim und Lina haben unterschiedlich viel von der blauen und gelben
Farbe genommen.

Sie könnten von jeder Farbe drei Pipetten nehmen.

F.6 Überarbeitete Forschungsinstrumente

F.6.1 Überarbeiteter Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde

Beobachtungsbogen

Ihre Anmerkungen aus diesem Fragebogen werden in die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes einfließen. Ich bitte Sie daher, wenn möglich, genaue Angaben zu alternativen Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung zu machen.

Die Fragen 1 bis 4 können während des Unterrichts beantwortet werden. Die Fragen 5 bis 8 beziehen sich auf den Kompetenzerwerb und können nach dem Unterricht beantwortet werden.

- 1) In welchen (Unterrichts-) Phasen wird von der Planung abgewichen? Sind diese Entscheidungen nachvollziehbar? Bieten sich ggfs. Handlungsalternativen an?

- 2) Gibt es Phasen, in denen eine Abweichung von der Unterrichtsplanung erforderlich gewesen wäre? Welche?

- 3) Ist das Modell des Farbmischautomaten verständlich und für die Schüler*innen nachvollziehbar?

- a) Unterstützt das Experimentieren das Verständnis für die Funktionsweise des endlichen Automaten (Farbmischautomat)?

- b) Waren die Fachbegriffe und die erarbeiteten Zustandsdiagramme so reduziert, dass sie ein Verstehen des Automaten unterstützen? Haben sie die Schülerinnen über-/unterfordert?



- 4) Werden alle Schüler*innen im Verlauf des Unterrichts angemessen gefördert und gefordert oder hatte mehr differenziert werden müssen?



- 5) Konnten die Schüler*innen die angestrebten Lernziele erreichen? Kreuzen Sie an.

Hauptlernziel: Die Schüler und Schülerinnen erlernen die zentralen Elemente eines endlichen Automatenmodells am Beispiel des Farbmischautomaten.

Teillernziele:

- Die Schüler und Schülerinnen erkennen anhand eines exemplarischen Automaten (Farbmischautomat) durch das angeleitete Experimentieren die in der Black Box „Automat“ ablaufenden Prozesse. ☐
- Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt. ☐
- Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären. ☐
- Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln. ☐

- 6) Wurden darüber hinaus weitere Lernziele (z.B. affektive Lernziele) erreicht? Welche?



7) Gab es Unterschiede zwischen den Schüler*innen im Erreichen der Lernziele?



8) Haben die eingesetzten Unterrichtsformen/Methoden/Materialien und Arbeitsaufträge das Erreichen der Lernziele unterstützt?



9) Berücksichtigt der Unterricht die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen in angemessener Weise? Wenn nicht, was müsste an dem Unterricht angepasst werden, um den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen gerecht zu werden?



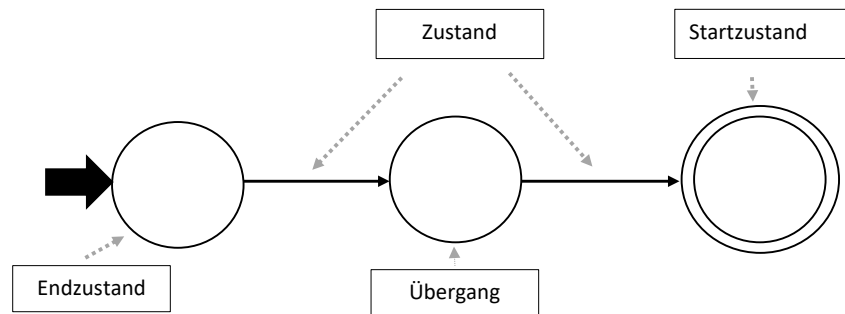
10) Welche weiteren Beobachtungen halten Sie für relevant? Wie könnten diese zu einer Anpassung der Unterrichtsplanung führen?



F.6.2 Überarbeiteter Test zur Lernzielerreichung

Aufgabe 1:

Bei der Beschriftung des **Automatenmodells** haben sich Fehler eingeschlichen. Markiere die Fehler rot. Kannst du die Fehler verbessern?



Aufgabe 2:

Sandra will eine neue Farbe mischen. Sie nimmt die Farben Blau und Rot. Zeichne den Ablauf im **Automatenmodell**.

A large empty rectangular box for drawing the automaton model.

Aufgabe 3:

Sandra mischt drei Pipetten Blau und eine Pipette Rot. Paul mischt drei Pipetten Blau und drei Pipetten Rot.

Erhalten Sandra und Paul als Mischergebnis den gleichen Farbton? Begründe deine Antwort.

G. Zweite Unterrichtserprobung

G.1 Auswertung des Fragebogens zur Bestimmung der Lernvoraussetzungen

Auswertung Fragebogen zur Erfassung der Lernvoraussetzungen							
ZYKLUS III							
Klassenstufe 4							
Kategorien	Klasse C - Schülerzahl 23		Klasse D - Schülerzahl 23		Klasse E - Schülerzahl 23		
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
In der Schule...							
1. lerne ich gerne neue Dinge.	Stimmt genau	15	65,22	15	65,22	14	60,87
	Stimmt fast	4	17,39	6	26,09	4	17,39
	Weder noch	1	4,35	2	8,70	3	13,04
	Stimmt kaum	1	4,35	0	0,00	2	8,70
	Stimmt nicht	2	8,70	0	0,00	0	0,00
2. finde ich gerne heraus, wie etwas funktioniert.	Stimmt genau	15	65,22	17	73,91	10	43,48
	Stimmt fast	4	17,39	4	17,39	8	34,78
	Weder noch	4	17,39	2	8,70	4	17,39
	Stimmt kaum	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	Stimmt nicht	0	0,00	0	0,00	1	4,35
3. haben wir schon öfters Experimente gemacht.	Stimmt genau	3	13,04	5	21,74	7	30,43
	Stimmt fast	12	52,17	6	26,09	7	30,43
	Weder noch	1	4,35	6	26,09	4	17,39
	Stimmt kaum	5	21,74	5	21,74	4	17,39
	Stimmt nicht	2	8,70	1	4,35	1	4,35
4. arbeite ich gerne mit anderen Kindern zusammen.	Stimmt genau	17	73,91	16	69,57	17	73,91
	Stimmt fast	5	21,74	2	8,70	5	21,74
	Weder noch	0	0,00	4	17,39	0	0,00
	Stimmt kaum	1	4,35	0	0,00	0	0,00
	Stimmt nicht	0	0,00	1	4,35	0	0,00
Farbenmischen							
5. In der Schule haben wir schon über Farben gesprochen.	Stimmt genau	17	73,91	9	39,13	11	47,83
	Stimmt fast	1	4,35	2	8,70	2	8,70
	Weder noch	3	13,04	5	21,74	5	21,74
	Stimmt kaum	1	4,35	4	17,39	2	8,70
	Stimmt nicht	1	4,35	3	13,04	3	13,04
6. Ich kenne die Grundfarben.	Stimmt genau	12	52,17	6	26,09	11	47,83
	Stimmt fast	5	21,74	3	13,04	6	26,09
	Weder noch	2	8,70	5	21,74	4	17,39
	Stimmt kaum	0	0,00	1	4,35	0	0,00
	Stimmt nicht	4	17,39	6	26,09	2	8,70
7. Ich weiß, dass ich eine neue Farbe aus zwei Grundfarben mischen kann.	Stimmt genau	16	69,57	11	47,83	14	60,87
	Stimmt fast	5	21,74	6	26,09	3	13,04
	Weder noch	1	4,35	3	13,04	2	8,70
	Stimmt kaum	0	0,00	1	4,35	1	4,35
	Stimmt nicht	1	4,35	2	8,70	3	13,04
8. Mischt man die Farbe Rot und Gelb, entsteht _?	Orange	20	86,96	16	69,57	14	60,87
9. Mischt man die Farbe Gelb und Blau, entsteht __?	Grün	15	65,22	17	73,91	15	65,22
10. Mischt man die Farbe Blau und Rot, entsteht __?	Violett	14	60,87	8	34,78	10	43,48
Automaten							
11. Ich weiß was ein Automat ist.	Stimmt genau	19	82,61	20	86,96	16	69,57
	Stimmt fast	3	13,04	1	4,35	5	21,74
	Weder noch	0	0,00	0	0,00	2	8,70
	Stimmt kaum	1	4,35	0	0,00	0	0,00
	Stimmt nicht	0	0,00	1	4,35	0	0,00
12. Ich habe schon einmal einen Automaten bedient.	Stimmt genau	13	56,52	14	60,87	12	52,17
	Stimmt fast	4	17,39	2	8,70	4	17,39
	Weder noch	2	8,70	1	4,35	2	8,70
	Stimmt kaum	1	4,35	0	0,00	3	13,04
	Stimmt nicht	3	13,04	4	17,39	2	8,70
13. Ich habe schon einmal einen Farbmischautomaten gesehen	Stimmt genau	3	13,04	3	13,04	2	8,70
	Stimmt fast	0	0,00	1	4,35	2	8,70
	Weder noch	3	13,04	1	4,35	6	26,09
	Stimmt kaum	2	8,70	1	4,35	0	0,00
	Stimmt nicht	15	65,22	15	65,22	13	56,52
14. Kennst du noch andere Automaten?	Keine Angabe	5	21,74	6	26,09	13	56,52
	Ja	18	78,26	17	73,91	10	43,48
	Genannte Automaten:	31		27		17	
	Lebensmittelausomat (z.B. Kaugummiautomat, Getränkeautomat)	21		18		12	
	Geldautomat	4		2		1	
	Spielzeugautomat (z.B. Greifarmautomat)	4		0		1	
	Ticketautomat	1		1		0	
	Spielausomat	1		3		2	
	Kurbelausomat	0		3		0	
	Sonstige	0		0		1	

G.2 Ausgefüllter Fragebogen zur Beobachtung der Unterrichtsstunde (Lehrkraft C, Lehrkraft D und Lehrkraft E)

Beobachtungsbogen

Ihre Anmerkungen aus diesem Fragebogen werden in die Überarbeitung des Unterrichtsentwurfes einfließen. Ich bitte Sie daher, wenn möglich, genaue Angaben zu alternativen Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung zu machen.

Die Fragen 1 bis 4 können während des Unterrichts beantwortet werden. Die Fragen 5 bis 8 beziehen sich auf den Kompetenzerwerb und können nach dem Unterricht beantwortet werden.

- 1) In welchen (Unterrichts-) Phasen wird von der Planung abgewichen? Sind diese Entscheidungen nachvollziehbar? Bieten sich ggfs. Handlungsalternativen an?

Lehrkraft C:

- Es wird nicht abgewichen, war aber auch nicht nötig.

- 2) Gibt es Phasen, in denen eine Abweichung von der Unterrichtsplanung erforderlich gewesen wäre? Welche?

Lehrkraft C:

- Tippkarten nicht von Beginn an für alle SuS sichtbar machen.

Lehrkraft D:

- Erstes Experiment und Austeilen der Materialien (etwas chaotisch)
- Pipette als stummer Impuls
- Das zweite Experiment wurde in den Gruppen nicht korrekt ausgeführt. (Machen leider was sie wollten. Pipette → sehr hohe Motivation, wollen nicht aufhören)

- 3) Ist das Modell des Farbmischautomaten verständlich und für die Schüler*innen nachvollziehbar?

Lehrkraft C:

- Ja, allerdings finde ich die zusätzlichen Pfeile etwas verwirrend. Vielleicht das Modell etwas weiter auseinanderziehen.

Lehrkraft D:

- Oranger Becher schlecht zu erkennen als Orange (blendet)
- Ist nachvollziehbar

Lehrkraft E:

- Ja

- a) Unterstützt das Experimentieren das Verständnis für die Funktionsweise des endlichen Automaten (Farbmischautomat)?

Lehrkraft C:

- Auf jeden Fall

Lehrkraft D:

- Handeln unterstützt auf jeden Fall

Lehrkraft E:

- Ja

- b) Waren die Fachbegriffe und die erarbeiteten Zustandsdiagramme so reduziert, dass sie ein Verstehen des Automaten unterstützen? Haben sie die Schüler*innen über-/unterfordert?

Lehrkraft C:

- Fachbegriffe waren angemessen und unterstützen das Verständnis.

Lehrkraft E:

- Ok

- 4) Werden alle Schüler*innen im Verlauf des Unterrichts angemessen gefördert und gefördert oder hatte mehr differenziert werden müssen?

Lehrkraft C:

- Besonders nach oben hätte noch mehr differenziert werden müssen. Viele Kinder waren sehr schnell fertig und hatten nichts zu tun.

Lehrkraft E:

- Ok

- 5) Konnten die Schüler*innen die angestrebten Lernziele erreichen? Kreuzen Sie an.

Hauptlernziel: Die Schüler und Schülerinnen erlernen die zentralen Elemente eines endlichen Automatenmodells am Beispiel des Farbmischautomaten.

Teillernziele:

- Die Schüler und Schülerinnen erkennen anhand eines exemplarischen Automaten (Farbmischautomat) durch das angeleitete Experimentieren die in der Black Box „Automat“ ablaufenden Prozesse. ☐
- Die Schüler und Schülerinnen lernen, dass bei einem endlichen Automaten eine gleiche Eingabe auch zu einer gleichen Ausgabe führt. ☐
- Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, die Funktion und die Prozesse des Farbmischautomaten mit Hilfe von Fachbegriffen sowie eines Zustandsdiagramms zu beschreiben und zu erklären. ☐
- Die Schüler und Schülerinnen können das Gelernte auf andere Beispiele übertragen und ein Automatenmodell zu einem neuen Farbmischbeispiel entwickeln. ☐

	Teillernziel 1	Teillernziel 2	Teillernziel 3	Teillernziel 4
Lehrkraft C	Ja	Ja	Ja	Einige
Lehrkraft D	Ja	/	Teilweise	Teilweise
Lehrkraft E	Ja	Ja	Ja	Ja

6) Wurden darüber hinaus weitere Lernziele (z.B. affektive Lernziele) erreicht? Welche?

Lehrkraft C:

- Wie muss ich die Farben mischen, um eine bestimmte neue Farbe zu bekommen. Das war noch nicht allen klar.

Lehrkraft D:

- Gruppenarbeit

7) Gab es Unterschiede zwischen den Schüler*innen im Erreichen der Lernziele?

Ergebnisse aus Frage 5)

8) Haben die eingesetzten Unterrichtsformen/Methoden/Materialien und Arbeitsaufträge das Erreichen der Lernziele unterstützt?

Lehrkraft C:

- *Ergänzende mündliche Anmerkung der Lehrkraft: Ja*

Lehrkraft E:

- *Ergänzende mündliche Anmerkung der Lehrkraft: Arbeitsblätter gut gestaltet.*

9) Berücksichtigt der Unterricht die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen in angemessener Weise? Wenn nicht, was müsste an dem Unterricht angepasst werden, um den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen gerecht zu werden?

Lehrkraft C

- *Ergänzende mündliche Anmerkung der Lehrkraft: Ja, aber die Lernvoraussetzungen sind unterschiedlich.*

10) Welche weiteren Beobachtungen halten Sie für relevant? Wie könnten diese zu einer Anpassung der Unterrichtsplanung führen?

Lehrkraft D:

- Stundenziel: „Wir entdecken, wie ein Automat der Informatik funktioniert.“ (hochgegriffen)
- Automaten mischen selbstständig etwas (Schulkind)

Lehrkraft E:

- Eher organisatorische Tipps (Gruppeneinteilung, Sitzordnung)

G.3 Auswertung des Tests zur Lernzielerreichung

Auswertung Fragebogen zur Erfassung der Lernzielerreichung									
ZYKLUS III									
Klassenstufe 4									
Kategorien	Klasse C - Schülerzahl 23		Klasse D - Schülerzahl 23		Klasse E - Schülerzahl 23				
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
Aufgabe 1									
Korrigierte Fachbegriffe	0 von 4	39,13	9	0	0,00	0,00	1	4,35	
	1 von 4	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	
	2 von 4	0,00	0	3	13,04	13,04	3	13,04	
	3 von 4	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	
	4 von 4	60,87	14	20	86,96	86,96	19	82,61	
Aufgabe 2									
Kein Automatenmodell	5	21,74	7	11	30,43	30,43	11	47,83	
Vorwiegend fehlerhaftes Automatenmodell	6	26,09	11	4	47,83	47,83	4	17,39	
Fehlerhaftes Automatenmodell	3	13,04	2	3	8,70	8,70	3	13,04	
korrektes Automatenmodell	9	39,13	3	5	13,04	13,04	5	21,74	
Aufgabe 3									
Nicht zuordenbar/Keine Antwort	4	17,39	1	0	4,35	4,35	0	0	
Mischergebnis gleich	2	8,70	3	0	13,04	13,04	0	0	
Mischergebnis unterschiedlich	17	73,91	19	23	82,61	82,61	23	100	

G.4 Überarbeiteter Verlaufsplan

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Einstieg (10 min)	<p>Der Farbmischautomat – Eine Black Box</p> <ul style="list-style-type: none"> Ein aus Pappe gebastelter „Automat“ wird in den Raum gestellt. In dem Automat befinden sich bereits jeweils mit rot und gelber Flüssigkeit befüllte Plastikbecher. Nur die Vorderseite des Automaten ist für die SuS sichtbar. Die LK führt ein Experiment durch: <ul style="list-style-type: none"> „Ich habe euch heute einen Farbmischautomaten wie im Malerschäff mitgebracht.“ Ein transparenter Plastikbecher wird für die SuS sichtbar in den Automaten gestellt. Die LK gibt verdeckt rote und gelbe gefärbte Flüssigkeit in den Becher. Anschließend holt sie den Becher mit oranger Flüssigkeit raus. Die SuS äußern ihre Beobachtungen und Vermutungen. Durch die Lenkung der LK: <ul style="list-style-type: none"> Zusammen mit den SuS wird erarbeitet, dass Automaten selbstständig Aufgaben erledigen, aber die Verarbeitung eine Black Box ist. 	<p>Lehrkraftgeleitetes Gespräch im Plenum (z.B. Theaterkreis)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gebastelter Automat aus Karton durchsichtige Plastikbecher/Gläser durchsichtige Plastikbecher/Gläser mit gelb und rot gefärbter Flüssigkeit 	<p>Durch ein Experiment wird das Interesse für die Funktionsweise eines Automaten geweckt. Mit Hilfe der anschließenden Beschreibung üben die Kinder die Versprachlichung von Beobachtungen. Zudem wird ihnen so bewusst, dass das Automatenmodell aus einer Black Box besteht.</p> <p>Basierend auf dieser Erkenntnis, wird das Stundenziel formuliert. Zur Orientierung</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<ul style="list-style-type: none"> ○ SuS dürfen erst mit den Experimenten anfangen, wenn alle Gruppen ihre Materialien haben. Während der Materialausgabe sollen sich die Schüler*innen in ihren jeweiligen Kleingruppen über die Anleitung zum Experiment austauschen. • Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Papkarton). • Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle einen unterschiedlichen Orangeton gemischt haben. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die LK fragt: „Wie wäre das, wenn der Farbmischautomat im Malergeschäft jedes Mal einen anderen Farbton mischt?“ ○ SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass man die Farbe erhalten möchte, die man sich vorher auf der Farbskala ausgesucht hat. 	Plenum	<p>durchsichtige Plastikbecher mit gelbem und rotem Wasser, leerer durchsichtiger Plastikbecher, Handtuch</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hinweis für die LK: Die LK sollte in einem großen Gefäß gelb und rot gefärbtes Wasser mit Wasserfarben anmischen und jeder Gruppe daraus etwas abfüllen 	<p>Fähigkeiten einsetzen und das Automatenmodell kann erprobt werden.</p> <p>Nach Beobachtung der unterschiedlichen Farbtöne, verweist die LK auf die Notwendigkeit einheitlicher Eingaben in einen Automaten.</p>

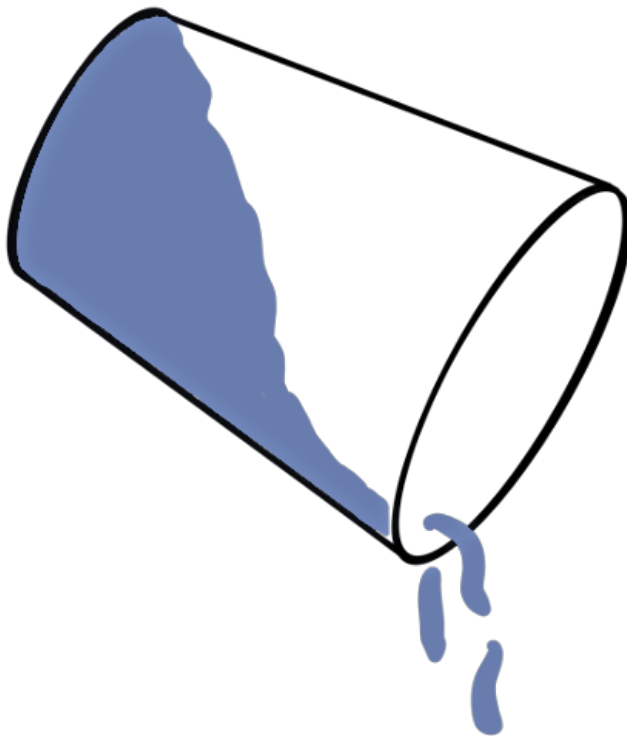
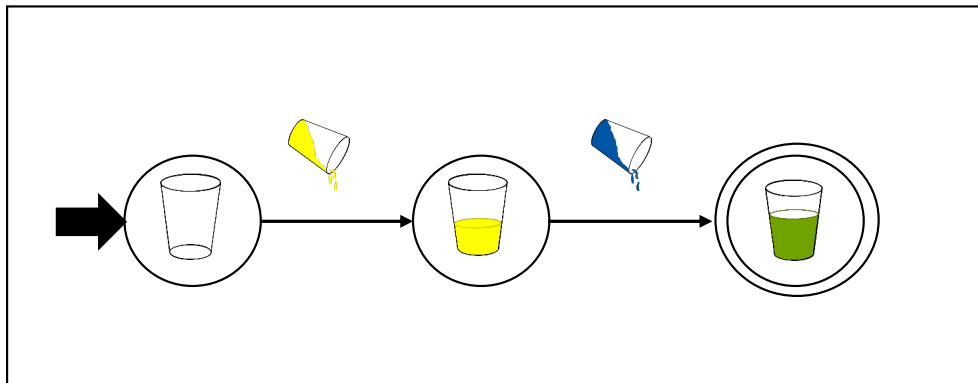
Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>Erarbeitung des Automatenmodells</p> <ul style="list-style-type: none"> Die LK fragt: „Wie kann der Automat immer die gleiche Farbe mischen?“ <ul style="list-style-type: none"> SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass immer gleich viel Grundfarbe benötigt wird, z.B. in Form von Pipettenanzahl (LK zeigt Pipetten) <ul style="list-style-type: none"> SuS erkennen und erarbeiten mit der LK, dass Automaten immer ganz genaue Anweisungen brauchen. LK überträgt genaue Anweisung (Pipettenanzahl) zur Farbmischung in das Automatenmodell an der Tafel (s.A. Tafelbild 2). Die LK erläutert, dass es sich bei dieser Beschreibung um ein Automatenmodell handelt, also um ein Modell, welches die Funktionsweise eines Automaten beschreibt. <ul style="list-style-type: none"> Die Begriffe „Zustand“ und „Übergang“ werden eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten. Danach werden Start- und Endzustand mit Pfeil bzw. Doppelkreis 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Symbole für das Automatenmodell (s.A. Tafelbild 2) Wortspeicher (s.A.) Begriffskarten Wenn Smartboard vorhanden: Handy, Tablet oder Kamera 	Das Automatenmodell wird im Anschluss mithilfe von Fachbegriffen formal eingeführt und in einem Wortspeicher festgehalten.

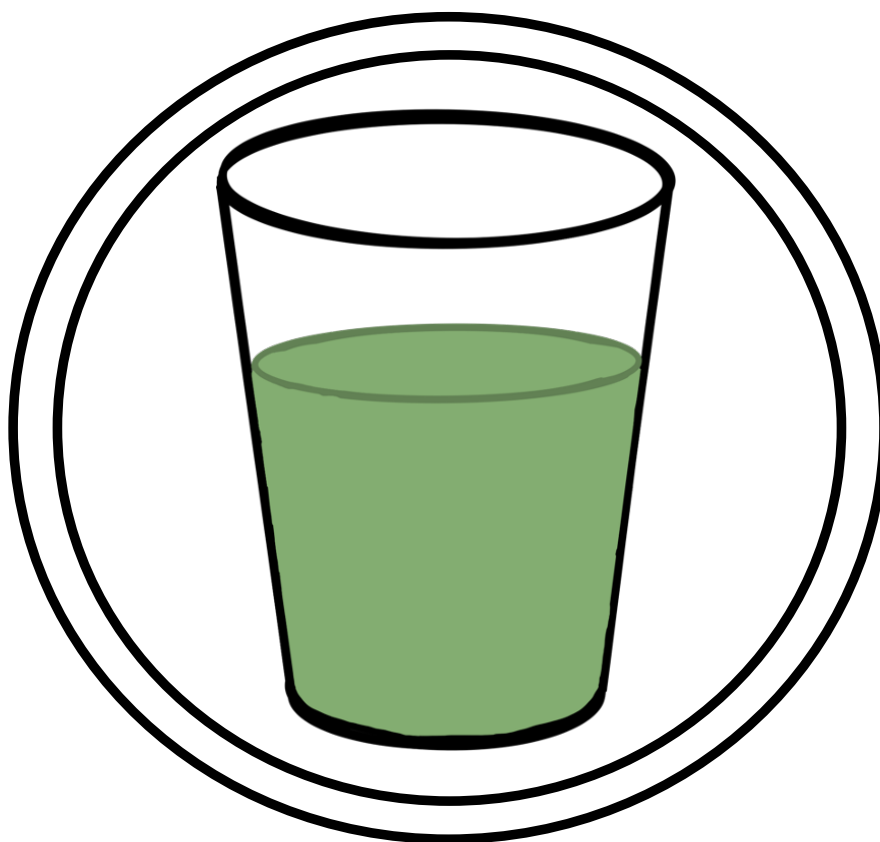
Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<p>markiert und auch in den Wortspeicher aufgenommen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ SuS ordnen die Begriffskarten dem Tafelbild zu. ○ Wenn Smartboard vorhanden, kann LK Fotos von den Farben machen und auf dem Smartboard zeigen. <p>Zweites Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung eines weiteren Experiments: <ul style="list-style-type: none"> ○ In Kleingruppen leeren und spülen die SuS ihre Becher mit orangefarbener Farbe aus. ○ Es werden eine Anleitung und Arbeitsmaterialien ausgeteilt und gemeinsam besprochen bzw. beispielhaft vorgezeigt. ○ SuS dürfen erst mit den Experimenten anfangen, wenn alle Gruppen ihre Materialien haben. <p>Während der Materialausgabe sollen sich die Schüler*innen in ihren jeweiligen Kleingruppen über die Anleitung zum Experiment austauschen.</p>	Kleingruppen	<ul style="list-style-type: none"> • Anleitung zum Experiment 2 (s.A.) 	<p>Damit die neuen Erkenntnisse verinnerlicht und weitere Zugänge ermöglicht werden, wird das Experiment mit den genauen Mengenangaben handelnd durchgeführt. Um die vorherige Vermutung, bei gleicher Eingabe eine gleiche Ausgabe zu erhalten, werden die neuen Ergebnisse untereinander und ggf. mit den vorherigen Ergebnissen auf einem Smartboard /an der Tafel verglichen.</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
	<ul style="list-style-type: none"> Nach der Durchführung stellen die Gruppen ihre Becher mit den gemischten Farben auf einen Tisch vor den Farbmischautomaten (Pappkarton). Die SuS beschreiben ihre Beobachtungen und stellen fest, dass alle den gleichen Orangeton gemischt haben. (Hinweis: Falls ein abweichender Orangeton auftritt, wird dies besprochen und auf eine fehlerhafte Eingabe oder einen nicht vollständig ausgewaschenen Becher eingegangen). <ul style="list-style-type: none"> Mögliche weiterführende Fragen: <ul style="list-style-type: none"> Was passiert, wenn wir 6 Pipetten Gelb und 6 Pipetten Rot nehmen? Was passiert, wenn wir 7 Pipetten Gelb und 3 Pipetten Rot nehmen? Die SuS gewinnen die Erkenntnis, dass man bei gleicher Eingabe auch immer das gleiche Ergebnis erhält. 	Plenum		<p>An dieser Stelle kann zudem auf fehlerhafte Eingaben eingegangen werden.</p> <p>Zum Schluss der Erarbeitung wird nochmals die Erkenntnis festgehalten, damit diese eindeutig hervorgeht.</p>

Phase (Zeitangaben)	Unterrichtsinhalte	Sozial-/ Arbeitsform	Material/ Medien	didaktischer / methodischer Kommentar
Sicherung/ Anwendung (20 min)	<ul style="list-style-type: none"> Die LK verteilt ein Arbeitsblatt, welches die Kinder in Partnerarbeit bearbeiten sollen. Die LK verweist auf zusätzliches Arbeitsblatt II. Die LK verweist auf Tippkarten, welche in dem Klassenraum verteilt werden. 	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblatt (s.A.) Lösungskarte (s.A.) Tippkarten (s.A.) Arbeitsblatt II Lösungskarte Arbeitsblatt II Tippkarte Arbeitsblatt II 	<p>Zur Sicherung der Erkenntnisse bearbeiten die Kinder ein Arbeitsblatt.</p> <p>Zur Differenzierung können die Kinder sich Tipp- und Lösungskarten holen.</p> <p>Auch entwickeln leistungsstärkere SuS eigenständig ein komplexeres, erweitertes Automatenmodell (Arbeitsblatt II)</p>
Abschluss (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> Ergebnisse des Arbeitsblattes werden besprochen Erkenntnisse der Stunde zusammengefasst. Wobei hilft uns ein Automatenmodell? Mögliche weiterführende Fragen: <ul style="list-style-type: none"> Was hast du heute gelernt? Für was könnte man ein solches Automatenmodell auch entwickeln? 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Symbolkarten zur Nachbesprechung des Arbeitsblatt I (Tafelbild 3) 	<p>Abschließend sollen die SuS die gewonnenen Erkenntnisse reflektieren.</p>

G.5 Tafelbild 3 (Nachbesprechung Arbeitsblatt 1)





Plagiatserklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit über Der 'Farbmischautomat' – Durchführung und Evaluation einer Unterrichtseinheit im Bereich 'Sprachen und Automaten' nach der Schuleingangsphase unter besonderer Betrachtung der Lernvoraussetzungen und Lernziele selbstständig verfasst worden ist, dass keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt worden sind und dass die Stellen der Arbeit, die anderen Werken – auch elektronischen Medien – dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen wurden, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht worden sind.

(Datum, Unterschrift)

Ich erkläre mich mit einem Abgleich der Arbeit mit anderen Texten zwecks Auffindung von Übereinstimmungen sowie mit einer zu diesem Zweck vorzunehmenden Speicherung der Arbeit in eine Datenbank einverstanden.

(Datum, Unterschrift)