

Bergische Universität Wuppertal
Fakultät 4 – Mathematik und Naturwissenschaften
Fachgebiet Didaktik der Informatik

Informatikunterricht inklusiv gestalten

Entwicklung sensorisch parallelisierten Materials zur Kryptologie

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

Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen

vorgelegt von

Matthias Kohl

Erstprüfer: Prof. Dr. Ludger Humbert

Zweitprüfer: André Hilbig

Wintersemester 2022/2023

Remscheid, den 26. März 2023



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Motivation	3
1.2	Aufbau der Arbeit	5
2	Inklusion aus fachübergreifender Sicht	6
2.1	Recht auf inklusive Bildung	6
2.2	Behinderung aus subjektiver und sozialer Perspektive	8
2.3	Barrieren im Unterricht	9
2.4	Universal Design for Learning	10
3	Inklusion aus fachspezifischer Sicht der Informatik	11
3.1	Information im Kontext inklusiver Bildung	11
3.2	Informatische Modellierung	15
3.3	Sensorische Parallelisierung	17
4	Kriterien zur Entwicklung sensorisch parallelisierten Materials	18
4.1	Differenziertes Material für vergleichbare Kompetenzen	18
4.2	Gestaltungsmöglichkeiten für inklusiven Informatikunterricht	20
4.3	Barrierefreiheit	22
4.4	Übersicht über mögliche Unterrichtsmaterialien	24
4.4.1	Auditives Material	25
4.4.2	Haptisches Material	27
4.4.3	Visuelles Material	30
4.4.4	Olfaktorisches/gustatorisches Material	30
5	Beispielhafte Entwicklung von Materialien	31
5.1	Stationenlernen	31
5.2	Legitimation des Gegenstands Kryptologie	35
5.2.1	Allgemeine fachdidaktische Überlegungen	36
5.2.2	Bildungsdokumente	37
5.3	Vorstellung des entwickelten Materials	39
6	Erprobung des Materials im Unterricht	52
6.1	Durchführung und Überarbeitung	52
6.2	Beobachtungen und Reflexion	55

7	Fazit	58
8	Anhang	60
	Literatur	72
	Abbildungsverzeichnis	76

1 Einleitung

1.1 Motivation

Inklusion ist nicht nur das Akzeptieren oder Tolerieren von Differenzen und auch nicht die gemeinsame physische Anwesenheit an einem Ort. Inklusion bedeutet, ein gemeinsames Gefühl der Zugehörigkeit zu schaffen und sich dafür einzusetzen, dass allen Menschen gesellschaftliche Partizipation ermöglicht wird. Aus dem Lateinischen wörtlich übersetzt bedeutet der Begriff ‚Inklusion‘ »Miteinbezogenheit« oder »dazu gehören«.

Inklusion ist seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention in Deutschland 2009 (DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION 2017) ein viel diskutiertes und polarisierendes Thema in der deutschen Bildungslandschaft. Durch die Ratifizierung hat jeder Mensch in Deutschland das Recht auf Bildung, unabhängig von der Art der körperlichen oder geistigen Beeinträchtigung. Das heißt, dass alle Schüler*innen mit körperlichen oder geistigen Beeinträchtigungen das Recht haben, eine Regelschule zu besuchen, wenn sie es wünschen. Es ist das Ziel schulischer Inklusion, mehr Menschen am Unterricht von Regelschulen als selbstverständlichen Bestandteil teilnehmen zu lassen.

Das Ziel von allgemeiner Inklusion ist es, dass alle Menschen, unabhängig von ihrer geistigen und körperlichen Verfassung, ihr Recht wahrnehmen können, vollständig und gleichberechtigt an allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens teilhaben zu können. Menschen mit einer geistigen oder körperlichen Beeinträchtigung sehen sich im Alltag mit vielen zusätzlichen Herausforderungen konfrontiert. Dass Menschen als »behindert« gelten, ruft bei denjenigen, die wenig Kontakt bzw. Erfahrung im zwischenmenschlichen Umgang mit Menschen mit Beeinträchtigungen haben, oft Mitleid oder spezielle Aufmerksamkeit hervor. Jeder Mensch sollte nicht speziell oder besonders behandelt werden, als gehöre dieser Mensch nicht dazu, sondern vielmehr mit Respekt und Wertschätzung. Also ist die Konklusion, Menschen mit Beeinträchtigung nicht als speziell zu behandeln, sondern jedem Individuum die Möglichkeiten zu verschaffen, selbstbestimmt nach seinem Glück streben zu können, d. h. die Barrieren zu identifizieren und abzubauen, sodass Eigenständigkeit gefördert wird.

Persönliche Erfahrungen mit Inklusion machte der Verfasser sehr früh in seinem Leben im familiären Kontext. Gerade frühe Lebenserfahrungen bezüglich Inklusion lassen diese als selbstverständlich erscheinen. Ziel von Inklusion sollte es daher auch sein, dass Inklusion überflüssig und niemand mehr ausgeschlossen wird.



Abbildung 1: Entwicklung der Inklusionsquoten an allgemeinbildenden Schulen in Nordrhein-Westfalen (NW) (LANDESBETRIEB IT.NRW 2021)

Wie die Grafik zeigt, ist die Inklusionsquote für Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in den letzten zehn Jahren beständig gestiegen. Diese Quote beträgt momentan 44,7% und hat sich seit dem Schuljahr 2012/13 fast verdoppelt. Der Anteil von Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf an allgemeinbildenden Schulen in NW (ausgenommen Waldorfschule und Weiterbildungskolleg) betrug damit im Schuljahr 2021/22 7,7%, das entspricht einer Zahl von 144 280 Schüler*innen (LANDESBETRIEB IT.NRW 2021).

Daher ist es wichtig, dass das Pflichtfach Informatik inklusiv gestaltet wird. Das gilt nicht nur für Schüler*innen mit Förderbedarf, nicht nur für spezielle Schulformen, sondern für alle Schüler*innen aller Schulformen. D. h., dass nicht nur Schüler*innen mit Förderschwerpunkt einen Mehrwert aus inklusivem Unterricht ziehen, sondern alle Schüler*innen. Daher ist es die Aufgabe jeder Lehrkraft des Pflichtfaches Informatik, Gestaltungsmöglichkeiten auszuloten, um den Unterricht inklusiver zu gestalten. Es muss aus fachdidaktischer Perspektive untersucht werden, welche besonderen Chancen das Fach Informatik für eine gelingende Inklusion bietet, wie fachspezifische Aspekte verbessert werden können, aber auch welche potentiellen Barrieren in aktuellen Cur-

ricula bestehen. Es ist wichtig zu untersuchen, ob Umsetzungen von informatischen Konzepten Teilhabe erschweren oder sogar verhindern kann und wie man ein breiteres Spektrum an Verwirklichungen von Konzepten anbieten kann.

Informatiksysteme leisten Unterstützung zu mehr Eigenständigkeit, z. B. durch »screen reader« für Menschen mit Sehbeeinträchtigung. Daher ist Inklusion integraler Bestandteil des Faches Informatik und damit auch Teil von informatischer Bildung.

In dieser Arbeit wird Material für das Pflichtfach Informatik in der Jahrgangsstufe 5/6 in Anlehnung an das SpionCamp (AUST, MÜLLER und PETER GABRIEL 2020) vorgestellt, welches die Zugänglichkeit zum Fach im Besonderen für die Förderschwerpunkte Hören und Sehen und darüber hinaus für alle Schüler*innen erhöhen soll. So können bessere Rahmenbedingungen für gelingende Inklusion im Informatikunterricht geschaffen werden.

1.2 Aufbau der Arbeit

Informatikunterricht muss an den individuellen Bedürfnissen, Fähigkeiten und Einschränkungen der Schüler*innen ausgerichtet werden, d. h., er muss »die Diversität einer heterogenen Lerngruppe in Gänze berücksichtigen« (HILBIG 2022, S. 16). Die Informatik zeichnet sich durch eine besondere Stellung in Bezug auf die Inklusion aus, da Unterstützungstechnologien Informatikartefakte sind, die der Informatikunterricht aus fachlicher Perspektive thematisieren muss und leistet somit einen Beitrag zu den Bemühungen von schulischer Inklusion und gesellschaftlicher Teilhabe (CAPOVILLA 2019, S. 36). Diese Artefakte entstehen durch informatische Modellierung. Damit müssen Inklusion und die damit verbundenen Unterstützungssysteme im Informatikunterricht modelliert werden.

Diese Arbeit wird zeigen, wie man Informatikunterricht inklusiv gestalten kann. Die praktische Grundlage stellt dabei die Entwicklung sensorisch parallelisierten Materials (CAPOVILLA 2015, S. 51ff) dar, welches für die Erprobung im konkreten Unterricht gestaltet wurde. Das Material wurde für eine Unterrichtseinheit zum Thema Kryptologie in der Jahrgangsstufe 5/6 entwickelt und im Unterricht erprobt.

Das Material wurde vor dem Hintergrund des Konzeptes »Universal Design for Learning« entwickelt, das bezüglich inklusiver Bildung von Menschen mit Beeinträchtigungen eine wichtige Rolle spielt (HALL, MEYER und ROSE 2012). Diese Themen werden in Kapitel [2] behandelt.

Angeichts einer sprachlich korrekten Beschreibung von Modellierungsprozessen in der Bildung wird in Kapitel [3] der Begriff Information im Kontext Bildung näher betrachtet und die Bedeutung von Modellierungsprozessen für eine inklusive Bildung hervorgeho-

ben. Darüber hinaus wird in Kapitel 3 der Begriff der »sensorischen Parallelisierung« beschrieben, der die Gestaltung von universelleren Lernumgebungen thematisiert (CAPOVILLA 2019).

In Kapitel [4] werden Kriterien für die Entwicklung von sensorisch parallelisiertem Material vorgestellt. In diesem Kapitel geht es darum, vergleichbare Kompetenzen mit differenziertem Material zu erreichen, Gestaltungsmöglichkeiten für inklusiven Informatikunterricht auszuloten, Barrierefreiheit zu diskutieren und verschiedene Beispiele von informatischen Inhalten in visuellen, haptischen, auditiven, olfaktorischen und gustatorischen Bereichen als mögliche Unterrichtsmaterialien darzulegen.

Das Material wurde nach dem Vorbild des SpionCamps entwickelt, in dem es um das »Entdecken verschiedener Verschlüsselungsverfahren [...] an den Lernstationen« geht (AUST, MÜLLER und PETER GABRIEL 2020, S. 3). Bevor in Kapitel [5] das sensorisch parallelisierte Material vorgestellt wird, wird daher auf das Stationenlernen und die Legitimation des Unterrichtsgegenstandes Kryptologie eingegangen.

In Kapitel [6] wird die Erprobung des Materials im Unterricht und die nachfolgende Reflexion beschrieben.

2 Inklusion aus fachübergreifender Sicht

2.1 Recht auf inklusive Bildung

Im Kapitel Motivation wurde Inklusion bereits thematisiert. Es existieren allerdings unzählige verschiedene Definitionen von Inklusion. Durch manche Definitionen wird der Begriff enger gefasst, durch andere weiter, d. h., manche Definitionen umfassen ein sehr weites Spektrum an Menschen, andere hingegen eine sehr spezielle Gruppe von Menschen.

Die Allgemeine Erklärung der Menschenrechte (1948) deklariert das Recht auf Bildung als ein fundamentales Menschenrecht. »Everyone has the right to education. [...] Education shall be directed to the full development of the human personality and to the strengthening of respect for human rights and fundamental freedoms« (UN GENERAL ASSEMBLY 1948).

Die Ratifizierung des deutschen Bundestages (2009) konkretisiert das Recht auf gleichberechtigte Teilhabe an der Gesellschaft für Menschen mit Behinderungen nach dem Vorbild der Behindertenrechtskonvention der Vereinten Nationen (2006) (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG 2023). Im Besonderen wird in Artikel 26 das Recht auf gemeinsame Bildung konkretisiert.

Für Menschen mit Behinderungen wird durch diese Ratifizierung das Recht auf eine **gemeinsame** Bildung verbindlich rechtswirksam. Bildungseinrichtungen sollen so gestaltet werden, dass alle Menschen gemeinsam lernen können.

In Artikel 1 wird der Begriff der Inklusion implizit deutlich, d. h., dieser bezieht sich im speziellen auf Menschen mit Behinderungen:

»Zweck dieses Übereinkommens ist es, den vollen und gleichberechtigten Genuss aller Menschenrechte und Grundfreiheiten durch alle Menschen mit Behinderungen zu fördern, zu schützen und zu gewährleisten und die Achtung der ihnen innewohnenden Würde zu fördern« (BEAUFTRAGTE DER BUNDESREGIERUNG FÜR DIE BELANGE VON MENSCHEN MIT BEHINDERUNGEN 2017, S. 8).

Eine deutlich weiter gefasste Definition von Inklusion findet sich in dem Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) und der Hochschulrektorenkonferenz (HRK), durch die gefordert wird, »den bestmöglichen Bildungserfolg für alle Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen, die soziale Zugehörigkeit und Teilhabe zu fördern und jedwede Diskriminierung zu vermeiden« (HRK UND KMK 2015, S. 2). Es wird im Besonderen die Diversität bzw. die Heterogenität der Schüler*innen hervorgehoben. Es wird im Konkreten gefordert, auf die einzigartigen Qualitäten von Individuen, Gruppen und Gemeinschaften hinzuweisen, und den Wert verschiedener Perspektiven und Erfahrungen in Gemeinschaften zu begreifen. Die große Heterogenität von Lerngruppen in inklusiven Lernsettings wird hingegen nicht als Belastung, sondern als Bereicherung für alle Schüler*innen verstanden. Die Zuwendung und die zusätzliche Unterstützung für Schüler*innen mit speziellen Bedürfnissen, Lernschwierigkeiten oder anderen Einschränkungen schließt Inklusion mit ein, um »Marginalisierung, Exklusion und ‚Underachievement‘ « entgegenzuwirken (HRK UND KMK 2015, S. 2).

Die Deutsche UNESCO-Kommission definiert einen besonders umfassenden Inklusionsbegriff, bei dem alle Menschen unabhängig von ihren individuellen Unterschieden und Bedürfnissen aktiv gefördert und unterstützt werden, um an Bildung und Gesellschaft teilhaben zu können. Alle Menschen sollen die Möglichkeit erhalten, »an qualitativ hochwertiger Bildung teilzuhaben [...] unabhängig von besonderen Lernbedürfnissen, Geschlecht, sozialen und ökonomischen Voraussetzungen« (DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION 2017). Die Teilhabe von Menschen an der Gesellschaft kann z. B. durch gesellschaftliche Akzeptanz, Bildungs-/ beruflichen Erfolg oder das eigene Zugehörigkeitsgefühl ausgedrückt werden. Bildung besitzt eine entscheidende Rolle bei der Inklusion von Individuen in die Gesellschaft. In der Schule können Schüler*innen

gemeinsam lernen, persönlich wachsen und sich sozialisieren. Inklusion ist eine große und wichtige Herausforderung. Daher sollten Bildungseinrichtungen so gestaltet werden, dass Menschen mit jeder Art von Verschiedenheit sie vorteilhaft nutzen und sich in ihnen anerkannt fühlen können. (vgl. KRAPPMANN 2012, S.51f).

2.2 Behinderung aus subjektiver und sozialer Perspektive

Behinderungen können angeboren oder im Laufe des Lebens entstanden sein und sich im Grad der Behinderung stark unterscheiden. Mögliche Einschränkungen sind unter anderem körperliche Einschränkungen (wie Mobilitätseinschränkungen), sensorische Einschränkungen (wie Seh- oder Hörbeeinträchtigung) oder kognitive Einschränkungen (wie Lernschwierigkeiten, Autismus). Aufgrund der Einzigartigkeit von Menschen können Behinderungen unterschiedliche Auswirkungen auf das Leben der Betroffenen haben. Das Gefühl der Benachteiligung kann durch eine verminderte Teilhabe am gesellschaftlichen Leben entstehen, sei es im Bereich der Bildung, des Arbeitslebens, des Wohnens oder der Freizeitaktivitäten. Menschen mit Behinderungen können das Gefühl haben, stigmatisiert zu werden, weil sie von der Norm abweichen, die die Gesellschaft definiert hat.

Menschen sind divers. Das bedeutet, dass alle Menschen von einer vermeintlichen gesellschaftlichen Norm abweichen. Sofern jemand zu weit davon abweicht, kann dies dazu führen, an einem Aspekt des gesellschaftlichen Lebens nicht teilhaben zu können. Dies kann für alle Menschen zutreffen. Handelt es sich um gravierende oder starke Abweichungen, wird eine bestimmte Behinderung diagnostiziert.

Es ist wichtig hervorzuheben, dass Behinderung neben der real existierenden körperlichen oder kognitiven Einschränkung auch ein soziales Konstrukt ist, welches je nach Kultur und Kontext unterschiedlich sein kann. Die Haltung einer Gesellschaft gegenüber Behinderten kann die Erfahrung und die Einstellung von Behinderten stark beeinflussen sowie die ihnen zu Verfügung stehenden Ressourcen oder Unterstützungsangebote. Einem behinderten Menschen kann die Teilhabe an der einen Gesellschaft gewährt und an der anderen verwehrt werden.

»Ein Individuum, das leicht im gewöhnlichen sozialen Verkehr hätte aufgenommen werden können, besitzt ein Merkmal, das sich der Aufmerksamkeit aufdrängen und bewirken kann, daß wir uns bei der Begegnung mit diesem Individuum von ihm abwenden, wodurch der Anspruch, den seine anderen Eigenschaften an uns stellen, gebrochen wird« (GOFFMAN 2010).

Capovilla hebt diesbezüglich in *Inklusion in der Informatischen Bildung am Beispiel*

von Menschen mit *Seherschädigung* hervor, dass Behinderung »als intersubjektive Normabweichung« sowie als »Beeinträchtigung der Teilhabe als Ergebnis bestimmter Eigenschaften dieser Person und vorhandenen Barrieren in der Umwelt« verstanden werden kann (CAPOVILLA 2015, S. 12; REICH 2012, S. 78). Behinderung kann also als eine Einschränkung aus subjektiver als auch aus sozialer Sicht aufgefasst werden.

Auch nicht behinderte Menschen erleben Barrieren, die sie von der Teilhabe am gesellschaftlichen Leben abhalten. Behinderungen sind nicht nur Beeinträchtigungen der kognitiven oder körperlichen Verfassung, sondern eigentlich Barrieren der Umwelt. Diese Behinderungen können alle Menschen betreffen. Behinderte Menschen können gegebenenfalls auf mehr Barrieren in ihrer Umwelt stoßen, was aber keine direkte Notwendigkeit ihrer Behinderung ist.

2.3 Barrieren im Unterricht

Barrieren in der Schule sind keine exklusiven Erfahrungen für Menschen mit Beeinträchtigungen, sondern gehören zu dem Erfahrungsspektrum jedes*jeder Schülers*in. In vielen Bereichen stellt Schule eine Herausforderung für Schüler*innen dar. Permanente Lernherausforderung bzw. -überforderungen können zu einer Barriere für Schüler*innen werden, wenn diese nicht adäquat adressiert werden. Das kann unangenehme Erfahrungen des Scheiterns sowohl für Schüler*innen als auch für Lehrpersonen bedeuten. Das Gefühl »zurückzufallen« kann einen signifikanten Einfluss auf die Motivation, das Selbstwertgefühl und den Gesamterfolg in der Schule haben. Verschiedenste Lernschwierigkeiten zu differenzieren, ist bereits Thema in didaktischen Lehrwerken, Veranstaltungen, usw. Aber durch die Begriffe Inklusion und Barrieren wird deutlich, dass die Zuschreibungen Behinderung und Barriere nicht nur auf Menschen mit physischen oder kognitiven Einschränkungen zutreffen. Nach Galkiene und Monkeviciene bestehen Barrieren auch für Lerner*innen ohne Förderbedarf und es sollte das Ziel sein, Lernbarrieren zu erkennen und für alle Lerner*innen zu minimieren, damit alle erfolgreich lernen können (vgl. GALKIENE und MONKEVICIENE 2021, S. 9). Einen individuellen Eindruck von spezifischen Bedürfnissen und Herausforderungen von jedem Individuum und potentiellen Barrieren zu erhalten, ist wichtig, um Schwierigkeiten beim Lernen adressieren zu können.

Barrieren für Menschen mit Beeinträchtigungen können physischer oder sozialer Art sein oder mit der Struktur des Bildungssystems zusammenhängen, wie z. B. eingeschränkte Zugänglichkeit von Lernmaterial, physische Barrieren im Schulgebäude, unzureichende Sensibilisierung seitens der Lehrkräfte, bestehende Stigmatisierungen oder fehlende Werkzeuge zur Unterstützung. Wichtig für eine gelingende Inklusion ist, dass Barrie-

ren, die die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben erschweren, reduziert bzw. abgebaut werden (vgl. HILBIG 2022, S. 12).

2.4 Universal Design for Learning

Die Behindertenrechtskonvention der Vereinten Nationen (2006) fordert in ihrem Übereinkommen auch, ein »universelles Design« als Gestaltung von »Produkten, Umfeldern, Programmen und Dienstleistungen« zu schaffen, sodass möglichst viele Menschen ihre Umgebung »ohne eine weitere Anpassung oder ein spezielles Design nutzen können« (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG 2023, S. 8).

Universal Design for Learning (UDL) trägt dieser Forderung als praxisorientierter Bildungsansatz Rechnung, um Lernen für alle Schüler*innen zugänglicher und barriereärmer zu gestalten. Der Ansatz betont die Bedeutung von flexiblen und diversen Lernumgebungen, die ein besonders breites Spektrum von Lernenden anspricht bzw. dessen Stärke es ist, besonders heterogenen Klassen gerecht zu werden. Lernmaterial, Lernumgebungen, Curricula usw. sollen »universell design« werden, damit möglichst viele Schüler*innen diese ohne weitere Anpassungen nutzen können. Unterricht sollte nicht nur für fiktive Lernende im Kopf, sondern »an den Gemeinsamkeiten mehrerer „realer“ Lernender« entwickelt werden (CAPOVILLA 2019, S. 39). Schulische Inklusion sollte nicht bedeuten, Unterricht für Menschen mit konkreten Einschränkungen anzupassen, sondern sollte der Diversität aller Rechnung tragen.

Das Universal Design for Learning stützt sich auf drei Prinzipien (HALL, MEYER und ROSE 2012, S. 2)(SCHLÜTER 2018, S. 58):

- I. »Biete multiple Präsentationen von Information an, sodass flexible Zugänge zu den Inhalten, die gelehrt und gelernt werden sollen, angeboten werden.« Mögliche Variationen sind visueller, auditiver oder haptischer Art.
- II. »Biete multiple Optionen zur Verarbeitung von Information und zur Darstellung von Lernergebnissen durch die Lernenden an, sodass sie auf verschiedenen Wegen lernen und zeigen können, was sie sich erarbeitet haben«, z. B. Schreiben, Sprechen, Erstellung eines Modells, Erstellen einer Grafik, Aufnahme eines »podcast«.
- III. »Biete multiple Hilfen zur Förderung von Lernengagement und Lernmotivation an, sodass flexible Optionen zur Entwicklung und Aufrechterhaltung von Motivation bestehen«, z. B. praktische Interaktion, Wahlmöglichkeit bezüglich Aufgaben, Zusammenarbeit unter Schüler*innen.

Das UDL-Framework begreift Unterschiede zwischen Schüler*innen als Norm und nicht als Ausnahme. Lehrpläne und Unterricht sollten sich an die Schüler*innen anpassen und nicht umgekehrt. Behinderungen bzw. Barrieren werden durch den Unterricht und die Lehrpläne geschaffen, die nicht zugänglich und inklusiv sind und sind nicht auf Schüler*innenseite zu verorten (vgl. HALL, MEYER und ROSE 2012, S. 4). Schulische Barrieren stellen für Menschen mit Beeinträchtigungen eine besonders große Herausforderung dar. Texte oder Unterrichtsgespräche stellen beispielsweise potentielle Barrieren für blinde und taube Schüler*innen dar.

Im Sinne eines »Universal Design« ist die Entwicklung von auditivem, visuellem und haptischem Material nicht nur förderlich für Menschen mit entsprechenden Beeinträchtigungen der Sinnesorgane. Audio- oder Videomaterial kann die Textlastigkeit des Unterrichts verringern und somit Vorteile für alle Schüler*innen bieten. Somit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass Schüler*innen auf potentielle Barrieren beim Lernen stoßen.

3 Inklusion aus fachspezifischer Sicht der Informatik

3.1 Information im Kontext inklusiver Bildung

Daten werden durch Informatiksysteme gelesen, verarbeitet, übertragen oder gespeichert und durch diese Vorgänge werden sie in eine neue Form gebracht.¹ »Ein Informatiksystem ist eine Einheit von Hard-, Software und Netzen einschließlich aller durch sie intendierten oder verursachten Gestaltungs- und Qualifizierungsprozesse bezüglich der Arbeit und Organisation« (HUMBERT 2006b). Daten existieren in verschiedensten Formen, wie Zahlen, Text, Bildern, Diagrammen, Gesprochenem, Musik, Vibrationen, Druck oder Temperatur. Daten werden in bestimmten Formaten oder Organisationsformen dargeboten, sie verfügen über eine syntaktische Struktur oder Form.

Wissen bezieht sich auf das Verständnis oder die Kenntnis von einem Objekt der Welt, wie Fakten, Regeln oder Theorien. Durch Wissen gelangt man zur Bedeutung der Dinge, die uns durch Daten gegeben sind, wie beim Lesen eines Satzes, beim Erkennen einer Melodie in einer Tonfolge oder beim Erfühlen der Beschaffenheit einer Oberfläche. In der Semantik geht es um ein gemeinsames Verständnis der Bedeutung von Daten. Das über die Bedeutung der Dinge wahrgenommene Wissen kann in verschiedene Repräsentationsformen gebracht werden, wie z. B. dass gesprochene Sprache in Schrift

¹Die hier im Folgenden dargestellte und ausgeführte Beschreibung bezieht sich im Wesentlichen auf (HUMBERT 2006b, S. 10ff), (HUMBERT 2019)

festgehalten wird oder lateinische Schrift in Brailleschrift übersetzt wird. Durch solche Übersetzungsvorgänge wird Wissen gleich oder zumindest vergleichbar dargestellt, die darunterliegenden Daten haben sich allerdings stark verändert. Die Darstellung des Datums »••« unterscheidet sich stark von der Darstellung des Datums »o«, ihre Bedeutungen sind hingegen gleich.

Wissen wird praktisch, wenn es bei der Lösung von Problemen, der Entscheidungsfindung oder dem Erreichen von Zielen nützlich ist. Wenn Wissen praktisch und damit auf reale Situationen angewendet wird, entsteht Information. Das Erlangen von Information im Handeln reduziert Ungewissheit, löst Zweifel auf oder beantwortet Fragen. Durch unterschiedliche Darstellungen können syntaktische, semantische und pragmatische Elemente verdeutlicht und herausgestellt werden. So kann die grafische Darstellung einer Tabelle für eine verantwortungsvolle Entscheidungsfindung besser geeignet sein als die tabellarisch geordneten Daten.

Also verfügen Daten über eine syntaktische Struktur, Wissen ermöglicht ein semantisches Verständnis von Daten, und Information ist der praktische Gebrauch von Wissen zur Handlungsabsicherung.

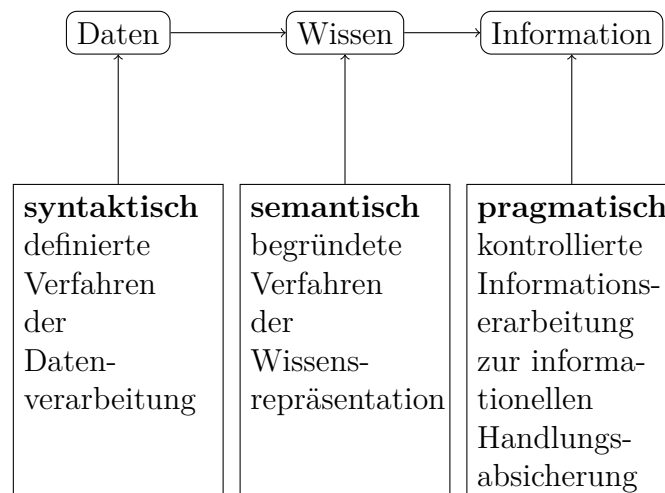


Abbildung 2: Daten – Wissen – Information – Sicht der Informationswissenschaft aus (HUMBERT 2006b, S. 11) nach (FUHR 2000, S. 10)

Unterricht lässt sich auf den aufeinander aufbauenden Ebenen enaktisch, ikonisch und symbolisch differenzieren. Diese bieten eine Alternative zum klassischen abstrakten »Buchunterricht« (vgl. HUMBERT 2006a, S. 37).

»Es ist zu betonen, dass im Zusammenhang mit dem EIS-Prinzip dem ›E‹ im Informatikunterricht eine besondere Rolle zukommt. Informatiker denken an Algorithmen ›S‹ und an Veranschaulichungen durch Abbildungen

und Animationen ›I‹. Die Bedeutung des ›E‹ für das ›Begreifen‹ von informatischen Prozessen durch Rollenspiele oder ›die manuelle Manipulation von Bauklötzen‹ führt uns vor Augen, dass gerade abstrakte Gegenstände enaktiv zugänglich gemacht werden sollten« (HUMBERT 2006a, S. 85).

Diese Feststellung trägt für die Planung eines »universell designten« Unterrichts besondere Bedeutung. Die Syntax der im Unterricht verwendeten (Programmier-) Sprachen kann in vereinfachter Form oder in einer kognitiv oder sensorisch alternativen Form dargeboten werden (z. B. visuelle Programmiersprache, einfache Sprache, Autovervollständigungsfunktionen). Im Lernprozess wird Wissen in verschiedenen Repräsentationsformen dargeboten. Für »universell designten« Unterricht muss berücksichtigt werden, welche Abbildungen und Animationen in sensorischer sowie kognitiver Hinsicht zugänglich sind. Auch auf praktischer bzw. enaktiver Ebene bedarf es Umsetzungen, die den diversen Bedürfnissen der Lernenden gerecht werden.

Wird Unterricht im Sinne des UDL und des EIS-Prinzips an den Lernenden ausgerichtet, wird Information für mehr Lernende zugänglich. Im allegorischen Sinne ist dies vergleichbar mit dem altgriechischen Wort »topos«, einem zentralen Platz, an dem Menschen im antiken Griechenland zusammenkamen, um zu neuer Information zu gelangen.

Verfahren zur Repräsentation von Wissen spielen eine wichtige Rolle bezüglich Inklusion. Wissen und zugehörige Bedeutungsmuster werden beeinflusst durch die Erfahrungen, Perspektiven und Sichtweisen von Menschen, die sie verwenden. Somit ist sicherzustellen, dass alle Menschen akkurat in diesen Verfahren berücksichtigt werden. Im Blick auf sensorische Beeinträchtigungen ist hervorzuheben, dass Darstellungsformen eine Ausprägung von Sprache (in verschiedenen Formen) darstellen (vgl. SIEBRECHT 2018; HILBIG 2022, S. 14). Somit kann Sprache in visuelle, haptische und auditive Darstellungsformen übersetzt werden. Auch wenn Darstellungen grundlegend für alle Sinnesorgane gestaltet werden können, liegen in der Realisation einige Schwierigkeiten. Zum Beispiel ist es für eine vollständig seheingeschränkte Person schwierig, ein Klassendiagramm in haptischer Form wahrzunehmen, weil Übersichtlichkeit verloren geht. Daher ist es die Aufgabe der Informatik, Lösungen für Probleme von diversen Wissensrepräsentationen anzubieten.

In *Diversität im Informatikunterricht als Gestaltungsaufgabe der Fachdidaktik* betont André Hilbig (2022) die Notwendigkeit, Informatikunterricht diverser zu gestalten. Es ist die Aufgabe des Informatiklehrenden, Barrieren, die besonders durch die Tendenz zur Visualisierung im Informatikunterricht existieren, zu identifizieren und zu reduzieren. Die Tendenz zur Visualisierung im Informatikunterricht wird insbesonde-

re bei der Betrachtung von Bildungsdokumenten deutlich (vgl. HILBIG 2022, S. 14): Schüler*innen. . .

- . . . entwickeln graphische Datenmodelle (vgl. QUA-LIS NRW 2016, S. 66), (Beispiel für einen schulinternen Lehrplan zum Wahlhauptfach Informatik in der Gesamtschule)
- . . . »stellen Abläufe in Automaten [grafisch] dar« (MSB-NW 2021, S.18) (Kernlehrplan der Klassen 5 und 6),
- . . . »Klassen und ihre Beziehungen in Diagrammen grafisch dar« (MSW-NW 2013, S. 26) (Kernlehrplan Einführungsphase gymnasiale Oberstufe) und
- . . . »arbeiten mit grafischen Benutzungsoberflächen« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S. 38) (Bildungsstandards Jahrgangsstufen 5 bis 7).

All diese Kompetenzen könnten für Menschen mit Sehbeeinträchtigung Barrieren darstellen. Informatikunterricht sollte so gestaltet werden, dass alle Lernende entsprechende Lernangebote erhalten (vgl. HILBIG 2022, S. 14).

Im Kontext Inklusion bedeutet Information, dass Schüler*innen einen Zugang zur praktischen Anwendung und Kommunikation zu informatischen Inhalten erhalten müssen. Also ist es sinnvoll, im Folgenden das zentrale Arbeitsfeld der Informatik, die Modellierung, genauer zu betrachten, um zu untersuchen, inwiefern informatische Modellierung ein zentrales Element zur inklusiven informatischen Bildung und zu ihrer praktischen Umsetzung darstellt.

3.2 Informatische Modellierung

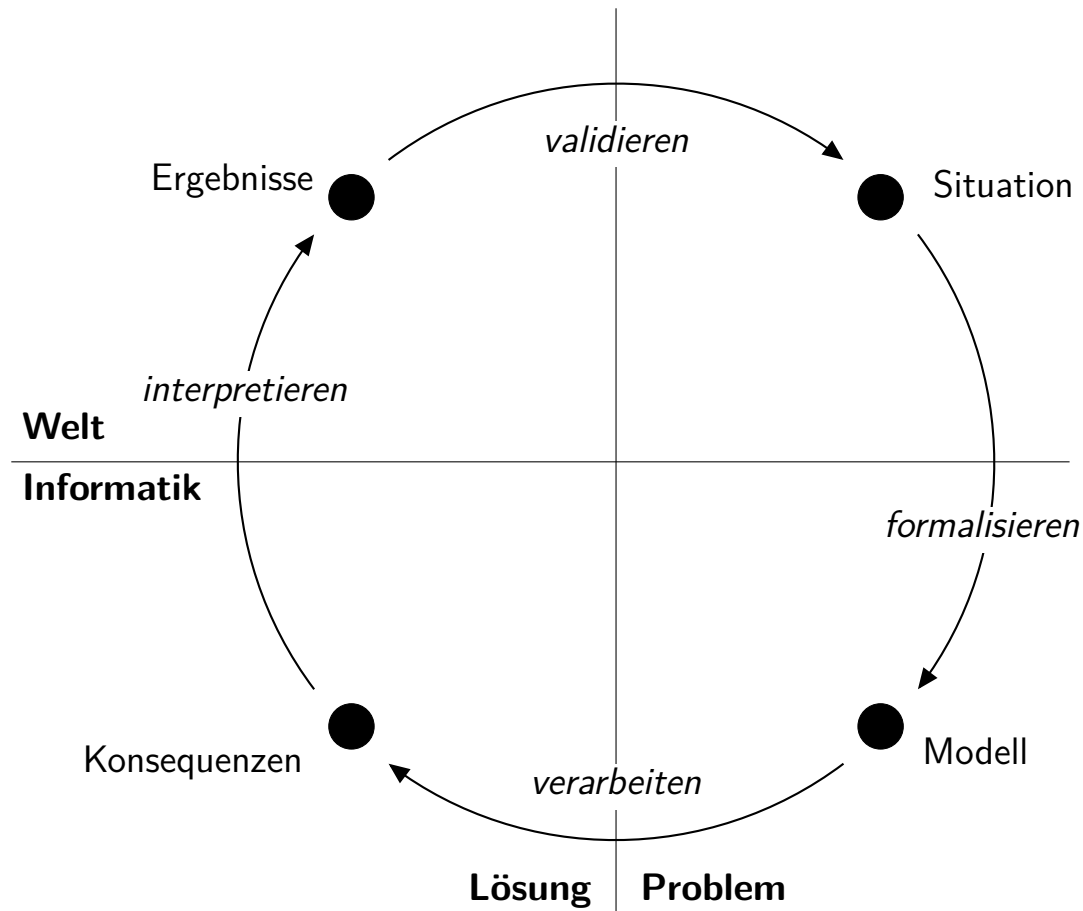


Abbildung 3: Der Prozess der Modellierung in der Informatik (vgl. HUMBERT und PUHLMANN 2004, S. 71)

Das Besondere an informatischen Modellen ist, dass sie zum Ablauf gebracht werden können.

»Damit besteht eine enge Wechselwirkung zwischen der informatischen Modellierung und dem modellierten Realitätsausschnitt. Die Modellierung wirkt durch das erstellte Informatiksystem in den modellierten Bereich zurück und verändert diesen« (HUMBERT 2006b, S. 14).

Die Erstellung von Modellen zu Informatiksystemen, die das Leben von Menschen mit Beeinträchtigungen erleichtern, sollte ein integrativer Bestandteil von informatischer Bildung sein. Durch das Durchlaufen des Modellierungskreises werden konkrete Modelle

wie assistive Systeme² im Kontext einer realen Problemsituation verstanden. Das schafft nicht nur ein besseres Verständnis von informatischen Inhalten, sondern ein Verständnis, wie behinderte Menschen ihr Leben gestalten und wie die Informatik dazu beitragen kann, dies zu verbessern. Der Erwerb von informatischen Kompetenzen schließt also auch das Verständnis der kulturellen, sozialen und gesellschaftlichen Dimension mit ein.

In *Informatische Modellbildung - Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht* beschreibt Marco Thomas die fundamentale Bedeutung der Modellierung für die allgemeine und informatische Bildung. Modellierung ist eine grundlegende Kulturtechnik und »die Vielfalt an [eingesetzten] Modellierungen« unterstützt und ersetzt die geistigen Tätigkeiten des Menschen in vielfältiger Weise (THOMAS 2002, S. 69). Schüler*innen lernen im Kontext Informationsverarbeitung vielfältige »Modellierungen und ihren Stellenwert in bestimmten Modellbildungsprozessen« kennen. (THOMAS 2002, S. 69).

Die Gesellschaft für Informatik weist informatische Modellierung als eigenen Prozessbereich für alle Alterstufen aus, vom Kindergarten (WEISS 2015) über den Primarbereich (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2019, S. 8) und die Sekundarstufe I (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S. 45) bis zur Sekundarstufe II (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2016, S. 5).

Informatische Modellierung ist essentiell für Inklusion, da die erlernten Fähigkeiten im Modellierungsprozess verwendet werden können, die das Lernen und die dazugehörigen Tätigkeiten in vielfältiger Weise unterstützen z. B., um alternative visuelle, auditive und haptische Modelle zu entwickeln. Das hilft nicht nur Menschen mit kognitiven, visuellen, haptischen oder auditiven Beeinträchtigungen, sondern unterstützt die Tätigkeiten aller Schüler*innen, da neue Wege des Lernens ermöglicht werden. Modellierung ist ein Weg des Verstehens für die Bedürfnisse und Anforderungen von Schüler*innen und des Entwickelns passender individueller Lösungen. Das Verstehen des anderen und seiner informatischen Eingebundenheit in soziale Prozesse ist sowohl emotional als auch kognitiv bildend.

Durch Informatiksysteme wurden und werden neue Möglichkeiten der Partizipation und damit der Inklusion von Menschen geschaffen. Insbesondere Menschen mit Beeinträchtigungen können von diesen Möglichkeiten in besonderem Maße profitieren. Durch verschiedene Hard- und Software-Kombinationen können Menschen an der Gesellschaft partizipieren. Viele Systeme und Konzepte, die Kommunikation und Selbstbestimmung

²Assistive Systeme sind Hilfsmittel, die behinderte Menschen dabei unterstützen, bestimmte Aktivitäten oder Aufgaben auszuführen.

aller Menschen verbessern, werden der Informatik zugeordnet. Das Verstehen solcher Informatiksysteme und der zugehörigen Hard- und Software bietet aus der Bildungsperspektive Möglichkeiten für Schüler*innen, ein Verständnis von Partizipationsmöglichkeiten zu schaffen, insbesondere im Kontext Inklusion. Daher muss die Aufgabe informatischer Bildung sein, sich ausführlich mit den Chancen von Inklusion und Informatik im Unterricht auseinanderzusetzen (vgl. CAPOVILLA 2019, S. 37).

3.3 Sensorische Parallelisierung

Der Begriff sensorische Parallelisierung bezieht sich im ursprünglichen Sinne auf die gleichzeitige Verarbeitung sensorischer Daten. Sensorisch meint im Bezug auf biologische Systeme die Aufnahme von Daten durch Sinnesorgane (Augen, Ohren, Haut usw.). Bezüglich eines Informatiksystems bedeutet es die Eingabe über verschiedene Eingänge, wie eine Tastatur, eine Maus, einen »touch screen«, ein Mikrophon und über verschiedene Ausgänge, wie eine visuelle Bildschirmausgabe, Lautsprecher oder über eine Braillezeile.

Capovilla stellt fest, »dass eine Fokussierung auf visuelle Sensorik prinzipiell nicht lernförderlich ist, sondern Unterrichtsgegenstände in unterschiedlichen sensorischen Formen angeboten werden sollten« (CAPOVILLA 2015, S.52). Er empfiehlt, »dass derselbe Unterrichtsinhalt in mindestens zwei unterschiedlichen sensorischen Formen angeboten wird« (CAPOVILLA 2015, S. 52). Daraus schließt der Verfasser, derselbe Unterrichtsinhalt meint, vergleichbare Kompetenzen mit verschiedenen sensorischen Materialien zu erreichen.

Für Schüler*innen mit einem oder mehr beeinträchtigten Sinnesorganen bedeutet dies, dass sie sich die Lernangebote aussuchen können, die für sie zugänglich sind, d. h. Lernangebote zu wählen, die beeinträchtigte Sinnesorgane aussparen. Brand stellt fest (BRAND 2011, S. 95), dass Inhalt, der über mehrere Sinneskanäle angeboten wird, tiefergehend verarbeitet wird. Damit bietet die sensorische Parallelisierung einen Mehrwert im Unterricht für alle Schüler*innen (vgl. CAPOVILLA 2015, S. 52).

Diese Idee entspricht damit auch dem UDL und den drei Prinzipien des UDL. Das heißt, verschiedene sensorische Möglichkeiten bezüglich Darstellung, Interaktion und Beteiligung sowie unterschiedliche Wege der Wissensvermittlung und des praktischen Engagements anzubieten. Im Sinne des UDL heißt dies zu untersuchen, welche Möglichkeiten verschiedener sensorischer Zugänge es gibt und welche Kompetenzen informatischer Bildung mit diesen vermittelt werden können. Dies ließe sich mit informatischen Phänomenen aus dem Alltag der Schüler*innen verbinden. Da unsere alltägliche Umgebung noch nicht im Sinne eines »Univeral Design« gestaltet ist, können bei diesen

Phänomenen Barrieren auftreten, wie z. B. eine Speisekarte ohne Blindenschrift. Nach sensorischer Parallelisierung werden Modelle über mehrere Kanäle gelehrt und bieten somit ein breiteres Spektrum als Basis für selbständiges Modellieren.

Aufgrund der beschriebenen Vorteile von UDL und sensorischer Parallelisierung hält der Verfasser es für sinnvoll, Material für verschiedene sensorische Zugänge zu entwickeln, wie es auch die Anforderungen für Lehrkräfte im Fach Informatik fordern, nämlich »visuelle, auditive und haptische« Repräsentationen anzubieten. (KMK 2019, S. 35). Darüber hinaus sind natürlich noch weitere Sinne wie Schmecken, Riechen und Bewegen denkbar.

4 Kriterien zur Entwicklung sensorisch parallelisierten Materials

4.1 Differenziertes Material für vergleichbare Kompetenzen

Ziel der Materialien sollte es sein, dass alle Schüler*innen dieselben Kompetenzen erwerben können. Das heißt nicht, dass alle Schüler*innen die Kompetenzen auf demselben Niveau erwerben müssen. Unter dem Aspekt der Leistungsdifferenzierung ist es sinnvoll, Material auf verschiedenen Niveaustufen anzubieten. Aus den Erfahrungen der Erstellung – Kapitel [5] und der Erprobung – Kapitel [6] haben sich verschiedenste Differenzierungsmöglichkeiten ergeben. Auch angelehnt an die Lehrmethode Scaffolding³ ist es das Ziel, Lernende bei der Bewältigung ihrer Aufgaben zu unterstützen und sie in die Lage zu versetzen, Aufgaben eigenständig zu lösen (BEESE, BENHOLZ und CHLOSTA 2014, Kapitel 3).

- Allgemeine Möglichkeiten
 - Strukturierung des Materials
 - Anpassung des Detailgrades des Materials, z. B. über eine vereinfachte oder detailliertere Version des Materials
 - Unterschiedliche Aufgaben für verschiedene Schüler*innen, freie Wahl bei der Aufgabenbearbeitung, schnelle und schwierige Wege - langsame und einfache Wege
 - Scaffolding

³Scaffolding heißt übersetzt Gerüst, welches als Unterstützung eines Lernprozesses eingesetzt und dann sukzessiv abgebaut wird.

- Material, mit dem in verschiedenen Geschwindigkeiten gearbeitet werden kann
- Hilfsmaterial, das bei Bedarf bereitsteht
- Visuelles Material
 - Vereinfachte und detailliertere Grafiken
 - Verschiedene Formate: Bilder, Videos, Diagramme, Tabellen...
 - Reduzierung auf Kernelemente von Diagrammen und Grafiken oder Erweiterung durch tiefergehende Analyse
- Haptisches Material
 - Verschieden schwierige Aufgaben: Puzzle, Knetmasse, haptische Spiele, haptische Diagramme...
 - Verschiedene Einstellungsmöglichkeiten, z. B. Justierungen beim »touch screen« bei motorischen Schwierigkeiten
 - Aufgaben, bei denen Lerntempo und Erfolg von den Lernenden bestimmt werden: Bauen eines Modells mit Knetmasse, Bausteinen...
- Auditives Material
 - Verschiedene Formate: Hörbücher, Podcasts – Wahl des Lerntempos durch Vor- und Zurückspulen
 - Interaktive Audioformate, z. B. »auditiver Lückentext«
 - Verschiedene Sprachniveaus
 - Verschiedene Sprachen
- Text
 - Text in einfacher Sprache
 - Vereinfachte Instruktionen
 - Lesehilfen

Durch die Kombination des Materials können vergleichbare Kompetenzen auf verschiedenen Niveaustufen und über verschiedene sensorische Wege erworben werden. Über anspruchsvolleres Material können entsprechende Kompetenzen vertieft werden. Durch

die Bereitstellung von Material auf verschiedenen sensorischen und kognitiven Ebenen werden mehr Lernende angesprochen.

Des Weiteren können verschiedene Sensoriken kombiniert werden, um den kognitiven Zugang zu erleichtern. Das Vorlesen von Text durch einen »screen reader« erhöht sowohl die kognitive als auch die sensorische Zugänglichkeit. Erklärungen per Video zu präsentieren, ermöglicht bei Bedarf ein Zurückspulen und stellen einen parallelen Zugang zu Lehrervorträgen dar. Aufgenommene Audioerklärungen zu einer haptischen Aufgabe können diese maßgeblich erleichtern. Über Kombinationen von Material können viele weitere Angebote geschaffen werden.

Es ist noch wichtig anzumerken, dass keine Patentlösung zur Sicherstellung vergleichbarer Kompetenzen existiert. Diese ist nämlich stark abhängig vom konkreten Lerngegenstand. Folgende Punkte, die sich auf die Struktur des Materials beziehen, müssen in ihrer Gänze nicht für jedes Lernmaterial gelten.

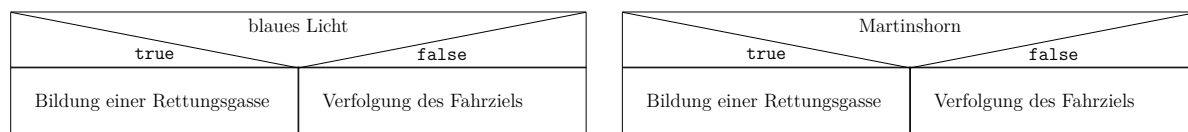
- Strukturelle Ähnlichkeiten wie klar erkenntliche Textabschnitte, Infoboxen, Beispielspielkästen
- Einheitliche farbliche Gestaltung von Strukturelementen
- Markierung von elementaren Begriffen zum Textverständnis
- Festgelegte Positionen für Inhalte
- Dieselben Formate bezüglich Überschriften, Schriftart, Seitenabständen, Abständen zwischen Aufgaben...
- Sich wiederholende oder sich ähnelnde Motive, z. B. Bilder, einleitende Melodien, haptisches Feedback...

4.2 Gestaltungsmöglichkeiten für inklusiven Informatikunterricht

Reaktionen auf Wahrnehmungen verlaufen überwiegend automatisch und sind für die Bewältigung des Alltags essentiell. Wird bei der Ausführung einer Handlung über sie nachgedacht, behindert das die Ausführung. Für das Erlangen einer Information sind nicht alle sensorischen Daten notwendig, die hingegen beim Erwerb des zugrundeliegenden Wissens benötigt wurden. Beim Ertönen einer Krankenwagensirene ist es nicht

notwendig zu überprüfen, ob ein Blaulicht leuchtet. In der Selbstverständlichkeit des Alltags werden nur Teile des erlernten Wissens benötigt, um automatisch richtige Entscheidungen zu treffen. Bei der Erstellung von Unterrichtsmaterial sind auch sensorische Phänomene interessant, die für den Ersteller im ersten Moment möglicherweise banal oder selbstverständlich erscheinen. Beim Wissenserwerb ist es nützlich, Daten, Wissen und Information über verschiedene Sinneskanäle anzubieten. Durch die Trennung einzelner Kanäle verstärken sich diese gegenseitig, da sie ursprünglich zusammen gehören.

Programmentwürfe einer Krankenwagensirene:



Verknüpfung beider Entwürfe (Verknüpfen von bedingten Anweisungen und logischen Zeichen):

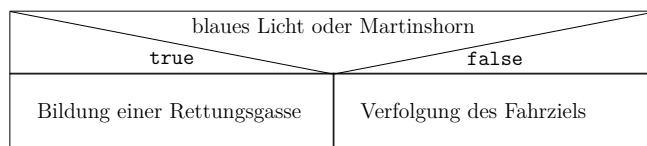


Abbildung 4: Struktogramme einer Krankenwagensirene

Die vorherige Trennung der Sinneskanäle betont die Merkmale beider Entwürfe. Durch die Aufhebung der Trennung wird der modellierte Ausschnitt der Realität im Besonderen hervorgehoben, d. h. ein wahrgenommenes Signal ist für einen Autofahrer bereits ausreichend, um zu reagieren und die Wahrnehmung beider Signale führt zu derselben Anweisung. Bedingte Anweisungen und logische Zeichen sind Abbildungen alltäglicher Denkprozesse, was diese Modellierung zeigt.

Es ist allerdings zusätzlich die Frage zu stellen, ob es sich im Sinne des UDL um eine universell zugängliche Lösung handelt. Eine höreingeschränkte Person nimmt das blaue Licht unter Umständen zu spät wahr. Das hätte ein späteres Ankommen des Krankenwagens und potentielle Gewissensbisse des Verkehrsbehinderers zur Folge. Hier ist also eine erweiterte Modellierung dringend erforderlich.

Eine alternative Modellierung entwickelten sieben Studenten*innen der Universität Siegen. Mithilfe eines Mikrochips werden die Geräusche des Martinshorns in optische Signale verwandelt (JULI 2010). Hier wird also eine universell zugängliche Lösung angeboten, die insbesondere die Lebensrealität von Menschen mit Beeinträchtigungen aufgreift. Zusätzlich kann im Sinne eines universalen Designs bezüglich sensorischer Parallelisie-

rung überlegt werden, ob es sinnvoll ist, weitere Sinne zu reizen. So könnte gemeinsam mit den Schüler*innen überlegt werden, wie durch informatische Modellierung⁴ auch der haptische Sinneskanal erreicht werden kann, z. B. die Geräusche des Martinshorns mithilfe eines Mikrocontrollers über Vibrationen auf dem Lenkrad spürbar machen. D. h., es wird nicht nur das Modell wahrgenommen, sondern das Modell gestaltet zugleich auch die Art der Wahrnehmung(en). Somit wären die Schüler*innen in der Lage, die Modellierung über mehrere Sinne wahrzunehmen, zu begreifen, umzusetzen und weiterzuentwickeln.

Zum einen werden durch die Modellierung sensorisch parallele Zugänge berücksichtigt, zum anderen werden durch die Umsetzung der Modellierung sensorisch parallele Zugänge geschaffen. Das bezieht sich auch auf Inklusion und Barrierefreiheit. Diese werden durch die Modellierung nicht nur berücksichtigt, sondern folglich auch umgesetzt.

Werden inklusive und/oder sensorisch parallelisierte Inhalte regelmäßig vermittelt, tritt ein Prozess der Selbstverständlichung ein, sodass von Schüler*innen automatisch inklusive oder sensorisch parallelisierte Modellierungen in Betracht gezogen und realisiert werden. Das ist wichtig für ein gesellschaftliches Umdenken bezüglich Inklusion.

Gerade vor dem oft vorgebrachten Argument, Inklusion ist zwar wünschenswert, aber nicht umzusetzen, da dies Nachteile für leistungsstarke Schüler*innen zur Folge hat, ist es wichtig zu betonen, dass leistungsstarke Schüler*innen von Inklusion auf kognitiver Ebene profitieren.

Das Verstehen des anderen eröffnet neue Perspektiven für das eigene (berufliche) Leben, eröffnet neue Erfahrungswelten und schafft neue Blickwinkel auf das eigene Selbst und dies ist durchaus kognitiv herausfordernd. Die Thematisierung von Informatiksystemen erweitert die Sicht in die Welt des anderen, ist kognitiv wertvoll, sowohl auf sozialer als auch auf informatischer Ebene.

In inklusivem Informatikunterricht können alle Schüler*innen durch informatische Modellierung inklusive Prozesse und Modelle gestalten, Zugang zu informatischer Bildung erhalten sowie Modelle mithilfe von Informatiksystemen implementieren. Sie können die Teilhabe aller Menschen gestalten und damit einhergehende Herausforderungen diskutieren.

4.3 Barrierefreiheit

Die Erstellung von sensorisch parallelisiertem Material kann viel Zeit in Anspruch nehmen. Nicht jedes Kriterium wird vollständig erreicht werden können. Egal welche Krite-

⁴Eigentlich handelt es sich im folgenden Fall um eine taktile Wahrnehmung, da die Reizwahrnehmung passiv erfolgt.

rien man berücksichtigt, es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die kooperative Zusammenarbeit aller Lehrpersonen und weiterer Inklusionskräfte ein entscheidender Faktor für gelingende Inklusion darstellt, z. B. durch Austausch von gesammelten Erfahrungen, gemeinsame Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten, gegenseitige Unterstützung (bei der Materialentwicklung) (vgl. KRÄMER 2022, Fol. 11).

Die Erstellung des Materials muss mit den sonstigen Aufgaben der Lehrperson in Einklang stehen. Sämtlichen Text permanent als Audiobeschreibung oder jede visuelle Darstellung auch als haptisches Modell bereitzustellen, ist ideal, zeitlich aber nicht leistbar. Am wichtigsten ist es, dass bezüglich des Materials für die zu unterrichtende Klasse möglichst wenig Barrieren bestehen. Individuelle Anpassungen für neue Schüler*innen oder Klassen können bei Bedarf getroffen werden. Allerdings sollte darauf geachtet werden, dass unüberwindbare Barrieren (Kapitel [2.3]) abgeschafft werden.

Die Begrifflichkeit »unüberwindbare Barrieren« soll sich im Folgenden nur auf visuelle, haptische und auditive Modellierungen beziehen. Eine Modellierung, die eine spezielle Sensorik ausschließt, stellt für Menschen mit entsprechender sensorischer Beeinträchtigung eine unüberwindbare Barriere dar (Martinshorn – vollständige Hörbeeinträchtigung). Wird bereits bei der Modellierung einer Situation auf unterschiedliche sensorische Anforderungen reagiert, können unüberwindbare Barrieren umgangen werden. An entsprechenden Modellierungen muss sowohl die grundlegende Problematik, die Lösung als auch die Umsetzung und Konsequenzen deutlich werden, die den Erwerb vergleichbarer Kompetenzen ermöglichen. Der Verfasser vertritt die Position, dass dies die Kernaufgabe bei der Erstellung eines universell gestalteten Materials bezüglich sensorischer Beeinträchtigungen ist.

Die Analyse von weiteren Barrieren ist immer wieder eine neue Herausforderung bei allen Lernenden, gerade bei Lernenden mit sensorischen Beeinträchtigungen. Jedes neue Material, welches mit dem Ziel konzipiert wurde, Barrieren abzubauen, kann potentiell neue Barrieren schaffen. Wichtig ist die analytische Betrachtung des Unterrichtsmaterials unter dem Aspekt Barrierefreiheit, um Vor- und Nachteile für die Schüler*innen herauszuarbeiten. Je nach Situation muss sorgfältig abgewogen und geprüft werden, ob potentielle neue Barrieren entstehen oder ob es sich um zu bewältigende Hürden für Schüler*innen handelt.

Beispiel

Es soll auditives Material zu einem Transpositionsverfahren erstellt werden. Die Töne sollen eine Nachricht darstellen.

- Problem 1: Man benötigt eine visuelle oder haptische Notation von Tönen.
- Problem 2: Können die Schüler*innen mit dieser Notationsform umgehen?
- Problem 3: Warum sollten die Schüler*innen jetzt überhaupt diese Noten spielen?
- Problem 4: Die Lehrperson muss ein sinnvolles Szenario finden, in dem das Transponieren von Noten oder Ähnlichem einen Sinn ergibt.

Beispiellösung

Es sollen Tablets und eine Software zur Audiotbearbeitung verwendet werden, um Sprachnachrichten zu verschlüsseln..

Vorteile	Nachteile
• Vermittlung eines Transpositionsverfahrens über ein auditives Medium • Selbständiges Arbeiten • Motivierendes Medium	• Mögliche neue Barrieren durch Soft- oder Hardware • Potentielle Abhängigkeit von monitärer Software

An dieser Stelle muss die Lehrperson einschätzen, ob die Schüler*innen die neuen Hürden meistern können oder ob diese eine Barriere darstellen.

4.4 Übersicht über mögliche Unterrichtsmaterialien

Es gibt eine Vielzahl von Unterrichtsmaterialien, die den Lernenden helfen können, das Fach auf interessante und unterhaltsame Weise zu entdecken. Im Folgenden werden einige mögliche Unterrichtsmaterialien für den Informatikunterricht vorgestellt. Diese sind gegliedert nach verschiedenen sensorischen Kanälen (auditiv, haptisch, visuell,

olfaktorisch, gustatorisch) und beziehen sich in der Regel auf die Jahrgangsstufe 5/6.

4.4.1 Auditives Material

Audiobearbeitung Schüler*innen lernen einen ihnen bisher unbekannten Zusammenhang zwischen auditivem Inhalt (Sprachnachricht) und einer visuellen Repräsentationsform von Daten (Audiospur) kennen. Es können verschiedene Operationen auf diesen Daten durchgeführt werden (Tonhöhe, Anordnung, Stimmverzerrung...). Für Schüler*innen, die Schwierigkeiten mit der deutschen (Schrift)-Sprache haben, bestehen Differenzierungsmöglichkeiten. Sprachnachrichten können auch in einer anderen Sprache aufgenommen und bearbeitet werden. Schüler*innen jüngerer Jahrgangsstufen sind wahrscheinlich mit Audiobearbeitung noch nicht in Kontakt gekommen. Ein Informatiksystem⁵ zu nutzen, um Audiodateien zu bearbeiten, stellt für Schüler*innen der Klasse 6 sicherlich einen hohen motivationalen Anreiz dar. Die Bearbeitung von Sprachnachrichten und die Aufklärung über Risiken ihrer Nutzung und Lösungen zur sicheren Kommunikation sind sehr lebensnah, da Schüler*innen dieses Medium täglich verwenden. Historisch könnte die Bedeutung des Gegenstandes am Kymographen erörtert werden.

Musikinstrumente An Musikinstrumenten, die aus dem Musikunterricht bekannt sind, können die Schüler*innen bekannte Zusammenhänge zwischen Inhalt (Musik) und Daten (Noten) aus informatischer Perspektive neu entdecken. Es ist denkbar, dass Schüler*innen über musikalisches Wissen verfügen, das für den Informatikunterricht transferiert werden kann, wobei die Schüler*innen mit Musikerfahrung als Experten fungieren können. Schüler*innen können Operationen auf musikalischen Daten durchführen, indem sie Töne als Noten abspeichern und algorithmisch verändern. Es können auch einfachere Notationsformen wie der Morsecode verwendet werden.

»Einfache Instrumente« lassen sich leicht beschaffen bzw. bauen. Zur Codierung von zwei Zuständen (0 - 1) benötigt man immer zwei unterschiedliche Tonhöhen, z. B. ein leeres Glas und ein volles Glas. Mit zwei unterschiedlich befüllten Wassergläsern lassen sich beliebig lange Binärzahlen darstellen. Das auf den Boden Stampfen von zwei unterschiedlich großen Metallrohren kann eine beeindruckende Akustik erzeugen.

⁵In der Erprobung wurden Tablets eingesetzt, es sind aber auch andere Informatiksysteme denkbar, z. B. Notebooks oder Personal Computer.



Abbildung 5: Binärdarstellung über Metallrohre und Wassergläser

Die Feststellung, dass das Wasserglas nicht ganz voll ist, kann dazu genutzt werden, Schwellwerte für elektrische Spannung und deren Interpretation als Binärwert zu thematisieren.

Eine Quarte oder eine Oktave sind Einheiten in der Musik, mit denen sich Bezüge zum Vierer- oder Oktalsystem herstellen lassen. Drei Oktaven auf einer Klaviertastatur könnten drei Potenzen im Oktalsystem darstellen. Dreistellige Zahlen ließen sich somit auch als Noten notieren.

Takt 1: $c \Leftrightarrow 1 * 1^0$, $'c \Leftrightarrow 1 * 1^1$, $''c \Leftrightarrow 1 * 1^2$. Dies ergibt die Oktalzahl 111_8 .
 Takt 2: $e \Leftrightarrow 1 * 3^0$, $'f \Leftrightarrow 1 * 4^1$, $''d \Leftrightarrow 1 * 2^2$. Dies ergibt die Oktalzahl 243_8 .

Abbildung 6: Noten als Oktalzahlen

Mit ca. drei Oktaven ließe sich als weitere Codierung das lateinische Alphabet darstellen. Leicht zu spielende Instrumente eignen sich am besten zum Unterrichtseinsatz (Xylophon, Triangel, Tamburin). Gespielte Noten lassen sich über einen Mikrokontroller mit entsprechenden Sensoren aufnehmen und verarbeiten, z.B. die Steuerung eines Automaten über eine Tonabfolge.

Auch etwas »fortgeschrittene Instrumente« lassen sich relativ leicht selbst bauen. Vier hohle Hölzer und eine Schnur bilden zusammen ein recht respektables Blasinstrument. Mit einem Schuhkarton und vier unterschiedlich dicken Bändern lässt sich leicht eine Gitarre basteln. Die Erstellung der Instrumente kann von den Schüler*innen in kreativer Eigenarbeit, möglicherweise auch im Musikunterricht, erfolgen. Die Bestimmung und Notation entstandener Töne kann als informatischer Prozess thematisiert werden.

Weitere Beispiele Ein Beispiel für auditive Symbole sind Warnsignale. Die Dringlichkeit eines Warnsignals kann über akustische Parameter gezielt beeinflusst werden und hilft dem Empfänger, auf entsprechende Gefahren zu reagieren. Die Information Gefahr wird also dem Empfänger durch ein auditives Signal übermittelt bzw. der Empfänger assoziiert mit dem empfangenen Signal Gefahr (DÜRRER 2001).

Ein weiteres Beispiel für auditive Symbole sind »Soundscapes« als Szenographien des Films (FLÜCKIGER 2000). Mit »Soundscapes« werden besonders in amerikanischen Filmproduktionen Szenen klanglich untermalt. Z.B. wird die Nacht durch das Zirpen von Grillen, entferntes Hundegebell oder Frösche akustisch untermalt. Eine Stadt wird mit Verkehrsrauschen und Hupen akustisch ausgestattet. Hier findet also eine gezielte Informationsübermittlung durch akustische Signale statt. »Soundscapes« könnten im Unterricht z. B. mit dem Thema Klassendiagramme in Verbindung gebracht werden.

Bastelmaterial:

Bastelmaterial ist im allgemeinen leicht verfügbar oder es handelt sich sogar um vermeintliche Abfälle, es regt die Kreativität an und schult filigranes Arbeiten.

Zum Basteln einer Trommel sind geeignete Materialien: Blumentopf oder Konservendose, Backpapier, Fensterleder oder alter Luftballon, Kleister, Paketschnur oder Gummibänder, Essstäbchen

4.4.2 Haptisches Material

Klemmbausteine Klemmbausteine sind ein bekannter Gegenstand aus der Lebenswelt der Schüler*innen, sodass Handhabung und sprachlicher Umgang leicht fallen sollten. Klemmbausteine eignen sich hervorragend zur Speicherung von Zahlen. Reihen können Potenzen der Basis eines Zahlensystems oder Bits und vieles mehr darstellen.

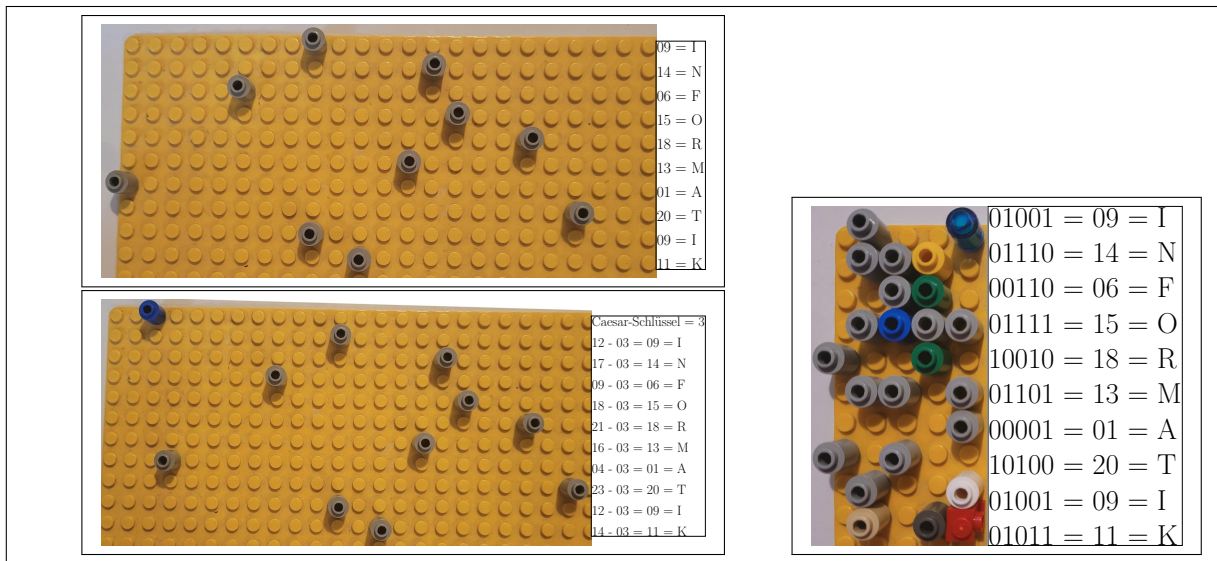


Abbildung 7: alphabetische Codierung, Cäsar-Verschlüsselung, Binärcode

Mit einer 30x30-Platte können 900 Bits gespeichert werden, genug, um ein »gif«, einen Parkschein oder einen formatierten Text zu speichern. Es ließen sich mit Klemmbausteinen auch einfache Lochkarten, wie sie noch im Jahr 2000 zu Präsidentschaftswahlen eingesetzt wurden, darstellen (ILSEMANN und SIMONS 2022). Die Lochkarte ist ein historisches Speichermedium zur Datenverarbeitung, welches noch haptisch begreifbar ist. Dieser haptische Bezug zur Datenverarbeitung ist durch immer kleinere, nicht mehr erfühlbare Datenträger verloren gegangen. Über Klemmbrettplatten lässt sich dieser Bezug erneuern.

Braille-Schrift Im Alltag findet sich Brailleschrift mittlerweile fast überall, in Aufzügen, in öffentlichen Gebäuden, auf Verpackungen, auf Zeitschriften oder Speisekarten. Die Braille-Zeile stellt eine Möglichkeit dar, Text mit einem Informatiksystem auszugeben und somit haptisch zugänglich zu machen.

Durch das Erproben der Brailleschrift im Unterricht verstehen die Schüler*innen, dass Lesen auch über haptische Sensorik funktioniert. Das ist wahrscheinlich das erste haptische Schriftsystem, mit dem sie in Berührung kommen. Sie begreifen, dass das Lesen von Braillezeichen für Menschen mit visueller Beeinträchtigung genau so gut funktioniert wie das Lesen mit den Augen. So wird ein größeres Verständnis geschaffen für behinderte Menschen und ihre Art, in der Welt zu leben, mit ihr zu interagieren sowie sprachliche Information auf ganze eigene Weise zu codieren. Diese Möglichkeit verändert das alltägliche Leben aller Menschen.

Bodysigns Ein Beispiel für haptische Modelle sind »Bodysigns«, welche zu den sozialhaptischen Kommunikationssystemen gehören. Diese wurden vom Kompetenzzentrum für Gebärdensprache und Gestik der RWTH Aachen entwickelt, »um eine standardisierte sprachliche Kommunikation mit taubblinden Menschen sicher zu stellen« (SIGNGES 2022a). Die Zeichen werden übermittelt, indem auf der Rücken-, Schulter- oder Armfläche gezeichnet wird (SIGNGES 2022a). Es existiert ein zugehöriges Lexikon, welches momentan über eine beachtliche Menge von ca. 600 Wörtern verfügt (SIGNGES 2022b). Z. B. wird das Wort Lachen durch den Bewegungsablauf »Der Zeigefinger der ausführenden Person vollführt eine halbmondförmige Bewegung vom linken zum rechten Schulterblatt der angesprochenen Person, einen lächelnden Mund imitierend« dargestellt.

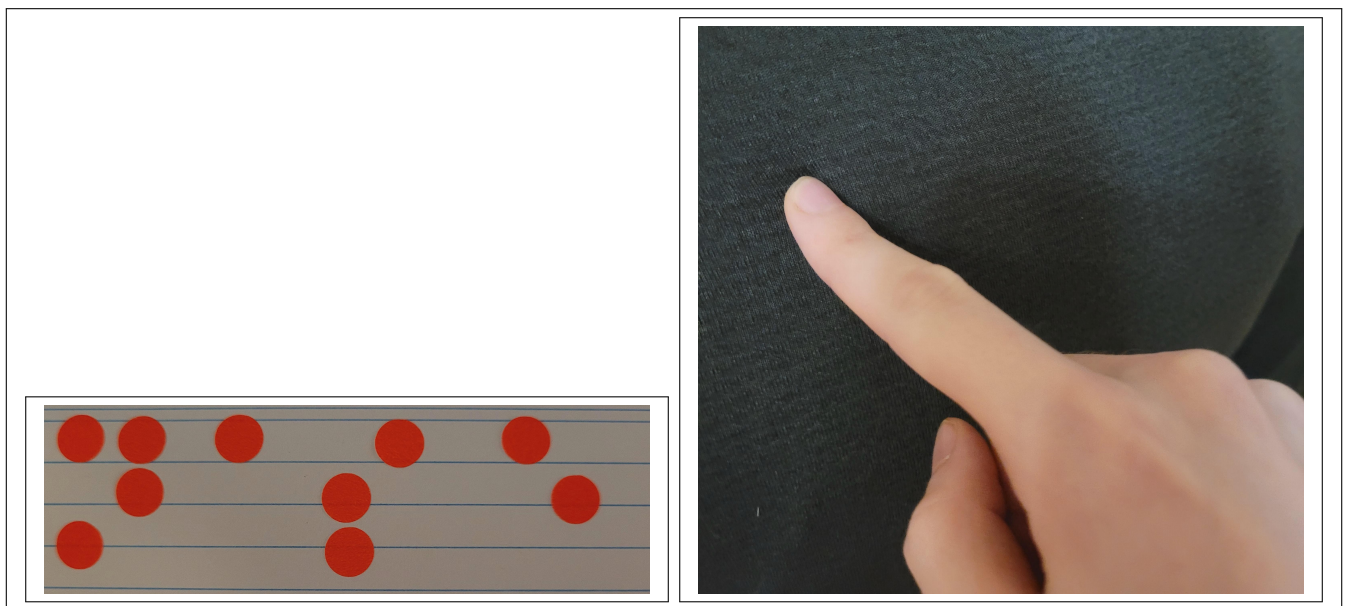


Abbildung 8: Braillezeichen und Bodysigns (SIGNGES 2022a)

Bastelmaterial:

- Nachbilden der Brailleschrift: Klebepunkte aus dickerem Papier mit dem Locher herstellen und mit Kleberoller aufkleben, Stecknadeln mit runden Köpfen in Schaumstoff oder Moosgummi stecken
- Nachbilden des Freimaurercodes: 2 - 3 cm lange dünne Hölzer aus Holzspießen (Schaschlikspieße) oder Streichhölzern, selbstklebendes Moosgummi
- Nachbilden von Lochkarten: in kleine Karteikarten Löcher machen (z. B. mit einem Stempelocher)

- Erfühlen einer einfachen Audiowelle: Audiospur ausdrucken, ausschneiden, auf Moosgummi legen und nachzeichnen, Moosgummi ausschneiden
- Weiteres mögliches Material: Pfeifenreiniger, Korken, Kronkorken, Knetmasse, Draht, Eisstiele, Stix, Bügelperlen

4.4.3 Visuelles Material

Fingeralphabet Durch den Einsatz der Finger werden beim Fingeralphabet Wörter buchstabiert. Es wird in der Kommunikation unter Gehörlosen für Wörter benutzt, für die es noch kein Gebärdenzeichen gibt. Das Fingeralphabet ist eine visuelle sowie enaktische Alternative zur Brailleschrift, die zusammen mit der Gebärdensprache ein Verständnis für die Kommunikation Gehörloser schafft und zeigt, wie Codierungen das Leben dieser Menschen verändert haben.

Gebärdensprache Die Gebärdensprache bietet ähnlich den Bodysigns eine Codierung, die auf der Wortebene funktioniert und zur kognitiven Differenzierung eingesetzt werden kann.

Piktogramme Otto Aicher entwickelte für die Olympischen Spiele 1972 in München Piktogramme, die international verständlich waren. Durch eine Handvoll Striche wurde von Aicher z. B. ein abstraktes Modell von zwei spielenden Basketballern erstellt. Analog zum Prozess des Modellierens kann das Basketballer-Piktogramm vom Betrachtenden verarbeitet bzw. zum Ablauf gebracht werden. Betrachtende können mithilfe des Piktogramms »zum Ort des Basketballspiels gehen«. Die dem Piktogramm entnommene Information kann also als Bewegungsaufforderung und -durchführung interpretiert werden (vgl. WEIDENMANN 2021).

Piktogramme, die häufig im Rahmen der informatischen Kommunikation eingesetzt werden, sind Emoticons wie der »Smiley«. Dieser verfügt aufgrund der »einfachen« Darstellung ebenfalls über einen hohen Abstraktionsgrad, z. B. das Piktogramm für ein freundliches Gesicht :). Weiterhin ist der »Smiley« ein Phänomen, das eine große Bedeutung in der Lebenswelt der Schüler*innen hat.

4.4.4 Olfaktorisches/gustatorisches Material

Der Geschmackssinn (gustatorisch) verfügt über fünf verschiedene Geschmacksrichtungen: süß, sauer, salzig, bitter und umami. Für jede dieser Geschmacksrichtungen ist wissenschaftlich ein Rezeptor auf der Zunge nachgewiesen. Schärfe ist eigentlich kein

gustatorischer Reiz, sondern ein Schmerzempfinden der Zunge. Der gustatorische Anteil am Schmecken ist im Vergleich zum olfaktorischen gering. Der Großteil des Geschmacks wird über beim Kauen freigesetzte Aromastoffe wahrgenommen, die ein Riechepithel im oberen Nasengang reizen (vgl. FISHER 2005, S. 180). All diese Reize können als Teil einer Abbildung fungieren, um Codierungen darzustellen. Bekannte Abbildungen aus der Lebenswelt der Schüler*innen sind Symbole in Speisekarten oder auf Lebensmitteln. Darüber hinaus kann über olfaktorische und gustatorische Reize Information transportiert werden, die über den konkreten Geschmack oder Geruch hinausgehen. Über Geruchsfolgen können Bits dargestellt werden, man schmeckt z.B. etwas Süßes als 1 und man schmeckt nichts Süßes als 0.

Bastelmaterial:

- Riechsäckchen mit verschiedenen Düften und Gewürzen befüllen.
- Filmdosen mit diversen, gut zu unterscheidenden Inhaltsstoffen befüllen, z.B. Gewürze.



Abbildung 9: Filmdose mit dem Gewürz Zimt

5 Beispielhafte Entwicklung von Materialien im Kontext des SpionCamps

5.1 Stationenlernen

Stationenlernen lässt sich im Sinne des Universal Design for Learning gestalten, da verschiedene Stationen auf verschiedene Bedürfnisse angepasst werden können. Die Stationen können von den Lernenden frei gewählt werden, um selbstständig, in eigenem Lerntempo und eigenverantwortlich das von der Lehrperson bereitgestellte Material zu bearbeiten und eigene Lernstrategien herauszubilden. Die Reihenfolge kann von den Schüler*innen frei gewählt werden (vgl. BAUER 1997, S. 59). Die Auswahl kann nach Vorlieben und Stärken erfolgen, was gerade für Schüler*innen mit sensorischen und kognitiven Beeinträchtigungen Vorteile bietet.

Die Vielzahl der Stationen eignet sich, um verschiedene sensorische Materialien anzubieten, die sich gut auf den Stationstischen aufbereiten lassen. Auch Birgit Kontschinsky (2003) hebt in *Stationenlernen* hervor, wenn »Lernschwierigkeiten auf einem „Lernkanal“ auftreten, dann kann ein Wechsel des Zugangsweges und der Zugangsart häufig weiterhelfen« (KONTSCHINSKY 2003, S. 5). Erworbene und zu erwerbende Kompetenzen können an differenziertem Material neu erschlossen und vertieft werden. Das Angebot unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade führt zu weniger Über- und Unterforderung. Kontschinsky hebt auch den positiven Einfluss der Bewegung im Raum auf das Lernen hervor (vgl. KONTSCHINSKY 2003, S. 5). Durch das Aufheben des festen Sitzplatzes entstehen Kooperations- und Kommunikationsmöglichkeiten zwischen den Lernenden, so dass sie sich intensiver über den Lerngegenstand austauschen und gegenseitig bei der Bearbeitung des Materials helfen können, womit eine aktive und verantwortungsvolle Arbeitsweise einhergeht. Die zusätzliche Bewegung kann gerade Schüler*innen mit Lernschwierigkeiten helfen, Fokus und Aufmerksamkeit aufrecht zu erhalten.

Den gerade genannten Vorteilen des Stationenlernens stehen allerdings auch einige Nachteile gegenüber. Es besteht ein hoher zeitlicher Aufwand bezüglich Vorbereitung und Material, der sich allerdings mit der Zeit relativiert, da man die Materialien bei der nächsten Lerngruppe wieder benutzen kann. Außerdem eignet sich Stationenlernen nicht für jedes Thema und das freie Arbeiten der Schüler*innen beansprucht viel Zeit. Ebenso bestehen wegen der individuellen Gestaltung Schwierigkeiten bei der Auswertung und Leistungsbewertung.

Elemente des Stationenlernens

Das Stationenlernen setzt sich nach Kontschinsky aus folgenden Elementen zusammen (vgl. KONTSCHINSKY 2003, S. 7-10):

Thema Themen eignen sich in besonderem Maße, wenn sie Raum für Erfahrungslernen bieten, sich mit geeignetem Material allein erarbeiten lassen, über vielfältige Zugänge zu erschließen sind und sich in möglichst voneinander unabhängige Lernabschnitte unterteilen lassen.

Lernraum Wichtig ist ausreichend Platz für den Aufbau der Stationen und der Arbeitsplätze.

Lernende und Arbeitsplätze Jeder Lernende bearbeitet seine Aufgaben optimalerweise an den ausreichend Platz bietenden Stationen. Arbeiten mehrere

Schüler*innen gleichzeitig an einer Station, ist dies bei der Zeit- und Platzplanung zu berücksichtigen.

Lehrperson Stationenlernen kann auch ohne Lehrperson funktionieren, zur Begleitung und Beaufsichtigung ist ihre Anwesenheit aber von Vorteil.

Arbeitsaufträge Da es sich beim Stationenlernen um ein kleinschrittiges Lernen handelt, sollten die Arbeitsaufträge pro Station in ausreichender Zahl vorhanden sein, einen überschaubaren Umfang aufweisen, nur einen Ausschnitt des Gesamten darstellen, deren Lösbarkeit für die Schüler*innen einsehbar sein und die abgeschlossene Bearbeitung als eigenständiger Erfolg vermerkt werden. Eine Reihenfolge der zu bearbeitenden Arbeitsaufträge wird nicht festgelegt, damit der Lernweg frei wählbar ist.

Arbeitsmaterial und Arbeitshilfen Es gibt keine Einschränkung in der Materialform. An jeder Station befindet sich eine schriftliche Anweisung, möglicherweise mit welchen Hilfsmitteln die jeweilige Aufgabe gelöst werden soll und was mit dem Bearbeitungsergebnis geschehen soll.

Lernstationen An diesen festen und ausgewiesenen Orten im Lernraum liegen die o. g. Arbeitsaufträge und Materialien aus. Um mehr Wahlmöglichkeiten zu bieten, können einige Stationen als Pflicht- und andere als Wahlstationen ausgewiesen werden. Auch die Festlegung einer Verweildauer pro Station kann angedacht werden, will man einen Wettkampfcharakter initiieren.

Laufzettel Zur Orientierung auf dem Lernweg notieren die Schüler*innen auf ihnen, an welchen Stationen sie bereits die Arbeitsaufträge bearbeitet haben.

Auf- und Abbau, Vorbereitung, Auswertung Für den Erfolg des Stationenlernens ist es wichtig, dass i. d. R. alle Teilnehmende auch an diesen Phasen mitverantwortlich beteiligt sind. Nicht zu vergessen sind mit einzuplanende Pausen, um das Gelernte integrieren zu können. Es könnte z. B. eine eigene Pausenstation eingebaut werden.

Arbeitsphasen des Stationenlernens

Das Stationenlernen lässt sich in sechs Arbeitsphasen einteilen (vgl. KONT-SCHINSKY 2003, S. 10-13):

Planung und Konzeption Mit einer guten, meist allerdings zeitaufwendigen Planung und Konzeption in der Vorbereitung lässt sich das Stationenlernen erfolgreich gestalten. Unter Berücksichtigung der Kenntnisse und Fertigkeiten der Schüler*innen legt die Lehrperson das Thema, den Lernzweck, die Leitstruktur und die Teilziele, sonstige Ziele, wie z.B. das Üben bestimmter Kompetenzen, die Zeit- und Raumplanung sowie die Lernerfolgskontrolle fest. Unter Umständen kann es auch sinnvoll sein, die Schüler*innen in dieser Phase zu integrieren, z. B. bei der Erstellung der Stationen oder bei der Themenauswahl.

Praktische Vorbereitung und Bereitstellung In dieser Phase geht es um das Sammeln bzw. Erstellen des Materials und der Arbeitsmittel, die Formulierung der Arbeitsaufträge, die mögliche Bereitstellung von Hilfen und den Aufbau der Lernstationen. Helfen die Schüler*innen dabei mit, ist die sich hieran anschließende Einführungsphase möglicherweise überflüssig.

Einführung Hier wird den Schüler*innen die Arbeit an den Stationen, das Thema, die Lernziele, die Arbeitsmittel und Hilfen sowie die Arbeitsregeln erklärt. Die Betrachtung der Stationen und der Arbeitsaufträge hilft den Schüler*innen bei der Vorausplanung ihres Arbeitsweges.

Durchführung Das Arbeiten an den in der Reihenfolge frei wählbaren Stationen kann nach einem Zeitplan erfolgen und erstreckt sich meistens über ein bis zwei Unterrichtsstunden. Sollten die Stationen in Gruppen bearbeitet werden, ist ein Rotationsverfahren hilfreich, wobei der Wechsel der Gruppen nach Ablauf einer vorher festgelegten Zeit erfolgt.

Ergebniskontrolle und Präsentation Die Ergebnisse werden entweder am Ende jedes Arbeitsauftrags oder nach Beendigung des Stationenlernens vorgezeigt und überprüft, wobei diese Überprüfung in unterschiedlicher Art und Weise erfolgen kann.

Auswertung Die Lehrperson und die Schüler*innen werten das Stationenlernen am besten gemeinsam aus. Die Stationen werden von allen danach beurteilt, ob sie gelungen oder nicht gelungen waren, und die Ergebnisse dieser Auswertung kommen einer weiteren Anwendung, aber auch den Schüler*innen und der Lehrperson zugute.

Im Sinne sensorischer Parallelisierung kann jeder Station eine einzelne Sensorik zugeordnet werden. So können während der Durchführung die Schüler*innen befragt werden, was sie von der Station halten und wie sie das konkrete Material bewerten. Die sensorische Trennung nach Stationen hilft auch, das Arbeiten mit dem sensorisch parallelierten Material zu beobachten und für die einzelnen Stationen konkrete Rückschlüsse zu ziehen sowie die Gestaltung des Materials zu reflektieren (siehe Kapitel [6]).

5.2 Legitimation des Gegenstands Kryptologie

Das Ziel jedes Informatiksystems, welches zum Zweck der Kommunikation eingesetzt wird, muss sicherstellen, dass »Kommunikation vom Anfang bis zum Ende [...] vertraulich, authentifiziert und integriert abläuft« (HILBIG 2016, S. 30). Unverschlüsselte Kommunikation kann jederzeit abgehört werden.

Die Kryptologie ist die Wissenschaft der Verschlüsselung und Entschlüsselung von Daten. Daten werden so manipuliert, dass sie für Dritte unkenntlich und vor unauthorisierten Zugriffen geschützt sind. So kann bei ihrer Übertragung die Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit der Nachrichten sichergestellt werden. Beim Nachrichtenaustausch über informatische Netzwerke wird die Sicherheit dieser Nachrichten von vielen Nutzen nicht in Frage gestellt und eine unverschlüsselte Übertragung ist sehr bedenklich. Die Schüler*innen sollen verstehen, dass Phänomene der Kommunikation in ihrer alltäglichen Erfahrung informatische Phänomene sind. Diese Phänomene gibt es nicht erst seit der Erfindung des Internets, denn Kommunikationsgemeinschaften existieren schon seit den ersten Erzählungen um die ersten Höhlenfeuer (vgl. KOUBEK 2008, S.28). Später bildeten Telegraphisten durch verwirrende Abkürzungen, virtuelle Meetings und Diskussionsrunden eine eingeschworene Gemeinschaft (vgl. KOUBEK 2008). Vom antiken Griechenland und Rom bis heute wurden Systeme basierend auf mathematischen und informatischen Konzepten entwickelt, um Kommunikationsnetze zu schützen. Diese Systeme wurden im Laufe der Geschichte sicherer. Die Cäsar-Verschlüsselung kann z. B. noch von einem Menschen in absehbarer Zeit entschlüsselt werden. Die Vigenère-Verschlüsselung kann bereits nicht mehr ohne maschinelle Rechenleistung innerhalb eines Menschenle-

bens entschlüsselt werden. Damit die Nachrichten der Schüler*innen vertraulich versendet werden können, dürfen verwendete Verfahren auch nicht von leistungsstarken Informatiksystemen entschlüsselt werden können.

Das hier entwickelte Material ist für die Jahrgangsstufe 5 und 6 konzipiert. Die im Unterricht eingesetzten kryptographischen Verfahren entsprechen häufig historischen Vorbildern. Bestehende Materialien wie das Cäsar-Verfahren oder Skytale transponieren lateinische Buchstaben oder ersetzen diese durch andere. Dabei fällt das Problem auf, dass diese Verfahren stark visuell ausgerichtet sind. Daher soll im Weiteren gezeigt werden, wie entsprechende Verfahren für alle sensorischen Zugänge aufbereitet werden können (Kapitel [5]). Zunächst aber wird die fachdidaktische Eignung des Themas Kryptologie exemplarisch dargelegt.

5.2.1 Allgemeine fachdidaktische Überlegungen

Die Kryptologie ist ein Teilgebiet der theoretischen Informatik und die *fundamentalen Ideen nach Schwill* weisen den allgemeinbildenden Anspruch des Gegenstandes aus (bei KOHL 2022; angelehnt an SCHWILL 1993):

Horizontalkriterium: Der Gegenstand besitzt Relevanz in verschiedenen Bereichen der Informatik:

- DES, Diffie-Hellmann, ElGamal - praktische Informatik
- Kryptoanalyse, Blockchiffren, Permutationen - theoretische Informatik
- Enigma/Lorenz Schlüsselmaschine - technische Informatik
- E-Mail-/WLAN-Verschlüsselung - angewandte Informatik
- Datenschutz, Barrierefreiheit - Informatik & Gesellschaft

Vertikalkriterium: Die Schüler*innen können schon im Grundschulalter einfache Codierungen verstehen, z. B. Zeichensprache. In der Erprobungsstufe sind Schüler*innen in der Lage, Verschlüsselungssysteme wie z. B. die Cäsar-Verschlüsselung zu verstehen. Im weiteren Verlauf der Sekundarstufe I kann z. B. zwischen asymmetrischen und symmetrischen Verfahren unterschieden werden. In der Sekundarstufe II können diese Verfahren dann z. B. anhand von DES oder Diffie-Hellmann konkretisiert werden.

Sinnkriterium: Die Schüler*innen ...

- ... kommen im Alltag mit Blindenschrift in Berührung.
- ... erfinden Phantasiesprachen, die nur sie und ihre Freunde verstehen.
- ... kommen mit Informatiksystemen in Berührung, die Daten speichern und versenden (Smartphone, Kühlschrank, Fernseher, Alexa).

Zeitkriterium: Schon in der Antike wurden Verschlüsselungsverfahren angewendet, um Nachrichten verschlüsselt zu versenden. Im zweiten Weltkrieg war die erfolgreiche Entschlüsselung von geheimen Nachrichten kriegsentscheidend. Die Kryptologie hat auch in der Gegenwart in verschiedenen Bereichen Bedeutung, z. B. beim Datenschutz, im Bankwesen, bei sensiblen Daten von Wirtschaftsunternehmen oder bei Staatsgeheimnissen und wird daher auch in Zukunft nicht an Bedeutung verlieren.

5.2.2 Bildungsdokumente

Im Jahre 2008 gab die Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) die Bildungsstandards Informatik heraus, in denen beschrieben wird, welche Kompetenzen die Schüler*innen am Ende der Sekundarstufe I mindestens aufweisen sollten (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008).



Abbildung 10: Prozess- und Inhaltsbereiche des Informatikunterrichts in den Bildungsstandards (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2019, S. 7)

Diese Kompetenzen der GI untergliedern sich in je fünf Inhalts- und Prozessbereiche, die »untrennbar und vielfältig miteinander verzahnt« sind, da Inhalte nur im Prozess

vermittelt werden können (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2019, S. 7). So wird z. B. der Inhaltsbereich »Information und Daten« über die verschiedenen Prozessbereiche erschlossen. Umgekehrt werden informatische Inhalte »dargestellt und interpretiert«.

Der im August 2021 veröffentlichte Kernlehrplan orientiert sich an den Vorgaben der Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik (MSB-NW 2021). Es folgt eine zusammenfassende Auswahl an Kompetenzerwartungen aus beiden Dokumenten.

Schüler*innen...

- Information und Daten
 - ... »erläutern ein einfaches Transpositionsverfahren als Möglichkeit der Verschlüsselung« (MSB-NW 2021, S.17).
 - ... »vergleichen verschiedene Verschlüsselungsverfahren unter Berücksichtigung von ausgewählten Sicherheitsaspekten« (MSB-NW 2021, S.17).
- Mensch Informatik Gesellschaft
 - ... »wählen für ausgewählte Aufgaben ein geeignetes Werkzeug aus mehreren Alternativen aus und bedienen es kompetent« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S.41).
 - ... »beschreiben ihren Umgang mit Informatiksystemen aus ihrer eigenen Lebenswelt« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S.41).
 - ... »erkennen die Notwendigkeit einer verantwortungsvollen Nutzung von Informatiksystemen« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S.41).
 - ... »benennen an ausgewählten Beispielen Auswirkungen des Einsatzes von Informatiksystemen auf ihre Lebens- und Erfahrungswelt« (MSB-NW 2021, S.19).
- Argumentieren
 - ... »äußern Vermutungen zu informatischen Sachverhalten auf der Basis von Alltagsvorstellungen oder Vorwissen« (MSB-NW 2021, S.15).
 - ... »erläutern mögliche Auswirkungen des Einsatzes von Informatiksystemen« (MSB-NW 2021, S.15).
- Begründen und Bewerten

- ... »äußern Vermutungen auf der Basis von Alltagsvorstellungen« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S.48).
- Darstellen und Interpretieren
 - ... »werten einfache Diagramme, Grafiken und Anschauungsmodelle zu informatischen Sachverhalten aus« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S.55).
- Kommunizieren und Kooperieren
 - ... »beschreiben einfache informatische Sachverhalte unter Verwendung von Fachbegriffen sachgerecht« (MSB-NW 2021, S.16).
 - ... »kooperieren in verschiedenen Formen der Zusammenarbeit bei der Bearbeitung einfacher informatischer Probleme« (MSB-NW 2021, S.16).
 - ... »tauschen sich untereinander, mit Lehrkräften und anderen Personen verständlich über informatische Inhalte aus« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S.53).
 - ... »stellen informatische Sachverhalte unter Benutzung von Fachbegriffen mündlich und schriftlich sachgerecht dar« (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2008, S.53).

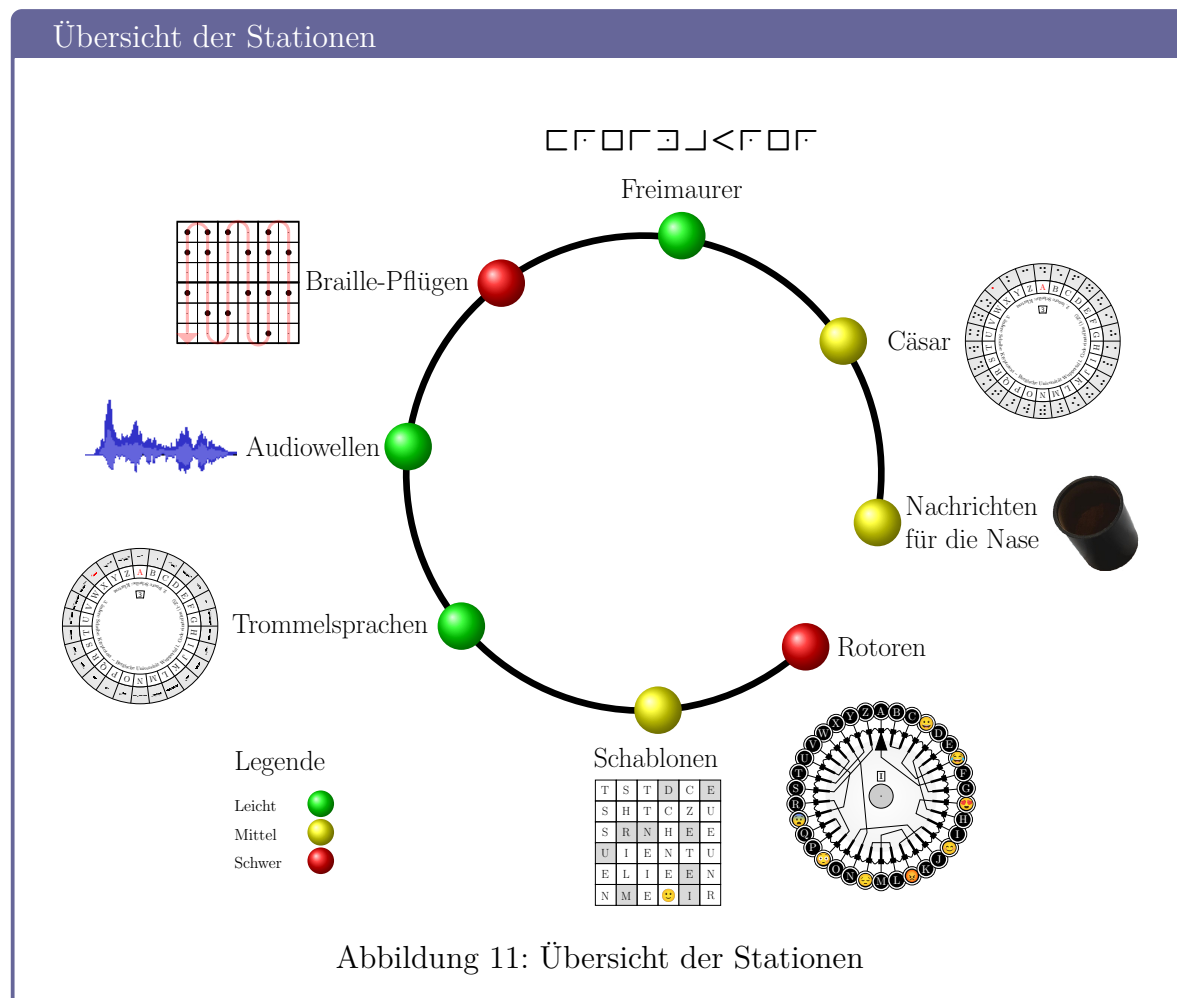
5.3 Vorstellung des entwickelten Materials

Das SpionCamp wurde 2004 unter der Leitung von Katrin Schäfer und Stephanie Gabriel noch unter dem Namen Spionschule an der Bergischen Universität Wuppertal gegründet. 2011 wurden die Lernstationen von Müller et al. aufgrund von Lizenzierungsproblemen überarbeitet und in SpionCamp umbenannt. Beim SpionCamp steht das »Entdecken verschiedener Verschlüsselungsverfahren [...] an den Lernstationen im Vordergrund« (AUST, MÜLLER und PETER GABRIEL 2020, S. 3). Die Schüler*innen schlüpfen in die Rolle des Angreifers und versuchen, die Verschlüsselungsverfahren zu »knacken«. (vgl. AUST, MÜLLER und PETER GABRIEL 2020, S. 3). 2019 wurde das SpionCamp von Denise Schmitz um zwei neue Stationen, Strom- und Blockchiffre, erweitert (SCHMITZ 2019).

Beim SpionCamp ist festzustellen, dass es aufgrund der stark visuell ausgerichteten Verfahren nicht inklusiv ist. Deshalb wurden Elemente des bestehenden SpionCamps umgestaltet bzw. ein neues Verfahren (Polybios) hinzugefügt, um sensorische Parallelität

zu erreichen und die Verfahren der Kryptologie im Sinne des UDL für alle Schüler*innen zugänglicher und barrierefreier und damit inklusiv zu gestalten.

Es wurden insgesamt acht verschiedene Stationen sensorisch parallel gestaltet. Es kommen insgesamt fünf Substitutions- und drei Transpositionsverfahren zur Anwendung. Das umgestaltete SpionCamp mit sensorisch parallelisiertem Material umfasst folgende Stationen:



Stationen	Sensorik	Art des Verfahrens
Audiowellen	auditiv	Transposition
Trommelsprachen	auditiv	Substitution
Braille-Pflügen	haptisch	Transposition
Cäsar	haptisch	Substitution
Freimaurer	haptisch	Substitution
Schablonen	visuell	Transposition
Rotoren	visuell	Substitution
Geheime Nachrichten für die Nase	olfaktorisch	Substitution

Abbildung 12: tabellarische Übersicht der Stationen

Es existiert mindestens ein visuelles, auditives und haptisches Transpositions- und Substitutionsverfahren. Falls aufgrund sensorischer Einschränkungen oder anderer Gründe ein Weg nicht beschritten werden kann, können Wege gewählt werden, die beeinträchtigte Sinnesorgane umgehen.

Schwierigkeit der Stationen Die Schwierigkeit der Stationen reicht von einfach (z. B. Audibearbeitung) bis schwierig (Rotoren). Jede Station beginnt mit einer Aufgabe zur Entschlüsselung. Weiterführende Aufgaben befassen sich mit Verschlüsselung und Kryptoanalyse. Die Bearbeitung und Reihenfolge der Stationen und Aufgaben können die Schüler*innen frei wählen.

Die Handhabung der sensorischen Gegenstände unterscheidet sich ebenfalls im Schwierigkeitsgrad. Die Bedienung eines Tablets, das Verwenden einer Trommel, das Riechen von Gerüchen in Dosen, die Verwendung von Schablonen und das Aufkleben von Hölzern wird als einfacher eingeschätzt. Das Verschieben, Aufkleben und der Austausch von einzelnen Braille-Punkten und -Zeichen sowie die Verwendung der Rotorscheibe wird als schwieriger eingeschätzt. Die Erprobung im Unterricht (Kapitel [6]) hat ergeben, dass zwei leichte, zwei mittlere und ein schweres Substitutionsverfahren sowie ein leichtes, ein mittleres und ein schweres Transpositionsverfahren eingesetzt wurden (vgl.

Abbildung [11]).

Struktur des Materials Beim SpionCamp wird bereits großen Wert auf strukturiertes Material gelegt. Stationsblätter sind immer identisch strukturiert. Diese verfügen über eine Infobox mit einer Kurzinformation zum Verfahren, einen Beschreibungstext und einen farblich hervorgehobenen Beispielkasten. Auf den Aufgabenblättern finden sich vergleichbare Aufgaben zu Ver- und Entschlüsselung sowie zur Kryptoanalyse. Wie sich diese Strukturen für die sensorische Parallelisierung eignen, lässt sich anschaulich anhand der Infoboxen hervorheben:

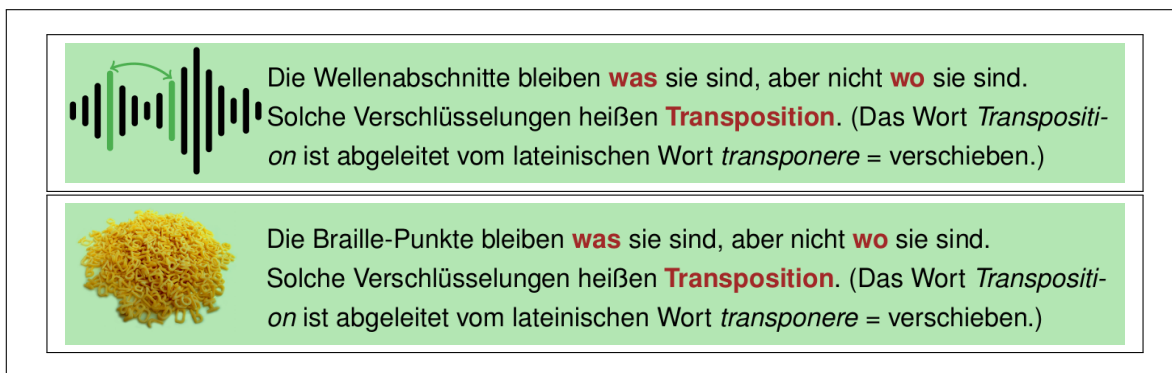


Abbildung 13: Infoboxen nach dem Vorbild SpionCamp

Zu erwerbende Kompetenzen Die Schüler*innen sollen beim Stationenlernen ihrem Alter entsprechend grundlegende Kompetenzen im Bereich der Kryptographie erlangen. Die Schüler*innen können am Ende des Stationenlernens. . .

K1 ... Bezug vom Thema Kryptologie zu lebensweltlichen Situationen herstellen oder in einen historischen Kontext einordnen.

K2 ... ein Substitutions- und Transpositionsverfahren beschreiben.

K3 ... zwischen Verschlüsseln und Entschlüsseln unterscheiden.

K4 ... beurteilen, ob Verschlüsselungsverfahren sicher sind.⁶

⁶Im Vergleich zum SpionCamp wurde der Umfang der Aufgaben zur Kryptoanalyse wegen der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit und wegen des antizipierten Leistungsniveaus der Klasse reduziert.

Im Folgenden werden die einzelnen Stationen detailliert vorgestellt⁷.

Audiowellen - auditiver Kanal - Transposition

An dieser Station werden Informatiksysteme (hier: Tablets) mit einer Software zur Audibearbeitung eingesetzt. Die Schüler*innen sollen mithilfe der Software ihre eigenen Sprachnachrichten aufnehmen und speichern. Diese sollen dann verschlüsselt werden, indem die zur Sprachnachricht zugehörige Audiospur in mehrere Teile zerlegt wird und diese Teile transponiert werden. Mathematisch betrachtet handelt es sich bei der Verschiebung um eine Permutation. Kryptologisch betrachtet handelt es sich um eine Blockchiffre der Betriebsart Electronic Code Book Mode.

Für das neue Stationsblatt (siehe [Anhang]) war es wichtig zu zeigen, wie ein Modell einer Audiowelle aussieht und zu erklären, was eine Audiowelle ist und in welchen Bereichen sie eingesetzt wird. Auf eine Erklärung, was eine Blockverschlüsselung der Betriebsart ECB ist, wurde wegen der Textlänge verzichtet. Für einen blinden*eine blinde Schüler*in ist die Transposition einer Audiowelle zugänglicher als das Transponieren eines visuellen Textes. Transposition wird hier über die Differenz der Sprachnachricht vor dem Verschlüsseln und nach dem Verschlüsseln gehört und über das Verschieben der einzelnen Blöcke auf dem Informatiksystem begriffen.

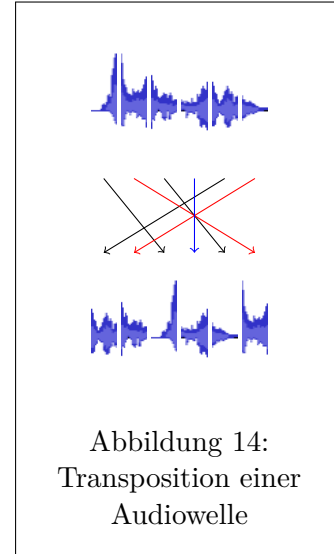


Abbildung 14:
Transposition einer
Audiowelle

⁷Es werden hier Erfahrungen aus Planung, Ausführung und Reflexion (Kapitel [6]) zusammengetragen.

Kompetenzen

- K1: Schüler*innen kommunizieren in ihrem Alltag über Sprachnachrichten.
- K2/K3: Zuerst soll eine vorbereitete Audiowelle entschlüsselt werden, indem die verschobenen Teile wieder in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Dann soll eine Audiowelle verschlüsselt werden, indem diese aufgeteilt wird und die Teile verschoben werden. Durch das Abspielen der Nachricht kann überprüft werden, ob die Aufgaben erfolgreich gelöst wurden.
- K4: Durch genaues Betrachten kann man in der Regel erkennen, welche Teile zusammengehören.

Übersicht

- Material: Tablets mit entsprechender Software, Stations- und Arbeitsblatt, laminierte Permutationshilfen in verschiedenen Blocklängen, Folienstifte, Schwammtuch
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: gering bis mittel
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: mittel bis hoch
- Schwierigkeitsgrad: leicht

Trommelsprachen - auditiver Kanal - Substitution

An dieser Station (siehe [Anhang]) wird eine Trommel eingesetzt, um Nachrichten zu übertragen. Die Schüler*innen verwenden den Morsecode als Noten. Zum Verschlüsseln von Nachrichten wird eine Cäsar-Chiffrierscheibe verwendet, bei der zu jedem Buchstaben der entsprechende Morsecode abgebildet ist. Substitution wird an dieser Station auditiv über das Austauschen von Schriftzeichen zu gespielten Noten dargestellt.

Auf dem Stationsblatt wird anhand eines historischen Beispiels zu geheimer Kommunikation mittels Trommelsprachen die Bedeutung des auditiven Gegenstandes hervorgehoben. Aus Gründen der Textlänge wurde auf die Beschreibung des Cäsarverfahrens verzichtet. Das Aufgabenblatt wurde gekürzt, da das Ver- und Entschlüsseln einige Zeit in Anspruch nimmt.

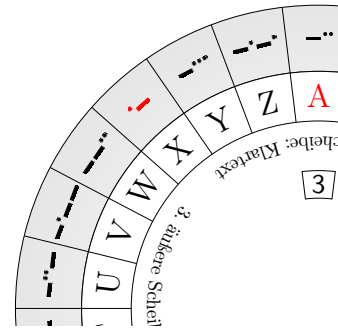


Abbildung 15: Ausschnitt einer Cäsar-Chiffrierscheibe mit Morsecode

Kompetenzen

- K1: Im einleitenden Text wird historisch Bezug zu Kulturen genommen, die Trommeln zur geheimen Nachrichtenübermittlung verwendeten.
- K2/K3: Bevor auf der Trommel gespielt wird, muss man sich auf einen gemeinsamen Schlüssel einigen. Der Sender verschlüsselt die Nachricht und der Empfänger entschlüsselt sie. Danach werden die Rollen getauscht.

Übersicht

- Material: eine Trommel, Stations- und Arbeitsblatt, Chiffrierscheiben mit Buchstaben und Morsezeichen, Klammer zum Zusammenhalten der beiden Scheibenteile
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: gering bis mittel
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: hoch
- Schwierigkeitsgrad: leicht

Braille-Pflügen – haptischer Kanal – Transposition

An dieser Station (siehe [Anhang]) wird die Brailleschrift verwendet, um Nachrichten zu übertragen. Im Unterschied zum ursprünglichen Pflügen werden die einzelnen Punkte der Braillezeichen transponiert. Transposition wird somit haptisch begreifbar. Das Stationsblatt wurde dementsprechend angepasst und durch eine Erklärung zu Braillezeichen ergänzt. Die Aufgaben wurden im Umfang gekürzt, da das Verfahren im Vergleich zum Pflügen von Buchstaben länger dauert.

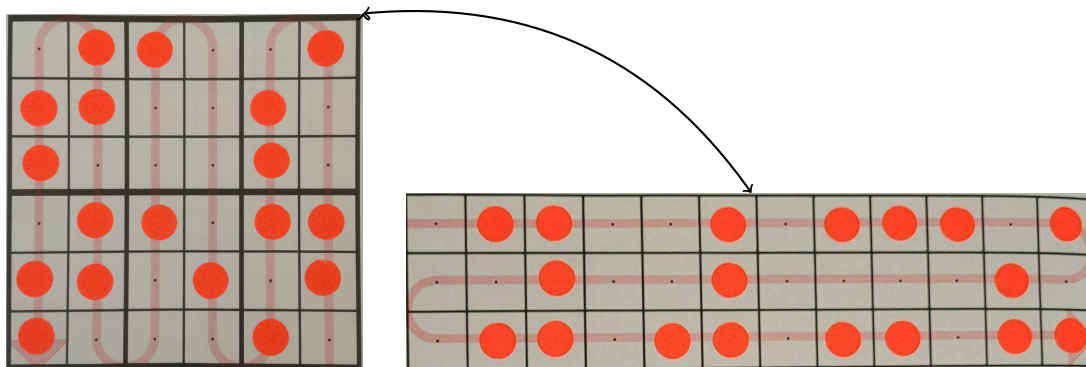


Abbildung 16: Transposition Braille-Pflügen

Kompetenzen

- K1: Brailleschrift findet man im Alltag immer häufiger. Die Verwendung und die historische Dimension wird auf dem Arbeitsblatt erklärt. Das Besondere an der Brailleschrift ist, dass sich einzelne Teile der Schriftzeichen verschieben lassen.
- K2/K3: Zuerst soll eine verschlüsselte Nachricht, vorab transponierte Braille-Punkte, entschlüsselt werden, indem die Punkte wieder in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Erst durch die richtige Anordnung sind die Zeichen lesbar und können verständlich in lateinische Schrift übersetzt werden. Im Anschluss sollen eigene Nachrichten verschlüsselt werden.

Übersicht

- Material: Stations- und Arbeitsblatt, Vorlagen zum Braille-Pflügen, Klebepunkte
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: mittel (es müssen nur wenige Klebepunkte aufgeklebt werden)
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: mittel bis hoch durch das Aufkleben der Klebepunkte auf die Vorlagen
- Schwierigkeitsgrad: schwer

Cäsar – haptischer Kanal – Substitution

An dieser Station (siehe [Anhang]) wird die Brailleschrift verwendet, um Nachrichten zu übertragen. Zum Verschlüsseln von Nachrichten wird eine Cäsar-Chiffrierscheibe verwendet, bei der zu jedem Buchstaben das entsprechende Braillezeichen abgebildet ist. Substitution wird an dieser Station haptisch über das Austauschen von Braillezeichen begriffen. Das Stationsblatt ist größtenteils identisch mit dem Stationsblatt aus dem SpionCamp, wurde aber durch Braillezeichen ergänzt. Da das Verschlüsseln mit Braillezeichen für Ungeübte schwieriger ist, wurden die Aufgaben im Umfang gekürzt.

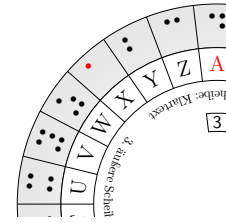


Abbildung 17:
Ausschnitt einer
Cäsar-
Chiffrierscheibe

Kompetenzen

- K1: Die historische Dimension des Verfahrens wird auf dem Stationsblatt beschrieben.
- K2/K3: Nachrichten werden in Braillezeichen übersetzt und über die Cäsarscheibe verschlüsselt. Diese Nachrichten sollen zunächst entschlüsselt werden, bevor eigene Nachrichten verschlüsselt werden. Mit der Chiffrierscheibe soll die Hand verdeckt werden, damit man gleichzeitig von der Chiffrierscheibe lesen kann.
- K4: Anhand der Zeichenhäufigkeit kann erkannt werden, wie man das Verfahren knacken kann.

Übersicht

- Übersicht Material: Stations- und Arbeitsblatt, Chiffrierscheibe mit lateinischen Buchstaben und Braillezeichen, Klammer
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: hoch durch das Aufkleben der Klebepunkte
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: hoch durch das Aufkleben der Klebepunkte
- Schwierigkeitsgrad: mittel

Freimaurer – haptischer Kanal – Substitution

An dieser Station (siehe [Anhang]) wird Bastelmaterial verwendet, um Nachrichten zu übertragen. Zum Verschlüsseln von Nachrichten wird die Freimaurer-Verschlüsselung verwendet. Substitution wird an dieser Station haptisch durch das Austauschen von Schriftzeichen zu Bastelmaterial begriffen, d.h. einzelne Freimaurer-Zeichen werden über Streichhölzer, Holzspieße oder ähnliches dargestellt. Das Stationsblatt wurde durch eine Erklärung, warum haptisches Material eingesetzt wird, ergänzt und die Aufgaben gekürzt, da das Aufkleben der Hölzer Zeit beansprucht.

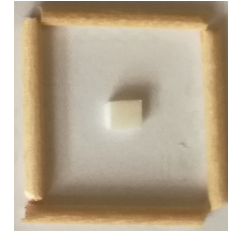


Abbildung 18:
Freimaurer-
Chiffre

Kompetenzen

- K1: Die historische Dimension des Verfahrens wird auf dem Stationsblatt beschrieben.
- K2/K3: Die Nachricht ist in Freimaurer-Code übersetzt und mit Holzstäbchen auf dem Arbeitsblatt dargestellt. Nachrichten können mit den Händen ver- und entschlüsselt werden. Mit dem Freimaurer-Code soll die Hand verdeckt werden, um ihn direkt übersetzen zu können.
- K4: Anhand der Zeichenhäufigkeit kann erkannt werden, wie man das Verfahren knacken kann.

Übersicht

- Übersicht Material: Stations- und Arbeitsblatt, Streichhölzer oder Holzspieße, Kleberoller, Klebepads
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: hoch (Zuschneiden der Hölzer auf 2 – 3 cm Länge sowie Befestigen der Hölzer auf den Arbeitsblättern mit Kleberoller und zusätzlich mit Tesafilm)
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: mittel bis hoch durch das Aufkleben der Hölzer
- Schwierigkeitsgrad: mittel

Schablonen – visueller Kanal – Transposition

Diese Station (siehe [Anhang]) des SpionCamps basiert auf der Transposition von lateinischer Schrift durch die Fleißnersche Schablone, d.h. einem visuellen Modell eines Transpositionsverfahrens. Dies würde einem visuellen Zugang im Sinne sensorischer Parallelisierung bereits genügen. Trotzdem werden bei dieser Station neben Buchstaben noch Emojis eingesetzt, um den visuellen Aspekt zu verstärken. Daher wurden auch Stations- und Arbeitsblätter nur durch wenige Zusätze von Emojis ergänzt und eine Bastelvorlage zum Ausschneiden von Emojis erstellt.

Kompetenzen

- K1: Auf dem Stationsblatt wird ein Lebensweltbezug über das Schreiben von Tagebuchseiten und die Verwendung von Emojis hergestellt.
- K2/K3: Vorbereitete verschlüsselte Nachrichten mit Buchstaben und Emojis sollen mithilfe von Schablonen entschlüsselt werden, um danach eigene Nachrichten zu verschlüsseln. Durch das Drehen der Schablone wird die Nachricht sichtbar. Es gibt verschiedene Schablonen und es müssen die passenden Schablonen zu den Nachrichten gefunden werden.

Übersicht

- Übersicht Material: Stations- und Arbeitsblatt, laminierte Vorlagen für Texte und Schablonen, drei verschiedene laminierte Lochkartenmuster in verschiedenen Farben aus Pappe, Folienstifte, Schwammtuch, Arbeitsblatt mit Emojis, Blatt mit Texten zum Entschlüsseln
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: mittel bis hoch
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: gering bis mittel
- Schwierigkeitsgrad: mittel

Rotoren – visueller Kanal – Substitution

Diese Station (siehe [Anhang]) basiert auf der Enigma-Verschlüsselung, d. h. einem visuellen Modell eines Transpositionsverfahrens. Diese Station wurde analog zu der anderen visuellen Station Schablone mit Emojis ergänzt.

Kompetenzen

- K1: Die historische Dimension des Verfahrens wird auf dem Stationsblatt beschrieben.
- K2/K3: Vorbereitete verschlüsselte Nachrichten mit Buchstaben und Emojis sollen dem Verfahren entsprechend entschlüsselt werden, um danach eigene Nachrichten zu verschlüsseln.
- K4: Das Verfahren wird mit dem Cäsar-Verfahren verglichen.

Übersicht

- Übersicht Material: Stations- und Arbeitsblatt, zwei unterschiedliche Rotorscheiben, in die Emojis hinzugefügt wurden, Klammer, Arbeitsblatt mit Emojis
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: mittel
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: mittel bis hoch
- Schwierigkeitsgrad: schwer

Geheime Nachrichten für die Nase – olfaktorischer Kanal – Substitution

Diese Station (siehe [Anhang]) basiert auf der Polybios-Verschlüsselung und ist im SpionCamp nicht enthalten. Substitution wird an dieser Station begriffen durch den Austausch von Buchstaben mit bestimmten Kombinationen von Gerüchen. Auf dem Stationstisch befinden sich Filmdosen mit verschiedenen geruchsintensiven Inhalten. Durch die Beschreibung auf dem Stationsblatt wird der olfaktorsiche Aspekt der Verschlüsselung zusätzlich hervorgehoben.

Kompetenzen

- K1: Auf dem Stationsblatt wird im Vergleich mit Tieren thematisiert, welche Information man über die Nase aufnehmen kann.
- K2/K3: Mithilfe einer Polybiostabelle können aufgebaute Geruchsfolgen auf dem Stationstisch entschlüsselt werden. Danach sollen eigene Nachrichten auf dem Stationstisch aufgebaut werden.
- K4: Es soll eine Aufgabe zu einer sichereren Polybios-Tabelle bearbeitet werden.

Übersicht

- Übersicht Material: Stations- und Arbeitsblatt, mit fünf verschiedenen geruchsintensiven Stoffen gefüllte Filmdosen, Transportbox für die befüllten Dosen
- Zeitaufwand bei der Materialerstellung: hoch durch die Beschaffung der Dosen und des Füllmaterials sowie das Befüllen der Dosen
- Zeitaufwand beim Verschlüsseln durch die Schüler*innen: gering
- Schwierigkeitsgrad: mittel

6 Erprobung des Materials im Unterricht

6.1 Durchführung und Überarbeitung

Die Erprobung fand an einer Gesamtschule in einer sechsten Klasse mit 29 Schüler*innen in zwei Unterrichtseinheiten von je 65 Minuten statt. Im bisherigen Verlauf des Schuljahres wurde Kryptologie noch nicht behandelt. Somit ist das Stationenlernen der Einstieg in das Thema. Zu Beginn der Stunde waren die Stationen bereits an acht Gruppentischen mit Platz für je vier Schüler*innen aufgebaut. Für eine abschließende Reflexion waren Laufzettel vorbereitet mit einer Spalte für Freude, einer für Erfolg und einer mit zusätzlichen Anmerkungen. Zu Beginn der Stunde setzten sich die Schüler*innen an die Gruppentische und nach einer thematischen Einführung zum Thema Verschlüsselung begannen die Schüler*innen mit der Bearbeitung der Stationen. Eine Schüler*in

beschwerte sich vorab über das viele Material, das auf den Tischen ausgelegt war. Viele Schüler*innen begannen direkt mit der Bearbeitung der Aufgaben, ohne vorab die Stationsblätter mit den Erklärungen zu lesen bzw. genau zu lesen. Für die Lösung der Aufgaben waren daher viele Hilfestellungen nötig. Beim Braille-Pflügen führte das z. T. oberflächliche Lesen z. B. dazu, dass die Punkte willkürlich aufgeklebt wurden oder bei der Schablonen-Station, dass willkürlich nach Lösungen gesucht wurde. Insgesamt konnte beobachtet werden, dass die Schüler*innen viel Freude beim Bearbeiten der Stationen hatten. Viele Schüler*innen kooperierten bei der Erarbeitung der Stationen. Das Bastelmaterial stellte sich als geeignet heraus, bei der Handhabung gab es keine Probleme. Die meisten Schüler*innen haben in zwei Unterrichtsstunden drei bis vier Stationen geschafft. Oft konnte beobachtet werden, dass nach der ersten Aufgabe zum Entschlüsseln die Station gewechselt wurde. Die Bearbeitung der Aufgaben ging an den Stationen langsam voran, die Schüler*innen wechselten die Station oft nach der ersten Aufgabe oder manchmal auch ohne eine Aufgabe abgeschlossen zu haben. Das wurde nicht unterbunden, da die Schüler*innen bei Bedarf an die Stationen zurückkehren konnten.

Nach der ersten Stunde wurde eine erste Rückmeldung eingeholt. Bezüglich der Freude waren viele Schüler*innen positiv gestimmt, einige mittel und wenige negativ. Bezüglich Erfolg gaben einige positive, viele zwischen positiv und negativ liegende Rückmeldungen und wenige negative Rückmeldungen. Bezüglich der verschiedenen Zugänge waren viele positiv, viele mittel und wenige negativ eingestellt.

Von 29 Schüler*innen haben 16 die Laufzettel (siehe [Anhang]) ausgefüllt und abgegeben. Da unterschiedliche Schüler*innen an unterschiedlichen Stationen das Material bearbeitet haben, ist eine Vergleichbarkeit bezüglich Freude und Erfolg nur bedingt aussagekräftig.

Stationen	Anzahl	Freude	Erfolg
Audiowellen	12	1,4	1,5
Trommelsprachen	9	1,4	1,5
Braille-Pflügen	7	1,9	1,9
Cäsar	5	2	2,3
Freimaurer	7	2	1,8
Schablonen	7	1,9	1,8
Rotoren	8	1,4	1,5
Geheime Nachrichten für die Nase	6	1,8	2

Legende: 1 = gut, 2 = mittel, 3 = schlecht

Abbildung 19: Auswertung der Laufzettel

Es folgen kurz die Beobachtungen bei der Erprobung der einzelnen Stationen.

Audiowellen Die meisten Schüler*innen haben die Station Audiowellen bearbeitet. In der Bedienung des Tablets und der Software waren die Schüler*innen sehr versiert. Dadurch fiel den Schüler*innen die Bearbeitung leicht. Hier wurde von vielen auch die Verschlüsselungsaufgabe durchgeführt.

Trommelsprachen Ebenfalls konnten viele Schüler*innen an der Trommelstation beobachtet werden. Die Cäsarscheibe mit Morsecode war zu kompliziert und wurde überarbeitet. Dennoch konnten die Schüler*innen das Prinzip mit Hilfe der Lehrkräfte verstehen und dann eigenständig bearbeiten. Es wurde viel auf den Trommeln gespielt, am beliebtesten war der Vorname der Schüler*innen. Dass übermittelte Nachrichten auch aufgeschrieben wurden, konnte nicht beobachtet werden.

Braille-Pflügen An der Station Braille-Pflügen gab es Schwierigkeiten beim Verständnis. Viele Schüler*innen wollten zunächst das verschlüsselte Wort direkt mithilfe der Braille-Tabelle übersetzen. Dass die verschobenen Braille-Punkte wie vermeintliche

Braillezeichen aussahen, erhöhte die Schwierigkeit. Die Station erforderte viel Unterstützung seitens der Lehrkräfte. Nachdem das Prinzip verstanden wurde, funktionierte die Umsetzung schnell und problemlos. Aufgrund der anfänglichen Hürde könnte überlegt werden, die Station als Zusatzstation zu einer Station anzubieten, die nur die Codierung Braille thematisiert.

Cäsar Einige Schüler*innen haben sich lange an der Station aufgehalten und sehr langsam an den Arbeitsblättern gearbeitet und auf motivierende Unterstützung wurde nicht reagiert. Daher kann über die Station keine aussagekräftige Schlussfolgerung gezogen werden. Die Cäsarscheibe mit Braillezeichen wurde ebenfalls überarbeitet, da sie zu kompliziert war. Dass beim Lesen der Zeichen diese abgedeckt wurden, um mit den Händen zu lesen, konnte nicht beobachtet werden.

Freimaurer An dieser Station konnte viel Geschäftigkeit beobachtet werden. Einige Schüler*innen brauchten Unterstützung beim Verständnis des Verfahrens. Dass beim Lesen der Zeichen diese abgedeckt wurden, um mit den Händen zu lesen, konnte nicht beobachtet werden.

Schablonen Viele Schüler*innen brauchten Hilfe beim Verstehen des Verfahrens. Dass man die richtige Schablone aussuchen musste, wurden von vielen nicht verstanden.

Rotoren Bei der zweiten visuellen Station Rotoren beteiligten sich mehr Schüler*innen. Die Nachrichten waren für die Schüler*innen allerdings zu lang.

Geheime Nachrichten für die Nase Es herrschte zu Beginn immer eine gewisse Vorsicht bei den Gerüchen. Im Folgenden rief das Riechen bei einigen Skepsis hervor, andere arbeiteten nach anfänglicher Vorsicht eifrig mit den Dosen. Beim Lesen der Polybios-Tabelle zeigten sich Schwierigkeiten.

6.2 Beobachtungen und Reflexion

Über das erhaltene Feedback der Schüler*innen, das während der Beobachtung eingeholt wurde, konnte festgestellt werden, dass manche Schüler*innen spezielle sensorsiche Formate bevorzugten. Es wurden Rückmeldungen von »Das Riechen finde ich lustig.« über »Die Station Audiowellen hat mir besonders viel Spaß gemacht, da ich viel ausprobieren konnte.« bis »Die Geschichte bei den Rotoren finde ich interessant.« zu »Die Freimaurerstation klappte gut und ich fand es toll, dass ich etwas zum Basteln hatte.«

gegeben. Einige Schüler*innen hielten sich z. B. länger an Stationen auf, an denen sie mit Bastelmaterial arbeiten konnten und andere länger an Stationen, an denen sie mit Tönen und Klängen experimentieren konnten, wohingegen andere länger an rein visuellen Stationen arbeiteten. Das bestätigte noch einmal, wie wichtig es im Sinne des UDL ist, dass verschiedenes Material bereitgestellt wird, an dem alle nach ihren einzigartigen Fähigkeiten und Präferenzen lernen können. Es bestätigte sich auch die Wichtigkeit, bei der Gestaltung von Lernumgebungen flexibel und anpassungsfähig zu bleiben, sodass ein besserer Zugang zu Lerninhalten und Kompetenzen bereitsteht.

Es konnte beobachtet werden, dass alle mitarbeiteten, dass alle bereit waren, sich mit dem Material auseinanderzusetzen und das Stationenlernen insgesamt gelungen war, wenn auch manchmal Hilfestellungen nötig waren. Auch wenn das Stationenlernen für die Klasse anspruchsvoll war, konnte beobachtet werden, dass das praktische Ausprobieren des sensorisch parallelisierten Materials an den Stationen ein erfolgreicher Weg für die Schüler*innen war, um die Kompetenzen der Stunde zu erwerben. Damit bestätigt sich auch, dass das Stationenlernen eine sinnvolle Möglichkeit ist, verschiedene praktisch zu erfahrende Gegenstände auszuprobieren.

Auch wurde festgestellt, dass mit dem selbständigen Bearbeiten des Materials beim Stationenlernen ein gewisser kognitiver Anspruch einhergeht. Das Ziel, auch kognitiv zu differenzieren, gelang nur bedingt, da die potentielle Leistungsfähigkeit der Klasse überschätzt wurde. Daraus schließt der Verfasser, dass überlegt werden sollte, ob sich das Stationenlernen für eine konkrete Klasse eignet oder andere Unterrichtsformen besser geeignet wären. Auch gilt es zu überlegen, die Textlänge auf den Stationsblättern und/oder die Anzahl der Aufgaben auf den Arbeitsblättern je nach Leistungsstand und Lerntempo der Klasse zu reduzieren bzw. vorzugeben, welche Aufgaben Pflicht sind. Um eventuellen Schwierigkeiten an den diversen Stationen entgegenzuwirken, sollte den Schüler*innen vorab deutlich gemacht werden, wie notwendig und hilfreich das Lesen der Stationsblätter ist, auch wenn sie lieber sofort mit der Bearbeitung des Materials anfangen würden. Bei Bedarf könnten den Schüler*innen Hilfestellungen in Form von Lösungsblättern auf dem Pult gegeben werden. Bei Stationen, bei denen man Codierungen wie Braille verwendet, könnte es sich als sinnvoller erweisen, erst mit der Verschlüsselung anzufangen, da dies bei kryptographischen Verfahren mit zusätzlicher Codierung leichter erscheint.

Auch wenn die Schüler*innen keine eigenen Modellierungen bezüglich sensorischer Parallelisierung entworfen haben, konnte dennoch festgestellt werden, dass sie viele verschiedene Modellierungen aus verschiedenen sensorischen Bereichen wahrgenommen haben. Dies konnte dadurch beobachtet werden, dass die Schüler*innen verschiedene

Rückfragen zu den einzelnen Modellierungen stellten. Auch wurde teilweise das Erstaunen geäußert, dass solche Materialien im Informatikunterricht eingesetzt werden, z. B. bei der olfaktorischen Station. Daraus schließt der Verfasser, dass die vorgestellten Modellierungen für die Schüler*innen ungewöhnlich und neuartig waren, dass sie Erstaunen und Interesse auslösten, sodass der Einsatz von Modellierungen aus verschiedenen sensorischen Bereichen als erfolgreich angesehen werden kann. Der Einsatz von unterschiedlichen Modellierungen für unterschiedliche Sinneskanäle nutzte nicht nur den Schüler*innen mit sensorischen Beeinträchtigungen, sondern allen.

Die seheingeschränkten Schüler*innen konnten genau wie alle anderen Schüler*innen erfolgreich mit dem Material arbeiten. Die visuellen Teilelemente der auditiven und haptischen Stationen wie z. B. die visuellen Bedienelemente bei der Audibearbeitungssoftware stellten keine zusätzlichen Barrieren dar. Durch die eingesetzten Hilfsmittel und der dem Unterricht beiwohnenden Inklusionskraft waren allen Schüler*innen alle Stationen zugänglich.

Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass es eines kontinuierlichen Lernprozesses mit beständiger Entwicklung und Reflexion bedarf, um das Ziel zu erreichen, Informatikunterricht inklusiv zu gestalten. Der Unterricht war durch das erstellte Material barrierefreier durch die Berücksichtigung der Prinzipien des UDL und der sensorischen Parallelisierung. Es ist jedoch unausweichlich, Unterricht vom eigenen subjektiven Standpunkt und den persönlichen individuellen Erfahrungen zu gestalten, da man nicht alle möglichen Barrieren im Blick hat. Daher ist die beständige Reflexion der eigenen Erfahrungen mit inklusivem Informatikunterricht von großer Bedeutung, was die Erprobung noch einmal bestätigt hat. Es bedarf bei der Beurteilung des eigenen Unterrichts und Materials Empathiefähigkeit und Verständnis für diejenigen, die anders sind als man selbst. Die grundsätzliche Einstellung, dass inklusiv gestalteter Informatikunterricht allen Schüler*innen zugute kommt, ist bei der Planung, Durchführung und Reflexion immer zu berücksichtigen, auch wenn der Ausgangspunkt der Überlegungen auf eine spezielle Gruppe oder einzelne Schüler*innen gerichtet ist. Das Pflichtfach Informatik kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten, Informatikunterricht inklusiv zu gestalten und inklusive Lernumgebungen zu schaffen, die zu Kooperation und Kreativität ermutigen. Inwieweit das sensorisch parallelisierte Material zum Thema Kryptologie bei allen Schüler*innen zu einem Mehrwert für das Erreichen der Kompetenzen geführt hat, ließ sich aufgrund fehlender Lernerfolgsüberprüfung zwar nicht beurteilen, aber die Eindrücke der Unterrichtsstunde stimmen den Verfasser positiv, dass in dieser Arbeit ein konstruktiver Beitrag für weitere Forschung zu inklusivem Informatikunterricht geleistet wurde.

7 Fazit

Seit die UN-Behindertenrechtskonvention im Jahre 2009 vom Bundestag ratifiziert und damit rechtswirksam wurde, ist die Inklusionsquote in Deutschland stark gestiegen. Das macht die Notwendigkeit deutlich, Informatikunterricht inklusiv zu gestalten. Inklusion kann als weiter und als enger Begriff gefasst werden, manche Definitionen umfassen ein sehr weites Spektrum an Menschen, andere hingegen eine sehr spezielle Gruppe von Menschen. Es existieren verschiedene Arten von Behinderungen. Aus einer Behinderung folgt nicht implizit, dass ein Individuum nicht an der Gesellschaft partizipieren kann, auch wenn diese Schlussfolgerung oft dazu führt, dass Menschen die Teilhabe an der Gesellschaft verwehrt wird.

Barrieren begegnen nicht nur behinderten Menschen. Im Kontext Schule bedeutet dies, dass diese Barrieren identifiziert werden müssen, damit alle Schüler*innen erfolgreich am Unterricht teilhaben können. Es wurde das »Universal Design for Learning« und deren Prinzipien vorgestellt, wodurch Barrieren im Unterricht abgebaut und Zugänge geschaffen werden. Das Ziel von Informatikunterricht sollte es sein, allen Schüler*innen Zugang zu Information zu verschaffen. Nach dem EIS-Vorbild, d. h., im Sinne von Algorithmen, Abbildungen und Animationen sowie dem Begreifen von informatischen Prozessen müssen Überlegungen auf verschiedenen Ebenen angestellt werden, um Informatikunterricht barrierefreier und zugänglicher zu gestalten. Aus sozialer und kultureller Perspektive trägt der Modellierungskreislauf dazu bei, inklusive Modellierungen im Denken, im Selbst- und Weltverhältnis zu verankern, da eine enge Wechselwirkung zwischen informatischer Modellierung und modelliertem Realitätsausschnitt besteht.

Nach dem Vorbild sensorischer Parallelisierung kann überlegt werden, welche unterschiedlichen sensorischen Wege für die Vermittlung informatischer Kompetenzen angeboten werden können. Das hat sowohl den Vorteil, dass für Menschen mit sensorischen Beeinträchtigungen Sinnesorgane ausgespart werden können, als auch, dass neue Zugänge für alle Schüler*innen geschaffen werden.

Es wurden Kriterien zur Entwicklung sensorisch parallelisierten Materials aufgestellt und aufgezeigt, wie differenziertes Material für vergleichbare Kompetenzen erstellt werden kann, d. h., welche Differenzierungsmöglichkeiten es allgemein sowie auf visueller, haptischer, auditiver und textlicher Ebene gibt. Es war wichtig, die konkreten Gestaltungsmöglichkeiten bezüglich informatischer Modellierung und Inklusion aufzuzeigen, um deutlich zu machen, welche Chancen sich für das Pflichtfach Informatik ergeben und wie die Perspektive auf Inklusion durch informatische Modellierung erweitert werden kann. Im Weiteren wurde dargelegt, dass Barrierefreiheit bei der Gestaltung des

Materials zeitaufwendig und daher die Kooperation von Lehrkräften von großer Bedeutung ist. Weiterhin wurde festgestellt, dass zuerst Barrieren identifiziert und beseitigt werden sollten, die für Menschen mit sensorischen Behinderungen grundsätzlich nicht zu überwinden sind. Das Stationenlernen eignet sich als Unterrichtsform für UDL, da verschiedene Stationen auf verschiedene Bedürfnisse angepasst werden können. Auch kann im Sinne sensorischer Parallelisierung jeder Station eine einzelne Sensorik zugeordnet werden. Die Bedeutung des Themas Kryptologie als Lerngegenstand für die Jahrgangsstufe 5/6 wurde anhand von allgemeinen fachdidaktischen Überlegungen und anhand von Bildungsdokumenten deutlich gemacht. Das Material wurde nach dem Vorbild SpionCamp entwickelt, d. h. es handelt sich um Material zum Thema Kryptologie. Das Material wurde nach dem Vorbild UDL sensorisch parallel gestaltet, d. h. es wurden sowohl visuelle, haptische, sowie auditive Transpositions- und Substitutionsverfahren als auch unterschiedlich schwierige Stationen entwickelt. Die Erprobung des Materials wurde als Erfolg gewertet, da die verschiedenen sensorischen Zugänge erfolgreich von allen Schüler*innen genutzt wurden. Schlussfolgernd konnte festgestellt werden, dass es eines kontinuierlichen Lernprozesses mit beständiger Entwicklung und Reflexion bedarf, um das Ziel zu erreichen, Informatikunterricht inklusiv zu gestalten. Abschließend wird resümiert, dass diese Arbeit als Beitrag für die weitere Forschung zum Thema »Informatikunterricht inklusiv gestalten« angesehen werden kann.

Im Sinne eines Ausblicks wäre es interessant herauszufinden, ob man die geforderten Kompetenzen der Bildungsdokumente nicht nur inklusiv modelliert, sondern ob man auch explizit inklusive informatische Kompetenzen ausweist und diese so formuliert, dass sie nicht zusätzlich inklusiv modelliert werden müssen.

Es wäre auch interessant, sich stärker auf Aspekte der Kooperation von Lehrkräften zu fokussieren, da dies sicher in vielen Bereichen Früchte tragen würde, nicht nur unter dem Aspekt des Zeitaufwands der Materialerstellung. Z. B. könnte ein Materialpool, in dem jede Lehrperson Ideen, Vorschläge, Hilfen und neues Material zur Verfügung stellt, ein großer Vorteil sein, um einen schnelleren Aufbau von inklusivem Material für den Informatikunterricht zu ermöglichen.

8 Anhang

Laufzettel			
Station	Freude	Erfolg	Anmerkungen
Audiowellen	😊 😐 😞	😊 😐 😞	
Trommelsprachen	😊 😐 😞	😊 😐 😞	
Caesar	😊 😐 😞	😊 😐 😞	
Braille-Pflügen	😊 😐 😞	😊 😐 😞	
Freimaurer	😊 😐 😞	😊 😐 😞	
Rotoren	😊 😐 😞	😊 😐 😞	
Schablonen	😊 😐 😞	😊 😐 😞	
Geheime Nachrichten für die Nase	😊 😐 😞	😊 😐 😞	



Audiowellen

Transposition



Die Wellenabschnitte bleiben **was** sie sind, aber nicht **wo** sie sind.
Solche Verschlüsselungen heißen **Transposition**. (Das Wort *Transposition* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *transponere* = verschieben.)

Sprachnachrichten oder auch Musik werden in Form von Audiodateien gespeichert. Audiowellen sind eine Möglichkeit, Audiodateien visuell darzustellen. Die Audiowelle im Bild ergibt abgespielt: „Wir treffen uns heute um drei Uhr“. Audiowellen können mithilfe von Programmen bearbeitet werden. Diese Programme werden in vielen Berufen eingesetzt, z. B. von Musiker:innen und Toningenieur:innen. Programme zur Audioverarbeitung können aber auch genutzt werden, um persönliche Nachrichten an Freunde und Familie zu verschlüsseln.

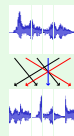
Um eine Nachricht zu verschlüsseln, werden die Wellenabschnitte neu angeordnet. Wie die Wellenabschnitte vertauscht werden, lässt sich gut festhalten, indem man die neue Position unter die alte Position schreibt. Das nennt man Permutation.

Beispiel Für die Blocklänge 6 und die Permutation

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 3 & 6 & 5 & 4 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

setzt man den ersten Wellenabschnitt auf die dritte Stelle, den zweiten Abschnitt auf die sechste Stelle, den dritten Abschnitt auf die fünfte Stelle, den fünften Abschnitt auf die erste Stelle und den sechsten Abschnitt auf die zweite Stelle. Der vierte Abschnitt bleibt an derselben Position.

Also verändert sich eine Welle folgendermaßen:



Arbeitsblatt

Audiowellen

Transposition

Aufgabe 1 Jemand hat dir eine verschlüsselte Nachricht hinterlassen. Entschlüssele die Nachricht, indem du die Wellenabschnitte in die ursprüngliche Reihenfolge bringst. Der zugehörige Schlüssel (Permutation) lautet



Aufgabe 2 Verschlüssele die Nachricht wieder, indem du die Welle mithilfe des Schlüssels in die ursprüngliche Reihenfolge zurückbringst.

Aufgabe 3 Beschreibe, wie du eine empfangene Nachricht mit bekanntem Schlüssel (Permutation) entschlüsseln kannst.

Aufgabe 4 Suche dir eine Permutation mit vorgefertigter Blocklänge aus. Schreibe eine Permutation mit einem Foliestift auf. Nimm nun eine Nachricht auf und verschlüssele diese.

Aufgabe 5 Warum lässt sich das Verfahren auch ohne bekannte Permutation leicht knacken?

Hinweis: Säubere die Permutationshilfen bitte nach Abschluss deiner Bearbeitung, damit die oder der Nächste von Neuem beginnen kann.





Lösungen

Audiowelle
 Transposition

Lösung 1 Die Nachricht lautet: „Bald ist Karneval.“

Lösung 3 Man teilt die Audiowelle in Blöcke der festgelegten Länge auf und wendet den Schlüssel (= Permutation) umgekehrt an. Das bedeutet, die Permutation wird von unten nach oben gelesen. Man verschiebt die Audiowelle dann entsprechend gegen die Pfeilrichtung in die obere Reihe.

Lösung 6 Die Nachricht kann auch ohne bekannte Permutation leicht entschlüsselt werden. Anhand der Audiowelle kann man erkennen, welche Teile zusammengehören.




Version vom 2023-02-16

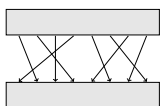


Material

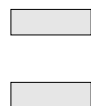
Audiowellen
 Transposition

Vorlage für Permutationshilfen

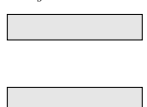
Blocklänge 8



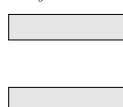
Blocklänge 4



Blocklänge 7



Blocklänge 6



Die Permutationshilfen und die Fenster (die dunklen Felder) ausschneiden und laminieren. Anschließend die Fenster wieder ausschneiden, damit durch sie geschrieben werden kann. Auf die laminierten Oberflächen können dann die Permutationen geschrieben werden.




Version vom 2023-02-16



Trommelsprachen

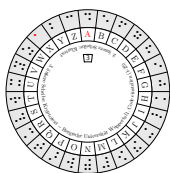
Substitution (monoalphabetisch)



Die Buchstaben bleiben **wo** sie sind, aber nicht **was** sie sind. Solche Verschlüsselungen heißen **Substitution**. (Das Wort *Substitution* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *substituere* = ersetzen.)

In Afrika, Neuguinea und den amerikanischen Tropen, z. B. Brasilien, verwendeten die Einheimischen über viele Jahrhunderte eine Art Trommeltelegraphie, um sich miteinander über große Distanzen zu verständigen. Als europäische Expeditionen den Urwald erforschen wollten, waren sie überrascht, dass ihr Kommen bereits vor ihrem Eintreffen bekannt gemacht worden war. Zu den bekanntesten Nachrichtentrommeln zählen Trommeln aus Westafrika. Von dort aus verbreiteten sie sich durch den Sklavenhandel in Amerika und in der Karibik. Dort wurde ihr Gebrauch jedoch untersagt, weil die Sklaven sie nutzten, um sich über große Entfernungen in einer Sprache zu unterhalten, die ihre Besitzer nicht verstanden.

Mit Trommeln können sogar gesprochene Sprachen imitiert werden. Leichter zu imitieren sind jedoch einfache Signalfolgen, die als Ersatz für Buchstaben stehen, wie der Morsecode. Die kurzen Signale können als Trommelschläge am Rand der Trommel und die langen Signale als Trommelschläge auf dem Fell geschlagen werden. Auf der Scheibe im Bild siehst du zwei Kreise mit Buchstaben und einen Kreis mit Morsecode. Die Scheibe nennt man auch Chiffrierscheibe. Durch das Drehen der Scheibe kann den Buchstaben ein anderer Klang zugeordnet werden. Im Bild wird das A als D gespielt und das B als E. Jeder Buchstabe bekommt durch das Drehen der Scheibe also einen neuen Klang.



Trommelsprachen

Arbeitsblatt Substitution (monoalphabetisch)

Aufgabe 1

Stellt die Chiffrierscheibe auf eine Stellung eurer Wahl ein. Notiert als Schlüssel, um wie viele Stellen ihr die Scheibe im Uhrzeigersinn gedreht habt. Überlegt euch ein Wort. Geht euer Wort Buchstabe für Buchstabe durch und schreibt euch die jeweils dazugehörigen Morsezeichen auf. Lasst nach jedem Morsebuchstaben ein bisschen Platz, damit ihr wisst, wo der Buchstabe zu Ende ist.

Aufgabe 2

Sucht euch einen Partner und spielt euer Wort auf der Trommel. Der Partner notiert die einzelnen Buchstaben. Tauscht danach die Rollen. kurzes Signal: Schlag am Rand
langes Signal: Schlag auf dem Fell

Aufgabe 3

Fällt dir eine Möglichkeit ein, wie du eine verschlüsselte Nachricht ohne bekannte Schlüssel entschlüsseln kannst? *Tip:* Nutze dabei eine bestimmte Eigenschaft einer Sprache (z. B. Deutsch) aus.



Trommelsprachen

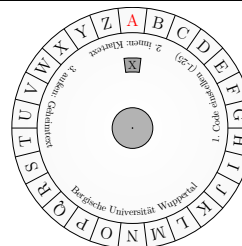
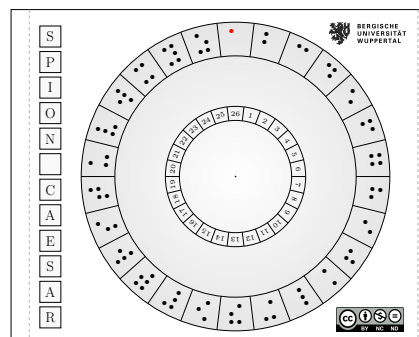
Lösungen Substitution (monoalphabetisch)

Lösung 3 Häufigkeitsanalyse: In der Deutschen Sprache ist der häufigste Buchstabe das »E«. Der häufigste Buchstabe im Geheimtext könnte also dem E entsprechen.



Trommelsprachen

Substitution (monoalphabetisch)





Braille-Pflügen



Die Braille-Punkte bleiben **was** sie sind, aber nicht **wo** sie sind.
Solche Verschlüsselungen heißen **Transposition**. (Das Wort *Transposition* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *transponere* = verschieben.)

Louis Braille (geboren 1808 in Frankreich) wurde im Alter von drei Jahren nach einem Unfall blind. Mit 14 Jahren entwickelte er eine Schrift, die auch Blinde lesen können. Sie besteht aus erhöhten Punkten, die mit den Fingern zu ertasten sind.

Es gibt für Blinde viele Bücher in Blindenschrift. Für den Computer gibt es spezielle Braille-Zeilen, mit denen auch Blinde z. B. im Web surfen können.

Obwohl es auch noch andere Schriftarten mit erhöhten Zeichen gibt, ist die Brailleschrift heute am weitesten verbreitet.

Tafel mit Braille-Zeichen

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
⠁	⠃	⠉	⠙	⠑	⠋	⠗	⠓	⠚	⠞	⠅	⠘	⠟
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
⠎	⠏	⠕	⠖	⠗	⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧

Braillezeichen lassen sich besonders gut verschlüsseln, da sich jeder Punkt zum Verschieben eignet. Das Braille-Pflügen zeigt dir, wie man durch Anordnen und Neuordnen von Braille-Punkten verschlüsseln kann. Braille-Pflügen geht so:

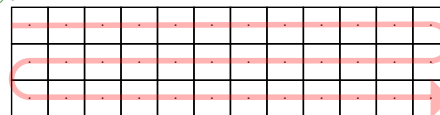
- **Lege fest, wieviele Braillezeichen in eine Zeile geschrieben werden sollen.** Das ist der Schlüssel.
- **Klebe mithilfe der Klebepats deine Braillezeichen auf das Raster, aber in jede Zeile nur so viele Braillezeichen, wie vorher festgelegt.** Die letzte Zeile wird mit beliebigen Braillezeichen aufgefüllt.
- **Der verschlüsselte Text entsteht, indem du nun die letzte Spalte aus Punkten von unten nach oben aufschreibst, danach die vorletzte Spalte aus Punkten von oben nach unten und so weiter.**



Arbeitsblatt

Braille-Pflügen

Aufgabe Versuche, das folgende »gepflügte« Wort zu entschlüsseln. Der Schlüssel ist



Aufgabe 2 Beschreibe, wie du eine empfangene Nachricht mit bekanntem Schlüssel (= Anzahl Braille-Zeichen pro Zeile) entschlüsseln kannst.

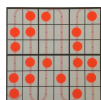
Aufgabe Schreibt euch gegenseitig ein Wort! Einigt euch auf den Schlüssel (= Anzahl Braille-Zeichen pro Zeile)!



Lösungen

Braille-Pflügen

Lösung Der Schlüssel ist 3. Man nutzt die Vorlage zum Braille-Pflügen. Ist man dem roten Pfeil gefolgt und hat die Punkte an der richtigen Stelle eingetragen, erhält man:



Jetzt werden die rechteckigen Kästchen mithilfe der Tabelle in Buchstaben übersetzt. Das Lösungswort lautet: TASTEN.

Lösung: Der Entschlüsselungsvorgang funktioniert umgekehrt zum Verschlüsselungsvorgang. Anhand des bekannten Schlüssels und der Nachrichtenlänge kann man die Größe des Rechtecks ermitteln. Der Schlüssel entspricht der Spaltenanzahl. Die Nachrichtenlänge geteilt durch den Schlüssel ergibt die Zeilenanzahl. In dieses Rechteck wird die verschlüsselte Nachricht nach folgendem Verfahren eingetragen: Man fängt nach dem Pfügen-Schema rechts unten mit dem ersten Bräupunkt an und geht von dort nach oben, dann in Schlangenlinien die nächste Spalte nach unten und so weiter. Die Nachricht kann dann von links nach rechts und Zeile für Zeile gelesen werden.

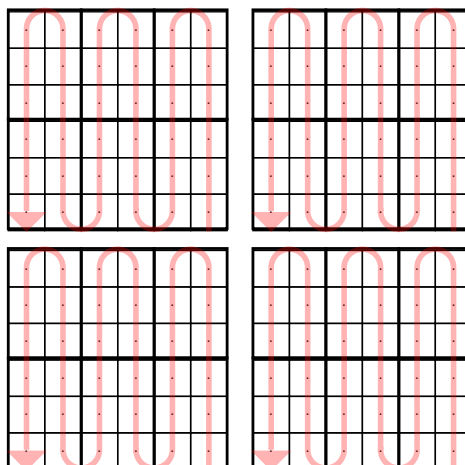
Lösung Zu dieser Aufgabe gibt es keine allgemeine Lösung.



Material

Braille-Pflügen

Vorlagen zum Braille-Pflügen



Caesar
Substitution (monoalphabetisch)

Die Buchstaben bleiben **wo** sie sind, aber nicht **was** sie sind. Solche Verschlüsselungen heißen **Substitution**. (Das Wort *Substitution* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *substituere* = ersetzen.)

Der römische Feldherr Julius Caesar (100 bis 44 v. Chr.) verschlüsselte seine geheimen Nachrichten, indem er jeden Buchstaben durch einen anderen ersetzte. Dabei wurde der Buchstabe immer durch den um eine bestimmte Anzahl von Stellen im Alphabet verschobenen Buchstaben ersetzt. Diese Anzahl der Stellen heißt **Caesar-Schlüssel**.

Beispiel Beim Schlüssel **3** nahm Caesar immer den Buchstaben, der im Alphabet drei Stellen weiter rechts steht. Dazu schrieb er das Alphabet zweimal untereinander. Das untere Alphabet schrieb er allerdings um drei Stellen verschoben. Mithilfe der Brailleschrift konnte das Verfahren in jüngerer Vergangenheit auch dem Tastsinn zugänglich gemacht werden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
wird ersetzt durch	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C

Caesar ersetzte also in seinem Text jedes **A** durch ein **D**, jedes **B** durch ein **E** usw. Beachte, dass **X** durch **A** ersetzt wird, also das Alphabet nach dem **Z**: einfach mit **A** weitergeschrieben wird.

Mit der Scheibe kannst du nun sowohl Texte verschlüsseln als auch entschlüsseln. Möchtest du verschlüsseln, dann suchst du den Buchstaben oder das Braillezeichen auf der äußeren Scheibe und schreibst den entsprechenden Buchstaben oder das Braille Zeichen auf der inneren Scheibe auf. Entschlüsseln geht entsprechend umgekehrt.

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
Version vom 2023-02-07

Caesar
Arbeitsblatt Substitution (monoalphabetisch)

Aufgabe 1 Entschlüsselt mit der Chiffrierscheibe die folgenden Nachrichten. Mögliche Schlüssel sind: **2, 7, 13**. Einer ist jeweils der richtige Schlüssel. Das heißt, dass man bei Verschiebung um diese Zahl die Nachricht erhält. Lese mit einer Hand und lege dabei das Blatt mit der Chiffrierscheibe beim Entschlüsseln über deine Hand.

a)

b)

Aufgabe 2 Wie viele Schlüssel müsstest man maximal ausprobieren, wenn man den Schlüssel nicht kennt?

Aufgabe 3 Verschlüsselt und entschlüsselt gegenseitig den Titel eures Lieblingsbuches.

Aufgabe 4 Fällt dir eine Möglichkeit ein, wie du einen Text entschlüsseln kannst, ohne alle Schlüssel durchzuprobieren? *Tip:* Nutze dabei eine bestimmte Eigenschaft einer Sprache (z. B. Deutsch) aus.

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
Version vom 2023-02-12

Caesar
Lösungen Substitution (monoalphabetisch)

Lösung 1 a) Schlüssel 13:
BRILLE
b) Schlüssel 7:
SCHRIFT

Lösung 2 Man muss höchstens 25 Schlüssel durchprobieren, um die Lösung zu erhalten.

Lösung 4 Häufigkeitsanalyse: In der Deutschen Sprache ist der häufigste Buchstabe das »E«. Der häufigste Buchstabe im Geheimtext könnte also dem E entsprechen.

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
Version vom 2023-02-07

Caesar
Substitution (monoalphabetisch)

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
Version vom 2023-02-07



Freimaurer-Chiffre

Substitution (monoalphabetisch)



Die Buchstaben bleiben **wo** sie sind, aber nicht **was** sie sind.
Solche Verschlüsselungen heißen **Substitution**. (Das Wort *Substitution* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *substituere* = ersetzen.)

Die Haut ist ein wesentliches Organ für den Kontakt zur Umwelt und zu anderen Menschen. Mit dem Tastsinn finden wir uns in der Welt zurecht. Die Brailleschrift kennst du vielleicht schon als Möglichkeit, Nachrichten mit dem Tastsinn zu übermitteln. Die Freimaurer-Verschlüsselung, die im 18. Jahrhundert von den Freimaurern - einem Geheimbund - benutzt wurde, lässt sich auch mit dem Tastsinn übermitteln. Sie funktioniert so: Zunächst schreibt man eine beliebige Reihenfolge aller Buchstaben des Alphabets in vier bestimmte Muster. Im folgenden Bild wurde die Reihenfolge von A bis Z genommen.

A	B	C	J	K	L	S	W
D	E	F	M	N	O	T	X
G	H	I	P	Q	R	V	Y
							Z

Zum Verschlüsseln wird jeder Buchstabe durch die Linien und Punkte ersetzt, die ihn umgeben.

Beispiel Schau dir das Bild oben an. Die Linien und Punkte, die beim **N** stehen, sehen in etwa so aus: □. N wird immer durch dieses Zeichen ersetzt.



Freimaurer-Chiffre

Arbeitsblatt
Substitution (monoalphabetisch)

Aufgabe 1 Kannst du folgenden Text entschlüsseln?



Aufgabe 2 Schreibt euch eine Nachricht mit dem Freimaurer-Chiffre, indem ihr mit dem Kleberoller die Hölzer auf ein Blatt klebt. Für die Punkte nehmt ihr die Klebepads. Lese mit einer Hand und lege dabei das Blatt mit dem Freimaurerschlüssel beim Entschlüsseln über deine Hand.

Aufgabe 3 Wie kann man ohne Schlüssel die Nachrichten entziffern?



Freimaurer-Chiffre

Lösungen
Substitution (monoalphabetisch)

Lösung 1 Die Nachricht lautet: **Daten**.

Lösung 3 Über eine Häufigkeitsanalyse. Man schaut nach, welches das häufigste Zeichen ist. Das könnte das »E« sein. Ebenso verfährt man mit dem zweithäufigsten Zeichen, und so weiter. Du brauchst dazu eine Tabelle, wie häufig jeder Buchstabe in einer bestimmten Sprache vorkommt. Ein Ausprobieren aller Kombinationen wäre viel zu aufwändig.



Schablonen
 Transposition

Die Buchstaben oder Emojis bleiben **was** sie sind, aber nicht **wo** sie sind.
 So eine Verschlüsselung heißt **Transposition**. (Das Wort *Transposition* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *transponere* = verschieben.)

Kim schreibt Tagebuch und liebt es, ihre Gefühle mittels Emojis bzw. Smileys festzuhalten. Ihr Lieblingsfach ist Informatik 🤖. Jona und Kim sind gute Freunde und sie lachen gerne zusammen 😄. Heute gab es Spinat auf der Speisekarte 🥬. Dominique finde ich toll 🥰. Kim möchte diese Gefühle gerne erst einmal geheimhalten. Daher verschlüsselt sie manchmal Einträge in ihrem Tagebuch. Aus dem Informatikunterricht kennt sie die Schablonen-Verschlüsselung. Du brauchst für die Schablonen-Verschlüsselung eine Lochschablone. Das ist ein Papier, das an bestimmten Stellen Löcher hat.



Lochschablone



kariertes Papier

Mit dieser Art Schablone verschlüsselst du so:

- Du legst die Schablone auf ein leeres Papier und trägst die ersten Buchstaben und Emojis der Nachricht in die Löcher ein.
- Danach drehst du die Schablone im Uhrzeigersinn um 90 Grad und trägst die nächsten Buchstaben und Emojis der Nachricht ein.
- So fährst du fort, bis du alle vier Stellungen der Schablone benutzt hast. Ist die Nachricht länger, beginnst du mit einem neuen Quadrat. Ist sie kürzer, werden die übrigen Felder mit beliebigen Buchstaben gefüllt.
- Bei Schablonen mit ungerader Zeilen- und Spaltenanzahl bleibt immer ein Buchstabe in der Mitte frei. Dieser muss anschließend frei gewählt werden.



1


Version vom 2023-02-08



Schablonen
 Transposition

Arbeitsblatt

Aufgabe 1 Du findest an der Station einige verschlüsselte Einträge. Kannst du sie mit den Schablonen entschlüsseln?

Aufgabe 2 Schreibt euch gegenseitig eine Nachricht mit einer der Schablonen an der Station. Emojis kannst du ausschneiden und mit dem Kleberoller auf der Laminierfolie aufkleben.



1


Version vom 2023-01-08



Schablonen
 Transposition

Lösungen

Lösung 1 Text oben links:
DER NEUE MITSCHUELER SCHEINT NETT ZU SEIN 😊 (Schablone 3)

Text oben rechts:
ICH MUSS NOCH VIELE HAUSAUFGABEN MACHEN 😞 (Schablone 1)

Text unten:
ICH HATTE HEUTE LANGE BAUCHSCHMERZEN 🤢 (Schablone 2)

Lösung 2 »eigene Lösung«



1

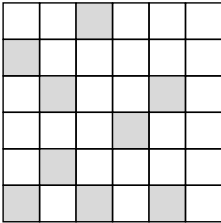
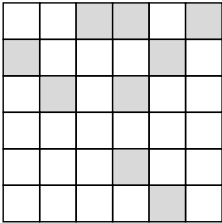

Version vom 2023-02-07

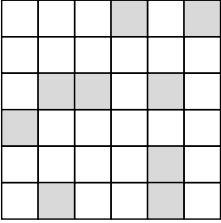


Schablonen
 Transposition

Material

Vorlagen für Schablonen



 Die Schablonen ausschneiden und laminieren. Anschließend die Fenster (die dunkleren Felder) ausschneiden.



1


Version vom 2023-11-20



Material

Schablonen
Transposition

Texte zum Entschlüsseln

T	S	T	D	C	E	C	U	I	S	H	A
S	H	T	C	Z	U	C	V	N	I	U	M
S	R	N	H	E	E	E	H	F	A	M	L
U	I	E	N	T	U	C	G	E	U	A	H
E	L	I	E	E	N	H	S	E	A	N	B
N	M	E	😊	I	R	S	😭	N	E	O	😞

E	B	I	C	E	H
H	R	A	U	A	Z
E	T	N	T	😞	T
X	E	U	L	C	A
N	H	Y	E	G	S
C	Z	H	M	H	E



© 2020

Version vom 2020-02-07



Material

Schablonen
Transposition

Vorlagen für Texte und Schablonen

 Zum Basteln eigener Schablonen schneide bitte die Quadrate aus.
 Schneide dann noch einzelne kleine Kästchen aus.



© 2020

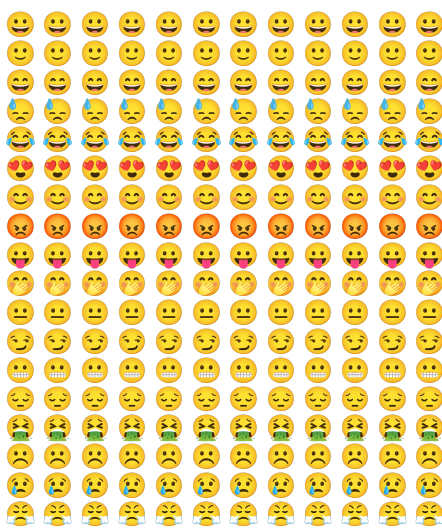
Version vom 06.06.2019



Material

Schablonen
Transposition

Vorlage zum Ausschneiden





© 2020

Version vom 7. Februar 2022



Rotoren

Substitution (polyalphabetisch)



Die Buchstaben bleiben **wo** sie sind, aber nicht **was** sie sind. **Was** sie sind, ist immer wieder verschieden.
Solche Verschlüsselungen heißen **polyalphabetische Substitution**. (Das Wort *Substitution* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *substituere* = ersetzen. *Poly* heißt viel.)

Die berühmteste Rotor-Maschine zur Verschlüsselung ist die **ENIGMA**, die vom deutschen Militär im zweiten Weltkrieg eingesetzt wurde. Das Wort »Enigma« kommt aus dem Griechischen und bedeutet »Rätsel«. Das Prinzip beruht auf einer drehbaren Scheibe, die jeden Buchstaben durch einen anderen ersetzt, dann gedreht wird und nun jeden Buchstaben durch einen anderen als zuvor ersetzt. Die Enigma hatte mehrere Scheiben. Sie wurde erst nach einigen Jahren durch intensive mathematische Forschung geknackt.



So wird mit Rotoren verschlüsselt:

- Sender und Empfänger einigen sich auf einen Schlüsselbuchstaben.
- Der Rotor wird so eingestellt, dass der Pfeil auf den Schlüsselbuchstaben zeigt.
- Jeder Buchstabe der Nachricht wird durch den Buchstaben ersetzt, der sich am anderen Ende der auf dem Rotor eingezeichneten Verbindung befindet.
- Immer, wenn du einen Buchstaben verschlüsselt hast, wird der Rotor im Uhrzeigersinn eine Position weiter gedreht.

Zum Entschlüsseln muss erneut der Schlüsselbuchstabe eingestellt werden, dann wird von vorn bis hinten entschlüsselt.

Beispiel Der Schlüsselbuchstabe ist hier »A«. Möchtest du nun den Buchstaben »I« verschlüsseln, so folgst du der Linie bei »I« und landest bei »X«. Dann wird der Rotor um eine Position nach rechts gedreht, der Pfeil steht nun auf dem B. Dann verschlüsselst du den nächsten Buchstaben. Die Verbindungen der Buchstaben haben sich nun auch verschoben, so dass z. B. als zweiter Buchstabe ein »C« durch ein »E« verschlüsselt wird.



Arbeitsblatt

Rotoren
Substitution (polyalphabetisch)

Aufgabe Entschlüssele folgende Texte:

- 1 a) **WXFJZRD CWQFRE C G** (Verwende Rotor I mit Schlüsselbuchstaben G)
- b) **K F X F N J T F** (Verwende Rotor II mit dem Schlüsselbuchstaben C)

Aufgabe Arbeitet zu zweit: Verschlüsselt Wort oder Text mit dem Schlüsselbuchstaben eurer Wahl. Tauscht die Nachrichten aus und versucht, den Text wieder zu entschlüsseln.

Aufgabe Warum ist das Drehen so wichtig? Welche Art der Verschlüsselung entsteht, wenn der Rotor zwischen den Buchstaben nicht gedreht wird?



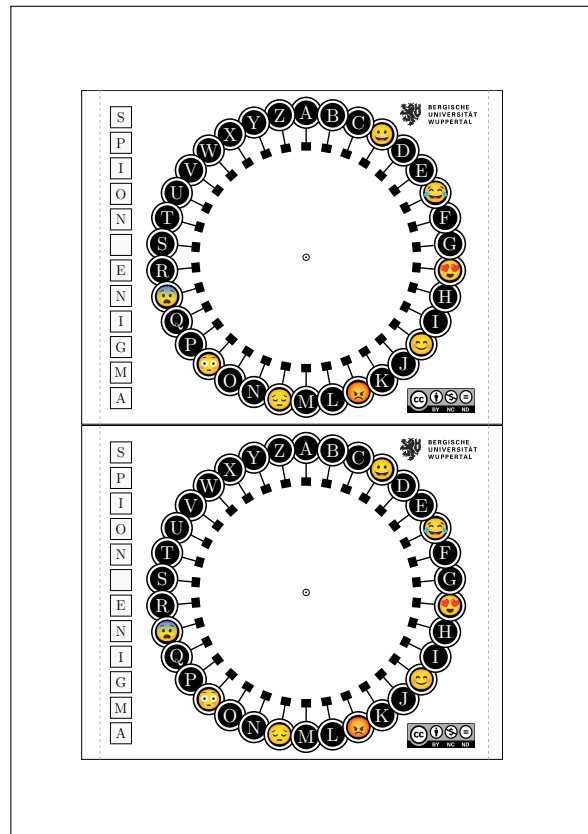
Lösungen

Rotoren

Substitution (polyalphabetisch)

- Lösung**
- 1 a) **HABEKEINEHAUSAUFGABEN**
 - b) **UMSIEBENBEIMIR**

Lösung Dann kommen nur die fest verdrahteten Buchstaben zum Einsatz, also eine Tabelle mit Vertauschungen von Buchstaben. Das wäre sehr leicht mit einer einfachen Häufigkeitsanalyse zu knacken.



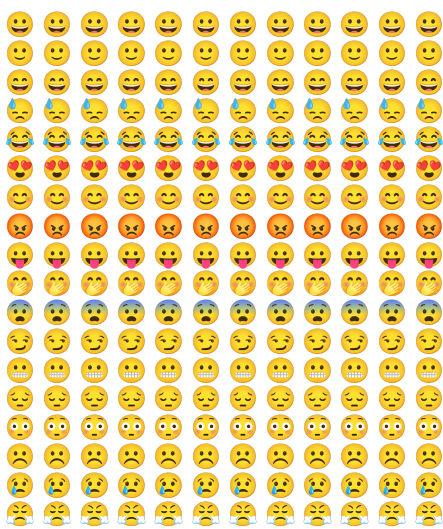


Material

Substitution (polyalphabetisch)

Rotoren

Emojis zum Ausschneiden





BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

© 2020

Version vom 7. Februar 2023



Geheime Nachrichten für die Nase (Polybios)

Substitution



Die Braille-Zeichen bleiben **wo** sie sind, aber nicht **was** sie sind. Solche Verschlüsselungen heißen **Substitution**. (Das Wort *Substitution* ist abgeleitet vom lateinischen Wort *substituere* = ersetzen.)

In mancher Hinsicht sind Tiere zu beneiden, da ihre Nase eine Vielzahl von Nachrichten empfängt. Wenn z. B. Hunde am Hinterteil oder am Laternenpfahl riechen, gleicht das dem Austausch von Visitenkarten. Setzt ein Rüde eine Duftmarke an einen Baum, hinterlässt er wertvolle Informationen, wie z. B. hier ist mein Revier. Eine Duftsprache, die nur andere Hunde verstehen.

Die menschliche Nase ist ebenfalls in der Lage, Nachrichten über den eigenen Duft zu übermitteln, auch wenn das beim Menschen längst nicht so ausgeprägt ist wie beim Tier. Wenn eine Person Angst hat, kann man das am Schweiß riechen. Daher stammt auch der Ausdruck Angstschweiß. Unsere Nase kann aber Gerüche gut voneinander unterscheiden, wenn sie stark genug sind.

Wenn verschiedene Gerüche kombiniert werden, können sogar Braille-Zeichen dargestellt werden. Somit ist man also in der Lage, Textnachrichten so zu übersetzen, dass man sie riechen kann. In der folgenden Tabelle ist das gesamte Alphabet durch die Kombination verschiedener Gerüche dargestellt.

	Zimt	Ketchup	Senf	Essig	Curry
Zimt	A	B	C	D	E
Ketchup	F	G	H	I/J	K
Senf	L	M	N	O	P
Essig	Q	R	S	T	U
Curry	V	W	X	Y	Z

Diese Tabelle geht zurück auf den griechischen Geschichtsschreiber Polybios, der im zweiten Jahrhundert vor Christus lebte und ursprünglich Zahlen anstelle von Gerüchen verwendete.

Mithilfe der Tabelle lassen sich nun Wörter in Form von aufeinanderfolgenden Gerüchen darstellen.



© 1 2 3 4
Version vom 2023-01-08



Geheime Nachrichten für die Nase (Polybios)

Arbeitsblatt

Substitution

Aufgabe 1 Auf dem Stationstisch ist bereits eine Geruchsfolge aufgebaut. Entschlüssele mithilfe der Tabelle das Wort, schließe beim Riechen die Augen.

Aufgabe 2 Verschlüssele ein Wort deiner Wahl. Schreibe das verschlüsselte Wort zunächst auf ein Blatt Papier. Suche dir einen Partner und übermittele die Nachricht über die Geruchsdosen. Da die Anzahl der Dosen begrenzt ist, gehe Buchstabe für Buchstabe vor. Der Partner muss die Buchstaben errichten und mithilfe der Polybios Tabelle das übermittelte Wort aufschreiben.

Aufgabe 3 Beschreibe das Verfahren des Entschlüsselns. Was ist anders als beim Verschlüsseln?

Aufgabe 4 Benutze die vorbereitete 5x5 Tabelle. Schreibe die Buchstaben D U F T an die ersten vier Stellen der Tabelle. Fülle die restlichen Stellen der Tabelle mit den **verbleibenden** Buchstaben des Alphabets aus. Beachte, dass I und J sich einen Platz teilen. Verschlüssele eine Nachricht deiner Wahl und lasse sie von jemandem entschlüsseln. Beschreibe den Vorteil für die Sicherheit des Verfahrens.



© 1 2 3 4
Version vom 2023-01-17



Geheime Nachrichten für die Nase

Lösungen

Substitution

Lösung 1 Die Lösung lautet **Nase**.

Lösung 3 Man muss zunächst an den Geruchsdosen riechen und diese mithilfe der Tabelle in Buchstaben übersetzen. Das Verschlüsseln funktioniert auf umgekehrtem Wege. Man sucht den Buchstaben in der Tabelle, schaut zuerst auf die Zeile, dann auf die Spalte und stellt passende Geruchsdosen auf.

Lösung 4 Falls jemand das Polybios-Verfahren kennt, braucht dieser zusätzlich den Schlüssel zur Entschlüsselung der Nachricht.



© 1 2 3 4
Version vom 2023-02-12

Literatur

- AUST, ANNE-KATRIN, DOROTHEE MÜLLER und DENISE SCHMITZ PETER GABRIEL (5. Apr. 2020). *SpionCamp. Lehrerskript*. URL: <https://t1p.de/y68aa> (besucht am 15.01.2022).
- BAUER, FRIEDRICH L. (1997). »The Might of Formulas and Their Limits«. In: *Foundations of Computer Science: Potential—Theory—Cognition, to Wilfried Brauer on the occasion of his sixtieth birthday*. Hrsg. von CHRISTIAN FREKSA, MATTHIAS JANTZEN und RÜDIGER VALK. Lecture Notes in Computer Science 1337. Berlin: Springer, S. 1–8.
- BEAUFTRAGTE DER BUNDESREGIERUNG FÜR DIE BELANGE VON MENSCHEN MIT BEHINDERUNGEN, Hrsg. (Jan. 2017). *Die UN-Behindertenrechtskonvention. Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen*. Die amtliche, gemeinsame Übersetzung von Deutschland, Österreich, Schweiz und Lichtenstein. URL: <https://t1p.de/r1bd> (besucht am 30.04.2020).
- BEESE, MELANIE, CLAUDIA BENHOLZ und CHRISTOPH CHLOSTA (2014). *Sprachbildung in allen Fächern*. München.
- BRAND, MATTHIAS (2011). »Gedächtnis«. In: *Psychologie: Eine Einführung in ihre Grundlagen- und Anwendungsfächer*. Verlag W. Kohlhammer, S. 89–103.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG, Hrsg. (2023). *Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen (UN-Behindertenrechtskonvention)*. URL: <https://t1p.de/91v7e> (besucht am 05.02.2023).
- CAPOVILLA, DINO (Juni 2015). »Inklusion in der Informatischen Bildung am Beispiel von Menschen mit Sehschädigung«. Dissertation. München: Technische Universität München. URL: <https://t1p.de/8388> (besucht am 27.04.2020).
- (2019). »Informatische Bildung und inklusive Pädagogik«. In: *Informatik für alle, INFOS 2019, 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule, 16.–18. September 2019, Dortmund, Germany*. Hrsg. von ARNO PASTERNAK. Bd. P288. Lecture Notes in Informatics (LNI)-Proceedings. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V. (GI), S. 35–46. ISBN: 978-3-88579-682-4.
- DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION, Hrsg. (30. Juni 2017). *Für eine inklusive Bildung in Deutschland. Resolution der 77. Hauptversammlung der Deutschen UNESCO-Kommission anlässlich ihrer Sitzung am 30. Juni 2017 in Bonn*. URL: <https://t1p.de/wn5ah> (besucht am 30.01.2022).

- DÜRRER, BERND (2001). *Informationsvermittlung durch auditive Zeichen*. URL: <https://t1p.de/t3j1e> (besucht am 12.11.2022).
- FISHER, LEN (2005). *Reise zum Mittelpunkt des Frühstückseis. Streifzüge durch die Physik der alltäglichen Dinge*. 3. Auflage.
- FLÜCKIGER, BARBARA (2000). *Soundscapes als Szenographien des Films*. URL: <https://t1p.de/1x48r> (besucht am 12.11.2022).
- FUHR, NORBERT (Jan. 2000). *Informationssysteme – Stammvorlesung im WS 99/00 (IR-Teil)*. URL: <https://t1p.de/7wu0> (besucht am 12.05.2020).
- GALKIENE, ALVYRA und ONA MONKEVICIENE (2021). *Improving Inclusive Education through Universal Design for Learning*. booklet. Springer International Publishing.
- GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V., Hrsg. (Apr. 2008). *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I*. Erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards« – Beschluss des GI-Präsidiums vom 24. Januar 2008 – veröffentlicht als Beilage zur LOG IN 28 (2008) Heft 150/151. URL: <https://t1p.de/7wru> (besucht am 22.01.2021).
- Hrsg. (Apr. 2016). *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II*. Erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards SII« – Beschluss des GI-Präsidiums vom 29. Januar 2016 – veröffentlicht als Beilage zur LOG IN 36 (2016) Heft 183/184. URL: <https://t1p.de/kjy9> (besucht am 09.05.2020).
- Hrsg. (7. Feb. 2019). *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V.* Erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards Primarbereich« – Beschluss des GI-Präsidiums vom 31. Januar 2019 – in gedruckter Form der LOG IN 39 (2019) Heft 191/192 beigelegt. URL: <https://t1p.de/guiq> (besucht am 18.12.2020).
- GOFFMAN, ERVING (2010). *Stigma: über Techniken der Bewältigung beschädigter Identität*. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft. Berlin: Suhrkamp.
- HALL, TRACEY E., ANNE MEYER und DAVID H. ROSE (2012). »An Introduction to Universal Design for Learning: Questions and Answers«. In: *Universal design for learning in the classroom. Practical applications*. Hrsg. von TRACEY E. HALL AND ANNE MEYER AND DAVID H. ROSE(EDS.) The Guilford Press, S. 23–30.
- HILBIG, ANDRÉ (Juni 2016). *Kompetenzen in der Informatik zur Prävention von Cybermobbing. Chancen und Wege des Informatikunterrichts an Schulen*. 1. Aufl. Best-Masters. Berlin, Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-658-14378-7.
- (2022). »Diversität im Informatikunterricht als Gestaltungsaufgabe der Fachdidaktik«. In: *Inklusion mit Informatik*, S. 11–20. URL: <https://uni-w.de/aoxw3>.

- HRK UND KMK (18. März 2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt. Gemeinsame Empfehlung von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz*. Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 12.03.2015 – Beschluss der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) vom 18.03.2015. URL: <https://t1p.de/b4pf> (besucht am 02.05.2020).
- HUMBERT, LUDGER (Mai 2006a). »Datenbank ohne SQL«». In: *If Fase* 10, S. 2–3. ISSN: 1861-0498.
- (Aug. 2006b). *Didaktik der Informatik – mit praxiserprobtem Unterrichtsmaterial*. 2., überarbeitete und erweiterte Aufl. Leitfäden der Informatik. Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag. ISBN: 3-8351-0112-9. DOI: 10.1007/978-3-8351-9046-7.
- (19. Juli 2019). *#PflichtfachInformatik ab der 1. Klasse der Grundschule – Informatik gehört auf jedes Zeugnis*. URL: <https://t1p.de/f6dn> (besucht am 09.09.2020).
- HUMBERT, LUDGER und HERMANN PUHLMANN (2004). »Essential Ingredients of Literacy in Informatics«. In: *Informatics and Student Assessment. Concepts of Empirical Research and Standardisation of Measurement in the Area of Didactics of Informatics*. Hrsg. von JOHANNES MAGENHEIM und SIGRID SCHUBERT. Bd. 1. GI-Edition – Lecture Notes in Informatics (LNI) – Seminars S-1. Dagstuhl-Seminar of the German Informatics Society (GI) 19.–24. September 2004. Bonn: Köllen Druck+Verlag GmbH, S. 65–76. ISBN: 3-88579-435-7. URL: <https://t1p.de/pdc2> (besucht am 16.01.2021).
- ILSEMANN, SIEGESMUND von und STEFAN SIMONS (13. Nov. 2022). *USA: Entscheidung vor Gericht?* URL: <https://t1p.de/er3ks> (besucht am 15.02.2023).
- JULI (19. März 2010). *Tatütata zum Sehen*. URL: <https://t1p.de/y68aa> (besucht am 19.03.2010).
- KMK, Hrsg. (Mai 2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. URL: <https://t1p.de/br3sz> (besucht am 12.11.2022).
- KOHL, MATTHIAS (2022). *Kritische Reflexion möglicher Zugänge zur Kryptologie anhand eines Unterrichtsentwurfs*.
- KONTSCHINSKY, BIRGIT (Aug. 2003). »Stationenlernen«. In: *Methodenpool*. Hrsg. von KERSTEN REICH. Universität zu Köln. Köln: Universität. URL: <https://t1p.de/6h9i> (besucht am 05.06.2020).
- KOUBEK, JOCHEN (2008). »Die erste Online-Community«. In: *LOG IN* 153, S. 26–28. ISSN: 0720-8642.
- KRÄMER, P. (Nov. 2022). *Was ist eigentlich schulische Inklusion?* Stand: 29. 11. 2022. URL: <https://t1p.de/2ft5r> (besucht am 15.02.2023).

- KRAPPMANN, LOTHAR (Aug. 2012). »Eine kinderrechtliche Perspektive auf die frühkindliche Bildung«. In: *Diversität und Kindheit. Frühkindliche Bildung, Vielfalt und Inklusion*. Hrsg. von ELISABETH GREGULL. V.i.S.d.P. Julia Brilling – Creative Commons Lizenz (CC BY-NC-ND). Dossier Migration-Integration-Diversity – migrationspolitisches Portal. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung, S. 45–56. URL: <https://t1p.de/b61v> (besucht am 30.04.2020).
- LANDESBETRIEB IT.NRW, Hrsg. (14. Okt. 2021). *Inklusionsquote im Schuljahr 2020/21 an allgemeinbildenden Schulen in NRW auf 44,6 Prozent gestiegen*. URL: <https://t1p.de/g4y90> (besucht am 05.02.2023).
- MSB-NW, Hrsg. (2021). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I - Klasse 5 und 6 in Nordrhein-Westfalen. Wahlpflichtfach Informatik*. MSB-NW – Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: <https://t1p.de/tzs2v> (besucht am 02.02.2023).
- MSW-NW (2013). *Kernlehrplan Informatik für die gymnasiale Oberstufe*. MSW-NW – Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: <https://t1p.de/q58a> (besucht am 23.06.2020).
- QUA-LiS NRW, Hrsg. (21. Apr. 2016). *Beispiel für einen schulinternen Lehrplan zum Kernlehrplan GE WP Informatik (Stand: 21.04.2016)*. QUA-LiS: Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule. URL: <https://t1p.de/uw5m> (besucht am 04.05.2020).
- REICH, KERSTEN (2012). *Inklusion und Bildungsgerechtigkeit. Standards und Regeln zur Umsetzung einer inklusiven Schule*. Weinheim: transcript Verlag. ISBN: 9783407291677. (Besucht am 30.01.2022).
- SCHLÜTER, ANN-KATHRIN (2018). *Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht*. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos Verlag. ISBN: 9783832590758. URL: <https://t1p.de/6i8c1> (besucht am 30.01.2022).
- SCHMITZ, DENISE (5. Aug. 2019). »Aktuelle Verfahren der Kryptologie für den Informatikunterricht – Lernstationen zur Erweiterung des SpionCamps«. PDF: <https://uni-w.de/w860d>. Masterthesis. Wuppertal: Fachgebiet Didaktik der Informatik – Bergische Universität. URL: <https://uni-w.de/130> (besucht am 09.07.2020).
- SCHWILL, ANDREAS (1993). »Fundamentale Ideen der Informatik«. In: *ZDM* 25.1. *ZDM – Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, S. 20–31. ISSN: 0044-4103. URL: <http://t1p.de/ysq7> (besucht am 14.02.2020).
- SIEBRECHT, DANIEL (2018). *Textsorten im Informatikunterricht – Ideen einer Kategorisierung zwischen Medium und Lerngegenstand*. Vortrag auf dem 8. Münsteraner

- Workshop zur Schulinformatik am 18. Mai 2018. URL: <https://uni-w.de/10u> (besucht am 20.05.2018).
- SIGNGES, DAS KOMPETENZZENTRUM FÜR GEBÄRDENSPRACHE UND GESTIK DER RWTH AACHEN (2022a). *Flyer BodySigns*. URL: <https://t1p.de/aexu8> (besucht am 12.11.2022).
- (2022b). *Lexikon BodySigns*. URL: <https://t1p.de/bggzi> (besucht am 12.11.2022).
- THOMAS, MARCO (Juli 2002). »Informatische Modellbildung – Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht«. Dissertation. Universität Potsdam Didaktik der Informatik. URL: <https://t1p.de/6v1lx> (besucht am 24.05.2020).
- UN GENERAL ASSEMBLY, Hrsg. (10. Dez. 1948). *International Bill of Human Rights*. URL: <https://t1p.de/nnd4y> (besucht am 30.01.2022).
- WEIDENMANN, BERND (13. Mai 2021). *Er gestaltete den Wiederaufbau*. URL: <https://t1p.de/kdukg> (besucht am 06.02.2023).
- WEISS, SABRINA (27. Juli 2015). »Förderung informatischer Kompetenzen von Kindergartenkindern am Beispiel des Sortierens«. PDF: <https://uni-w.de/160>. Masterthesis. Wuppertal: Fachgebiet Didaktik der Informatik – Bergische Universität. URL: <https://uni-w.de/130> (besucht am 23.11.2020).

Abbildungsverzeichnis

1	Entwicklung der Inklusionsquoten an allgemeinbildenden Schulen in Nordrhein-Westfalen (NW) (LANDESBETRIEB IT.NRW 2021)	4
2	Daten – Wissen – Information – Sicht der Informationswissenschaft aus (HUMBERT 2006b, S. 11) nach (FUHR 2000, S. 10)	12
3	Der Prozess der Modellierung in der Informatik (vgl. HUMBERT und PUHLMANN 2004, S. 71)	15
4	Struktogramme einer Krankenwagensirene	21
5	Binärdarstellung über Metallrohre und Wassergläser	26
6	Noten als Oktalzahlen	26
7	alphabetische Codierung, Cäsar-Verschlüsselung, Binärcode	28
8	Braillezeichen und Bodysigns (SIGNGES 2022a)	29
9	Filmdose mit dem Gewürz Zimt	31
10	Prozess- und Inhaltsbereiche des Informatikunterrichts in den Bildungsstandards (GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E. V. 2019, S. 7)	37

11	Übersicht der Stationen	40
12	tabellarische Übersicht der Stationen	41
13	Infoboxen nach dem Vorbild SpionCamp	42
14	Transposition einer Audiowelle	43
15	Ausschnitt einer Cäsar-Chiffrierscheibe mit Morsecode	45
16	Transposition Braille-Pflügen	46
17	Ausschnitt einer Cäsar-Chiffrierscheibe	48
18	Freimaurer-Chiffre	49
19	Auswertung der Laufzettel	54

Alle mit einem fotografischen Gerät aufgenommenen Bilder wurden vom Verfasser erstellt.

Name, Vorname:

E r k l ä r u n g

gem. § 15 Abs. 6 PO vom 29.05.2017

Hiermit erkläre ich, dass ich die von mir eingereichte Abschlussarbeit (Masterarbeit) selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

.....
Datum

.....
Unterschrift

Einverständniserklärung

Ich bin damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit wissenschaftlich interessierten Personen oder Institutionen und im Rahmen von externen Qualitätssicherungsmaßnahmen des Studienganges zur Einsichtnahme zur Verfügung gestellt werden kann. Korrektur- oder Bewertungshinweise in meiner Arbeit dürfen nicht zitiert werden.

.....
Datum

.....
Unterschrift