



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Spielerisches Lernen von Mathematik – Wissensvermittlung im Haus der Mathematik anhand der Konzeption, Umsetzung und Evaluierung des Exhibits Gomoku

verfasst von / submitted by

Markus Georg Peterseil

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaft (Mag. rer. nat.)

Wien, 2019 / Vienna, 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 190 406 313

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Mathematik UF
Geschichte, Sozialkunde, Politische Bildung

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Johann Humenberger

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Dipl.-Ing. Dr. Volkmar Putz

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

WIEN, _____

Ort, Datum

Unterschrift
(Markus Peterseil)

Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Konzeption, Umsetzung und Evaluierung des Exhibits „Gomoku“ im Haus der Mathematik (HdMa). In diesem Museum wird die Vermittlung von Wissen durch Selbstmotivation vorangetrieben. Mit Hilfe interaktiver Ausstellungsstücke, sogenannter Exhibits, kann ein individueller Lernprozess gestartet werden. Dabei stehen Explainer und Explainerinnen, welche bei Unklarheiten Hilfestellungen bieten können, zur Seite.

Zentrales Element dieser Arbeit ist das Spiel Gomoku als eigenes Exhibit aufzubereiten. Dazu werden verschiedene Facetten, wie das Spiel und der mathematische Hintergrund (Strategieentwicklung), die Umsetzung des Spiels zu einem Exhibit für das HdMa und eine empirische Studie zur Erreichung der zuvor festgelegten Ziele, beleuchtet. Zuvor wird die Bedeutung eines Exhibits erläutert, sodass dafür ein Grundverständnis erzeugt werden kann.

Der mathematische Hintergrund dieser Arbeit basiert auf den Taktiken des Strategiespiels Gomoku und dem damit verbundenen „perfekten Spiel“. Im Jahr 1994 gelang es Louis Viktor Allis zu beweisen, dass der Startspieler beziehungsweise die Starspielerin mit Sicherheit gewinnt, wenn fehlerfrei gespielt wird.

Als Methoden kommen vorwiegend die formative Evaluation, die Front-End-Analyse und die teilnehmende Beobachtung zur Anwendung. Bei der formativen Evaluation werden ständig Zwischenergebnisse eingeholt, sodass während eines Entwicklungsprozesses Ziele angepasst werden können. Die Front-End-Analyse beschreibt, dass vor der Konzeption eines Exhibits die Zielgruppe und das Umfeld festgelegt werden müssen, damit ein zufriedenstellendes Endergebnis entsteht. Die teilnehmende Beobachtung ist eine Methode zur Evaluierung des fertigen Exhibits, bei der Testpersonen anhand ihrer Handlungen analysiert werden.

Während der Konzeption eines Exhibits müssen viele Bereiche, wie die Entwicklung eines Spielfelds oder spezifische Aufgabenbereiche berücksichtigt werden. Außerdem müssen konkrete Ziele festgelegt werden, welche unbedingt erreicht werden sollen, wenn man sich als Besucher oder Besucherin im Haus der Mathematik mit dem Exhibit beschäftigt.

Bei der Evaluierung wurde nachgewiesen, dass die didaktischen Ziele überwiegend erreicht wurden. Die wissenschaftliche Fragestellung, inwieweit Explainer und Explainerinnen notwendig sind, um einen Lernprozess in Gang zu setzen, konnte jedoch nicht eindeutig beantwortet werden. In manchen Fällen ist es auch ohne Hilfestellung möglich, mathematische Fähigkeiten zu erlernen. Im Allgemeinen können Experten und Expertinnen aber Hinweise geben, sodass der Lerneffekt schneller und besser ausfällt.

Abstract

This thesis focuses on the concept, implementation and evaluation of the exhibit ‘Gomoku’ at the ‘Haus der Mathematik’ (HdMa). In this museum self-motivation is the main tool in education. Interactive exhibits start an individual learning process. So-called explainers are present at the museum, assisting if necessary.

This thesis examines the game Gomoku as an exhibit. In order to do so different aspects, such as the mathematical background of the game (strategy development), its implementation as an exhibit at the HdMa and the results of an empirical study surveying the achievement of its educational goals, are scrutinized. Also the significance of the game Gomoku is exemplified, to create a basic understanding.

The strategic game Gomoku, the tactics used playing it and the notion of the ‘perfect game’ form the mathematical background of this thesis. In 1994 Louis Viktor Allis proved, that the player who goes first, is going to win the game for sure, if he or she plays without making any errors.

Methods applied for the research are mainly formation evaluation, front-end-analysis and participant observation. In the course of the formation evaluation intermediate results are obtained, allowing the goals to be adjusted in the course of the process. Front-end-analysis shows, that the focus group and its environment have to be determined prior to designing the exhibit in order to achieve a satisfying result. Participant observation is a method to evaluate the finished exhibit by analyzing the behavior and actions of the subjects using it.

During the designing process of the exhibit many factors, such as the development of the field or specific tasks have to be considered. Furthermore goals have to be defined, that should be achieved by all visitors of the ‘Haus der Mathematik’ using the exhibit.

The evaluation proved, that the didactic goals have been achieved in most of the cases. The scientific question of the necessity of explainers setting off the learning process, could not be answered definitively.

In some cases maths skills can be acquired without any assistance. However, on the whole experts suggest that the learning effect occurs faster and with a greater impact, when assistance is provided.

Danksagung

Bereits im frühen Alter war bei mir das Studium der Mathematik und Geschichte geplant. Vor allem meinen Eltern, Josef und Margret Peterseil, ist es zu verdanken, dass ich dieses Ziel erreichen konnte. Nicht nur die finanzielle, sondern auch die mentale Unterstützung waren wesentlich, um meine geplanten Ziele, jeglicher Art, zu erreichen.

Des Weiteren bin ich den Verantwortlichen des Hauses der Mathematik, Frau Mag.^a Dr.ⁱⁿ Monika Musilek-Hofer, Frau Dipl. Päd. Monika Miller B.Ed und vor allem Dipl.-Ing. Dr. Volkmar Putz, zu großem Dank verpflichtet. Bei Fragen konnte ich auf rasches und konstruktives Feedback bauen, was das Voranschreiten der Diplomarbeit maßgeblich unterstützte. In diesem Zusammenhang bin ich auch meinem Betreuer der Diplomarbeit, Univ.-Prof. Mag. Dr. Hans Humenberger, zu Dank verpflichtet. Er übernahm die Verantwortung für diese Arbeit und gestattete mir, in einen ungewohnten didaktischen Forschungsbereich vorzudringen.

Während meines Studiums bekam ich auch von all meinen Studienkollegen, Studienkolleginnen, Freunden sowie meinen Geschwistern, Andreas Peterseil und Karoline Peterseil, Rückhalt und Ausgleich zum Studium, sodass ich ihnen danken möchte.

Abschließend möchte ich noch meiner Lebensgefährtin Viktoria Marsch sowohl für die Motivation, aber auch für die Ablenkung im richtigen Zeitpunkt, herzlichst danken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Begriffserklärungen.....	4
2.1	Haus der Mathematik.....	4
2.2	Science Center	7
2.3	Exhibit	10
2.3.1	Geschlossenes Exhibit Fibonacci-Folge.....	12
2.3.2	Offenes Exhibit Binärmeter	14
2.3.3	Anforderungen an ein Exhibit	16
2.4	Active Prolonged Engagement (APE).....	18
3	Erläuterung des Strategiespiels Gomoku	21
3.1	Geschichtlicher Hintergrund.....	21
3.2	Spielbeschreibung.....	22
3.3	Gewinnstrategien	24
3.4	Arbeitsweisen von Computerprogrammen	28
3.4.1	Computerprogramm „Viktoria“	30
3.4.2	Threat space search	30
3.4.3	Proof number search.....	36
3.4.4	Resultat.....	39
3.5	Spielvarianten	40
3.5.1	FreeStyle Version.....	40
3.5.2	Standardversion.....	40
3.5.3	Professionelle Version.....	41
3.5.4	Lange Professionelle Version.....	41
3.5.5	Renju	41
3.5.6	Swap	42
3.5.7	Swap2	43
3.5.8	Caro	43
3.5.9	Pente	43
3.5.10	Connect6.....	44
4	Methodik	45
4.1	Formative Evaluation	45
4.2	Front-End-Analyse	46
4.3	Teilnehmende Beobachtung	46
5	Didaktische Konzeption des Exhibits Gomoku	51
5.1	Wissensvermittlung unter konstruktivistischer Sichtweise	51
5.2	Lernumgebung im konstruktivistischen Sinn	54
5.2.1	Anchored Instruction, „verankerte Anweisung“	55

5.2.2	Cognitive Flexibility, „geistige Flexibilität“	56
5.2.3	Cognitive Apprenticeship, „geistige Ausbildung“	56
5.2.4	Merkmale einer erfolgreichen Lernumgebung.....	57
5.3	Konzeptwechsel - Conceptual Change	58
5.4	Lehrplanbezug	62
5.4.1	Problemlösen und ihre Wichtigkeit im Alltag.....	63
5.4.2	Kritisches Denken	68
6	Gomoku als Exhibit des HdMa	70
6.1	Entscheidung für das Strategiespiel Gomoku als Exhibit	70
6.1.1	Mathematische Relevanz von Gomoku.....	70
6.1.2	Didaktische Relevanz von Gomoku	71
6.1.3	Relevanz von Gomoku für das HdMa.....	73
6.2	Didaktische Ziele des Exhibits Gomoku	75
7	Designentwicklung des Exhibits Gomoku	77
7.1	Front-End-Analyse	77
7.1.1	Praktische Entwicklung des Exponats.....	78
7.1.2	Erstellung des Plans	81
7.1.3	Kommunikation mit dem Tischler	83
7.1.4	Aufgaben der Explainer und Explainerinnen	84
7.1.5	Entwicklung einer Spielbeschreibung.....	86
8	Evaluierung	90
8.1	Evaluierungszeitraum	91
8.2	Qualitative Auswertung der Beobachtungsprotokolle.....	92
8.2.1	Erste Evaluierungsphase (Protokolle 1-4).....	93
8.2.2	Zweite Evaluierungsphase (Protokolle 5-9).....	95
8.3	Statistische Auswertung	97
8.3.1	Didaktische Informationen in Bezug auf das HdMa.....	98
8.3.2	Beantwortung der Forschungsfrage	98
8.4	Resümee.....	100
8.5	Ausblick der Evaluierung	101
9	Conclusio und Anknüpfungspunkte	103
10	Literaturverzeichnis.....	104
11	Abbildungsverzeichnis	106
Anhang		107
	Beobachtungsprotokolle.....	107

1 Einleitung

Die Wissensvermittlung im Fach Mathematik beschäftigt seit jeher pädagogische Fachkreise. Einerseits gilt es, Schülerinnen und Schüler im Unterricht zu fördern, und gleichzeitig sollen sie auch entsprechend gefordert werden, um sich bestmöglich weiterentwickeln zu können. In diesem Zusammenhang ist es zuerst einmal notwendig, die Begeisterung und die Motivation für die Mathematik zu wecken. Das Haus der Mathematik (HdMa) hat es sich zur Aufgabe gemacht, diesen Zweck zu erfüllen. Durch zahlreiche interaktive Ausstellungsstücke (Exhibits/Exponate) soll es gelingen, wissbegierigen Personen einen Zugang zur Mathematik, fernab jeglicher gesellschaftlicher Vorurteile, zu ermöglichen. Viele Menschen hegen nämlich eine grundsätzliche Abneigung gegenüber der Mathematik, wobei sich diese Meinung oft automatisch auf Jüngere überträgt. Vor allem Kindern soll im HdMa der Zugang zu dieser Wissenschaft mit Hilfe spielerischer Elemente sowie wissenschaftlich geschulter Museumsbetreuer und -betreuerinnen (Explainern und Explainerinnen) ermöglicht werden. Daher ist es naheliegend, dass diese pädagogische Einrichtung Teil des Vereins „ScienceCenter-Netzwerk“ ist. Oberstes Ziel dieses Netzwerks ist die Begeisterung der Gesellschaft für Naturwissenschaften und Technik.

Durch die stetige Entwicklung neuer Exhibits schafft es das HdMa, Besucher und Besucherinnen wiederholt in diese außerschulische Lernstätte zu locken. Da sich die Didaktik der Mathematik häufig verändert und immer wieder neue Ansichten in der Art der Wissensvermittlung gewonnen werden, wird im Zuge dieser Diplomarbeit der didaktische Entwicklungsprozess eines Exhibits aus wissenschaftlicher Sicht erläutert und dokumentiert. Dazu werden die Planungsphase, die Umsetzung und die Evaluierung zu dem im Jahre 2018 neu entstandenen Exhibit „Gomoku“ umfangreich erläutert. Der Vorteil dieses Spiels liegt in der leichten Verständlichkeit der Regeln, weshalb Gomoku schnell erlernt werden kann. Außerdem können durch eine intensive Beschäftigung komplexe Gewinnstrategien erlernt werden. Die Übersetzung „Fünf gewinnt“ beschreibt dieses Strategiespiel treffend.

Der Lernprozess, welcher beim Spielen ausgelöst werden sollte, beruht auf dem theoretischen Konzept des konstruktivistischen Ansatzes. Dieser dient als Fundament für die didaktischen Überlegungen bei der Planung und Umsetzung des Exhibits. Beinahe alle anderen Exhibits des HdMa beruhen ebenfalls auf konstruktivistischen Lerntheorien. Deshalb können sich neue Exponate im HdMa meist problemlos einfügen, ohne sich abzuheben. Zugleich müssen gewisse Mindestanforderungen erfüllt werden, damit ein mathematischer Lernprozess gewährleistet werden kann. Damit das Exhibit in einem außerschulischen Lernort seine Berechtigung findet,

wurden didaktische Ziele formuliert, welche bei der Beschäftigung mit dem Exhibit erreicht werden sollten.

Die abschließende Evaluierung beschäftigt sich somit mit der Überprüfung dieser didaktischen Ziele. Außerdem liegt ein weiterer Schwerpunkt der Evaluierung darauf, ob das Exhibit die konstruktivistischen Ansprüche an einen situationsgerechten Lernprozess erfüllt. In diesem Zusammenhang kann folgende Forschungsfrage konkret formuliert werden:

„Wie sehr sind Explainer und Explainerinnen notwendig, damit Schüler und Schülerinnen essenzielle Lösungsstrategien des Strategiespiels Gomoku selbstständig herausfinden können?“

Die grundsätzliche Frage lautet demnach, ob das Exhibit nur zum simplen Spielen verleitet, oder ob Überlegungen zu dessen mathematischen Hintergrund herbeigeführt werden können. Ist Ersteres der Fall, wäre die Aufgabenstellung, ein interaktives Exponat im Sinne des HdMa zu erstellen, fehlgeschlagen. Sofern sich die Lernenden jedoch selbstständig bis zu einem gewissen Grad mit dem Ausstellungsstück intensiver auseinandersetzen und bereits einfache Lösungsstrategien herausfinden oder erarbeiten, ist die Umsetzung als erfolgreich anzusehen.

Zu Beginn dieser wissenschaftlichen Arbeit müssen zunächst Begriffe geklärt werden, welche im Allgemeinen nicht bekannt sind. Dazu wird das Haus der Mathematik (HdMa), ein Science Center und ein Exhibit erläutert. Da es sich hierbei um eine mathematisch-didaktische Diplomarbeit handelt, soll auch ein mathematisch wissenschaftliches Element inkludiert werden. Deshalb werden nicht nur die notwendigen Hintergrundinformationen zu dem Strategiespiel Gomoku angeführt, sondern es wird auch ein empirischer Beweis, welcher bereits von Louis Viktor Allis im Jahre 1994 geführt wurde, angegeben.

Nachdem unterschiedliche Spielvarianten erläutert werden, wird auf die später verwendete Methodik eingegangen. Das hat vor allem eine bessere Lesbarkeit der anschließenden Kapitel zum Zweck. Da sich diese Diplomarbeit mit der Vermittlung von Wissen beschäftigt, wird anschließend auf das didaktische Fundament, den Konstruktivismus, eingegangen. In diesem Zusammenhang der didaktischen Konzeption werden auch Inhalte des österreichischen Lehrplans vorgestellt und wissenschaftlich erläutert. Somit können im Anschluss daran spezifische Überlegungen getätigt werden, warum sich das Exhibit in einem außerschulischen Lernort gut etablieren kann. Kapitel 7 handelt von der Planung und Umsetzung des Exhibits. Dazu wurde der Entstehungsprozess wissenschaftlich dokumentiert.

Zum Abschluss dieser Arbeit wurde eine eigene Evaluierung durchgeführt, um zu prüfen, ob die zuvor getätigten Planungen in der Praxis passend umgesetzt werden. Dazu fand die Methode

der teilnehmenden Beobachtung Anwendung. Nach der Auswertung dieser Evaluierungsphase bietet der letzte Teil dieser Arbeit noch weitere Forschungsfragen und mögliche Anknüpfungspunkte.

2 Begriffserklärungen

Zum Einstieg wird in diesem Kapitel erklärt, wofür das Haus der Mathematik steht. Da es auch als Science Center mit vielen Exhibits bezeichnet wird, werden auch diese beiden Ausdrücke ausführlich beschrieben. Das Verständnis dieser Begriffe ist für die folgende wissenschaftliche Arbeit essenziell.

2.1 Haus der Mathematik

Das Haus der Mathematik (HdMa) ist ein außerschulischer Lernort. Der Gründer, Dr. Gerhard Lindbichler, wollte eine Möglichkeit schaffen, den schlechten sozialen Ruf der Mathematik im Alltag aufzubessern. Aus diesem Grund gründete er 2003, gemeinsam mit Dr. Manfred Kronfellner, zuerst den Verein HdMa. Über diesen Verein wurde dann das HdMa an sich initiiert. Der Grundgedanke dabei war, Mathematik anhand vieler sogenannter Exhibits (siehe Kapitel 2.3) „angreifbar“ zu machen. Mit dieser spielerischen Auseinandersetzung werden in weiterer Folge mathematische Phänomene begreifbar. Mit der didaktischen Intuition „Vom Angreifen zum Begreifen“ wurde der Versuch gestartet, allen Kindern und Jugendlichen einen positiven Zugang zur Mathematik zu ermöglichen. Da sein Projekt sehr gut angenommen wurde, wurde das HdMa immer beliebter und erweiterte sein Angebot sukzessive. Somit übersiedelte es im Jahr 2009 aus dem 4. Bezirk in die Pädagogische Hochschule Wien im 10. Bezirk (siehe Abbildung 2.1).



Abbildung 2.1: Logo HdMa (links), Erlebniswelt HdMa (rechts)¹

Eine Führung durch das HdMa ist in erster Linie für Schüler und Schülerinnen der Sekundarstufe I vorgesehen. Aufgrund von Modifikationen können aber auch Jugendliche aus der Sekundarstufe II und Kinder ab der 4. Primarstufe betreut werden. Zusätzlich bietet die

¹ Haus der Mathematik 2018, online unter: <http://hausdermathematik.at/hdma/erlebniswelt/> (10.5.2018).

„Erlebniswelt“ auch noch jüngeren Besuchern und Besucherinnen eine spannende Erfahrung, jedoch nur an einem Tag der offenen Tür² in Begleitung einer Aufsichtsperson.

Wenn eine Schulklasse zu Besuch ist, gliedert sich eine Führung in drei Teile; einerseits eine kleine Einleitung, verbunden mit einem geistigen Aufwärmprogramm am sogenannten „Marktplatz des HdMa“. Andererseits kann die Erlebniswelt mit vielen interaktiven Ausstellungsstücken erkundet werden. Zwischendurch wartet auf die Interessenten eine kurze Führung im Museum des HdMa mit den wichtigsten historischen Stationen der Geschichte der Mathematik. Dabei stehen den Schulklassen meist drei qualifizierte Explainer oder Explainerinnen zur Seite. Diese setzen sich ausschließlich aus facheinschlägigen Studierenden der Universität Wien, der Pädagogischen Hochschule Wien sowie vergleichbaren Universitäten und Institutionen zusammen.

Um die Motivation der Besucher und Besucherinnen zu steigern, wird einleitend am Marktplatz die Mathematik im alltäglichen Leben besprochen (siehe Abbildung 2.2). Dabei wird vermittelt, inwieweit der Alltag durch Mathematik erleichtert wird und in welchen Bereichen sich die Mathematik wiederfindet. Beispielsweise beschleunigt die Binärverschlüsselung des Strichcodes den Zahlungsprozess an der Kassa deutlich. Im Zuge dieses „Aufwärmprogramms“ werden je nach Altersstufe verschiedene spannende mathematische Phänomene aus der Arithmetik mit Hilfe von Zaubertricks oder aus der Geometrie mit interessanten Zusammenhängen erklärt und besprochen.

Anschließend können die Wissbegierigen in der Erlebniswelt für sie neue mathematische Zusammenhänge entdecken und bereits bekannte Formeln überprüfen (siehe Abbildung 2.2 rechts). Hierzu sind über 40 Exhibits, meistens in Form von Spieltischen für zwei Personen oder Arbeitstischen für Einzelpersonen, aufgebaut. Dabei wird das FEEL-Konzept des HdMa verfolgt. FEEL steht dabei für:

- Forschen
- Entdecken
- Erkennen
- Lernen

Schüler und Schülerinnen werden zum selbstständigen Forschen angeregt, um anschließend eine Entdeckung zu machen. Die Auseinandersetzung mit dieser Entdeckung führt im Idealfall zu einer Erkenntnis, wodurch ein eigenständiger Lernprozess eingeleitet wird.

² Der Tag der offenen Tür findet während des Schuljahres an jedem dritten Samstag im Monat von 10:00 Uhr bis 13:00 Uhr statt.

Ist die Aufgabenstellung für gewisse Kinder unverständlich beziehungsweise geraten sie bei der Lösungsfindung ins Stocken, stehen Explainer oder Explainerinnen den Forschern und Forscherinnen zur Seite und geben ihnen Hilfestellungen. Museumsbetreuer und -betreuerinnen können einerseits Unterstützung leisten, wenn sie darum gebeten werden und andererseits eingreifen, wenn sie merken, dass eine Auseinandersetzung mit dem mathematischen Thema zu Lustlosigkeit führt. In diesem Fall können sie konstruktive Ansätze bieten, damit die Lernenden selbständig auf eine Lösung kommen und somit ein Erfolgserlebnis verzeichnen können.

Im Museum des HdMa können spannende Entdeckungen gemacht werden, wobei das Rechnen mit einer Rechenmaschine aus dem Jahre 1908 einen Höhepunkt darstellt. Die „Bunzel Delton“ ist eine mechanische Rechenmaschine, welche die vier Grundrechnungsarten durchführen kann (siehe Abbildung 2.2). Dabei wird den Forschern und Forscherinnen der Zusammenhang zwischen Multiplikation und Addition am praktischen Beispiel erklärt.



Abbildung 2.2: Marktplatz HdMa (links), Rechenmaschine Bunzel Delton (Mitte), Exhibit Pythagoras (rechts)³

Da das HdMa auch als Science Center (siehe Kapitel 2.2) bezeichnet werden kann, ist dieses auch Bestandteil des „ScienceCenter-Netzwerks“. Zusätzlich ist das HdMa Teil des RECC NawiMa (Regional Educational Competence Center für Naturwissenschaften und Mathematik) für Naturwissenschaften und Mathematik, welches verschiedene Angebote für Lehrkräfte und Studierende zur Fort- und Weiterbildung bietet. Außerdem versteht sich das RECC als Kommunikationszentrum, um aktuelle didaktische Ideen aufzugreifen und die Umsetzung im Unterricht zu unterstützen.⁴

³ Monika Musilek-Hofer, 2018, Aufnahmen zur Verfügung gestellt von Mag.^a Dr. Monika Musliek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.

⁴ Regionales Kompetenzzentrum für Naturwissenschaften und Mathematik (RECC), Pädagogische Hochschule Wien 2018, online unter: <https://www.phwien.ac.at/die-ph-wien/institute/institut-fuer-uebergreifende-bildungsschwerpunkte-der-ph-wien/schwerpunktbereiche/regional-educational-competence-centre-naturwissenschaften-und-mathematik-recc-nawima> (31.12.2018).

HdMa on tour

Das „HdMa on tour“ steht für eine mobile Version des HdMa. Dabei sind ausgewählte Exhibits der Erlebniswelt in komprimierter Ausführung zusammengestellt, sodass diese mit Hilfe dreier Metallkisten flexibel den Standort wechseln können. Dieses Angebot ist vor allem für Schulstandorte außerhalb Wiens gedacht. Somit können sich Schulen, welche keinen Lehrausgang in das HdMa planen können, einen Auszug der Erlebniswelt an ihren Standort holen. HdMa on tour ist kostenfrei erhältlich. Lediglich die Abholung und Rückbringung muss von den Schulen organisiert und finanziert werden. Momentan sind dazu 31 Exhibits in mobiler Version erhältlich.⁵ In manchen Fällen schließen sich mehrere Schulen einer Region zusammen und geben HdMa on tour untereinander weiter, ohne dieses dazwischen im HdMa abzugeben.

2.2 Science Center

Ein Science Center ist ein Ort, an dem bei der Vermittlung von Wissen auf der Ebene der Selbstmotivation und individuellen Auseinandersetzung gearbeitet wird. Viele Menschen besuchen ein Science Center, um aufregende Dinge zu entdecken, bewegliche Ausstellungsstücke auszutesten oder um sich ganz allgemein eine bequeme, nicht anstrengende Zeit zu machen. Mit Hilfe von Exhibits (siehe Kapitel 2.3) werden die Inhalte der jeweiligen Phänomene nachvollziehbar näher gebracht. Personen versuchen das Phänomen zu entdecken, indem sie sich länger und intensiver mit den Exponaten auseinander setzen. Durch ihre individuelle Motivation wollen sie die Erklärungen und Funktionsweisen besser verstehen.⁶

Vor allem in interaktiven Museen kann diese Motivation durch die Herbeiführung eines unerwarteten Resultats aufgebaut werden. Im Grunde wird somit die Neugier dadurch geweckt, dass die bisherigen Erfahrungen und Erwartungen stark in Frage gestellt werden. Somit wird ein Widerspruch erzeugt, welcher eine intensivere Auseinandersetzung mit den Inhalten nach sich zieht. Um ein solches unerwartetes Resultat überhaupt provozieren zu können, gilt es, zuerst auf die Vorerfahrungen und auf das bereits bestehende Wissen der Gäste einzugehen. Allerdings können die Gäste manchmal nicht wie erwartet durch ein unerwartetes Resultat motiviert werden. Entweder weil ein zu umfangreiches Vorwissen vorliegt und das Ergebnis des jeweiligen Exhibits bereits erkannt wird, oder weil es in den jeweiligen Themenbereichen noch keinerlei Vorerfahrungen gibt und somit auch keine Art der Lösung erahnt werden kann. Weil die Wissensvermittlung stark auf dem Vorwissen aufbaut, nutzen viele Science Center die

⁵ Haus der Mathematik 2018, online unter: <http://hausdermathematik.at/besuche/hdma-on-tour/> (21.04.2019).

⁶ Michael Pearce, „They said that the Glass is full of Friendship“, In: Journal of Museum Education 28:3, (2003, Taylor and Francis Online), S. 29.

Methode des konstruktivistischen Ansatzes (siehe Kapitel 5) bei der Entwicklung ihrer Exhibits.⁷

Eine andere Art, Besucher und Besucherinnen für die Ausstellungsstücke zu motivieren, ist die motivationale Ebene anzusprechen. Viele Museen verschiedener Größen, Typen und unterschiedlicher Herkunft arbeiten damit, die Gäste aktiv in die Exhibits miteinzubeziehen. Gelingen kann dies unter anderem durch Beispiele aus dem Alltag oder durch die Verknüpfung und Erweiterung von bereits bekannten Tatsachen.⁸

Wenn Dinge aus der natürlichen Welt in einem Museum vermittelt werden, dann sollte dies möglichst direkt, exakt, transparent und nachvollziehbar geschehen. Dadurch soll das jeweilig zu entdeckende Phänomen möglichst schnell erlebt werden. Der Aspekt, dass Besucher und Besucherinnen eigene Aktivitäten durchführen und durch Beobachtungen ihr eigenes Denken, ihre Wahrnehmungen beziehungsweise ihr Verhalten prüfen, steht dabei im Vordergrund.⁹ Das heißt, dass sich Gäste zwar nicht allzu lang mit dem Exhibit auseinander setzen müssen, um erste Entdeckungen zu machen, sie aber durchaus durch eine Selbstreflexion angeregt werden sollen, den thematischen Hintergrund zu erfragen. Sie sollen durch explizite, selbstbeobachtende Aktivitäten ihr Interesse anregen, um einen sinnvollen Lernprozess einzuleiten.¹⁰ Falls die individuelle Motivation nicht ausreicht, sich intensiver mit dem jeweiligen Umfeld auseinandersetzen zu wollen, stehen Explainer und Explainerinnen zur Verfügung, um die richtigen Fragen zu stellen und Denkanstöße zu geben.

Eine weitere Herausforderung eines Science Centers ist es, die Aufmerksamkeit des Publikums möglichst lang aufrecht zu erhalten.¹¹ Viele Kinder oder Erwachsene befassen sich mit einem Ausstellungsstück und geben nach kurzen erfolglosen Überlegungen auf, um zum nächsten Exponat weiterzugehen. Dies kann einerseits daran liegen, dass die Komplexität zu groß ist oder andererseits die Altersstufe nicht adäquat ist. Ein weiterer Grund dafür kann aber auch die Umgebung sein. Wenn Explainer oder Explainerinnen beispielweise am Nebentisch eine Erklärung geben, kann die Lautstärke derart steigen, dass sich die Person nicht mehr auf die wesentlichen Elemente vor sich konzentrieren kann, sondern den Erklärungen nebenan zuhört. Wichtiger ist es aber, sich mit dem vorliegenden Problemen auseinanderzusetzen und Lösungsstrategien zu erarbeiten. Somit sollte jedes Science Center durch jedes Exponat

⁷ Joshua P. Gutwill, Challenging a Common Assumption of Hands-on Exhibits: How Counterintuitive Phenomena Can Undermine Inquiry, In: Journal of Museum Education, 01 July 2008, Vol.33(2), S.187-198, hier S. 187-188.

⁸ Jeff Kennedy, Marjorie Prager, A Review of "Visitor Voices in Museum Exhibitions" by Kathleen McLean and Wendy Pollock, (2007, Washington DC, Association of Science-Technology Centers), In: Visitor Studies, 11:2, (2008, Visitor Studies Association), 220-223, hier S. 220.

⁹ Pearce, „They said that the Glass is full of Friendship“, S. 26.

¹⁰ Pearce, „They said that the Glass is full of Friendship“, S. 29.

¹¹ Pearce, „They said that the Glass is full of Friendship“, S. 29.

versuchen, eine sogenannte „aktivierende, anhaltende Beschäftigung“ („Active Prolonged Engagement“, siehe APE in Kapitel 2.4) zu initiieren, damit die Besucher und Besucherinnen einen Mehrwert des jeweiligen Phänomens erlangen.

Außerdem müssen Museen versuchen, ihren Gästen gewisse Fähigkeiten zum kritischen Hinterfragen bestimmter Tatsachen mitzugeben. Mit Hilfe von Entdeckungen, Interaktionen und Spaß lässt sich die Fähigkeit zum kritischen Denken besonders gut entwickeln. Im Zentrum der Bildung steht also der Drang zur Untersuchung, zum Lernen und zum Denken. Dabei geht es nicht um zusammenhanglose Kenntnisse und veraltete Informationen.¹² Falls ein Thema bereits zu oft behandelt wurde oder von Zeit zu Zeit beispielsweise durch Medien bereits erlernt wurde, wird die Motivation, sich nochmals mit diesen Kenntnissen auseinanderzusetzen, stark sinken. Somit gestaltet sich der Anspruch an ein Science Center, immer aktuell und auf dem neuesten Wissensstand zu bleiben. Bereits veraltete Phänomene müssen überarbeitet und gleichzeitig neue Ideen entwickelt werden. Dabei gilt es, immer die aktuelle Gesellschaft zu reflektieren, um möglichst viele in den Lernprozess integrieren zu können.¹³

Verein ScienceCenter-Netzwerk

Wie in Kapitel 2.1 bereits erwähnt, ist das HdMa Mitglied des „ScienceCenter-Netzwerks“. Dieses sieht im Speziellen seine Aufgabe in der Begeisterung der Gesellschaft für Wissenschaft und Forschung. Durch mehrere Partnerschaften soll die Lernfreude durch Selbstmotivation geweckt werden. Dies gelingt durch den Versuch, wissenschaftliche Phänomene durch spielerische Aktivitäten zu vermitteln. Außerdem werden viele Workshops organisiert, bei denen aktuelle Themen der Wissenschaft besprochen werden. Zudem wird deren praktische Umsetzung durch interaktive Möglichkeiten thematisiert.

Im Ganzen werden beim „ScienceCenter-Netzwerk“ vier große Ziele verfolgt:

- Neugierde für Wissenschaft und Technik wecken
- Selbstgesteuertes und spielerisches Lernen ermöglichen
- Gesellschaftliche Bedeutung von Wissenschaft und Technik verdeutlichen
- Funktion zur Vernetzung verschiedener Forschungseinrichtungen und Museen

Erstens soll die Neugierde für Wissenschaft und Technik geweckt werden. Prozesse sollen verständlich und Zusammenhänge nachvollziehbar gemacht werden. Ein wichtiger Punkt ist immer die selbstständige Auseinandersetzung mit den jeweiligen Themen durch interaktive Exponate. Dadurch soll es gelingen, Vorurteile abzubauen und neue individuelle Fähigkeiten

¹² Rebecca Shulman Herz, Critical-Thinking Skills in the Museum, In: Journal of Museum Education 32:2 (2007 Routledge), S. 95-99, hier 95.

¹³ Kennedy, Prager, A Review of “Visitor Voices in Museum Exhibitions”, S. 220.

und Kompetenzen auszubilden. Versucht wird dabei, möglichst junge Altersstufen anzusprechen, um ihnen eine naturwissenschaftliche oder technische Berufslaufbahn schmackhaft zu machen.

Zweitens soll selbstgesteuertes und spielerisches Lernen ermöglicht werden, indem umfangreiche und qualitätsvolle Bildungsangebote geschaffen werden. Diese Angebote sollen möglichst alle Besucher und Besucherinnen, unabhängig von Bildungsniveau, Alter, Herkunft oder Geschlecht, gleichermaßen ansprechen.

Drittens soll das Bewusstsein für die Bedeutung von Wissenschaften und Technik in Hinblick auf die Gesellschaft angeregt werden. Dabei ist der Kontext zum Alltag ausschlaggebend, um die oft komplexen Sachverhalte begreifbar machen zu können. Außerdem wird versucht, eine kritische Auseinandersetzung mit Wissenschaft und Technik anzuregen, um diese Bestandteile in die österreichische Gesellschaftsentwicklung zu integrieren.

Abschließend soll das Netzwerk noch für Rückfragen in Bezug auf spezielle Science Center-Aktivitäten zur Verfügung stehen. Bei der Entwicklung und Umsetzung interaktiver Exhibits soll darüber hinaus ein inter- und transdisziplinärer Forschungsprozess stehen. Dieser ist notwendig, um ein ständiges Wechselspiel zwischen Theorie, Reflexion, Praxis und Forschung zu gewährleisten.¹⁴ Da das HdMa viele dieser Überzeugungen teilt und mit Überzeugung umsetzt, herrscht eine gute Kooperation zwischen den beiden Vereinen.

2.3 Exhibit

Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, ist ein Exhibit ein interaktives Ausstellungsstück, welches sich dem Interessenten oder der Interessentin anpassen kann. Bei einer wiederholten Durchführung können immer wieder andere Ausgänge beobachtet werden, wobei diese auf einen konkreten Sachverhalt abgestimmt sind. Exhibits können ansprechend, aufreibend, erholend, überraschend, fremdartig, lustig, schmerzhaft oder aufschlussreich sein.¹⁵ Der ansprechende Aspekt wird vor allem bei jüngeren Besuchern und Besucherinnen relativ leicht durch eine farbenreiche Optik erzeugt. Aufreibend können die Ausstellungsstücke sein, falls die Lösung nicht sofort offensichtlich ist und teilweise eine intensivere Auseinandersetzung von mehreren Minuten oder Stunden nötig ist. Als Ausgleich gibt es einerseits einfachere Aufgaben oder thematisch abwechslungsreiche Angebote, welche als erholend und entspannend empfunden werden. Wenn verschiedene Hirnregionen angeregt werden, können zuvor beanspruchte Regionen entlastet werden, wodurch eine allgemeine mentale

¹⁴ Verein: ScienceCenter-Netzwerk, Wien 2018, online unter: <http://www.science-center-net.at/index.php?id=325> (11.5.2018).

¹⁵ Pearce, „They said that the Glass is full of Friendship“, S. 28.

Überanstrengung vermieden werden kann. Viele Besucher und Besucherinnen können beim Bewältigen der Aufgaben überrascht werden, wenn plötzlich durch Explainer oder Explainerinnen Lösungswege vorgeschlagen werden, deren Existenz vorher nicht bekannt war.

Eine Entfremdung zum Exhibit kann entstehen, wenn man sich im Allgemeinen nur ungern mit den konkreten Inhalten auseinandersetzt. Ein mentaler Schmerz kann dadurch provoziert werden, wenn die Besucher und Besucherinnen unbedingt auf die Lösung des jeweiligen Phänomens kommen wollen, ihnen das aber durch fehlendes Wissen oder mangelnde praktische Begabung nicht möglich ist. Durch ihren Ehrgeiz können sie die Aufgabe nicht unerledigt lassen und entwickeln somit einen psychischen Schmerz.¹⁶

Interaktive Exponate bieten den Museumsgästen eine Möglichkeit, Neues zu entdecken. Dabei müssen ständig neue Methoden entwickelt werden, um das Interesse hoch zu halten. Einerseits gilt es, aktuelle Inhalte zu überarbeiten oder zu ersetzen, wenn diese zu wenig Anklang finden. Andererseits werden neue didaktische Vorgehensweisen konzipiert, damit die Art der Bearbeitung nicht eintönig verläuft. Wenn Exhibits verschiedene Optionen bieten und nicht von einer klaren, eindeutigen Vorgehensweise abhängen, sind diese deutlich erfolgreicher. Dadurch wird dem Forscher oder der Forscherin ermöglicht, über mehrere Wege zur Lösung zu kommen, wodurch viele unterschiedliche Lerntypen angesprochen werden. Ein gleichzeitiger Nachteil ist jedoch eine mögliche Überforderung. Interaktive Ausstellungsstücke müssen daher das Ziel verfolgen, spannende Möglichkeiten zur Wissensfindung zu bieten. Sie dürfen aber nicht darauf ausgerichtet sein, lediglich möglichst viele Arten der Benutzung zu verfolgen. Wenn dieser Balanceakt zwischen zu geringer und zu starker Anforderung für Besucher und Besucherinnen erfüllt wird, kann ein Prozess in Gang gesetzt werden, welcher in Fachkreisen als „Active Prolonged Engagement“ (APE, siehe Kapitel 2.4) bezeichnet wird.¹⁷

Manche Exhibits arbeiten auch auf Basis der emotionalen Ebene, um die Begeisterung für bestimmte Phänomene zu fördern. Dadurch können Interessenten ihre neu gewonnen Informationen in bereits getätigte Erfahrungen einbinden und somit längerfristig davon profitieren. Falls kein persönlicher Kontext hergestellt wird, gibt es auch die Möglichkeit eines fragenbasierten Leitfadens. Dieser konkretisiert sich in einer Anleitung, die beim Exponat angebracht ist und Hilfestellung zur Bearbeitung des Problems bietet. Durch die schrittweise Herangehensweise wird ein tiefergehendes Verständnis induziert, wobei das Aneignungstempo von jeder Person individuell gewählt werden kann.¹⁸

¹⁶ Pearce, „They said that the Glass is full of Friendship“, S. 28.

¹⁷ Gutwill, Counterintuitive Phenomena, S. 190.

¹⁸ Kennedy, Prager, A Review of “Visitor Voices in Museum Exhibitions”, S. 221.

Exhibits können in offene oder geschlossene unterteilt werden. Erstere Form lässt der testenden Person immer wieder neue Möglichkeiten offen, wobei teilweise auch der Ausgang unterschiedlich sein kann. Exponate, bei denen nicht das Ergebnis im Vordergrund steht, sondern die Art und Weise des Forschungsprozesses, sind meist offen gestaltet. Geschlossene Exhibits zielen dagegen auf ein bestimmtes Endresultat ab.¹⁹ Hierbei wird eine gesonderte Reihenfolge verfolgt: Ausprobieren – Erkennen – Lesen. Die Besucher und Besucherinnen setzen sich motiviert und sorglos mit dem Exponat auseinander und testen die sich ihnen bietenden Möglichkeiten aus. Anschließend erkennen sie spezifische Problemstellungen, Phänomene oder Vorgänge. Durch eine kleine Selbstreflexion wird versucht, die Lösungen und Erklärungen zur jeweiligen Thematik zu finden. Danach gibt es das Angebot, diese anhand einer Informationstafel zu überprüfen. Damit der Prozess der persönlichen Lösungsfindung nicht übergangen wird, sind die Hinweise nicht sofort ersichtlich, sondern entweder in Laden, in Klapptafeln oder hinter Bildern versteckt.²⁰

2.3.1 Geschlossenes Exhibit Fibonacci-Folge

Ein Beispiel für ein solches geschlossenes Exhibit bietet der Spieltisch zur Fibonacci-Folge im HdMa (siehe Abbildung 2.3). An diesem können die Kinder mit Hilfe einer kleinen Anleitung die bekannte Zahlenfolge 1, 1, 2, 3, 5, 8, ... selbst an einem praktischen Beispiel erarbeiten. Besser gelingt dies durch eine Anleitung eines Explainers oder einer Explainerin.

Das Exhibit besteht aus kleinen Holzzylindern, Viertelkreisen mit unterschiedlichen Radien, zwei Muscheln und zwei Tannenzapfen. Außerdem ist am unteren Rand des Tisches eine Kreidetafel angebracht und links oben gibt es eine Kurzbeschreibung des Exhibits. Ein Holzzylinder zeigt auf seiner Deckfläche zwei Hasenköpfe (siehe Abbildung 2.3 in der 2. Spalte). Wenn der Zylinder auf der Deckfläche liegt, bezeichnet man ihn als verdeckt und man sieht die leere Grundfläche (siehe Abbildung 2.3 in der 1. Spalte). Ein verdeckter Zylinder steht für ein junges Hasenpärchen (männlich und weiblich), welches selbst noch keine Kinder bekommen kann. Wenn der Zylinder umgedreht wird und die Hasenköpfe nach oben liegen, werden die Jungen erwachsen. Erwachsene Hasenpärchen können ab diesem Zeitpunkt Kinder bekommen. Die jeweiligen Spalten am Exhibit symbolisieren immer Perioden von drei Monaten.

In der Geschichte zum Exhibit bekommt eine Familie zum Startzeitpunkt ein junges Hasenpärchen, weshalb ein Zylinder verdeckt in die 1. Spalte gelegt wird. Angenommen Hasen

¹⁹ Gutwill, Counterintuitive Phenomena, S. 190-191.

²⁰ Gutwill, Counterintuitive Phenomena, S. 195.

sind bereits nach drei Monaten geschlechtsreif, wird ein Zylinder in die zweite Spalte gelegt, welcher ein erwachsenes Hasenpärchen symbolisiert. Das bedeutet, dass die jungen Hasen erwachsen geworden sind.

Nach einer weiteren Periode werden die Erwachsenen um drei Monate älter und haben selbst ein junges Hasenpärchen zur Welt gebracht. Deshalb kommt in der 3. Spalte ein verdeckter Zylinder hinzu, sodass hier jetzt insgesamt zwei Holzzylinder (einer aufgedeckt und einer verdeckt) liegen. Nach einer weiteren Periode wird wieder ein Zylinder aufgedeckt hingelegt, um die erwachsenen Hasen der vorigen Periode zu symbolisieren. Dann kommt ein Zylinder aufgedeckt hinzu, der für die jungen Hasen steht, welche soeben erwachsen geworden sind. Zusätzlich muss noch ein Zylinder verdeckt hinzugefügt werden, da die Erwachsenen der vorherigen Spalte wieder ein junges Hasenpärchen zur Welt gebracht haben.

Dieses System wird solange weitergeführt, bis keine Holzzylinder mehr übrig sind. Dabei muss immer darauf geachtet werden, dass Kinderpärchen, welche soeben erwachsen geworden sind, vorerst noch nicht in der Lage sind, selbst Nachwuchs zu bekommen. Lediglich Pärchen, welche bereits erwachsen waren, können Kinder bekommen. Außerdem ist die Anzahl der Kinder in dieser Geschichte immer auf ein Pärchen (männlich und weiblich) pro Erwachsenenpärchen festgelegt.

Danach sollen die Kinder die Gesamtanzahl an Pärchen auf der kleinen Tafel am Ende des Tisches schriftlich festhalten, um anschließend die kommende Anzahl zu erraten. Im Idealfall erkennen sie von selbst, dass immer die Addition der zwei vorherigen Zahlen notwendig ist, um die neue Zahl zu finden. Sobald dieses Phänomen erkannt wurde, wird noch ausreichend thematisiert, dass es sich hierbei um ein mathematisches Modell handelt. In der Natur hingegen kann es zu teilweise großen Abweichungen kommen. Einerseits weil Hasen entweder durch Krankheiten, Jagd oder Alter sterben, oder weil die Anzahl der Kinder nicht bei zwei Hasen (männlich und weiblich) liegt.

Das HdMa bietet eine weitere Möglichkeit, die Fibonacci-Folge zu veranschaulichen. Wenn man mit einem Quadrat mit Seitenlänge eins beginnt und an dieses einen Viertelkreis mit Radius eins anlegt, entsteht eine neue Seite mit der Länge zwei. An diese wird wieder ein Viertelkreis mit Radius zwei angelegt, wodurch eine neue Seite mit Länge zwei plus eins, also drei entsteht. Wenn man dieses Verfahren fortführt, entsteht eine seeschneckenähnliche Spirale. Außerdem kann dieses Phänomen auch in einem weniger offensichtlichen Bereich entdeckt werden: bei Tannenzapfen oder bei Sonnenblumen. Denn das Wachstum der einzelnen

Zapfenblätter folgt dem goldenen Winkel²¹, um die Sonnenstrahlen bestmöglich nützen zu können. Nach dieser Erkenntnis bietet das Exhibit noch eine Überleitung zum Goldenen Schnitt, welcher bis zur Sekundarstufe I nicht thematisiert wird.

Da sich bei diesem Exponat keine weiteren Möglichkeiten zur Erarbeitung des Phänomens ergeben und das Resultat immer das gleiche ist, gilt es als geschlossenes Exhibit.

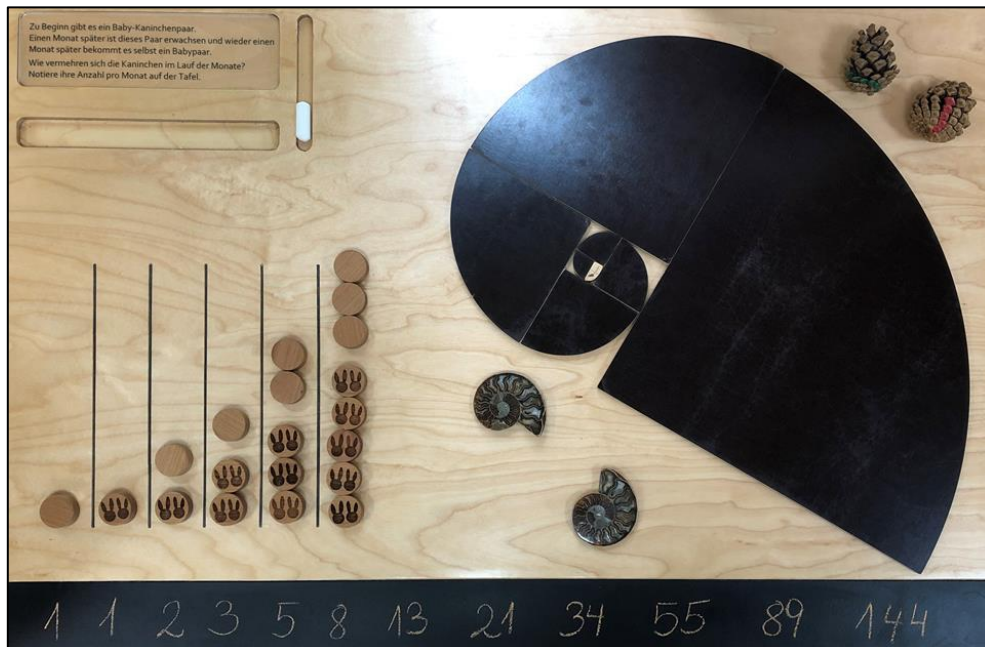


Abbildung 2.3: Exhibit zur Fibonacci-Folge im HdMa²²

2.3.2 Offenes Exhibit Binärmeter

Ein Beispiel für ein offenes Exhibit bietet das Binärmeter, welches im Schuljahr 2017/18 installiert wurde. Das Ziel ist es, einen Einstieg in das Binärsystem zu bieten. Bei diesem Exponat wird die Intuition des HdMa „vom Angreifen zum Begreifen“ bestens umgesetzt.

Beim Binärmeter können Kinder und Erwachsene ihre Körpergröße messen. Dies wird mit Hilfe von acht quaderförmigen Holzbausteinen, welche alle die gleiche quadratische Grundfläche haben, ermöglicht. Die Höhen dieser Bauteile entsprechen Zweierpotenzen (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128). Die längste Distanz beträgt 128 cm und wird bis zum kleinsten Baustein immer halbiert. Wenn man eine Körpergröße bestimmen möchte, muss man dazu mit dem größten Quader anfangen und prüfen, ob dieser kleiner oder größer als die eigene Größe ist. Falls die Höhe zu niedrig ist, stellt man den nächstkleineren Baustein darauf und prüft wieder. Falls der Baustein jetzt zu hoch ist, wird dieser weggelassen und der nächstkleinere Quader

²¹ Für weitere Informationen siehe: Ricard A. Dunlap, The golden ratio and fibonacci numbers, World Scientific Illustrations (River Edge, 1997).

²² Markus Peterseil, 2018, Aufnahmen bewilligt durch Mag.^a Dr. Monika Musliek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.

überprüft. Dieses Verfahren setzt man so lange fort, bis die Gesamthöhe der Quader jener der eigenen Körpergröße entspricht. Wenn man dann die eigene Größe mit den Blöcken bestimmt hat, geht man auf die Tafel über (siehe Abbildung 2.4). Dort werden in der oberen Zeile die entsprechenden Zahlen der verwendeten Bausteine eingetragen. Die Felder nicht verwendeter Bausteine bleiben jedoch leer. Anschließend kann die tatsächliche Körpergröße durch Addition berechnet werden. Um die Überleitung zum Binärcode herzustellen, wird unter die ausgefüllten Felder die Zahl „1“ eingetragen. Die übrigen Felder der unteren Reihe werden mit der Zahl „0“ codiert. Somit ergibt sich eine Ziffernfolge, welche nur aus den Zahlen „0“ und „1“ besteht (siehe Abbildung 2.4 rechts). Im Abbildungsbeispiel wird eine Körpergröße von 147 cm in Dezimaldarstellung durch 10010011 cm in Binärdarstellung codiert ($(147)_{10} \text{ cm} = (10010011)_2 \text{ cm}$).²³

Bei älteren Kindern kann an dieser Stelle zusätzlich angesetzt werden, um die unterschiedlichen Körpergrößen gegenüberzustellen. Somit gelingt es auch, die Subtraktion von Binärzahlen einzuführen. Aufgrund dieser erlernten Inhalte kann beispielsweise der Unterricht in einem Wahlpflichtfach an einer Oberstufe aufgebaut werden.

Da der Ausgang nach der Bearbeitung dieses Exhibits von der jeweiligen Körpergröße abhängig ist, ist der Bearbeitungsprozess immer unterschiedlich. Somit zählt das Binärmeter zur Gruppe der offenen Exhibits.

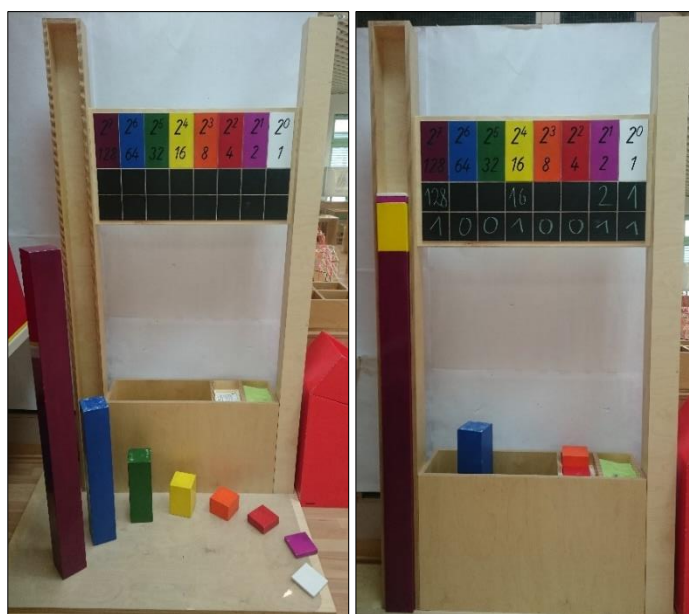


Abbildung 2.4: Binärmeter unbearbeitet (links), Binärmeter gelöst (rechts)²⁴

²³ Monika Musilek, Volkmar Putz, Binärmeter – wie groß bist du?, In: Open Journal for Research & Education (2017, R&E-Source), online unter: <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/424> (11.10.2017), S. 5.

²⁴ Markus Peterseil, 2018, Aufnahmen bewilligt durch Mag.^a Dr. Monika Musliek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.

2.3.3 Anforderungen an ein Exhibit

Um Exhibits möglichst erfolgreich gestalten zu können, gibt es im Wesentlichen drei Schwerpunkte: Sie müssen zuerst eine anziehende Kraft („attracting power“) auf die Gäste ausüben. Anschließend müssen sie diese fesseln, wodurch eine Haltekraft („holding power“) induziert wird. Abschließend muss die beabsichtigte Botschaft verstanden und nachvollzogen werden können („communication power“). Diese drei Basismerkmale können durch sieben Indikatoren weiter spezifiziert werden: Vielseitigkeit – multiple Benutzbarkeit – leichte Zugänglichkeit – vielseitige Resultate – verschiedene Schwierigkeitsgrade – Lesbarkeit der Informationstafeln – Relevanz der Thematik im Kontext.²⁵ Diese Indikatoren haben sich durch zahlreiche theoretische Studien und praktische Evaluierungen herausgebildet und wurden wissenschaftlich belegt.²⁶ Im Folgenden sollen diese Merkmale etwas genauer betrachtet werden.

- **Vielseitigkeit:** Im besten Fall ist es möglich, von allen Seiten an das Phänomen herantreten zu können. Das Exhibit soll leicht zugänglich sein, sodass andere Personen leicht Beobachtungen tätigen können.
- **Multiple Benutzbarkeit:** Dadurch können mehrere Personen gleichzeitig das Phänomen austesten und erproben. Somit ergeben sich viele Kooperationen und ein gemeinsamer Austausch der beobachteten Informationen.
- **Leichte Zugänglichkeit:** Exponate eines Science Centers müssen Kindern und Erwachsenen gleichermaßen gut zugänglich sein. Die Höhe und die Dimension des Ausstellungsstückes dürfen nicht nur auf Kinder oder nur auf Erwachsene ausgerichtet sein. Zusätzlich müssen diverse Informationstafeln auf einer Höhe angebracht werden, auf der sie von allen Blickwinkeln gut einsehbar sind.
- **Vielseitige Resultate:** Beobachtungen und Wechselwirkungen bieten ausreichend Möglichkeiten, um in der Gruppe besprochen und diskutiert werden zu können. Einerseits sollen die Ergebnisse zu einem länger anhaltenden Interesse führen und gleichermaßen zulassen, das jeweilige Phänomen zu erproben. In manchen Fällen kann die individuelle Testung des Gelernten erst im späteren Alltag zur Anwendung kommen.
- **Verschiedene Schwierigkeitsgrade:** Die Inhalte werden so abgestimmt, dass möglichst viele Lerntypen angesprochen werden. Außerdem soll die Bearbeitung des Phänomens für

²⁵ Minda Borun, Jennifer Dritsas, Developing Family-Friendly Exhibits, In: Curator: The Museum Journal, Vol. 40(3), (1997, The California Academy of Sciences), S. 178-196, hier: S. 179-180.

²⁶ Borun, Dritsas, Developing Family-Friendly Exhibits, S. 190-191.

alle Leistungsniveaus geeignet sein. Damit sind vor allem die Unterschiede zwischen den jeweiligen Lerntypen gemeint. Diese untergliedern sich in visuelle, auditive und kinästhetische Arten.

- **Lesbarkeit der Informationstafeln:** Einerseits darf der oder die Lernende nicht mit einem Fließtext überfordert werden und die Menge des Textes soll nicht abschreckend wirken. Andererseits müssen die Informationen sinnvoll gegliedert und strukturiert werden. Bei der Sprache des Textes muss zum einen auf die leichte Verständlichkeit geachtet werden. Zum anderen soll aber auch das erwachsene Publikum gefordert werden. Durch visuelle Unterstützung für jüngere Teilnehmer und Teilnehmerinnen gelingt es, beide Altersgruppen gleichermaßen anzusprechen.
- **Relevanz der Thematik im Kontext:** Hierbei werden Verbindungen zum Vorwissen und zu den Erfahrungen hergestellt, wodurch die Sinnhaftigkeit des Lernens gewährleistet wird. Da im Speziellen nicht von der Bekanntheit des Vorwissens ausgegangen werden kann, sollen die Inhalte so aufgebaut sein, dass ein breites Spektrum der aktuellen Gesellschaft angesprochen wird. Dazu muss zumindest der Versuch gestartet werden, das derzeitige Umfeld zu untersuchen, um herauszufinden auf welche Vorerfahrungen Menschen bereits zurückgreifen können. Eine andere Möglichkeit äußert sich in der Durchführung einer sogenannten „formativen Evaluation“ Studie (siehe Kapitel 4.1). Dabei geht es darum, einen Entwicklungsprozess ständig zu reflektieren und Feedback einzuholen. Somit können geplante Teile stückweise überarbeitet und angepasst werden.²⁷

Wenn diese Indikatoren in einem Exhibit enthalten sind, kann eine gewisse Erfolgsquote gewährleistet werden.²⁸ Im HdMa beruhen viele Exponate auf diesen Indikatoren. Lediglich der Aspekt der Informationstafeln wird kaum bis gar nicht umgesetzt. Dies liegt einerseits an der Größe der Erlebniswelt und andererseits an der Tätigkeit der Explainer und Explainerinnen. Zum einen sind die Exhibits gut überschaubar in einem großen Raum angeordnet, sodass eigene Informationstafeln das räumliche Gefüge stören würden. Zum anderen gibt es eigens ausgebildete Explainer und Explainerinnen, welche den Wissbegierigen verbale Hilfestellungen leisten und diverse Hintergrundinformationen und Spezialwissen anbieten können. Der damit verbundene Nachteil ist, dass die visuellen Lerntypen kaum angesprochen werden. Weil Unterricht, vor allem durch die Schulbücher, häufig auf diesen Lerntyp ausgelegt ist, verzichtet das HdMa teilweise bewusst auf aufwendige Informationstexte. Unter dem Aspekt des außerschulischen Lernortes ist das auch legitim. Außerdem gibt es zu einigen

²⁷ Borun, Dritsas, Developing Family-Friendly Exhibits, S. 189-190.

²⁸ Borun, Dritsas, Developing Family-Friendly Exhibits, S. 179-180.

Exhibits auch kleine Informationskärtchen, welche einerseits Spielbeschreibungen und auf der Rückseite Lösungsvorschläge bieten. Die anderen Indikatoren werden jedoch überwiegend angewendet, worauf in Kapitel 6.1.3 näher eingegangen wird.

2.4 Active Prolonged Engagement (APE)

Der Begriff „APE“ kommt aus dem Englischen und ist die Abkürzung für „Active Prolonged Engagement“. Übersetzt steht er für eine „aktivierende, anhaltende Beschäftigung“. Damit ist gemeint, dass eine Interaktivität, zum Beispiel mit einem Exhibit, nicht nur eine Möglichkeit zur Betätigung und Unternehmung sein soll, sondern auch ausreichend Raum für eine tiefergehende Beschäftigung mit den jeweiligen Inhalten nach sich ziehen soll. Denn das bloße Austesten der Exhibits ist nicht ausreichend, um einen Lernprozess in Gang zu setzen, da ansonsten die Gefahr besteht, dass es für Interessierte bloßes Spielen bedeutet. Viel wichtiger ist es, die Lernenden mit Hilfe einer fachlichen Reflexion des soeben Getesteten in einen Prozess überzuleiten, sodass ein affektiver Lernprozess²⁹ einsetzt.³⁰

Ein Museum in San Francisco, genannt „The Exploratorium“, versucht die Besucher und Besucherinnen zu begeistern, indem die Museumswelt durch die Wissenschaft, Kunst und menschliche Wahrnehmung erforscht werden kann. In diesem Zusammenhang unterstützen sie die Entwicklung von Exhibits, welche den Prozess des APE³¹ etablieren. Dieses Museum initiierte 2000 ein eigenes vierjähriges Projekt zur Entwicklung von Strategien und Möglichkeiten, um die Rolle des Besuchers oder der Besucherin zu tauschen. Dabei ging es darum, die Personen von passiven Empfängern und Empfängerinnen von Informationen zu aktiven Teilnehmern und Teilnehmerinnen am jeweiligen Phänomen zu machen. Durch dieses Projekt ist das „Exploratorium Museum“ zu folgender Definition des „Active Prolonged Engagement“ gekommen³²:

„APE (Active Prolonged Engagement) is a way of thinking and acting at exhibits that’s a bit different from the traditional mode museum visitors often fall into. *Active* visitors are in the driver’s seat, deciding for themselves what to try next rather than following a set of instructions from the museum. *Prolonged* means that visitors spend more time with the exhibits, getting more involved with the phenomena than they might at other exhibits. And *Engaged* visitors try a variety of things at the exhibit, with each action they take

²⁹ Ein affektiver Lernprozess beinhaltet, dass man sich mit Freude für ein bestimmtes Thema engagiert und anschließend selbstbewusste Fertigkeiten für die Bearbeitung neuer Lernthemen entwickelt.

³⁰ Musilek, Putz, Binärmeter – wie groß bist du?, S. 3.

³¹ Für die bessere Lesbarkeit wird im Folgenden „der Prozess des APE“ mit „APE“ abgekürzt.

³² Carey Tisdal, Active Prolonged Engagement at the Exploratorium (Selinda Research Associates, Inc., 2004), S. 1.

somehow building on their previous actions. At *APE* exhibits, visitors can bring more of themselves – their fascinations, desires, questions, goals, and expectations – to the exhibit experience.”³³

APE soll also die Denkweisen von traditionellen Museen verändern und modernisieren. Traditionelle Museen zielen auf eine direkte Wissensvermittlung oftmals über Informationstafeln mit detaillierten Inhalten oder Frontalvorträgen von Museumsführern und Museumsführerinnen. Anstatt dieser Art der Wissensvermittlung soll nun eine eigenständige Aneignung des Wissens durch die Besucher und Besucherinnen möglich sein. Im Sinne des Konstruktivismus (siehe Kapitel 5) beruht die Übertragung von Wissen auf den Tätigkeiten des oder der Lernenden. Die Aufgaben der Museumsbetreuer und Museumsbetreuerinnen wechseln dahingehend, dass diese nun nicht mehr direkt ihr Wissen vermitteln, sondern vielmehr als Unterstützung zur Verfügung stehen, falls Schwierigkeiten mit den Inhalten auftauchen, oder bevor falsche Überlegungen stattfinden.

„Active“ meint dabei, dass ein Besucher oder eine Besucherin selbst entscheiden kann, was er oder sie als nächstes ausprobieren möchte. Sie sind dabei nicht direkt an die Anweisungen und Vorgaben des Museums gebunden. „Prolonged“ steht dabei dafür, dass Museumsbesucher und Museumsbesucherinnen deutlich mehr Zeit mit einem einzelnen Exhibit verbringen als mit anderen und sich dadurch mehr für ein wissenschaftliches Phänomen engagieren. Abschließend steht „Engaged“ dafür, dass Besucher und Besucherinnen eine Vielzahl an Möglichkeiten am Exhibit ausprobieren können, wobei ihre jeweiligen Aktionen auf ihre eigenen vorhergehenden Handlungen aufbauen. Dadurch können Besucher und Besucherinnen viele ihrer persönlichen Eigenschaften, wie ihre Faszination, Wünsche, Fragen, Ziele und Erwartungen, in die Bearbeitung des Exhibits einfließen lassen.

Um einen APE bei Lernenden zu initiieren, ist es notwendig, vier Bereiche der Rezipienten anzusprechen. Diese gliedern sich in einen physischen, intellektuellen, sozialen und emotionalen Bereich. Dadurch gelingt es, wissbegierigen Personen ein besseres Verständnis einer Beschäftigung mit einem Thema zu erhalten.

- Der körperliche Aspekt ist so zu interpretieren, dass Besucher und Besucherinnen über verschiedene physische Möglichkeiten mit einem Exhibit interagieren können. Faktoren können dabei die vergehende Zeit, die zu lesenden Informationstafeln, die Interaktionen mit Druckknöpfen oder Hebeln und sogar die Reihenfolge der Aktivitäten sein. Außerdem kann dabei auch die Position im Raum (sitzend, stehend, ...) eine Rolle spielen. Durch die Analyse

³³ Exploratorium | The museum of science, art and human perception, San Francisco, online unter: https://www.exploratorium.edu/vre/ape/ape_intro.html (25.01.2019).

dieser Faktoren kann ein Verständnis gewonnen werden, ob die Reihenfolge an Interaktionen unbewusst vorgegeben oder mehr oder weniger bewusst vom Individuum gesteuert wurde.

- Eine geistige Auseinandersetzung hingegen kann durch die unterschiedlichen Arten der Beschäftigung mit dem Verstand gedeutet werden. In diesem Zusammenhang spielt der Begriff des „Minds-On“ eine große Bedeutung. Dabei gilt es, den Verstand anzuregen und sich aktiv Gedanken über bestimmte Inhalte zu machen. Im Wechselspiel mit „Hands-On“-Aktivitäten können durch gezielte Interaktionen Verbindungen zu dem bereits bestehenden Wissen, dem konzeptuellen Verständnis und auftauchenden Fragen hergestellt werden.
 - Das soziale Engagement ist charakterisiert durch die Interaktionen zwischen den Besuchern und Besucherinnen, und wie sehr sich diese gegenseitig beeinflussen. Dies geschieht durch Unterhaltungen während der Auseinandersetzungen mit einem Exhibit und lässt Schlüsse auf das Verständnis während dieser zu. Falls mehrere Personen gleichzeitig ein Exhibit bearbeiten, spielt die Art der Anweisung, Beobachtung, Anleitung, Unterstützung, Zusammenarbeit, des Wettbewerbs oder eines Konkurrenzkampfs eine wichtige Rolle. Ebenso können beabsichtigte Lern- und Lehrverhaltensweisen die Tätigkeiten mit einem Exhibit beeinflussen (beispielsweise wenn der Hintergrund eines Exhibits von einer anderen Person erklärt wird, anstatt diesen selbstständig herauszufinden).
 - Die emotionale Beschäftigung äußert sich in der Intensität, wie sehr ein Besucher oder eine Besucherin während oder direkt nach der Bearbeitung eines Exhibits beeinflusst wird. Die Art und Weise kann sich dabei positiv oder negativ äußern. Glück, Ehrfurcht, Freude, Einfühlsamkeit oder Vergnügen können Merkmale einer positiven Auseinandersetzung sein. Verlegenheit, Verwirrtheit, Missachtung oder Demütigung hingegen stehen als Beispiele für eine negative Auseinandersetzung. In diesem Fall gibt ein Affekt eine Vorliebe zu bestimmten Dingen mit individuellen Werten an. Die Intensität der Emotionen lässt den Grad dieser Vorliebe bestimmen. Dabei kann es dazu kommen, dass eine Person durch ihre Emotionen ein Teil des Exhibits wird und somit beinahe vollständig die eigene Umgebung vergisst.³⁴
- Wenn bei einer Auseinandersetzung eines Besuchers oder einer Besucherin mit einem Exhibit diese vier Bereiche erkannt werden können, kann man von einer positiven Initiierung des APE ausgehen.

³⁴ Tisdal, Active Prolonged Engagement at the Exploratorium, S. 2-3.

3 Erläuterung des Strategiespiels Gomoku

Der Begriff Gomoku leitet sich vom japanischen Go-Moku-Narabe ab und bedeutet übersetzt „Fünf in einer Reihe“. Dieses Strategiespiel zählt als Erweiterung zu „Vier gewinnt“, wobei es meistens auf einem Go-Brett (siehe Kapitel 3.2) gespielt wird. Das bedeutet, dass die Spielsteine auf dem ebenen Feld gelegt werden können und nicht in eine Spalte geworfen werden und dann am Boden oder auf anderen Steinen landen. Somit ergeben sich deutlich mehr Strategien als bei „Vier gewinnt“.

Außerdem ist es zusätzlich zum Spielfeld eng mit dem weltweit bekannten Spiel Go verwandt. Häufig werden auch dieselben Spielsteine verwendet, wodurch mit einem Spielset für Go gleichzeitig auch Gomoku gespielt werden kann. Go wird allerdings in vielen gesellschaftlichen Diskussionen als das schwierigste Brettspiel der Welt bezeichnet.³⁵

Das Spiel Gomoku ist aufgrund seiner einfachen Regeln leicht zu erlernen. Außerdem kann ein erstes Spiel schnell gestartet werden. Das Komitee für Gomoku bezeichnet es darüber hinaus als das weltbeste Strategiespiel.³⁶ Obwohl das Spiel Go zwar auch sehr beliebt ist, ist es im Ganzen zu komplex, um von der breiten Masse angenommen zu werden. Aus diesem Grund breitet es sich eher in intellektuellen Kreisen aus. Beim Spiel Gomoku ist es hingegen möglich, dass gleich gute Spieler oder Spielerinnen schnell erste strategische Merkmale erkennen und weitere Taktiken selbstständig erarbeiten können. Aus diesem und weiteren Gründen (siehe Kapitel 6.1) wurde dieses Strategiespiel gewählt, um im HdMa ausgestellt zu werden.

3.1 Geschichtlicher Hintergrund

Das Spiel Gomoku hat seinen Ursprung in Japan. Es gibt Aufzeichnungen, dass es ungefähr 270 Jahre vor Christi Geburt erfunden wurde. Damals hieß es noch „Kakugo“ und wurde vorwiegend zum Zeitvertreib gespielt. Da das Spiel relativ leicht verständlich ist, wurde es bald in der ganzen Nation bekannt. In japanischen Chroniken ist zu erkennen, dass die Popularität ihren Höhepunkt im 18. Jahrhundert erreichte, wobei vermutlich jeder Einwohner und jede Einwohnerin Japans die Regeln von Gomoku kannte.³⁷

Allerdings gibt es auch griechische Aufzeichnungen, die darauf schließen lassen, dass ähnliche Spielvarianten schon vor über 4 000 Jahren gespielt wurden. Diese Vermutungen lassen sich

³⁵ <https://www.welt.de/wissenschaft/article153070800/So-funktioniert-das-schwierigste-Brettspiel-der-Welt.html>

³⁶ The Renju International Federation (RIF): Gomoku Komitee (Vorsitzender: Attila Demján), online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/3> (06.05.2018).

³⁷ Gomoku Komitee, online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/3> (06.05.2018).

bis heute allerdings nicht beweisen. Heutige Theorien gehen aber davon aus, dass sich Gomoku von Japan über China auf andere Kontinente verbreitet hat.³⁸

Der Begriff Gomoku stammt aus dem Japanischen und steht in der Langform für „gomokunarabe“ (五目並べ). „Go“ bedeutet übersetzt „Fünf“, „Moku“ steht für „Stücke“ und „Narabe“ kann auch als Linie oder Reihe gedeutet werden. Somit lassen sich aus dem Namen schon die wesentlichen Spielregeln ableiten. In Japan wird das Spiel oft auch als „Gobang“ bezeichnet. In Korea hingegen wird es „Omok“ genannt und in China manchmal auch „Wū Zǐ Qí“ (五子棋).

Ende des 19. Jahrhunderts kam Gomoku nach Europa, wobei es in England den Namen „Five-in-a-row“ erhielt. Aufgrund der einfachen Regeln wurde es vorwiegend von Kindern gespielt. Dennoch ist es deutlich komplexer als beispielsweise „Tic-Tac-Toe“ oder „Vier gewinnt“.³⁹

3.2 Spielbeschreibung

Gespielt wird auf einem Go-Brett (siehe Abbildung 3.1). Dieses ist durch horizontale und vertikale Linien charakterisiert. Beim Spiel Go werden schwarze und weiße Spielsteine immer abwechselnd auf die Kreuzungspunkte der Linien gelegt. Bei Gomoku hingegen werden die Steine meistens in die Felder gelegt, da dies übersichtlicher ist. Die Spielfeldgröße sollte mindestens 15x15 betragen, da es ansonsten sehr schnell zu einem Unentschieden kommen kann. Aufgrund unterschiedlicher Spielvarianten (siehe Kapitel 3.5) wird für erfahrene Spieler und Spielerinnen eine Spielfeldgröße von 19x19 empfohlen. Die folgenden Ausführungen basieren auf den Spielregeln zur FreeStyle Version (siehe Kapitel 3.5.1).

Die Person, die es zuerst schafft, fünf Steine der gleichen Farbe in einer durchgehenden Linie zu setzen, hat das Spiel gewonnen. Anders als beim Strategiespiel Schach beginnt hier üblicherweise die Farbe Schwarz. Anschließend dürfen immer abwechselnd Steine gesetzt werden, wobei bereits gesetzte Steine nicht mehr verändert werden dürfen. Eine durchgehende Linie darf entweder senkrecht, waagrecht oder diagonal gebildet werden.

³⁸ Gomoku Komitee, online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/3> (06.05.2018).

³⁹ Gomoku Komitee, online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/3> (06.05.2018).

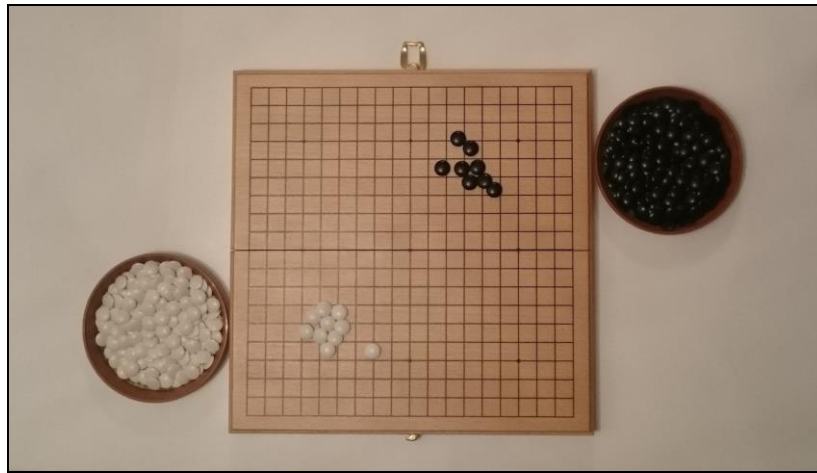


Abbildung 3.1: Spielfeld⁴⁰

Bei der Umsetzung zum Spiel Gomoku für das HdMa wurde ein eigenes Spielfeld entwickelt (siehe Kapitel 7.1.1). Zur besseren Übersicht wurden an den Kreuzungspunkten kreisförmige Felder eingerichtet, in welche die Steine hineingelegt werden. Durch eine quadratische Anordnung dieser Kreise, welche durch einen Raster verbunden sind, lassen sich mögliche waagrechte, senkrechte und diagonale Verbindungen leichter erkennen. In Abbildung 3.2 ist ein möglicher Spielverlauf ersichtlich. Schwarz gewinnt nach 33 Zügen, da es gelungen ist, eine Reihe von fünf durchgehenden Steinen in einer waagrechten Linie zu bilden.

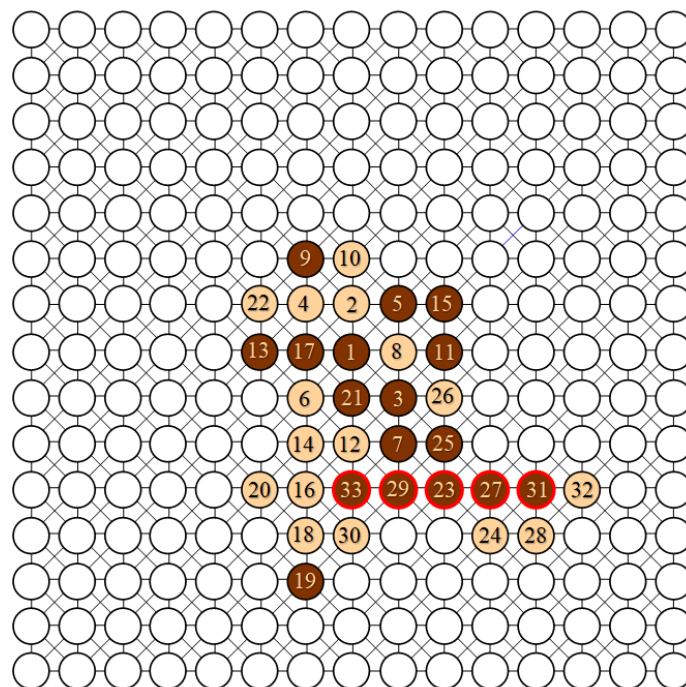


Abbildung 3.2: möglicher Spielverlauf (Schwarz beginnt)⁴¹

⁴⁰ Abbildung des Autors, 2018.

⁴¹ Abbildung des Autors, 2018, erstellt mit Microsoft Publisher 2013.

3.3 Gewinnstrategien

Weil die Steine beliebig auf das Spielfeld gesetzt werden können und nicht wie bei „Vier gewinnt“ an Bedingungen gebunden sind, ergeben sich einige strategische Merkmale. Das offensichtlichste wird in dieser Arbeit als „Offener 4er“ bezeichnet. Sobald ein Spieler oder eine Spielerin es schafft, eine „Offene 4er“-Konstellation zu bilden, hat er oder sie mit Sicherheit das Spiel gewonnen, sofern der Gegner oder die Gegnerin im nächsten Zug nicht selbst fünf in einer Reihe setzen kann (siehe Abbildung 3.3 links). Die Bezeichnung „offen“ bedeutet in diesem Fall, dass vier Steine in einer Reihe gelegt wurden und beide Enden offen, also nicht besetzt sind. Da die nachziehende Person nicht beide Enden gleichzeitig blockieren kann, ist es der ersten Person möglich, in jedem Fall Fünf in einer Reihe zu bilden. Wenn eines der beiden Enden durch einen andersfarbigen Stein besetzt ist, spricht man von einem „Blockierten 4er“.

In weiterer Folge werden die Bezeichnungen „Offener 3er“ und „Unterbrochener 3er“ eingeführt. Eine „Offene 3er“-Formation führt nicht direkt zum Sieg, zwingt den Gegner oder die Gegnerin aber zu einer unmittelbaren Reaktion (siehe Abbildung 3.3 Mitte). Wenn es einer Person gelingt, drei Steine in einer Linie zu legen, welche an beiden Enden nicht von andersfarbigen Steinen besetzt ist, muss die andere Farbe eine der beiden Enden blockieren. Falls dies nicht passiert, kann die erste Person ihren „Offenen 3er“ zu einer „Offenen 4er“-Formation erweitern und gewinnt das Spiel.

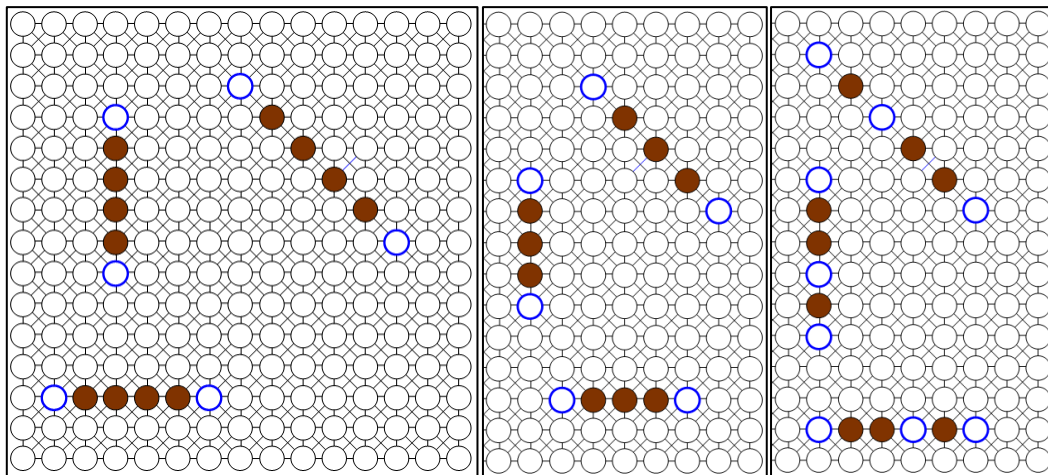


Abbildung 3.3: „Offener 4er“ (links), „Offener 3er“ (Mitte), „Unterbrochener 3er“ (rechts)⁴²

Man spricht von einer „Unterbrochenen 3er“-Formation, wenn drei Steine in einer Linie gesetzt werden und ein Feld dazwischen unbesetzt ist (siehe Abbildung 3.3 rechts). Dieses strategische Merkmal muss explizit angeführt werden, da es oftmals nur schwer zu erkennen ist. Bei einem

⁴² Abbildung des Autors, 2018.

Angriff durch einen „Unterbrochenen 3er“ gibt es jedoch drei Möglichkeiten, um zu reagieren. Dabei gilt aber wieder, dass eines der blau markierten Felder blockiert werden muss, damit der „Unterbrochene 3er“ nicht zu einem „Offenen 4er“ erweitert werden kann.

Wenn eine der beiden 3er-Formationen gebildet wird, spricht man von einer Bedrohung, einem Angriff oder einer bedrohlichen Situation für den Gegenspieler beziehungsweise die Gegenspielerin. In diesem Fall ist er oder sie gezwungen, einen sogenannten Verteidigungsstein zu setzen und er oder sie befindet sich somit automatisch in der Defensive. Durch kontinuierliches Setzen bedrohlicher Situationen kann der Gegner oder die Gegnerin ständig gezwungen werden, bestimmte Steine zu setzen, und ist somit kaum in der Lage, eigene Bedrohungen zu erzeugen. Lediglich weil entschieden werden kann, welche Seite blockiert wird, lassen sich manchmal aus der Defensive heraus eigene Bedrohungen erzeugen.

Diese einfachen Strategien lassen sich üblicherweise selbstständig erlernen. Darüber hinaus sollten diese Formationen beiden Spielern oder Spielerinnen bekannt sein, damit das Spiel nicht bereits nach wenigen Sekunden zu Ende ist. Denn wenn nur eine Person diese grundlegenden Strategien anwendet, ist das Spiel schnell zugunsten dieser entschieden. In diesem Fall kann der Gegenspieler beziehungsweise die Gegenspielerin schnell dazu lernen, um sich die gleichen strategischen Formationen anzueignen.

Nach diesen grundlegenden Möglichkeiten lassen sich noch weitere, komplexere Strategien etablieren. Wie im Spiel „Vier gewinnt“ laufen Spielzüge oftmals darauf hinaus, sogenannte Doppelfallen zu stellen. Wenn es einem Spieler oder einer Spielerin gelingt, eine Doppelfalle zu kreieren, läuft dies üblicherweise auf einen sicheren Sieg hinaus. Lediglich die Möglichkeit, dass durch einen Verteidigungsstein eine eigene bedrohliche Situation entsteht, kann das Spiel in die Länge ziehen. Das Bilden von Doppelfallen muss aber vorausgeplant werden und ist in bestimmter Weise von den Defensivsteinen des Gegners oder der Gegnerin abhängig. In Abbildung 3.4 sind einige Situationen dargestellt, wobei das blau markierte Feld zu einer Doppelfalle führt und einen sicheren Sieg einleitet, falls nicht durch einen Defensivstein eine eigene Bedrohung erzeugt werden kann.

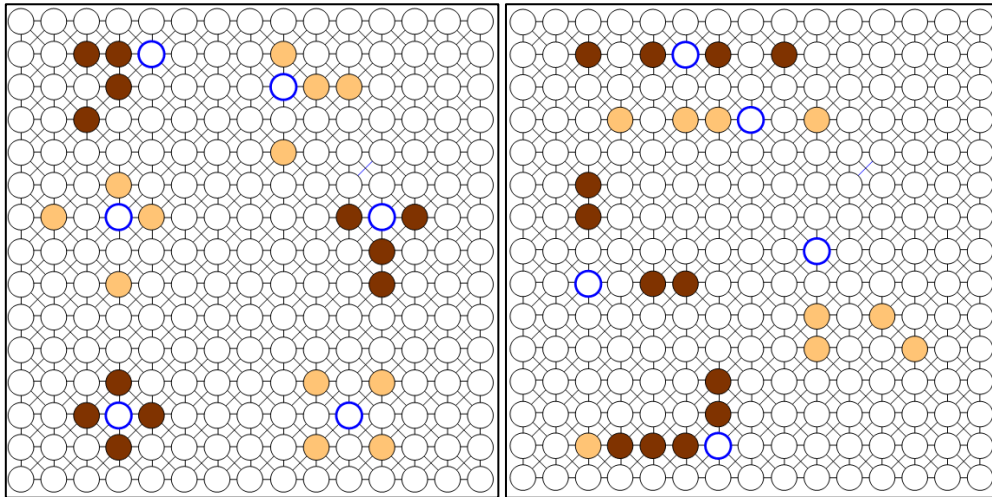


Abbildung 3.4: mögliche Doppelfallen⁴³

Diese strategischen Formationen können natürlich gespiegelt und gedreht werden, solange sie ihren Charakter einer Doppelfalle nicht verlieren. Somit können sich in einem Spiel sehr viele Möglichkeiten für beide Spieler oder Spielerinnen ergeben, eine Doppelfalle zu stellen. Die Herausforderung liegt dabei darin, diese zu erkennen. Da im Laufe eines Spiels teilweise sehr viele Steine gesetzt werden, lassen sich mögliche Doppelfallen oftmals nur schwer erkennen.

Um selbst solche Gefahren zu erzeugen, sollten mehrere Züge vorausgeplant werden. Gleichzeitig müssen aber auch mögliche Verbindungen der gegnerischen Steine unterbunden werden. Wenn man es schafft die eigene Strategie zu verfolgen, sodass eine Verkettung bedrohlicher Situationen erzeugt werden kann, ist von oder „Drohungsketten“ oder „gewinnbringenden Formationen“ die Rede. Dabei ist der Gegenspieler oder die Gegenspielerin in jedem Zug gezwungen, einen Defensivstein zu setzen.⁴⁴

Professionelle Gomoku Spieler und Spielerinnen können dabei bis zu 20 Züge vorausplanen, um mit Hilfe von Drohungsketten am Ende eine Doppelfalle zu stellen. Wenn es gleichzeitig gelingt, die Defensivsteine so zu lenken, dass diese keine eigene Bedrohung erzeugen können, folgt daraus für die angreifende Person ein sicherer Sieg. Eine solche Abfolge wird in Fachkreisen als „winning spread sequence“, also übersetzt als „siegreiche bedrohliche Abfolge“ bezeichnet.⁴⁵ Ein Beispiel für eine solche Abfolge findet sich in Abbildung 3.5 wieder. Die Abbildung links zeigt einen möglichen bisherigen Verlauf eines Spiels. Rechts sind die darauf aufbauenden einzelnen Züge einer siegreichen bedrohlichen Abfolge ersichtlich. Darüber

⁴³ Abbildung des Autors, 2018.

⁴⁴ L. Vicotr Allis, H. Jaap van den Herik, M. P. H. Huntjens, Eine Gewinnstrategie für Go-Moku, In: Spektrum der Wissenschaft 4 /1993 (Verlagsgesellschaft Spektrum der Wissenschaft), S. 25, online unter: <https://www.spektrum.de/magazin/eine-gewinnstrategie-fuer-go-moku/820801>.

⁴⁵ L. Victor Allis, H. Jaap van den Herik, M. P. H. Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, In: Computational Intelligence, Vol 12(1), (1996, Boston MA & Oxford UK), S. 7-23, hier S. 9.

hinaus wird diese siegreiche bedrohliche Abfolge oftmals verkürzt und mit anderen Worten als „gewinnbringende Sequenz“ oder nur als „siegreiche Abfolge“ bezeichnet.

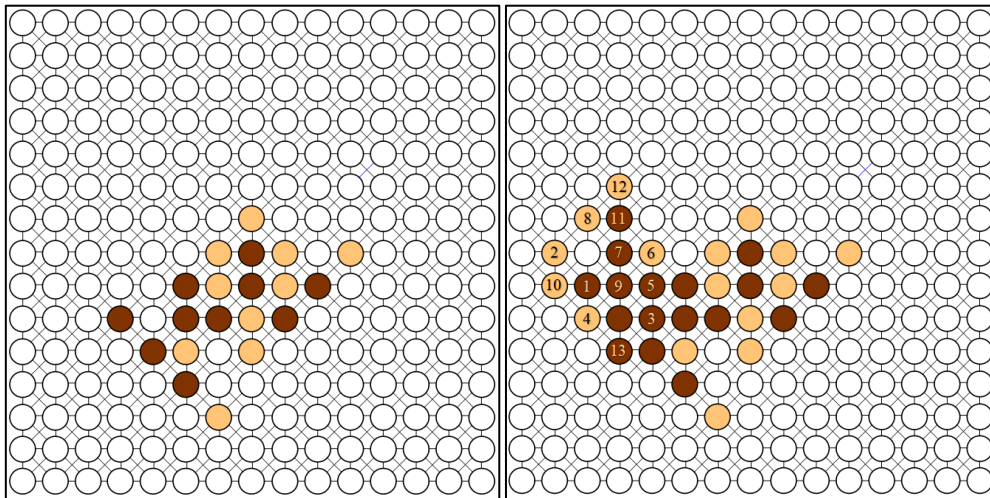


Abbildung 3.5: Beispiel für eine siegreiche bedrohliche Abfolge⁴⁶

Um solche Verkettungen zu erkennen, ist die Gedankenfolge professioneller Gomoku Spieler und Spielerinnen im Wesentlichen durch fünf Schritte gekennzeichnet:

1. Vorerst muss ein Bereich des Spielfeldes gefunden werden, in welchem eine vorteilhafte Konfiguration der Steine vorliegt, um Offensivsteine zu setzen. Anschließend muss entschieden werden, ob auch ausreichend Verknüpfungen zwischen den bereits gesetzten und den neu gelegten Steinen vorliegen. Um diese Entscheidungen zu treffen, ist viel Spielpraxis notwendig und ein gewisses Gespür für die jeweiligen Formationen.
2. Falls ein Bereich gefunden wurde, wird versucht, Bedrohungen zu erzeugen. Dafür sollen möglichst viele bereits gesetzte Steine, welche mit der Bedrohung in Verbindung gebracht werden können, verwendet werden. Dabei können gegnerische Defensivsteine vorerst unberücksichtigt bleiben.
3. Falls eine Drohungskette gefunden wurde, welche in eine Doppelfalle mündet, wird untersucht, ob etwaige Defensivsteine des Gegners oder der Gegnerin die Wirkung einer sicheren bedrohlichen Abfolge noch entkräften könnten. Falls der Defensivspieler oder die Defensivspielerin mehrere Möglichkeiten für einen Konterzug hat (beispielsweise bei einem „Offenen“ oder „Unterbrochenen 3er“-Angriff), muss geprüft werden, ob sich über alle Varianten eine ähnliche Drohungskette erzeugen lässt, welche zum Sieg führt. Abschließend müssen nochmal jene Defensivsteine gesondert kontrolliert werden, welche einen unmittelbaren Sieg der Gegenfarbe herbeiführen würden.

Eine solche Drohungskette wird meistens aufgrund einer einzelnen Abänderung gefunden.

⁴⁶ Abbildung des Autors, 2018.

4. Falls durch die eben genannten Schritte keine sichere bedrohliche Abfolge gefunden wird, werden andere gewinnbringende Positionen geprüft. Dabei wird wieder bei Schritt 1 begonnen.
5. Abschließend gilt es noch zu beachten, dass der Suchraum in einem ersten Schritt erheblich verkleinert wird, indem zu Beginn nur von der angreifenden Person ausgegangen wird. Erst wenn eine mögliche gewinnbringende Konstellation gefunden wurde, werden die Defensivsteine berücksichtigt. In diesem Zusammenhang ist auch zu erwähnen, dass mögliche „Blockierte 4er“ des Gegners oder der Gegnerin vernachlässigt werden, solange diese die Drohungskette nicht beeinflussen.⁴⁷

Falls keine gewinnbringende Sequenz gefunden werden kann, gilt es, die Steine einerseits so zu setzen, dass diese in möglichst vielen Verbindungen zu den anderen Steinen stehen. Gleichzeitig müssen mögliche Konstellation des Gegners beziehungsweise der Gegnerin berücksichtigt werden.

Die Person, welche den ersten Stein setzen darf, hat einen enormen Vorteil. Wenn der Startspieler oder die Startspielerin optimal spielt, gewinnt er oder sie mit Sicherheit. Erste Vermutungen über dieses Phänomen gab es schon in den letzten Jahrzehnten. Ein echter Beweis konnte aber erst durch Louis Viktor Allis im Jahre 1994 geführt werden. Dieser basiert konstruktiv auf einem Computerprogramm. Das Computerprogramm Viktoria wird im nächsten Abschnitt erläutert.

3.4 Arbeitsweisen von Computerprogrammen

Computerprogramme, welche mit Hilfe der Mathematik strategische Züge berechnen, arbeiten auf unterschiedliche Weise. Mittlerweile veraltete Softwares verwenden oft heuristische Suchalgorithmen, welche sehr eingeschränkt in ihren Berechnungen sind. Das bedeutet, dass sie nur wenige Züge vorausrechnen können. Sie arbeiten mit Hilfe von Entscheidungsbäumen (siehe Kapitel 3.4.3), welche sich oft auf viele Äste verzweigen, und müssen somit sehr viele Möglichkeiten berechnen. Ein Nachteil dabei ist, dass auch Wege berechnet werden, welche für den Menschen offensichtlich in eine Sackgasse führen.

Ein Beispiel dafür bietet Abbildung 3.6 links. In diesem Extremfall ergeben sich für Schwarz $8! \cdot 2^8 = 10\,321\,920$ Möglichkeiten acht aufeinander folgende Züge zu machen, da Schwarz 16 Plätze hat, an denen eine Bedrohung mit einem zwingenden Defensivzug provoziert werden kann. In Abbildung 3.6 links sind diese 16 Plätze durch eine blaue Umrandung gekennzeichnet.

⁴⁷ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 11.

Wenn kluge Algorithmen verwendet werden, welche auch Transpositionen (Drehungen und Spiegelungen) berücksichtigen, werden immer noch mehr als 6 000 verschiedene Berechnungen durchgeführt. Im Vergleich dazu erkennt ein Mensch sofort, dass in diesem Fall keine Möglichkeit für eine gewinnbringende Verkettung von Bedrohungen möglich ist.⁴⁸

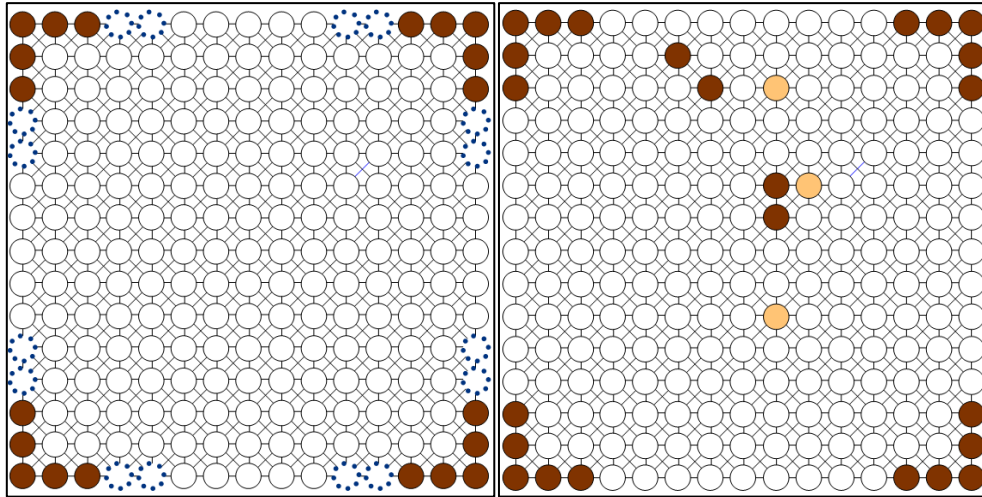


Abbildung 3.6: bedeutungslose Drohungsketten (links), wertvolle Drohungsketten (rechts)⁴⁹

In Abbildung 3.6 rechts hingegen gibt es eine Drohungskette, welche zu einem sicheren Sieg führt (siehe Abbildung 3.7). Eine Person kann diese im Normalfall relativ schnell erkennen. Ein Computerprogramm benötigt aber sehr lange, bis alle Berechnungen durchgeführt wurden und eine Möglichkeit gefunden werden kann.

Bei einem realistischen Spielverlauf kann es vorkommen, dass eine Software sehr lange rechnet und am Ende die Berechnungen abbrechen muss, ohne eindeutig festgestellt zu haben, ob überhaupt eine siegreiche Drohungskette existiert. Das liegt daran, dass jede Position neue Äste auffächert und alle diese Möglichkeiten erneut durchgerechnet werden müssen. Nach einer festgesetzten Berechnungszeit bricht die Software ab, da die Zeitanforderungen für einen Zug überschritten wurden.⁵⁰

Einige veraltete Computerprogramme wie „ α - β search algorithm“, „Polygon“ oder „Vertex“ können zwar bereits wichtige strategische Merkmale herausfinden und schaffen es auch manchmal, gewinnbringende Drohungsketten zu finden, liefern im Gesamten aber keine Garantie für einen sicheren Sieg für die Farbe Schwarz. Ein weiteres Problem ist, dass diese Programme für die ersten paar Züge einem abgespeicherten Muster folgen. Dabei wird meistens der erste weiße Stein im zentralen Quadrat von 5x5 erwartet. Falls Weiß den ersten Stein aber außerhalb dieses Rasters setzt, können die genannten Computerprogramme nicht vernünftig

⁴⁸ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 12.

⁴⁹ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 12-13.

⁵⁰ Allis, Herik, Huntjens, Eine Gewinnstrategie für Go-Moku, S. 25.

darauf reagieren und es kann vorkommen, dass einfache strategische Formationen für Weiß zum Sieg führen, bevor die Software überhaupt erste Berechnungen anstellt.⁵¹

3.4.1 Computerprogramm „Viktoria“

1994 gelang es schließlich, ein Computerprogramm zu entwickeln, welches zu 100 % gewinnt, wenn es die Farbe Schwarz spielt und somit den ersten Zug machen kann. Dabei gelten die Grundregeln von Gomoku und es wird auf einem Spielbrett der Größe 15x15 gespielt. Mit Hilfe des Programms „Viktoria“ konnte allen voran Viktor Allis beweisen, dass es möglich ist, als Startspieler oder Startspielerin immer zu gewinnen.⁵²

Dieses Programm funktioniert im Wesentlichen mit Hilfe zweier Algorithmen: Drohungsraumsuche und Beweiszahlensuche („threat space search“ und „proof number search“).⁵³ Diese arbeiten in einer bestimmten Abfolge und schaffen es in jedem Fall zu gewinnen, wenn der erste Stein selbst gesetzt wurde.⁵⁴

Im Folgenden sollen die eben erwähnten Algorithmen kurz erläutert werden, um ihre Arbeitsweisen nachvollziehen zu können. Dabei ist anzumerken, dass sich die Ausführungen lediglich auf die Grundideen des Beweises beziehen. Der umfangreiche Beweis, geführt von Louis Viktor Allis, wurde im Jahre 1994 veröffentlicht und zur Erlangung des akademischen Titels eines PhD eingereicht. Dabei handeln 80 Seiten von der Vorgehensweise und Programmierung des „proof number search“- und „threat space search“-Prinzips. Eine detaillierte Ausführung dieser Software, welche auf Pseudo-Codes aufbaut, würde den Umfang dieser Diplomarbeit sprengen, da die didaktischen Aspekte der Wissensvermittlung im HdMa mit Hilfe von Exhibits im Vordergrund stehen. Für Interessierte und tiefer gehende Recherchen wird folgendes Werk empfohlen:

L. V. Allis, Searching for Solutions in Games and Artificial Intelligence, 1994, Phd.Thesis, University of Limburg.⁵⁵

3.4.2 Threat space search

Wie die deutsche Übersetzung „Drohungsraumsuche“ bereits andeutet, geht es hierbei darum, möglichst alle unmittelbaren Bedrohungen zu untersuchen. Doch in der Praxis lassen sich nicht alle Fälle untersuchen, da die notwendigen Berechnungen der entsprechenden

⁵¹ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 11-12.

⁵² L. V. Allis, Searching for Solutions in Games and Artificial Intelligence, 1994, Phd.Thesis, University of Limburg.

⁵³ Allis, Herik, Huntjens, Eine Gewinnstrategie für Go-Moku, S. 25.

⁵⁴ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 21.

⁵⁵ Online unter: http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_3721_0.pdf (Zugriff: 8.8.2018).

Entscheidungsbäume zu lange dauern würden. Deshalb gilt es, die Positionen, welche teilweise Millionen Möglichkeiten nach sich ziehen, zu reduzieren. Einerseits kann dies durch eine künstliche Reduzierung des Spielfeldes herbeigeführt werden. Andererseits muss das restliche Spielfeld so effizient wie möglich durchsucht werden.

Der Algorithmus der Drohungsraumsuche arbeitet so lange, bis eine gewinnbringende Abfolge von Zügen für Schwarz gefunden wurde. Anschließend wird die Behauptung aufgestellt, dass das Spiel entschieden ist. Somit ist keine Vollständigkeit des Algorithmus gewährleistet, da es in vielen Fällen vielleicht mehrere Abfolgen geben würde, welche einen sicheren Sieg zur Folge hätten. Vollständigkeit ist aber nicht notwendig für den Beweis. Wichtig hingegen ist, dass bei einer gefundenen siegreichen Drohungskette die weißen Antwortzüge untersucht werden müssen. Aus diesem Grund kann dieser Algorithmus als heuristische Evaluation bezeichnet werden.⁵⁶

Die Antwortzüge müssen untersucht werden, damit die gewinnbringende Abfolge nicht durch eine gegnerische Bedrohung unterbrochen werden kann. Hierbei versucht die Programmierung die fünf Gedankenschritte professioneller Gomoku Spieler und Spielerinnen bestmöglich nachzuahmen (siehe Kapitel 3.3). Meistens wird eine Drohungskette gefunden, welche unabhängig von den jeweiligen Konterzügen zum Sieg führt. Deshalb gestattet das Programm in der Berechnung alle möglichen Konterzüge gleichzeitig zu setzen. Das heißt falls ein „Offener 3er“-Angriff gelegt wird, geht das Programm davon aus, dass an beiden Enden weiße Steine gesetzt werden. Anschließend sucht es einen neuerlichen Angriff. Bei einem „Unterbrochenen 3er“-Angriff hingegen, wird von drei gleichzeitig gesetzten weißen Steinen ausgegangen. Falls mit dieser Methode dennoch eine siegreiche Abfolge gefunden wird, kann gewährleistet werden, dass die gegnerischen Züge unbedeutend sind. Gleichzeitig muss aber beachtet werden, dass dadurch vielleicht mögliche Konstellationen übersehen werden, welche eventuell auch zum Sieg führen würden. Um diesen Umstand nicht außer Acht zu lassen, setzt an dieser Stelle der zweite Algorithmus ein, welcher jedoch erst in Kapitel 3.4.3 erläutert wird. Um die Vorgehensweisen der Drohungsraumsuche besser verstehen zu können, müssen zunächst sechs Definitionen eingeführt werden, derer sich das Programm bedient:

1. Profitabler Platz: Wenn in diesem Feld ein Stein gesetzt wird, wird eine direkte Bedrohung erzeugt. („gain square“)
2. Verlustreicher Platz: In diesem Feld muss auf eine direkte Bedrohung geantwortet werden. („cost square“)

⁵⁶ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 13.

3. Restliche Plätze: Damit sind die übrigen Steine gemeint, welche für eine Bedrohung notwendig sind, wobei der profitable Platz nicht mitgerechnet wird. („rest squares“)
4. Abhängigkeit: Eine Bedrohung ist von einer zweiten abhängig, wenn restliche Plätze der ersten Bedrohung für einen zweiten Folgeangriff notwendig sind, sodass ein erneuter profitabler Stein gesetzt werden kann. („dependent“)
5. Abhängigkeitsstruktur: Falls durch eine Bedrohung eine Verkettung von Angriffen aufgebaut werden kann, nennt man diesen Baum und all seine Verzweigungen Abhängigkeitsstruktur. („dependency tree“)
6. Widerspruch: zwei Abhängigkeitsstrukturen stehen im Widerspruch zueinander, falls einer der drei Fälle eintritt: (1) ein profitabler Platz des ersten Baums ist gleichbedeutend mit einem verlustreichen Platz einer zweiten Struktur, (2) umgekehrt, (3) oder ein Platz bietet für beide Abhängigkeitsstrukturen eine Verlustposition. („conflict“)⁵⁷

Folgende Abbildung 3.7 ist an Abbildung 3.6 rechts angelehnt. Anhand dieser Grafik sollen die eben angeführten Definitionen erläutert werden.

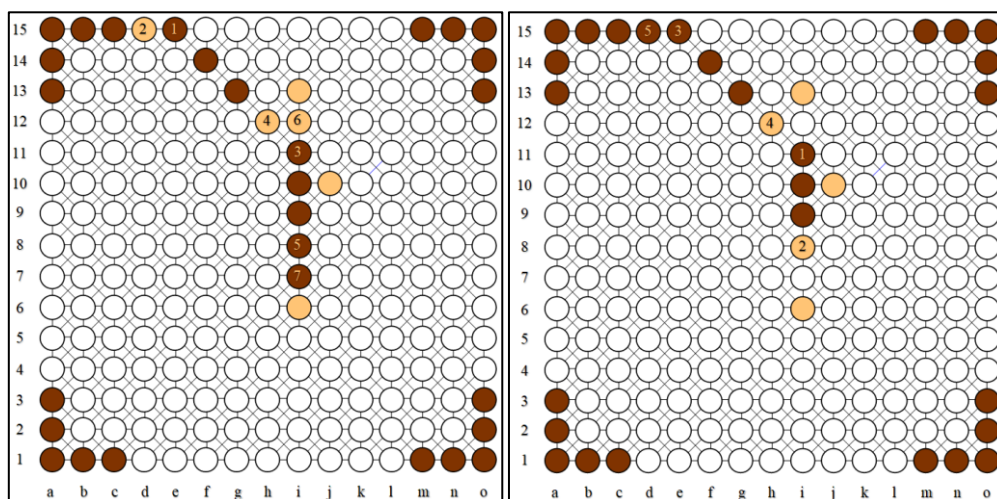


Abbildung 3.7: Ausführung der Definitionen⁵⁸

Das Feld e15 wird als profitabler Platz bezeichnet, da somit eine Bedrohung kreierte werden kann. In weiterer Folge wird dadurch das Feld d15 zu einem verlustreichen Platz für Weiß. Die Felder a15, b15 und c15 gelten dann als restliche Plätze. Nachdem der Angriff von e15 abgewehrt wurde, hat Schwarz bei i11 ein erneutes profitables Feld. Da dieser Angriff die restlichen Felder e15, f14 und g13 besitzt, ist diese zweite Bedrohung abhängig von der ersten. Das heißt, es liegt eine Abhängigkeit des Angriffs über i11 vor. Gleichzeitig entsteht eine Abhängigkeitsstruktur, wobei es in diesem Fall nur eine Verzweigung gibt. Durch den Folgestein i8 würde sich diese erweitern. Die letzte Definition, ein Widerspruch, würde sich

⁵⁷ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 13-14.

⁵⁸ Abbildung des Autors, 2018.

beispielsweise durch eine Bedrohung auf e15 und d15 ergeben, da die Felder jeweils als Verlustsituationen zueinander gelten.

Weil die Suchbäume im Normalfall komplexer aufgebaut und aufwendigere Berechnungen notwendig sind, gelten im Allgemeinen zwei Prinzipien, welche die Drohungsraumsuche einhält: Erstens dürfen Bedrohungen einer Abhängigkeitsstruktur nicht in irgendeiner anderen vorkommen. Zweitens werden diese Berechnungen nur aus Sicht des Angreifers durchgeführt. Erst wenn eine gewinnbringende Abfolge gefunden wurde, werden mögliche Konterzüge analysiert und geprüft, ob hier gegnerische Bedrohungen möglich sind.

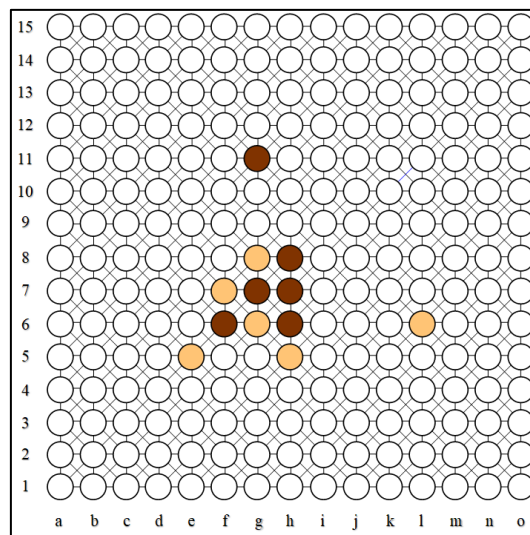
Züge	Art der Bedrohung	Profitabler Zug	Verlustreicher Zug
1	4er	i15	k15
1	4er	k15	l15
1	4er	e15	d15
2	4er	i11	h12
3	offener 4er	i8	i7, i12
4	5	i12, i7	
2	4er	h12	i11
1	4er	d15	e15
1	4er	o12	o11
1	4er	o11	o12
1	4er	a12	a11
1	4er	a11	a12
1	geschlossener 3er	i11	i7, i8, i12
2	4er	h12	e15
2	4er	e15	h12
3	5	d15	
1	geschlossener 3er	i8	i7, i11, i12
1	4er	o5	o4
1	4er	o4	o5
1	4er	l1	k1
1	4er	k1	l1
1	4er	e1	d1
1	4er	d1	e1
1	4er	a5	a4
1	4er	a4	a5

Tabelle 1: Suchbaum zur Abbildung 3.6⁵⁹

Aus Abbildung 3.6 ergeben sich insgesamt 18 unabhängige Bedrohungen, wovon 16 nicht unmittelbar in einen Sieg münden. Lediglich zwei Varianten lassen sich in einem Baum gliedern. In Tabelle 1 werden diese Zweige über die Züge e15 und i11 eingeleitet (siehe jeweils Zug 1 in Abbildung 3.7). Anhand der Tabelle 1 ist ersichtlich, dass es hier jeweils nur zwei Verzweigungen gibt. Einerseits über den Angriffszug i11 oder h12, beziehungsweise über h12 oder e15. Die Züge über h12 enden in beiden Bäumen in einer Sackgasse, weshalb jeweils nur ein Ast weiter verfolgt werden muss (siehe jeweils Zug 3 in Abbildung 3.7). Somit werden die Drohungsketten über den Zug i11, beziehungsweise e15 weiter verfolgt. Dabei ist mittlerweile schnell ersichtlich, dass eine gewinnbringende Drohungskette erzeugt werden kann. Anhand dieses einfachen Beispiels ist die gewinnbringende Situation schnell erreicht, wobei einerseits

⁵⁹ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 15.

Durch dieses System kann es aber vorkommen, dass manche gewinnbringende Abfolgen nicht gefunden werden können. Das kann dann der Fall sein, wenn gewisse Bedrohungen nur im Einzelnen betrachtet werden. Wenn man diese verknüpft, ergeben sich zwar mehr Kalkulationen, dadurch ist aber auch die Wahrscheinlichkeit höher, tatsächlich eine gewinnbringende Drohungskette zu finden. In Abbildung 3.8 ist ein Beispiel erkennbar, bei welchem eine Notwendigkeit zur Kombination von Möglichkeiten besteht, um einen Sieg zu initiieren. Tabelle 2 links zeigt zur Abbildung 3.8 die gefundenen Möglichkeiten, ohne die Steine in Verbindung zu setzen. Tabelle 2 rechts hingegen zeigt, dass durch die Kombination verschiedener profitabler Steine tatsächlich eine gewinnbringende Abfolge gefunden werden kann.



Durch den Angriff über j9 beziehungsweise i9 lassen sich weder einfache noch kombinierte Verzweigungen bilden. Falls aber ein Angriff über h10 geführt wird, endet dieser durch den Konterzug h9, da das Programm bei ersten Untersuchungen keine weitere Bedrohung erzeugen kann. Anschließend wird der Zug h9 geprüft und das Ergebnis ist das gleiche. Wenn aber diese beiden Möglichkeiten in Verbindung zueinander gesetzt werden, lassen sich weitere bedrohliche Optionen finden. Anhand der Tabelle 2 rechts ist ersichtlich, dass eine Kombination von h10 mit i9 zu einem „Offenen 4er“ führt, wenn der Stein f12 gesetzt wird. Somit konnte eine gewinnbringende Abfolge gefunden werden und das Spiel wurde gewonnen. Eine Verbindung der Züge h10 und j10 endet allerdings in einer Sackgasse. Ähnlich ist es mit

⁶¹ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 16.

der Angriffskombination h9 mit i9. Das bedeutet, dass mit ein wenig mehr Berechnungen eine siegreiche Drohungskette gefunden werden konnte.

Züge	Art der Bedrohung	Profitabler Zug	Verlustreicher Zug
1	4er	h10	h9
1	4er	h9	h10
1	4er	j9	i9
1	4er	i9	j9
Züge	Art der Bedrohung	Profitabler Zug	Verlustreicher Zug
1	4er	h10	h9
2	4er komb. i9	i9	j10
3	offener 4er	f12	e13, j8
4	5	j8, e13	
2	4er komb. j10	j10	i9
1	4er	h9	h10
2	4er komb. i9	i9	j10
1	4er	j9	i9
1	4er	i9	j9

Tabelle 2: Suchbaum zur Abbildung 3.8 (links), kombinierter Suchbaum zur Abbildung 3.8 (rechts)⁶²

Zusammenfassend geht eine Drohungsraumsuche von einer Situation aus und entwickelt einen Suchbaum abhängiger Züge. Falls hierbei bereits eine „Offene 4er“ oder eine „5er“-Konstellation gefunden werden kann, wird versucht zu prüfen, ob diese durch etwaige Konterzüge widerlegt werden kann. Falls keine dieser Varianten zum Sieg führt, werden Angriffszüge in Verbindung gesetzt, wobei ein profitabler Zug in einer Linie mit einer Gruppe von fünf möglichen Steinen liegt. Dadurch müssen einerseits nicht automatisch alle profitablen Züge zueinander kombiniert werden und andererseits können einfacher neue Bedrohungen erzeugt werden. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis eine gewinnbringende Sequenz gefunden wurde. Dann werden wieder mögliche Konterzüge betrachtet.⁶³

Wie eingangs erwähnt, wird das Spielfeld künstlich reduziert, um die Berechnungen möglichst gering zu halten. Allerdings kann es durch die verschiedenartigen Kombinationen profitabler Züge wieder dazu kommen, dass ein aufwendigerer Prozess in Gang gesetzt wird. Dieser wird wiederum eingegrenzt, indem die profitablen Züge geordnet und nach einander ablaufen müssen. Aus den eben genannten Gründen kann es aber vorkommen, dass mögliche Gewinnsequenzen nicht gefunden werden können und das Programm ihre Berechnungen abbrechen muss. Andere Algorithmen wie „ α - β search algorithm“ oder „Polygon“ könnten manche Lösungswege finden, welche von der Drohungsraumsuche nicht entdeckt werden. Um diesen Nachteil aufzuholen, beinhaltet das Programm Viktoria zusätzlich einen weiteren Suchalgorithmus, welcher Beweiszahluche („proof number search“) genannt wird.⁶⁴

⁶² Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 15-16.

⁶³ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 16-17.

⁶⁴ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 17.

3.4.3 Proof number search

Durch die Anwendung der Drohungsraumsuche können moderne Computer in Bruchteilen einer Sekunde gewinnbringende Abfolgen finden. Dies funktioniert unter anderem auch darum so schnell, weil der Algorithmus mit Hilfe der genannten Einschränkungen arbeitet, um weniger Berechnungen durchführen zu müssen. Falls aber keine solchen Abfolgen gefunden werden können, kann dies daran liegen, dass es in der momentanen Spielsituation keine gibt, oder aber mögliche Züge durch die „Sparmaßnahmen“ nicht berücksichtigt wurden. Um die künstliche Intelligenz zu vervollständigen, tritt die sogenannte Beweiszahlssuche ein, um unberücksichtigte Stellungen nachzuprüfen. Hierbei handelt es sich um einen Suchalgorithmus, der einen zweiwertigen Baum erstellt. Ein Wert ist „Richtig“ und der andere ist „Falsch“.⁶⁵

Diese zweiwertigen Bäume, auch als Und-Oder Bäume bezeichnet, können überprüfen, ob ein Ereignis eintreten wird oder nicht. Dazu wird ein Problem mit Hilfe von Verzweigungen in Teilprobleme zerlegt. Diese Verzweigungen werden in „Und“ oder „Oder“ Kanten aufgefächert. Falls ein Teilproblem gelöst werden kann, wird eine „Oder“ Bedingung verwendet. Wenn die Lösung des ursprünglichen Problems jedoch von der Lösbarkeit zweier Teilprobleme abhängt, werden „Und“ Bedingungen verwendet. Angenommen es liegt ein Problem P vor. Dieses wird in Teilprobleme T1, T2 und T3 aufgefächert. Dabei werden T1, T2 und T3 als Knotenpunkte bezeichnet. Wenn T1 gelöst werden kann, ist auch P gelöst und somit wird eine „Oder“ Verzweigung verwendet. T2 und T3 müssen aber jeweils lösbar sein, damit auch P gelöst ist, und deshalb kommt hier eine „Und“ Verzweigung zum Einsatz. Anhand der Abbildung 3.9 ist erkennbar, dass eine „Oder“ Bedingung mit einer Kante zwischen den Ergebnissen gekennzeichnet ist. Eine „Und“ Bedingung wird mit einem zusätzlichen Bogen zwischen den Kanten ersichtlich.⁶⁶

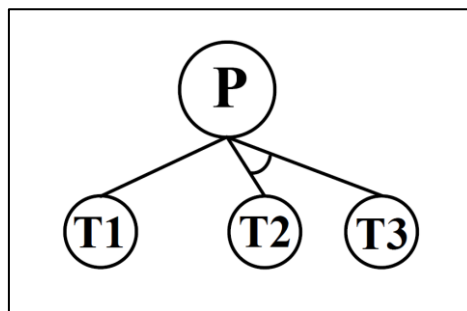


Abbildung 3.9: Modell zu einem „Und-Oder Baum“.⁶⁷

⁶⁵ Allis, Herik, Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, S. 18.

⁶⁶ Radu Marinescu, Rina Dechter, AND/OR Branch- and Bound search for combinatorial optimization in graphical models, In: Artificial Intelligence 173 (Elsevier 2009), S. 1457-1491.

⁶⁷ Abbildung des Autors, 2018, erstellt mit Microsoft Publisher 2013.

Falls bei einem Pfad das Ergebnis „Richtig“ vorkommt, wird dieser vom Algorithmus als Beweissatz definiert. Das Gegenteil davon ist ein Widerspruchssatz. Dieser tritt auf, wenn die Knoten des Pfades auf „Falsch“ hinauslaufen. Ein Beispiel für einen Beweissatz bietet Abbildung 3.10 links und ein möglicher Widerspruchssatz ist in Abbildung 3.10 rechts ersichtlich.

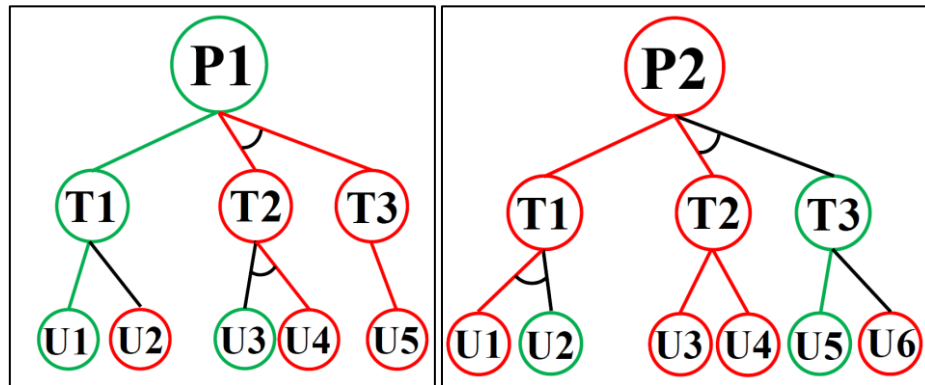


Abbildung 3.10: Beweissatz (links), Widerspruchssatz (rechts)⁶⁸

Der Algorithmus „proof number search“ erzeugt in jedem Knoten eine Beweiszahl und eine Widerspruchszahl. Um eine Beweiszahl zu ermitteln, werden alle Teilbäume dieses Knotens untersucht. Diese werden dahingehend überprüft, ob ein Beweissatz vorliegt. Falls mehrere Beweissätze gefunden wurden, wird derjenige verwendet, welcher die kleinste Anzahl an Teilknoten beinhaltet. Diese Anzahl entspricht der Beweiszahl des Knotens. Umgekehrt verhält es sich genauso mit der Widerspruchszahl. Diese wird durch die geringste Anzahl an Teilknoten des Widerspruchssatzes ermittelt. Durch diese beiden Zahlen ist es möglich, eine untere Schranke festzulegen, um die jeweiligen Grenzknoten zu untersuchen. Außerdem wird mit Hilfe von Beweis- und Widerspruchszahlen ein sogenannter „am meisten prüfender Knoten“ („most-proving node“) ausgewählt. Wenn vom Ursprung ausgegangen wird, ist bei jedem „Oder“-Knoten die kleinste Beweiszahl ausschlaggebend, wobei bei jedem „Und“-Knoten die kleinste Widerspruchszahl von Bedeutung ist. Durch dieses System kann gewährleistet werden, dass die Beweiszahlssuche auf jeden Fall eine richtige Lösung findet, solange es sich um einen endlichen Suchbaum handelt. Diese Methode arbeitet außerdem effizienter als gewöhnliche Suchalgorithmen, wie „ α - β search algorithm“.⁶⁹

Zusätzlich zu einem Beweis- und Widerspruchssatz wird der Begriff „interner Knoten“ eingeführt. Damit ist ein Knoten gemeint, in dem keine gewinnbringende Abfolge gefunden werden konnte. Das bedeutet, dass der Algorithmus nicht weitersuchen muss, sobald es sich um einen internen Knoten handelt. Ein großes Problem ist bis dahin jedoch, dass noch keine

⁶⁸ Abbildung des Autors, 2018, erstellt mit Microsoft Publisher 2013.

⁶⁹ Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 18.

Defensivzüge berücksichtigt wurden. Wenn bei jeder Verzweigung auch noch die Konterzüge analysiert werden, verzweigt sich der Suchbaum sehr schnell. Dabei werden im Durchschnitt 200 Verzweigungen erzeugt, welche alle auf interne Knoten überprüft werden müssen.⁷⁰

Um die Auffächerung des Baumes gering zu halten, wird die „Nullbewegung“-Heuristik eingeführt. Dadurch werden in erster Instanz nur Züge für Schwarz überprüft, welche ohne einen direkten Folgestein durch Weiß in eine siegreiche Sequenz münden. Wenn es gelingt, durch eine Nullbewegung von Weiß zu gewinnen, bezeichnet dies der Algorithmus als „versteckte Bedrohung“. Dadurch wird die Anzahl möglicher Konterzüge auf ein paar Dutzend reduziert. Diese Vorgehensweise ist eher geradlinig und kann heuristisch durchgeführt werden. Dabei vergibt das Programm Viktoria Punkte für einen Zug. Falls ein „Offener 3er“ erzeugt werden kann, werden vier Punkte vergeben. Bei einem „Unterbrochenen 3er“ werden nur noch zwei Punkte vergeben und ein Punkt, falls zwei schwarze Steine in eine Reihe gesetzt werden. Für eine Anzahl N an Zügen ergeben sich dann unterschiedliche Punktzahlen. Dabei wird die Anzahl mit der höchsten Punktzahl überprüft, ob diese in einem sicheren Sieg endet, falls Weiß eine Nullbewegung durchführt. Nach einigen Tests zeigte sich, dass bereits bei $N=10$ die meisten aussichtsreichen Züge gefunden werden konnten, gleichzeitig aber auch der Suchraum wesentlich verkleinert werden konnte. Dabei ist jedoch anzumerken, dass Viktoria möglicherweise manche gewinnbringende Varianten übersieht, wenn Schwarz auf N Züge eingeschränkt wird. Andererseits ist klar, dass diese Einschränkungen keine Auswirkungen auf die Defensivsteine von Weiß haben.⁷¹

Die ausgewählten Züge mit den höchsten Punktzahlen erzeugen eine Bedrohung oder mehrere Bedrohungen für Schwarz und würden ohne eine Reaktion von Weiß einen Sieg bedeuten. An dieser Stelle tritt ein erneutes Modul im Algorithmus auf. Dieses sorgt dafür, dass nicht alle möglichen Konterzüge von Weiß überprüft werden. Klarerweise haben weiße Steine am Ende des Feldes keine Bedeutung für eine Drohungskette von Schwarz. Aber trotzdem müssen spezifische Züge von Weiß kontrolliert werden. Beispielsweise jene, welche zufällig die Verteidigung erheblich stärken könnten. Dazu betrachtet das Modul einerseits alle weißen Steine, welche unmittelbar mit der gewinnbringenden Abfolge zusammenhängen. Zweitens werden dabei jene weißen Steine untersucht, die direkt mit anderen weißen Steinen verbunden sind. Und drittens werden alle Züge betrachtet, die mit den verlustreichen Steinen in Verbindung treten. Dadurch werden die möglichen weißen Züge von über 200 auf ungefähr 10-50 reduziert. Sie werden dahingehend überprüft, ob sie eine potentielle gewinnbringende

⁷⁰ Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 19.

⁷¹ Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 19.

Sequenz widerlegen könnten. Dazu wird der weiße Zug theoretisch durchgeführt und anschließend eine Drohungsraumsuche gestartet. Falls letztendlich eine Position gefunden werden konnte, in der alle weißen Defensivzüge ausgeschlossen werden konnten, impliziert das einen Sieg für Schwarz. Falls nicht, wird ein Knoten für jeden einzelnen weißen Zug erstellt.⁷² Somit erstellt sich sukzessive der eingangs erwähnte Suchbaum.

Der umfangreiche Beweis von L.V. Allis erläutert noch, warum andere weiße Züge, welche nicht von dem Modul berücksichtigt werden, unwesentlich für den Spielverlauf sind. Darauf wird in dieser Arbeit jedoch verzichtet, da, wie bereits erwähnt, die didaktischen Aspekte im Vordergrund stehen.

Durch die Kombination von Drohungsraumsuche und Beweiszahlssuche kann theoretisch von einem vollen Spielbaum ausgegangen werden, welcher alle Formationen und Möglichkeiten berücksichtigt. Trotz der vielen angeführten Varianten, um Berechnungszeit zu sparen und die Verzweigungen des Suchbaums möglichst gering zu halten, gilt es immer noch, einige Millionen Positionen und Spielverläufe durchzurechnen.⁷³

3.4.4 Resultat

Trotz der zahlreichen Einsparungen, um den Suchraum zu verkleinern (siehe Kapitel 3.4.2) und die Berechnungen gering zu halten (siehe Kapitel 3.4.3), musste letztendlich immer noch ein Suchbaum mit ungefähr 5,3 Millionen Positionen berechnet werden. Dieser hatte eine Größe von 138 790 Verzweigungen mit einer maximalen Länge von 35 Knoten.⁷⁴

Bei der Beweisführung von L.V. Allis wurden zur Berechnung des Suchbaums Computer aus dem Jahr 1994 verwendet. Diese konnten im Vergleich zu modernen Geräten nur einen Bruchteil des Arbeitsspeichers und der CPU-Leistung aufbringen. Dabei standen Rechner mit einer Leistung von 128 Megabyte Arbeitsspeicher zur Verfügung.⁷⁵ Zum Vergleich besitzen moderne Geräte eine Minimalleistung von 4 Gigabyte Arbeitsspeicher. Außerdem standen die PC-Geräte nur über Nacht zur Verfügung, da sie am Tag für den universitären Betrieb genutzt wurden. Deshalb dauerten die Berechnungen ungefähr eine Woche, um alle Möglichkeiten zu berechnen. Einerseits mussten Berechnungen in der Früh vor Universitätsstart wieder abgebrochen und am Abend neu gestartet werden. Andererseits mussten während der Berechnungen noch einige Programmierfehler ausgebessert werden. Insgesamt wurden deshalb mehr als 300 Stunden Rechenzeit aufgebracht, um die „FreeStyle Version“ (siehe Kapitel 3.5.1)

⁷² Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 19.

⁷³ Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 19.

⁷⁴ Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 20.

⁷⁵ L. V. Allis, Searching for Solutions in Games and Artificial Intelligence, 1994, Phd.Thesis, Limburg, S. 149.

von Gomoku zu lösen. Weitere 360 Stunden Rechenzeit mussten für die Lösung der Standardversion (siehe Kapitel 3.5.2) aufgebracht werden. Da bei den Berechnungen der Suchbaum auf zahlreiche Unterbäume aufgespaltet wurde, musste der gesamte Baum noch auf die Beständigkeit und Vollständigkeit geprüft werden. Nachdem dies erledigt war, konnte mit Gewissheit behauptet werden, dass Schwarz immer gewinnt, falls es den ersten Zug macht.⁷⁶

Beim Programm Viktoria werden die ersten paar Steine aus einer Datenbank heraus gesetzt. Diese sind vorerst von Bedrohungen gekennzeichnet. Nach ein paar Runden jedoch setzt die Drohungsraumsuche (siehe Kapitel 3.4.2) ein, um komplizierte Drohungssequenzen vorauszurechnen. In dieser Phase kann es auch vorkommen, dass Weiß eigene Bedrohungen setzen kann. Mit fortlaufender Spieldauer erhält Schwarz aber eine immer bessere Ausgangsposition, um eine gewinnbringende Sequenz zu starten. Der Nachteil, dass aufgrund mancher Einschränkungen etwaige Gewinnsituationen übersehen werden, wird mit Hilfe der Beweiszahluche (siehe Kapitel 3.4.3) ausgeglichen. Somit schafft es das Programm Viktoria, als Startspieler immer zu gewinnen. Spätestens nach 35 Zügen ist das der Fall.⁷⁷

3.5 Spielvarianten

Weil das Spiel Gomoku in den Grundversionen (FreeStyle- und Standard-Version) daher immer mit Sicherheit einen Sieg für Schwarz bedeutet, haben sich im Laufe der Zeit viele unterschiedliche Spielvarianten entwickelt. Die berühmtesten sind die „Swap2“ Methode und „Renju“, wobei in diesem Modus weltweit viele Turniere veranstaltet werden. Bei folgenden Ausführungen ist immer eine Spielfeldgröße von 15 x 15 Felder gemeint.

3.5.1 FreeStyle Version

Die FreeStyle Variante ist die gängigste unter Kindern und Anfängern beziehungsweise Anfängerinnen. Dabei gibt es bei einem Zug keine Einschränkungen. Wie in Kapitel 3.2 erwähnt, gewinnt die Person, welche es zuerst schafft, mindestens fünf Steine in eine durchgehende Linie zu legen. Keine Rolle spielt dabei, ob sogar sechs, sieben oder mehr Steine in einer Reihe gelegt wurden.

3.5.2 Standardversion

Die Standardversion ähnelt der FreeStyle Version dahingehend, dass es beim Setzen der Steine wiederum keine Einschränkungen gibt. Allerdings wird ein Sieg nur dann erreicht, wenn exakt

⁷⁶ Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 20.

⁷⁷ Allis, Gomoku solved by new search techniques, S. 20-21.

fünf Steine der gleichen Farbe in einer durchgehenden Reihe gelegt wurden. Somit gilt ein Spiel als verloren, falls eine Farbe gezwungen ist, sechs oder mehr Steine der eigenen Farbe in einer durchgehenden Linie zu setzen.

3.5.3 Professionelle Version

Hierbei gibt es eine Einschränkung für den Starspieler oder die Startspielerin. Üblicherweise wird der erste Stein im Zentrum gesetzt. Anschließend setzt Weiß in eines der acht angrenzenden Felder. An dieser Stelle ist es Schwarz verboten in eines der 5x5 zentralen Spielfläche (siehe Abbildung 3.11) zu setzen. Weiß hingegen darf weiterhin am ganzen Spielfeld verteilt setzen. Durch diese Variante wird der Vorteil für Schwarz etwas reduziert. Gesamt gesehen gibt es aber nach wie vor die Möglichkeit für Schwarz, jedes Spiel zu gewinnen.⁷⁸

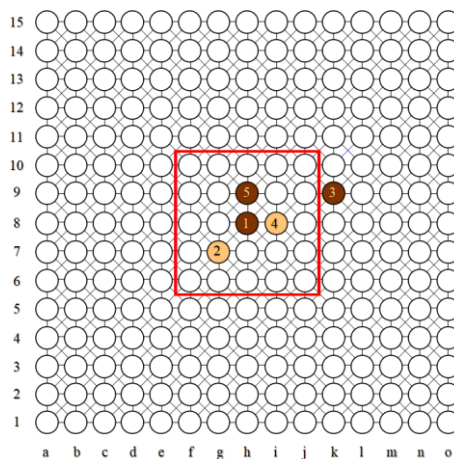


Abbildung 3.11: Starteinschränkung bei der professionellen Spielversion⁷⁹

3.5.4 Lange Professionelle Version

Weil die Startperson in der Professionellen Version immer noch mit Sicherheit gewinnen kann, wurde diese erweitert. Die Regeln sind beinahe identisch. Nur darf der zweite Stein von Schwarz nicht in einem 7x7 Raster rund um den Startstein gesetzt werden. Dadurch haben beide Farben beinahe die gleichen Gewinnchancen.⁸⁰

3.5.5 Renju

Renju beinhaltet einige Einschränkungen und Zusatzregeln. Einerseits darf Schwarz keine Überreihe erzeugen, wobei mehr als fünf Steine in einer ununterbrochenen Linie gemeint sind.

⁷⁸ Gomoku Komitee, online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/2> (11.05.2018).

⁷⁹ Abbildung des Autors, 2018.

⁸⁰ Gomoku Komitee, online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/2> (11.05.2018).

Außerdem darf es auch fast keine Doppelfallen (siehe Kapitel 3.3) stellen. Allerdings gelten diese Bedingungen nur für Schwarz, nicht für Weiß. Schwarz ist es aber gestattet, eine 4x3 Doppelfalle zum Sieg zu nutzen.⁸¹ In Abbildung 3.12 links lässt sich mit dem Feld e8 eine solche Konstellation erzeugen, welche auch 4x3-Gabel genannt wird. Diese Einschränkungen für Schwarz kann sich Weiß auch zu Nutze machen, um das Spiel zu gewinnen. In Abbildung 3.12 rechts ist ein Beispiel einer solchen Spielsituation gegeben. Eigentlich müsste Schwarz in Feld j8 setzen, um Weiß daran zu hindern, fünf Steine in eine Reihe zu legen. Wenn aber Schwarz in dieses Feld setzt, erzeugt es gleichzeitig eine Doppelfalle, im Detail eine 3x3-Gabel, was verboten ist. Somit muss Schwarz in ein anderes Feld setzen und Weiß gewinnt. Aufgrund der vielen verschiedenen Möglichkeiten die sich durch die Einschränkungen für Schwarz ergeben, wird der Vorteil der Mitte verringert. Außerdem gibt es zwei unterschiedliche Strategien, je nachdem welche Farbe im Moment gespielt wird. Darum ist diese Spielvariante sehr beliebt und es werden viele Turniere mit dieser Spielweise organisiert.

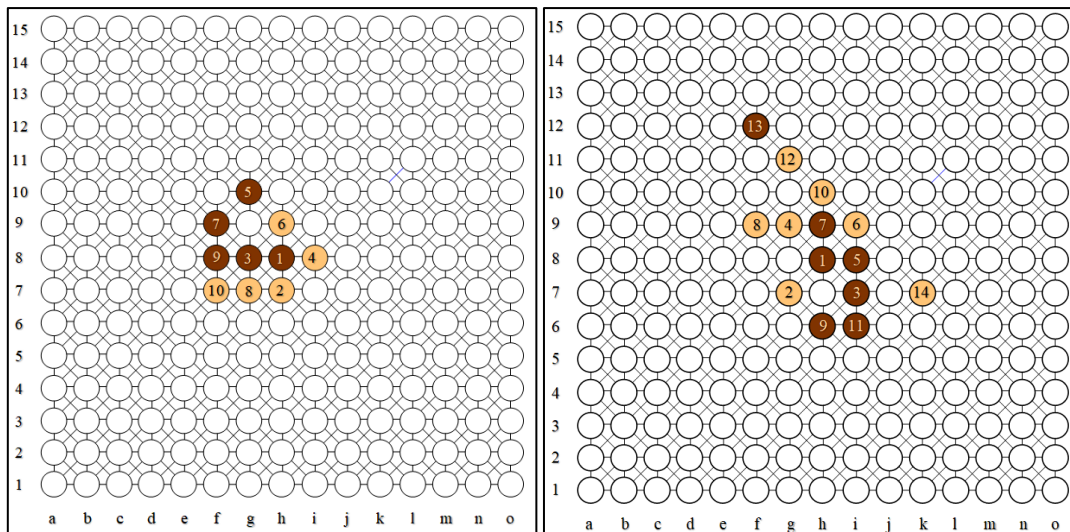


Abbildung 3.12: 4x3-Gabel (links), Sieg für Weiß (rechts)⁸²

3.5.6 Swap

Diese Spielvariante unterscheidet sich wesentlich von Renju. Die Regeln sind wie bei der Standardversion von Gomoku. Der Start ist jedoch anders. Zuerst setzt eine Person die ersten drei Steine auf das Feld. Somit liegen zwei schwarze und ein weißer Stein am Spielfeld. Jetzt kann die zweite Person entscheiden, ob sie mit der weißen oder schwarzen Farbe weiterspielen möchte. Falls Weiß gewählt wird, darf die zweite Person sofort den nächsten, vierten Spielstein setzen. Danach gibt es allerdings nicht mehr die Möglichkeit zu wechseln. Das Spiel läuft dann

⁸¹ Renju International Federation, 2018, online unter: <http://www.renju.net/study/rules.php> (12.05.2018).

⁸² Abbildung des Autors, 2018.

so lange, bis es einer Farbe gelingt, fünf Steine in eine Reihe ohne Unterbrechungen zu legen.⁸³ Dadurch wird auch der Startvorteil wesentlich verkleinert.

3.5.7 Swap2

Wie der Name bereits erahnen lässt, beruhen die Regeln auf jenen der Spielvariante von Swap. Nachdem die ersten drei Steine (zwei Schwarz und einer Weiß) gesetzt wurden, hat die zweite Person die gleichen Möglichkeiten wie bei Swap. Aber bei Swap2 kommt noch eine dritte Option hinzu. Dabei darf die zweite Person zwei weitere Steine (einer Schwarz und einer Weiß) setzen. Nachdem fünf Steine auf dem Spielfeld gesetzt wurden, geht die Entscheidung, wer welche Farbe spielt, an die erste Person zurück.⁸⁴ Diese Variante bietet sehr viele verschiedene Spielverläufe, weshalb viel Übung notwendig ist, um das Spiel zu beherrschen. Aus diesem Grund werden viele Turniere mit Swap2 organisiert.

3.5.8 Caro

Hierbei gelten die Regeln wie bei der Standardversion von Gomoku. Der einzige Unterschied ist, dass eine Reihe von fünf ununterbrochenen Steinen auf keiner der beiden Seiten unmittelbar blockiert werden darf, damit sie zählt.

3.5.9 Pente

Pente wird üblicherweise auf einem 19x19 Go Spielbrett gespielt. Das ist aber keine Vorgabe, sodass es auch auf anderen Spielbrettgrößen gespielt werden kann. Bei diesem Spiel gibt es zwei Möglichkeiten zu gewinnen. Außerdem kann es auch von zwei bis vier Spielern oder Spielerinnen gespielt werden. Bei der Variante, welche zu zweit gespielt wird, gilt es, wie bei Gomoku, fünf Steine einer Farbe in einer durchgehenden Linie zu setzen. Ob vertikal, horizontal oder diagonal, spielt dabei keine Rolle. Zusätzlich kann das Spiel aber auch gewonnen werden, indem man die Steine des Gegners oder der Gegnerin fängt. Dabei können immer nur zwei Steine gleichzeitig gefangen genommen werden. Wenn zwei Steine nebeneinander liegen, müssen beide Enden von einer gegnerischen Farbe besetzt sein, damit diese vom Spielfeld genommen werden können. Angenommen die Spielsituation ist wie in Abbildung 3.13 links, dann können die beiden weißen Steine gefangen werden, indem Schwarz auf das Feld e7 setzt. Falls jedoch eine Situation wie in Abbildung 3.13 rechts vorliegt, kann Weiß problemlos auf das Feld e6 setzen, ohne dass seine Steine gefangen genommen werden.

⁸³ Gomoku Komitee, online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/2> (12.05.2018).

⁸⁴ Gomoku Komitee, online unter: <http://gomokuworld.com/gomoku/2> (12.05.2018).

Gewonnen hat die Person, welche es schafft, fünf in einer Reihe zu setzen oder fünf gegnerische Paare zu fangen.⁸⁵

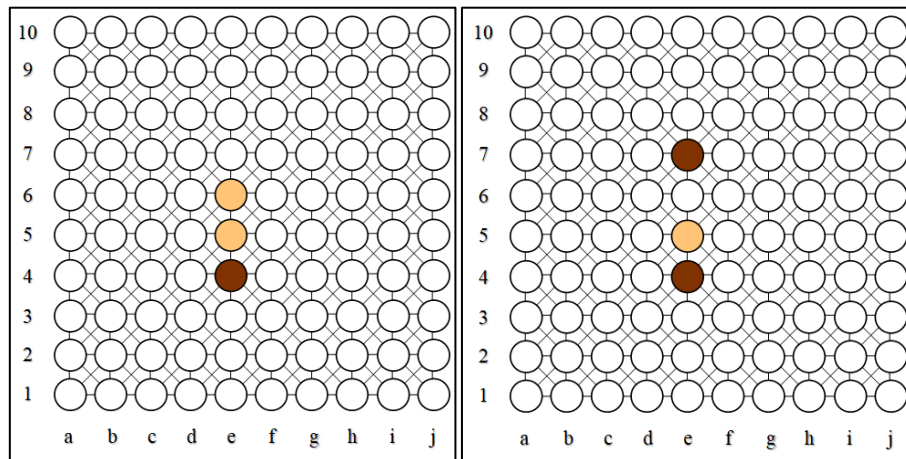


Abbildung 3.13: bevorstehende Gefangennahme (links), keine Gefangennahme möglich (rechts)⁸⁶

Falls drei oder vier Spieler oder Spielerinnen mitspielen, gibt es abweichende Regeln. Wenn nur weiße und schwarze Steine zur Verfügung stehen, spielen einfach zwei Teams gegeneinander, wobei die Teammitglieder beim Setzen der Steine einander abwechseln. Wenn es jedoch vier verschiedenfarbige Steine gibt, kann jede Person eine eigene Farbe wählen. Zum Sieg reichen bei dieser Spielvariante aber schon vier Steine in einer Linie. Eine zweite Möglichkeit ist wiederum, gegnerische Paare zu fangen, wobei die mittleren Steine unterschiedliche Farben haben können. Die Steine an den Enden der Gefangenen müssen jedoch die gleiche Farbe haben. Sobald fünf Paarungen vom gleichen Spieler beziehungsweise der gleichen Spielerin eingefangen werden konnten, gilt das Spiel ebenfalls als gewonnen.⁸⁷

3.5.10 Connect6

Diese Spielvariante ist nur für zwei Spieler oder Spielerinnen konzipiert. Die Spielfeldgröße ist im Idealfall ein 19x19 Go-Brett, wobei die Größe angepasst werden kann. Schwarz eröffnet das Spiel, indem ein Stein gesetzt wird. Anschließend darf Weiß zwei Steine setzen, welche nicht miteinander verbunden sein müssen. Ab jetzt dürfen beide Personen abwechselnd immer zwei Steine der eigenen Farbe setzen. Gewonnen hat der- oder diejenige, wer es zuerst schafft sechs Spielsteine in einer Linie zu setzen.⁸⁸

⁸⁵ Artikel Pente, In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 24. April 2018, online unter: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pente> (5.6.2018)

⁸⁶ Abbildung des Autor, 2018.

⁸⁷ Description of Pente, In: Board Game Geek, online unter: <https://boardgamegeek.com/boardgame/1295/pente> (5.6.2018).

⁸⁸ Artikel Connect6, In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 1. Juni 2018, online unter: <https://en.wikipedia.org/wiki/Connect6> (11.06.2018).

4 Methodik

Während des Entwicklungsprozesses zur Umsetzung des Exhibits Gomoku kamen verschiedene Methoden zum Einsatz. Um die Lesbarkeit der späteren Abschnitte zu vereinfachen, werden in diesem Kapitel Methoden wie die formative Evaluation, die Front-End-Analyse und die teilnehmende Beobachtung allgemein beschrieben.

4.1 Formative Evaluation

Bei der formativen Evaluation wird ein Prozess bereits während seiner Durchführung evaluiert, damit dieser möglichst früh angepasst und verbessert werden kann. Dazu werden regelmäßig Zwischenergebnisse ermittelt. Anhand dieser Ergebnisse ist es möglich, bestimmte Maßnahmen nochmals zu überdenken und anzupassen.⁸⁹ Mit Hilfe einer formativen Evaluation können somit auch zuvor festgelegte Ziele angepasst oder verfeinert werden.

In diesem Zusammenhang ist zu bedenken, dass eine Umsetzung eines theoretischen Vorhabens in die Praxis nicht immer ein linearer Prozess sein kann. Oftmals muss ein Teilprozess wiederholt oder detaillierter betrachtet werden, bevor andere Gesichtspunkte untersucht werden können. Außerdem wird der markante Unterschied zwischen dem, was der Entwickler oder die Entwicklerin bewerkstelligen möchte und dem, was die Evaluierung bewältigen kann, nochmals analysiert. Denn die Ansichten eines Besuchers oder einer Besucherin müssen immer differenziert von den Intuitionen des Planers oder der Planerin betrachtet werden. Vor allem wenn gewisse Informationen vermittelt werden, ist nicht automatisch gegeben, dass diese auch in dieser Art und Weise beim Empfänger oder der Empfängerin ankommen. Deshalb ist es wichtig, den Fokus bereits während der Entwicklung auf die Überprüfung des Lernerfolgs zu legen.⁹⁰

Während des Entwicklungsprozesses zur Umsetzung des Exhibits Gomoku wurde die formative Evaluation gemeinsam mit zwei Professorinnen (Mag.^a Dr. Monika Musilek-Hofer und Dipl. Päd. Monika Miller) und einem Professor (DI Dr. Volkmar Putz) der Pädagogischen Hochschule Wien, welche auch eine führende Rolle im HdMa innehaben, durchgeführt. (Zur besseren Lesbarkeit werden diese drei Personen im Folgenden als „Verantwortliche des HdMa“ bezeichnet.)

⁸⁹ Maddalena Taras, Assessment - summative and formative - some theoretical reflections, In: British Journal of Educational Studies 53:4, (Routledge 2005), S. 466-478, hier S. 468.

⁹⁰ Marianna Adams, Museum Evaluation: Where Have We Been? What Has Changed? And Where Do We Need to Go Next?, In: Journal of Museum Education 37:2, (2012, Taylor and Francis Online), S. 25-35, hier S. 28-29.

4.2 Front-End-Analyse

Die Front-End-Analyse beruht darauf, dass vorab bestimmte Ziele gesetzt werden. Dabei werden bestimmte Ansprüche an das Exhibit festgelegt, um zu entscheiden, welche Unternehmungen notwendig sind, damit diese erfüllt werden können. Darüber hinaus müssen auch die Zielgruppe und die gegebene Umwelt bestimmt werden.⁹¹ Die Front-End-Analyse ist als Methode leicht umzusetzen und im späteren Verlauf auch leicht zu analysieren.⁹² Ein Nachteil kann jedoch sein, dass die festgelegten Ziele von persönlichen Ansichten und Erfahrungen beeinflusst werden und somit nicht mehr ausreichend für ein breites Publikum geeignet sind.⁹³

Um diesen Nachteil der Front-End-Analyse zu umgehen, wurde während des Entwicklungsprozesses mit Hilfe der formativen Evaluation auf die Expertise der „Verantwortlichen des HdMa“ vertraut. Diese Personen bringen jahrelange didaktische Erfahrungen an der Pädagogischen Hochschule beziehungsweise an der Universität Wien sowie bei der Entwicklung von Exhibits mit sich.

4.3 Teilnehmende Beobachtung

Die teilnehmende Beobachtung ist eine empirische Methode zur Evaluierung von Ausstellungsstücken in Museen und Galerien. Sie ist ein gutes Mittel, um eine objektive Evaluierung durchzuführen. Außerdem gilt sie als eigene Datenerhebungstechnik und hat somit den gleichen Stellenwert wie andere vergleichbare Methoden (u.a. Befragen, Testen).⁹⁴ Ein Vorteil besteht einerseits darin, dass die Testpersonen nicht über ihren Status Bescheid wissen. Daher verhalten sie sich natürlich und authentisch, wie sie sich immer verhalten.

Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass während einer Evaluierung eine Beobachtung in jederlei Hinsicht unumgänglich ist. Denn grundsätzlich basieren alle empirischen Daten auf Sinneserfahrungen und kognitiven Eindrücken. Zusätzlich beruhen Datenerhebungen auf Beobachtung, da unterbewusste Wahrnehmungen ständig einfließen. Falls jedoch von einer gesonderten beobachtenden Evaluation die Rede ist, muss diese spezifiziert werden.⁹⁵ Eine Definition nach dem Sozialwissenschaftler Wilfried Laatz lautet wie folgt:

„Beobachtung im engeren Sinne nennen wir das Sammeln von Erfahrungen in einem nichtkommunikativen Prozess mit Hilfe sämtlicher Wahrnehmungsmöglichkeiten. Im

⁹¹ Musilek, Putz, Binärmeter – wie groß bist du?, S. 4.

⁹² Adams, Museum Evaluation: Where Do We Need to Go Next?, S. 30.

⁹³ Adams, Museum Evaluation: Where Do We Need to Go Next?, S. 32.

⁹⁴ Jürgen Bortz, Nicola Döring, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Springer 2006 Heidelberg, S. 262-277, hier 265.

⁹⁵ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 262.

Vergleich zur Alltagsbeobachtung ist wissenschaftliche Beobachtung stärker zielgerichtet und methodisch kontrolliert. Sie zeichnet sich durch Verwendung von Instrumenten aus, die die Selbstreflektiertheit, Systematik und Kontrolliertheit der Beobachtung gewährleisten und Grenzen unseres Wahrnehmungsvermögens auszudehnen helfen.“⁹⁶

Bei dieser Aussage äußert sich bereits die Wichtigkeit der Intersubjektivität. Bei einer standardisierten Beobachtung darf es nicht vorkommen, dass persönliche Merkmale in die Forschung einfließen. Subjektivität gilt es zu vermeiden und auch der interpretative Charakter muss vorerst vernachlässigt werden. Dieser kommt erst bei der Auswertung der Daten zum Einsatz.

Eine teilnehmende Beobachtung sollte vor allem dann angewendet werden, wenn die Teilnehmer und Teilnehmerinnen eine Befragung eventuell durch geschickte Antworten und klug gewählten Aussagen verzerren würden. Außerdem besteht die Gefahr, dass in der jeweiligen Situation eine Befragung die Interessen, beziehungsweise das Verhalten ganz allgemein, beeinflussen kann. Auch wenn zuerst die Umstände und mögliche Einflussfaktoren einer neuen Umgebung geprüft werden, ist eine systematische Beobachtung zu wählen. Wenn die Mimik und die Gestik im Mittelpunkt der Analysen stehen, sollte natürlich auch auf eine Beobachtung zurückgegriffen werden.⁹⁷

Ganz allgemein wird zwischen teilnehmenden und nichtteilnehmenden beziehungsweise offenen oder verdeckten Beobachtungen unterschieden. Bei einer teilnehmenden Beobachtung ist der Betrachter im selben Raum wie das Testobjekt. Im zweiten Fall könnte beispielsweise ein einseitiger Spiegel eingesetzt werden. Wenn eine Untersuchung offen geführt wird, muss nicht versucht werden, die Rolle als Beobachter oder Beobachterin zu verbergen.⁹⁸

Ein Nachteil der offenen teilnehmenden Beobachtung ist, dass eventuell der Grad der Systematisierung vernachlässigt wird. Weil sich der Beobachter oder die Beobachterin während der Dauer der Beobachtung im unmittelbaren Umfeld der Testperson befindet, kann ein Protokoll erst nach der getätigten Untersuchung verschriftlicht werden. Aus diesem Grund können leicht Lücken und subjektive Fehlinterpretationen entstehen. Andererseits können viel bessere Einblicke ermöglicht werden, wenn die zu evaluierende Person als aktiver Bestandteil des Geschehens akzeptiert wird. In diesem Zusammenhang darf auch nicht vernachlässigt werden, dass sich die Testpersonen aufgrund der ständigen Präsenz des Beobachters oder der

⁹⁶ Wilfried Laatz, Empirische Methoden: ein Lehrbuch für Sozialwissenschaftler, (1993 Thun), S. 169.

⁹⁷ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 262.

⁹⁸ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 267.

Beobachterin irritiert fühlen könnten und somit wesentliche Informationen verloren gehen könnten.⁹⁹

Da bei Beobachtungen sehr viele Reize auf das menschliche Auge einwirken und diese unterschiedlich stark und schnell verarbeitet werden, wird das Wahrgenommene eigentlich nie realitätsgetreu wiedergegeben. Man muss festlegen, was im Speziellen beobachtet werden soll, und analysieren, wo die interpretativen Merkmale liegen. Um Fehler wie Subjektivität und Fehlbeobachtungen zu vermeiden, gilt es, eine systematische Beobachtung durchzuführen.¹⁰⁰

Die systematische Beobachtung geschieht wertfrei und unabhängig von individuellen Interessen. Außerdem muss sie an bestimmten Regeln festgemacht werden, sodass sie später theoretisch nachvollzogen werden kann. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, einen eigenen Beobachtungsplan zu erstellen, um die genannten Schwerpunkte einhalten zu können. Dadurch können unwesentliche Beobachtungen bestmöglich vermieden werden. Zusätzlich wird festgelegt, in welcher Art und Weise die Deutungen getätigt werden dürfen. Unabhängig davon legt der Plan noch den Zeitraum, die Dauer und den Ort der Beobachtungen fest, wobei anschließend auch das Protokoll hinzugefügt wird.¹⁰¹

Der erstellte systematische Beobachtungsplan wurde so aufgebaut, dass anhand der Protokolle die eingangs erwähnte Fragestellung bearbeitet werden kann. Als Erinnerung soll die Problematik geklärt werden, ob es möglich ist, dass sich Lernende mit den Gewinnstrategien auch dann auseinandersetzen, wenn kein Explainer oder keine Explainerin diese dazu anleitet. Das heißt, es steht die Frage im Vordergrund, inwieweit sich Kinder selbständig motivieren können, die Gewinnstrategien möglichst allein zu erarbeiten.

Der Beobachtungsplan (siehe Abbildung 4.1) ist einerseits sehr umfangreich, da er auch für künftige Evaluierungen eingesetzt werden kann. Da aufgrund fehlender finanzieller Ressourcen die Beobachtung nur von einer Person durchgeführt wird, werden manche Vorschläge von Bortz und Döring nicht weiter verfolgt. Die erste Reflexionsphase direkt nach dem ersten Rohprotokoll wird vor Ort mit den anderen Explainern und Explainerinnen durchgeführt. Somit ist die anschließende elektronische Verschriftlichung mit dem Endprodukt gleichzusetzen.

⁹⁹ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 267.

¹⁰⁰ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 263.

¹⁰¹ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 263.

Beobachtungsplan zur Evaluierung von Gomoku im HdMa

Nach Jürgen Bortz, Nicola Döring, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Springer 2006 Heidelberg, S. 262-277, hier 264-265.

1. Verhalten der Person(en) betrachten.
 - a. Falls das Verhalten von außenstehenden Personen beeinflusst wird, muss dies festgehalten werden.
2. Möglichst detailliert niederschreiben.
3. Möglichst keine Interpretation zulassen. Nur sachliche Dokumentation.
 - a. Falls Interpretationen notwendig sind, sind diese gesondert zu kennzeichnen.
4. Die deskriptiven Vorgänge sollen möglichst exakt beschrieben werden.
 - a. Wie etwas gemacht wird, oder wie auf etwas reagiert wird.
5. Auf die Reihenfolge der Abläufe achten.
6. Verhaltensbeschreibungen sollen nach Möglichkeit nur positiv geschehen.
7. Die Ausgangssituation beschreiben.
8. Beim Beschreiben soll nie mehr als eine Aktion in einem Satz vorkommen.
 - a. Es können aber mehrere Dinge beschrieben werden, wenn diese einer Aktion untergeordnet werden können.
9. Keine Beobachtungen aufgrund von Zeitintervallen führen.
 - a. Z.B. von __ bis __ hat Schüler X und Schülerin Y diese und jene Aktion durchgeführt.
 - b. Im Protokoll werden Zeitmarken für die Dauer von Aktionen am Rand im Minutenausmaß festgehalten.

Verlaufsprotokolle

1. Maximale Dauer der Beobachtung festlegen.
 - a. Danach muss eine Pause eingelegt werden, oder der Beobachter/die Beobachterin gewechselt werden.
2. Das Protokoll soll möglichst nahe an Ort und Stelle verfasst werden.
3. Zeitmarkierungen am Rand.
4. Zum besseren Verständnis wird die protokollführende Person von einer außenstehenden Person befragt, um unklare Stellen zu beseitigen.
5. Anschließend wird eine Revision angefertigt.
 - a. Unklarheiten beseitigen, Überprüfung der zeitlichen Ordnung, Weglassen von doppelt geführten Aussagen.
6. Weitere Rückkoppelung mit einer zweiten Person.
7. Zur besseren Auswertung werden die Protokolle systematisiert und geordnet.

Nach Bortz und Döring sollte beim Verlaufsprotokoll zwischen Schritt 3 und 4 ein Diktat des Manuskripts erstellt werden, sodass später etwaige Folgekorrekturen möglich sind. Da diese Beobachtungen jedoch nur eine Person durchführt, wird auf diesen Schritt verzichtet. Es wird nicht davon ausgegangen, dass die Protokolle später korrigiert werden müssen.

Abbildung 4.1: Beobachtungsplan der teilnehmenden Beobachtung¹⁰²

Die durchgeführten Beobachtungen können auch erleichtert werden, indem man bestimmte Modellierungsmerkmale beachtet. Zuerst muss auf eine Selektion geachtet werden, sodass nur

¹⁰² Erstellt mit Hilfe des folgenden Werkes: Jürgen Bortz, Nicola Döring, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Springer 2006 Heidelberg, S. 262-277, hier 264-265.

bestimmte Beobachtungsgegenstände in den Fokus gefasst werden. Das anschließende Abstrahieren dient dazu, das Ereignis auf die gegebene Situation anzupassen. Falls beispielsweise ein unerwartetes Verhalten auftritt, muss abstrahiert werden, weshalb es dazu gekommen ist. Diese Beobachtungen werden anschließend klassifiziert und zugeordnet. Diese Zuordnungen müssen dann gekoppelt und systematisiert werden. Dadurch soll es später vereinfacht werden, auf spezifische Informationen zugreifen zu können. Abschließend ist noch eine Relativierung der erhobenen Daten notwendig. Dabei gilt es, auf einer Metaebene den Aussagegehalt nochmals zu überprüfen und anschließend etwaige weitere Beobachtungsmerkmale herauszufiltern. Weitere Kennzeichen können gefunden werden, falls unvorhergesehene Ereignisse den zu beobachtenden Vorgang stark beeinträchtigten oder die Anwesenheit des Beobachters beziehungsweise der Beobachterin den natürlichen Ablauf des Geschehens offensichtlich gestört hat.¹⁰³

¹⁰³ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 265-266.

5 Didaktische Konzeption des Exhibits Gomoku

Das Exhibit Gomoku sollte im HdMa nicht nur zum bloßen Spielen ausgestellt werden. Vielmehr ist es für einen außerschulischen Lernort wichtig, dass dadurch auch mathematische Inhalte und Handlungen vermittelt werden können. Deshalb wurden vor der Planungsphase zum Exhibit Gomoku didaktische Überlegungen durchgeführt, um dessen pädagogische Relevanz zu bekräftigen.

Zuerst wird das Prinzip des Konstruktivismus erläutert und anschließend ein Bezug zum aktuellen Lehrplan von der Kundmachung des BGBI. II Nr. 185/2012, zuletzt geändert durch BGBI. II Nr. 71/2018 hergestellt. Mit diesen Argumenten sollte die didaktische Relevanz für die Ausstellung des Exhibits Gomoku im HdMa gegeben sein. Anschließend beschreibt das Kapitel 6 die Zusammenhänge des Exhibits Gomoku mit der fachlichen und didaktischen Relevanz sowie der Relevanz für das HdMa im Detail.

5.1 Wissensvermittlung unter konstruktivistischer Sichtweise

Der Wissenserwerb in der Schule, vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern, muss sich oft der Kritik unterziehen, dass im Unterricht zu wenig Anwendungsbezug stattfindet. Im Fach Mathematik wird das Erlernte im späteren täglichen Leben kaum mehr verwendet. In einem solchen Fall spricht man in Fachkreisen von einem „trägen Wissen“, welches in der Schule vermittelt wird. Das in der Schule erlernte Wissen wird in diesem Sinn „träge“, weil es später nicht mehr benötigt wird. Dadurch geht es mit fortschreitender Zeit auch zunehmend verloren.

Ein weiterer Problempunkt ist auch, dass beim Erlernen des Wissens oftmals zu wenig auf das bereits bestehende Vorwissen Bezug genommen wird. Inhalte werden meist frontal unterrichtet und aus dem Nichts den Lernenden generiert. Wegen dieser Problematik beschäftigt sich der konstruktivistische Ansatz mit einer Art der Wissensvermittlung, welche vorwiegend auf Vorerfahrungen aufbaut. Mit Hilfe der konstruktivistischen Sichtweise soll es gelingen, einen aktiven und selbstregulierten Lernprozess in authentische Kontexte einzubetten. Um diesen Lernprozess besser starten zu können, ist es notwendig, zusätzlich zum Unterricht viele außerschulische Erfahrungen zu machen. Damit können Schülerinnen und Schüler leichter eine Balance zwischen formellen und informellen Lerninhalten finden.¹⁰⁴

Bereits vor 20 Jahren sind erste Ansätze zu einer Wandlung hinsichtlich konstruktivistischer Methoden entstanden. Dabei wurde der Konstruktivismus immer mit der Erkenntnisbeziehungsweise der Wissenschaftstheorie gleichgesetzt. Diese Art beschreibt die

¹⁰⁴ Jochen Gerstenmaier, Heinz Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 6, S. 867-888, hier S. 867.

Wahrnehmung als Konstruktion und Interpretation. In diesem Zusammenhang ist es aber unmöglich, Objektivität, subjektunabhängiges Denken und Verstehen zu integrieren.¹⁰⁵ Denn gesellschaftliches Wissen wird zuerst als objektive Wahrheit gelernt und anschließend als subjektive Wirklichkeit verinnerlicht. Das heißt, dass die soziale Welt nicht einfach geschieht, sondern eine kognitiv konstruierte Wirklichkeit ist.¹⁰⁶ Erstens ist Wahrnehmung nur eine Konstruktion, da jede Person eine individuelle Art hat, Dinge wahrzunehmen. Andererseits entsteht Wahrnehmung erst im Gehirn, wodurch alle Eindrücke gleichzeitig von einer persönlichen Interpretation abhängig sind. Die zweite Tatsache, dass keine Objektivität möglich ist, ist dahingehend zu begründen, weil sich niemand in die Lage eines anderen vollständig hineinversetzen kann.¹⁰⁷

Auch wenn es nicht gelingt, 100 % objektiv zu sein, so kann man durch mehrere Wechsel des Beobachtungsstandpunktes versuchen, fremde Ideen zu verstehen. Darum greift der Konstruktivismus das Verhältnis zwischen Erkenntnis und Realität auf. Mit Hilfe der Fähigkeit zur Selbstorganisation soll schließlich eine „Theorie des Wissens“ erzeugt werden. Diese befasst sich mit dem Verhältnis, in dem das Wissen zu Welt und Wirklichkeit steht und sucht auch gleichzeitig Alternativen dazu.¹⁰⁸

Neuere Ansätze des Konstruktivismus gehen jedoch dahin, die Kognitionswissenschaft und die Psychologie miteinzubeziehen. Dabei wird nicht wie zuvor der Anspruch an eine Erkenntnistheorie gestellt, sondern es wird versucht, Modelle über die Alltagswelt zu beschreiben. Dabei kommt der Ansatz der situierten Kognition, oder oftmals auch als situierte Handlung bezeichnet, zur Anwendung. Dieser handelt von der Vorstellung, dass Denken und Wissen situiert sind und eine tiefere Bedeutung erst durch fortlaufende Handlungen erhalten können. Eine handelnde Person ist also durch ihr Denken, Wissen und Lernen in eine bestimmte Situation eingebettet, wobei sie sich ihrer unmittelbaren Umgebung nicht bewusst ist. Heutige konstruktivistische Modelle beruhen auf Studien, welche bereits seit den 1990er Jahren immer wieder durchgeführt wurden. Dabei war auch der Bezug zur Schule immer von großer Bedeutung. Beispielsweise wurde bei vielen Studien versucht, die Lehrperson und ihre Vorstellungen über den Unterricht ins Zentrum zu stellen. Bei anderen Studien wiederum wurde verstärkt auf die Lernenden Bezug genommen.¹⁰⁹

¹⁰⁵ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 868.

¹⁰⁶ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 872.

¹⁰⁷ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 868-870.

¹⁰⁸ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 868-870.

¹⁰⁹ Reinders Duit, Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung, In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 6, S. 905-923, hier S. 908.

Bei den verschiedenen Modellen sollen die Entstehungen von Repräsentationen untersucht werden. In weiterer Folge bekommt die Bedeutung dieser Repräsentationen eine gesonderte Gewichtung. Dabei steht die zentrale Forschungsfrage im Vordergrund, inwieweit Wahrnehmen und Verstehen biologisch, kognitiv und sozial organisiert sind. Deshalb sollen Bedeutungen genauer untersucht werden, um diese besser verstehen zu können. In der Kognitionswissenschaft treten Bedeutungen nämlich nicht auf, sondern sie entstehen erst durch das Bewusstsein. Dieses wird entweder bewusst oder unbewusst von Handlungen beeinflusst. Somit bildet sich eigenständig eine gesonderte Bedeutung heraus. Wenn diese Bedeutungen richtig verarbeitet werden, wird es einem Individuum ermöglicht, ein strukturelles Organisationsgefühl zu entwickeln, welches sich selbstständig organisiert und anpasst. Mit Hilfe dessen wird ein Übergang von schulischem Lernen zu alltäglichen Erfahrungen erzeugt.¹¹⁰

Ein gutes Beispiel für die Anwendung des konstruktivistischen Ansatzes findet sich bei der Thematik des Problemlösens wieder. Lösungsstrategien hängen nämlich stark von den Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen ab. Dies zeigten Studien von 1976, welche auch heute noch exemplarisch für diese Thematik sind. Dabei wurde vierjährigen und achtjährigen Kindern die gleiche Aufgabe gestellt: Sie mussten die Gleichgewichtspunkte von Stäben bestimmen. Diese Stäbe waren aber ohne äußerliche Merkmale manipuliert, sodass der Gleichgewichtspunkt nicht immer in der Mitte lag. Die jüngeren Kinder konnten die Punkte der Stäbe, durch die „Trial-and-Error-Strategie“, relativ schnell herausfinden. Die Älteren jedoch wurden zunehmend verunsichert, weil der ihnen bekannte Gleichgewichtspunkt nicht wie gewohnt in der Mitte war. In diesem Fall hatten die Jüngeren einen Vorteil, weil sie nicht an ihre Vorerfahrungen anknüpfen konnten, da diese noch nicht vorhanden waren. Die älteren Kinder hingegen, welche im Unterricht bereits den Schwerpunkt von bestimmten Gegenständen bestimmt hatten, hatten bei dieser Aufgabe große Schwierigkeiten. Diese Studie zeigt, dass die Vorerfahrungen von großer Bedeutung beim Erwerb von neuem Wissen sind.¹¹¹

Aufgrund dieser und zahlreicher anderer Studien lässt sich der Konstruktivismus zusammenfassend wie folgt beschreiben: Das Wissen wird konstruiert, indem von bestimmten bereits vorhanden Erfahrungen zu fachlichen Ideen übergegangen wird.¹¹² Dieser Wissenserwerb wird im Allgemeinen als aktive Konstruktion bezeichnet, welche aufgrund von äußeren Impulsen und auf allen bereits vorhandenen Vorstellungen entwickelt wird. Dabei ist der Lernende oder die Lernende stets selbstreflexiv und steht im Mittelpunkt, wodurch es

¹¹⁰ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 870-874.

¹¹¹ Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 909.

¹¹² Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 913.

gelingt, das erlangte Wissen zu festigen und weiterzuentwickeln. Dies kann unter anderem auch durch eine erneute Verknüpfung mit anderen Vorerfahrungen gelingen. Somit kann Lernen niemals passiv geschehen, sondern ist durch eine aktive selbstständige Erarbeitung geprägt.¹¹³

Der Unterricht muss somit dem Anspruch gerecht werden, ausreichend auf die Vorerfahrungen einzugehen und auf bereits vorhandenen Vorstellungen aufzubauen. Bei dem Beispiel mit den unterschiedlichen Schwerpunkten der Stäbe wäre der Unterricht bei den älteren Kindern als gescheitert anzusehen gewesen. Falls die Wissensvermittlung im Unterricht aufgrund von falschen Annahmen über die Vorerfahrungen der Lernenden fehlschlägt, bieten konstruktivistische Methoden, wie der Konzeptwechsel („Conceptual Change“, siehe Kapitel 5.3), Lösungsvorschläge. Vor allem im Mathematikunterricht kann diese Methode viele Vorteile mit sich bringen. Bevor jedoch ein Konzeptwechsel durchgeführt werden kann, müssen die Rahmenbedingungen für die Vermittlung von Wissen festgelegt werden. Denn nur unter einer angenehmen Lernatmosphäre kann Unterricht überhaupt stattfinden. Durch die Gestaltung einer speziellen Lernumgebung unter konstruktivistischer Sichtweise soll der Wissenserwerb maßgeblich gefördert werden.¹¹⁴

5.2 Lernumgebung im konstruktivistischen Sinn

In einer Lernumgebung können Lernende ihr Wissen in Abhängigkeit ihres Vorwissens und ihres gegenwärtigen mentalen Zustands konstruieren. Dies gelingt durch die Interpretation der Erfahrungen, die sie in diesem Moment machen. Der Vorteil davon ist, dass dieses Wissen vom Individuum selbst generiert wird und nicht von einer externen Quelle, wie zum Beispiel einer Lehrperson, stammt. Explainer oder Explainerinnen können dabei Hilfestellungen bieten, um die Informationen in einen relevanten Kontext einzugliedern. Denn falls kein erkennbarer Zusammenhang zu den zu vermittelnden Inhalten für die Lernenden ersichtlich ist, kann kein bedeutender Informationsgehalt gewonnen werden. Wenn dieser Kontext jedoch selbstständig erkannt wird, ist spätestens bei der Interpretation der gesammelten Ergebnisse eine Kooperation zwischen einem oder einer Lehrenden und dem oder der Lernenden notwendig. Durch die gemeinsame Diskussion über die Bedeutung des jeweiligen Inhalts gelingt es, etwaige falsche Erkenntnisse oder Fehlinterpretationen zu beseitigen.¹¹⁵

Eine Lernumgebung aus konstruktivistischer Sicht muss zusätzlich genügend Spielraum für individuelle Experimente und Versuche zulassen. Dieser Freiraum sollte von den Kindern auch erkannt und genutzt werden. Dabei ist es wichtig, folgende vier Bereiche zu berücksichtigen:

¹¹³ Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 905-906.

¹¹⁴ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 870-874.

¹¹⁵ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 874-875.

- Autonomie
- Vorwissen
- Verhandlung
- Schülerorientierung.

Beim ersten Bereich können Überlegungen alleine und ohne eine fremde Einwirkung geführt werden. Das bedeutet, dass Schüler und Schülerinnen selbstständig eine Problemstellung erarbeiten können. Anschließend wird auf das jeweilige Vorwissen Bezug genommen, um die neu erlernten Inhalte zu verbinden und zu verknüpfen. Somit werden Informationen aufgrund des bereits bestehenden Wissens vernetzt. Danach gibt es die Möglichkeit zur Interaktion zwischen dem Individuum und einem Experten/einer Expertin oder anderen Unwissenden. Das ist notwendig, damit diese Verknüpfungen der Informationen nicht fehlerhaft oder ungeschickt durchgeführt werden. Zuletzt ist es noch notwendig, die gewonnenen Erfahrungen als einen neuen Prozess zu etablieren, um künftige Lernprozesse positiver gestalten zu können. Dieser Vorgang soll so verankert werden, dass in Zukunft anhand der eben erwähnten Schritte das Erlernen von Wissen stattfindet. Um diesen Ablauf erproben zu können, kann gleich mit einer neuen Aufgabe mit einer komplexeren Problemstellung begonnen werden.¹¹⁶

Unter diesem Aspekt muss allerdings berücksichtigt werden, dass alle Ergebnisse individuell interpretiert werden und somit immer ein abgewandeltes Wissen entsteht. Dabei muss in der jeweiligen Situation entschieden werden, ob diese Erkenntnisse nicht zu weit von den vorgegebenen Informationen abweichen und somit als zulässig anzusehen sind. Durch metakognitive Fähigkeiten¹¹⁷, welche sich oft erst entwickeln müssen, kann abschließend ein Reflexionsprozess eingeleitet werden. Das eben erlangte Wissen wird somit durch eine Selbstkontrolle bestätigt oder widerlegt.¹¹⁸

Bei der Umsetzung einer konstruktivistischen Lernumgebung gibt es drei konkrete Ansätze, die es zu berücksichtigen gilt: Anchored-Instruction-Ansatz, Cognitive-Flexibility-Ansatz und Cognitive-Apprenticeship-Ansatz.

5.2.1 Anchored Instruction, „verankerte Anweisung“

Bei dieser Methode geht es darum, dem oder der Lernenden einen narrativen Anker zu bieten, welcher ein möglichst großes Interesse erzeugen soll. Oftmals verfügen Personen zwar über das

¹¹⁶ Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 916.

¹¹⁷ Metakognitive Fähigkeiten sind Fähigkeiten, bei denen man versucht, eigene Gedanken aus einer anderen Sichtweise (aus einer Meta-Ebene) zu untersuchen. Durch diesen Prozess gelingt es oft, eine bessere objektive Wahrnehmung in die erlernten Inhalte zu bringen und somit ein besseres Verständnis dafür zu entwickeln.

¹¹⁸ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 874-875.

nötige Wissen, können es in Problemsituationen aber nicht abrufen. Durch eine verankerte Anweisung ist es den Wissbegierigen möglich, sich mit dem Problem zu identifizieren und dieses zu definieren. Dadurch soll ihnen die Motivation zur Lösungsfindung erleichtert werden. Erreicht wird dies im Idealfall durch eine offene Lernsituation, in der das Individuum durch das Experimentieren mit verschiedenen Lösungsansätzen zum Ziel kommt. Durch den Gedanken, dass relevante Geschichten als Stütze für den Lernenden oder die Lernende geboten werden, kann das später erworbene Wissen deutlich leichter auf Alltagssituationen übertragen werden.¹¹⁹

Beispielsweise gibt es Museen, bei denen den Besuchern und Besucherinnen als Einstieg eine Abenteuergeschichte näher gebracht wird. Gegen Ende der Geschichte wird die fiktive Person jedoch einem komplexen Problem gegenübergestellt. Durch die fesselnde Geschichte zuvor wurde die Motivation zur Lösung der Aufgabe gesteigert. Die notwendigen Informationen, um die Frage richtig beantworten zu können, sind meistens bereits in der Geschichte enthalten.¹²⁰

5.2.2 Cognitive Flexibility, „geistige Flexibilität“

Hierbei spielt die Einnahme verschiedener Perspektiven und Sichtweisen eine zentrale Rolle. Durch bestimmte Instruktionen soll die gleiche Problemstellung aus möglichst vielen verschiedenen Blickwinkeln thematisiert werden. An das Vorwissen muss dabei nicht unbedingt angeknüpft werden. Von Bedeutung ist, wie sich Wissen unter einer Vielzahl von Reproduktionen durch verschiedene Ansichten konstruiert.

In der Praxis wird versucht, dasselbe Konzept zu verschiedenen Zeiten und unter ständig geänderten Umständen zu beobachten. Während der Bearbeitung der Aufgabe ändern sich durchgehend die Zielsetzungen, sodass die Lösung immer eine andere ist. Durch diese entstehenden flexiblen Ansichten bildet sich sukzessive das beabsichtigte Wissen heraus.¹²¹

5.2.3 Cognitive Apprenticeship, „geistige Ausbildung“

Durch einen strikt geleiteten Prozess sollen komplexe und anwendungsorientierte Problemstellungen auf das Gebiet des kognitiven Wissens übertragen werden. Zuerst wird dem oder der Lernenden eine komplexe, aufwendige Aufgabe offeriert. Anschließend wird eine Herangehensweise angeboten, welche im Idealfall auf die bereits vorhandenen kognitiven Lösungsstrategien eingeht. Bei Bedarf können zusätzlich weitere Ansätze vorgegeben werden,

¹¹⁹ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 875-876.

¹²⁰ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 875-876.

¹²¹ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 877-878.

wobei immer auf das Vorwissen eingegangen werden soll. Danach bekommt das Individuum eine eigene Aufgabe, die unter annähernd gleicher Vorgehensweise lösbar ist. Dabei wird es vom Experten oder der Expertin zwar unterstützt, diese beziehungsweise dieser soll sich aber zunehmend in den Hintergrund zurückziehen und ein selbstständiges Lösen zulassen. Bei gelungener Bearbeitung der Problemstellung gilt es, die Person in die Expertengruppe aufzunehmen. Dadurch kann das erworbene Wissen von Lernenden zu Lernenden weitergegeben werden.¹²²

5.2.4 Merkmale einer erfolgreichen Lernumgebung

Eine gute Lernumgebung sollte in jedem Fall fünf Merkmale aufweisen, unabhängig davon, welcher Ansatz umgesetzt wird. Erstens soll sie authentisch sein. Zweitens soll sie multiple Perspektiven und Kontexte anbieten. Drittens soll sie einen sozialen Kontext bereitstellen. Viertens soll sie kognitiv aktivierend wirken. Fünftens soll sie erkennbare Freiheitsgrade anbieten.¹²³

- **Authentisch:** Dabei sollen Lernende mit möglichst realistischen Problemen konfrontiert werden. Wenn die Aufgabe möglichst lebensnah gestellt wird, gibt das den Inhalten eine wichtigere Bedeutung. Von abstrakten Situationen soll Abstand genommen werden, da sich dann eine Einarbeitung deutlich schwieriger gestaltet.¹²⁴
- **Multiple Perspektiven und Kontexte:** Das zu vermittelnde Wissen darf sich nicht starr auf einen Bereich der Anwendung beziehen. Durch zahlreiche Sichtweisen lassen sich Inhalte flexibel auf andere Problemstellungen übertragen.¹²⁵
- **Soziale Kontexte:** Durch die Zusammenarbeit der Lernenden kann das erworbene Wissen gegenseitig kontrolliert werden. Über den Austausch von Fragen und Antworten soll eine Diskussion entstehen, welche eine Strukturierung des Wissens nach sich zieht. Bei mangelnder Wissensbildung ist ein zusätzlicher Diskurs mit einem Experten oder einer Expertin notwendig. Dadurch können fehlerhafte Gedanken richtig gestellt werden.¹²⁶
- **Erwerb metakognitiver Fähigkeiten:** Durch eine Auseinandersetzung eines Individuums mit seinen eigenen kognitiven Prozessen lässt sich das erworbene Wissen besser verankern. Dabei soll es gelingen, metakognitive Fähigkeiten zu erwerben und zu trainieren. Die dadurch einsetzende Selbstreflexion ermöglicht die eigenen Lernprozesse und -erfolge zu

¹²² Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 878-879.

¹²³ Musilek, Putz, Binärmeter – wie groß bist du?, S. 3.

¹²⁴ Christoph Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe, (2009 Kiel) Dissertation, S. 17

¹²⁵ Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen, S. 17-18.

¹²⁶ Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen, S. 18.

steuern und zu regulieren. Auf diese Weise kann neues Wissen langfristig generiert werden.¹²⁷

- **Erkennbare Freiheitsgrade:** Die zu vermittelnden Inhalte dürfen nicht starr und eingegrenzt sein. Die Wissensvermittlung soll vielmehr durch eine eigene Konstruktion und Interpretation vorgenommen werden können. Dabei ist es unerlässlich, dass diese Freiheitsgrade von dem oder der Lernenden auch erkannt werden können. Er oder sie muss sich bewusst sein, dass eine Aneignung von Wissen auch tatsächlich subjektiv möglich ist.¹²⁸ Indem der individuell wahrgenommene Handlungsspielraum in den Mittelpunkt gerückt wird, soll eine Möglichkeit entstehen, das soeben erlangte Wissen mit subjektiven Erfahrungen zu verknüpfen. Damit kann die Konstruktion von Wissen bestmöglich gefördert werden, wenn diese Freiheitsgrade nicht nur erkannt, sondern im jeweiligen Aktionsradius auch ideal genutzt werden.¹²⁹

5.3 Konzeptwechsel - Conceptual Change

Wie bereits erwähnt soll eine Wissensvermittlung unter konstruktivistischer Sichtweise immer auf die Vorerfahrungen der Individuen aufbauen. Oftmals kann es sein, dass gewisse Vorerfahrungen so stark verankert sind, dass die Wahrnehmung während des Lernprozesses maßgeblich beeinflusst wird. Beispielsweise können offensichtliche Ergebnisse von Experimenten nicht richtig gedeutet werden, weil aufgrund anderer Erlebnisse ein deutlich anderes Resultat erwartet wurde. Andererseits kann es aber auch zu einer Situation kommen, in der das Vorwissen schlichtweg falsch oder zumindest nicht ganz richtig ist. Denn Alltagsvorstellungen haben sich in früheren Situationen vielleicht schon bewährt und deshalb will man diese nicht überdenken oder verändern. An dieser Stelle gilt es, den Konzeptwechsel anzusetzen, damit der Übergang von einem bereits bekannten Konzept (z.B. den Alltagsvorstellungen) zu einem neuen, korrekteren Konzept (nämlich dem aus einer wissenschaftlichen Sichtweise) erleichtert wird. In diesem Zusammenhang soll allerdings nicht einfach das alte Konzept durch das neue ersetzt werden. Vielmehr geht es darum, die Lernenden von dem wissenschaftlichen Phänomen zu überzeugen und somit ein neues, überarbeitetes Konzept zu etablieren.¹³⁰

Der Ablauf während eines Konzeptwechsels ist dabei immer von derselben Charakteristik. Zuerst muss eine Unzufriedenheit („Dissatisfaction“) ausgelöst werden. Falls die üblichen

¹²⁷ Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschule Lernumgebungen, S. 18.

¹²⁸ Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschule Lernumgebungen, S. 18.

¹²⁹ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 879.

¹³⁰ Reinders Duit, Alltagsvorstellungen und Physik lernen., In: Physikdidaktik in der Praxis (Springer, Berlin, Heidelberg 2002), S. 1-26, hier S. 12-13.

Alltagsvorstellungen unzureichend sind, muss das vorhandene Wissen erweitert und differenziert werden. Anschließend muss ein neues Konzept verständlich näher gebracht werden („Intelligible“). Die Aufgabe liegt darin, dass dieses Konzept nachvollziehbar und logisch für die Individuen ist. In manchen Fällen muss dabei viel Zeit für die Rechtfertigung beziehungsweise die Begründung der neuen Methode aufgewendet werden, um diesen Aspekt umzusetzen. Dadurch ist es möglich, das neue Konzept glaubhaft und innerlich überzeugend zu machen („Plausible“), damit es von wissbegierigen Personen angenommen wird. Abschließend muss noch geprüft werden, ob das Konzept auch fruchtbar („Fruitful“) ist.¹³¹ Dazu muss dessen Tauglichkeit in Bezug auf bestimmte Situationen geprüft werden. Vorrangig muss untersucht werden, ob das neue Konzept erfolgreich auf neue Sachlagen übertragen werden kann¹³²

Zusammenfassend kann der Konzeptwechsel also durch folgende vier Bedingungen charakterisiert werden:¹³³

- Unzufriedenheit der Lernenden mit ihren bereits vorhandenen Vorstellungen
- Logische Nachvollziehbarkeit des neuen Konzepts
- Intuitive Plausibilität des neuen Konzepts
- Tauglichkeit des neuen Konzepts

Obwohl dieser Ablauf beim didaktischen Prinzip des Konzeptwechsels eingehalten werden muss, darf der Prozess nicht als strikt linearer und abrupter Ablauf verstanden werden. Vielmehr ist es ein Prozess der Akkommodation, welcher unregelmäßig und stückweise vonstattengeht. Aus diesem Grund ist dieser Vorgang meistens auch sehr zeitintensiv. Der „Conceptual Change“ ist also ein gradueller Prozess zur Umstrukturierung von Zwischenvorstellungen. Dabei können bisherige Vorstellungen weiter bestehen, wobei aber neue Ideen erzeugt werden, welche dem Kontext angemessener sind. Diese Vorstellungen können als Verknüpfung alltäglicher Ansichten mit wissenschaftlichen Erklärungen entstehen. Mit zunehmender Zeit aber wird dem wissenschaftlichen Zugang immer mehr Bedeutung zugestanden, sodass er einen höheren Status erhält als die vorhandenen Alltagsvorstellungen.¹³⁴

Der Konzeptwechsel kann aber auch dahingehend verwendet werden, um Lernende in kognitive Konfliktsituationen zu bringen. Dieser Konflikt kann sich auf drei Arten äußern: durch den Gegensatz zwischen einer Voraussage der Lernenden und dem tatsächlichen

¹³¹ Thomas Benesch, Magdalena Winkler, Conceptual Change: Anwendungsbeispiele in der Sekundarstufe I., In: Open Journal for Research & Education, Ausgabe 6 (2016, R&E-Source), online unter: <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/318> (27.11.2018), S.2.

¹³² Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 914.

¹³³ Duit, Alltagsvorstellungen und Physik lernen, S. 13.

¹³⁴ Benesch, Winkler, Conceptual Change: Sekundarstufe I, S. 3.

Ausgang eines Experiments; durch einen Widerspruch zwischen der Vorstellung der Lernenden und den wissenschaftlichen Ansichten; durch kontroverse Ausführungen der unterschiedlichen Vorstellungen verschiedener Schüler und Schülerinnen.¹³⁵ Ein solcher Konflikt wird üblicherweise durch einen diskontinuierlichen Lernweg gestartet. Dabei wird versucht, die aktuelle Methode zu rekonstruieren. Das bedeutet, dass Schüler und Schülerinnen für Sachinhalte motiviert werden sollen, von denen sie normalerweise nicht überzeugt sind. Dies kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, dass die individuellen Erwartungen zu gewissen Ereignissen aus wissenschaftlicher Sicht nicht erfüllt werden. Dieser Konflikt sollte aber so gestellt sein, dass er von den Lernenden erkannt werden kann.¹³⁶

Als Beispiel könnte zunächst ein bestimmtes Phänomen oder eine Thematik erläutert werden. Nachdem die Wissbegierigen dieses verstanden haben und ausreichend Zeit hatten, sich darüber auszutauschen, wird ihnen ermöglicht, den weiteren Verlauf selbstständig zu erraten. Durch die spätere Einführung der wissenschaftlichen Sicht sollte im Idealfall ein Konflikt entstanden sein, welcher zu einer zusätzlichen Motivation führt. Danach ist es aber wichtig, die geführten Gedankengänge rückblickend nochmals zu betrachten, um diese durch wissenschaftliche Ideen anzupassen. Dadurch sollte gelernt werden, bei weiteren Beispielen die wissenschaftliche Sichtweise miteinzubeziehen.¹³⁷

Um die Motivation zu steigern, sich einem Konzeptwechsel zu stellen, kann ein möglichst hoher Grad an Selbststeuerung zugelassen werden. Dadurch werden persönliche Lernwege ermöglicht, welche auf den individuellen Vorerfahrungen basieren. Vor allem die Fähigkeit, bedeutsame Fragen erarbeiten zu können, soll dadurch gefördert werden. Damit geht auch die entsprechende Kompetenz einher, womit künftige Lernprozesse selbstständig angeregt werden, um aufwendige und komplexe Themenstellungen zu erarbeiten.

Motivationale Faktoren werden allerdings in jedem Fall durch fünf grundlegende Elemente begünstigt, welche sich auch auf naturwissenschaftliche Phänomene positiv auswirken. Erstens sind der Sinn, die Bedeutsamkeit und die Motivation zu klären. Zweitens müssen die individuellen Vorstellungen mobilisiert werden. Drittens gilt es, zahlreiche Konfrontationen in Gang zu setzen. Viertens sollen authentische Lern- und Forschungsaktivitäten ermöglicht und umgesetzt werden. Fünftens ist es unerlässlich, die individuellen Vorstellungen weiterzuentwickeln und gleichzeitig Kompetenzen auszubilden, welche eine Übertragung auf verwandte Problemstellungen ermöglichen.

¹³⁵ Benesch, Winkler, Conceptual Change: Sekundarstufe I, S. 2.

¹³⁶ Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 913.

¹³⁷ Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 914.

1. Sinn, Bedeutsamkeit und Motivation: Durch Inhalte, welche aus der Lebenswelt der Lernenden stammen, ist es möglich, die Motivation deutlich zu steigern. Wenn es gelingt, einen authentischen Kontext wissenschaftlich einzubetten, werden Individuen gefordert, sich intensiv mit der Problematik auseinanderzusetzen. Darüber hinaus kann die Bedeutsamkeit eines Lerninhaltes auch dahingehend gefördert werden, indem die künftige Relevanz im späteren Leben thematisiert wird. Somit steigt die Sinnhaftigkeit, sich mit den Inhalten auseinanderzusetzen, da diese später relevant sein können. Dieser Punkt ist allgemein sehr wichtig, wobei er in naturwissenschaftlichen Bereichen noch mehr Bedeutung erhält. Denn Lernende sind durch Alltags- und handlungsorientierte Beispiele besonders motiviert, sich wissenschaftliche Inhalte anzueignen.¹³⁸
2. Mobilisierung der individuellen Vorstellungen: Wie bereits beim konstruktivistischen Ansatz erwähnt, kann Wissen grundsätzlich nicht aus dem Nichts erzeugt werden. Vielmehr gilt es, die Vorerfahrungen zu aktivieren und auf diese Bezug zu nehmen. Durch die individuellen Vorgehensweisen wird Wissen somit durch die Verbindung von bereits bestehenden Informationen mit neu erworbenen Erkenntnissen erzeugt. Ohne eine Aktivierung der Vorerfahrungen kann keine vernünftige Wissensaneignung stattfinden.¹³⁹
3. Multiple Konfrontationen: Konflikte entstehen vorwiegend dadurch, dass Lernende durch unerwartete Ergebnisse an die Grenzen ihrer Vorstellungen gebracht werden. Das ist aber nicht die einzige Möglichkeit, zahlreiche Konfrontationen zu erwirken. Durch praktische Vermittlungsmethoden, wie Experimente oder haptische Lehrinhalte,¹⁴⁰ lassen sich Inhalte interessant vermitteln. Vor allem weil Experimente oftmals unterschiedliche Ausgänge haben beziehungsweise diese durch eine minimale Veränderung herbeigeführt werden können, können leicht Diskussionen in Gang gesetzt werden. Vor allem die verbale Auseinandersetzung mit anderen Lernenden führt im Idealfall dazu, die eigenen Sichtweisen nochmals zu überdenken, um schlüssigere Argumente finden zu können. Dadurch entsteht eine Form metakognitiver Denkstrukturen.¹⁴¹
4. Authentische Lern- und Forschungsaktivitäten: Vor allem Experimente haben auf Lernende eine authentische Wirkung. Durch das selbstständige Testen verschiedener Sachverhalte ist es möglich, dass individuelle Analysen zu einem „Conceptual Change“ führen. Dadurch erhalten alle Individuen die Möglichkeit, die gelernten Phänomene auf ihre Alltagswelt zu übertragen. Der gewonnene Bezug zur Lebenswelt festigt das Erlernte

¹³⁸ Benesch, Winkler, Conceptual Change: Sekundarstufe I, S. 3.

¹³⁹ Benesch, Winkler, Conceptual Change: Sekundarstufe I, S. 3.

¹⁴⁰ Unter haptischen Lehrinhalten sind Inhalte gemeint, welche bei der Wissensvermittlung angreifbar gemacht werden können.

¹⁴¹ Benesch, Winkler, Conceptual Change: Sekundarstufe I, S. 3.

nachhaltig und bietet zusätzlich eine positive Lernatmosphäre für kommende Problemstellungen.¹⁴²

5. Weiterentwicklung der individuellen Vorstellungen und Entwicklung von Kompetenzen: Um Wissen wirksam zu etablieren, ist es zuerst notwendig, dass das vorliegende Fachwissen kontextualisiert wird. Anschließend gilt es, diese spezifischen und gefilterten Inhalte zu dekontextualisieren, um dieses Wissen auf ähnliche Problemstellungen übertragen zu können. Um diese Schritte erfolgreich durchzuführen, sind gewisse Kompetenzen notwendig. Diese Fähigkeiten werden dadurch aber nicht erworben, sondern es wird damit lediglich ein Umfeld geschaffen, in dem die notwendigen Ressourcen gegeben sind. Ein Kompetenzerwerb findet erst dann statt, wenn diese Ressourcen aktiv genutzt und mobilisiert werden. Das heißt, dass eine Kompetenz keine simple Anwendung ist, sondern zuerst durch einen Mobilisierungsakt konstruiert werden muss.¹⁴³

Zusammenfassend heißt das, dass Lernen durch Konzeptwechsel oft mit einem kognitiven Konflikt zusammenhängt. Dieser Konflikt herrscht zwischen Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlichen Konzepten. Der „Conceptual Change“ hilft dabei, eine Balance zwischen Theorie und Experiment herzustellen. Genauer gesagt stellt er einen guten Ausgleich zwischen Instruktion und Konstruktion her, wobei mit Instruktion das geleitete Lernen mit Hilfe eines Experten oder einer Expertin gemeint ist. Konstruktion steht in diesem Zusammenhang für die selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente, sowie der Diskussion und Darstellung der Ergebnisse.¹⁴⁴

5.4 Lehrplanbezug

Das Exhibit Gomoku bietet im Rahmen eines außerschulischen Lernortes die Möglichkeit, die Relevanz des Unterrichts aufzugreifen. In der Kundmachung BGB1. II Nr. 185/2012 durch das Bildungsministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung ist der Lehrplan der Neuen Mittelschule ersichtlich. Dieser hat im Fach Mathematik die gleiche Gültigkeit für die AHS-Unterstufe. Darin ist zu lesen, dass „der Mathematikunterricht vielfältig miteinander verknüpfte Grunderfahrungen, wie das Erwerben von Problemlösefähigkeiten, welche über den Unterricht hinausgehen, ermöglichen soll.“¹⁴⁵

¹⁴² Benesch, Winkler, Conceptual Change: Sekundarstufe I, S. 3.

¹⁴³ Benesch, Winkler, Conceptual Change: Sekundarstufe I, S. 3.

¹⁴⁴ Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebung, S. 16.

¹⁴⁵ Auszug aus der Kundmachung BGB1. II Nr. 185/2012, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 71/2018, Lehrplan der Neuen Mittelschule, S. 62.

Außerdem ist es notwendig, dass „mathematische Grundtätigkeiten, wie kritisches Denken und insbesondere das Überprüfen von Vermutungen, zu entwickeln sind.“¹⁴⁶ Im Detail dazu heißt es im Lehrplan: „Die Schülerinnen und Schüler sollen in Verfolgung entsprechender Lernziele produktives geistiges Arbeiten, Argumentieren und exaktes Arbeiten, kritisches Denken, Darstellen und Interpretieren als mathematische Grundtätigkeiten durchführen, wobei sie dazu hingeführt werden sollen, Lernprozesse selbstständig zu gestalten.“¹⁴⁷

Um die Relevanz für das Exhibit Gomoku begründen zu können, muss vorerst klar gestellt werden, was unter dem Begriff „Problemlösen“ und „kritisches Denken“ verstanden wird. Nach der Ausführung dieser Begriffe wird im Kapitel 6 auf deren Relevanz in Bezug auf das Exhibit Gomoku eingegangen.

5.4.1 Problemlösen und ihre Wichtigkeit im Alltag

Schüler und Schülerinnen sehen sich bei diesem Aspekt des Mathematikunterrichts oft mit einer Situation konfrontiert, in der sie kaum Vorerfahrungen besitzen, beziehungsweise keine Handlungsmuster oder Lösungsideen kennen. Falls eine mathematische Aufgabe durch bereits erlernte Lösungswege bearbeitet werden kann, ist die Rede von einer Aufgabe mit Standardcharakter. Wenn die bereits erlernten Methoden zum Lösen nicht ausreichen, geht man von Aufgaben mit Problemcharakter aus. Auf eine Problemstellung können Kinder grundsätzlich über drei Möglichkeiten stoßen.¹⁴⁸

- Einerseits können Textbeispiele zu Problemen führen. Dies kann dann der Fall sein, wenn der Text zu abstrakt oder komplex formuliert ist. In diesem Fall ist es oft hilfreich, wenn eine Skizze angefertigt oder ein Spezialfall betrachtet wird. Ein größeres Problem liegt jedoch vor, wenn die Schüler und Schülerinnen mit dem Kontext der Aufgabe nicht vertraut sind. Vor allem wenn sie in diesem Bereich keinerlei Erfahrungen haben, kann das der Fall sein.¹⁴⁹ Ein klassisches Beispiel hierfür wäre es, wenn in der Textaufgabe Begriffe vorkommen, welche für die Schüler und Schülerinnen neu sind. Somit gelingt es nicht, die Aufgabe zu lösen, da ein wesentliches Verständnis für die Aufgabe fehlt. Um Problemlösebarrieren zu vermeiden, sollten einfache Einstiegsaufgaben gestellt werden, mit denen die Lernenden eher vertraut sind. Erst mit zunehmendem Alter und mehr Übung

¹⁴⁶ Auszug aus der Kundmachung BGB1. II Nr. 185/2012, zuletzt geändert durch BGB1. II Nr. 71/2018, Lehrplan der Neuen Mittelschule, S. 62.

¹⁴⁷ Auszug aus der Kundmachung BGB1. II Nr. 185/2012, zuletzt geändert durch BGB1. II Nr. 71/2018, Lehrplan der Neuen Mittelschule S. 61.

¹⁴⁸ Regina Bruder, Problemlösen lernen – aber wie? Ein altes, aber nicht befriedigend gelöstes Thema?, In: mathematiklehren – Die Zeitschrift für den Unterricht in allen Schulstufen, Nr. 52 (Erhard Friedrich Verlag, 1992) H 5212F, S. 6-12, hier S. 6.

¹⁴⁹ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 6-7.

sollten schwierige Aufgabenstellungen, welche nur mit einem größeren Aufwand gelöst werden können, aufgegeben werden.

- Zweitens erfordert die Findung einer adäquaten Lösungsidee oft viel Ausdauer. Dieser kreative Moment darf aber nicht zu kurz kommen und sollte unter keinen Umständen unterbrochen werden. Daher dürfen keine Probleme gestellt werden, bei denen mathematische Fachbegriffe, Formeln oder ein besonderes Verständnis notwendig sind, damit die Kinder nicht zu schnell das Interesse daran verlieren.¹⁵⁰
- Drittens muss darauf Bedacht genommen werden, dass eine Lösung noch lange nicht gefunden wurde, wenn es eine Lösungsidee gibt. Die Umsetzung dieser kann oft an den fehlenden mathematischen Fertigkeiten scheitern. Wenn zum Beispiel die richtige Gleichung gefunden wurde, die Lösung aber aufgrund von Umformungsfehlern falsch ist, können die Lernenden nicht zuordnen, wo der Fehler liegt. Da die Fehlerquelle nicht selbstständig entdeckt werden kann, führt das zu einem Desinteresse des Schülers oder der Schülerin. Durch eine systematische und zielgerichtete heuristische Schulung können aber Methoden und Techniken des Problemlösens erlernt werden.¹⁵¹

Folgende heuristische Strategien können Schülern und Schülerinnen helfen, eine Aufgabe mit Problemcharakter lösen zu können.¹⁵²

- Systematisches Ausprobieren: Dabei werden Probleme durch das Einsetzen möglicher Lösungen, wie zum Beispiel Zahlen, gelöst. Wichtig dabei ist, dass diese Zahlen systematisch gewählt werden, damit auch keine mögliche Lösung übersehen wird oder verloren geht.
- Entdecken eines Musters: Wenn aus der Aufgabenstellung ein gewisses Muster entdeckt werden kann, können erste Lösungsideen gefunden werden. Diese müssen anschließend noch erprobt und eventuell leicht angepasst werden, um zur Lösung zu führen.
- Wechsel des Standpunktes: Falls eine Aufgabe trotz intensiver Bearbeitung noch zu keinem Ergebnis geführt hat, ist es oft sinnvoll zu versuchen, die Problematik aus einer anderen Perspektive zu betrachten. Eine Möglichkeit wäre, die Lösung zu erraten und anschließend durch Abänderungen an die tatsächliche Lösung heranzuführen.
- Betrachten von Spezialfällen: Wenn eine Thematik auf den ersten Blick nicht plausibel erscheint, kann es hilfreich sein, sich gewisse Spezialfälle der Aufgabe anzusehen.

¹⁵⁰ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 7.

¹⁵¹ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 7.

¹⁵² Johann Humenberger, Proseminar „Problemlösen“ vom 04.10.2016, (Universität Wien, Fakultät für Mathematik, WS 2016/17).

- Extremfälle beachten: Ähnlich wie beim „Betrachten von Spezialfällen“ gilt es, besondere Fälle genauer zu untersuchen. Hierbei ist zum Beispiel gemeint, dass bei Extremwertaufgaben auch die Randpunkte kontrolliert werden, um etwas optimieren zu können.
- Rückwärtsarbeiten: Wenn Aufgaben mit Problemcharakter gegeben sind, wo die Lösung bereits vorgeben und der Lösungsweg gesucht ist, kann es hilfreich sein, von der Lösung rückwärts zu denken und so Schritt für Schritt auf die gesuchte Formel zu schließen.
- Lösen eines einfacheren, analogen Problems: Da die Mathematik aufbauend ist, ist es oft sinnvoll, bei Problemsituationen von zunächst einfacheren Beispielen auszugehen. Wenn diese gelöst werden können, kann der Versuch gestartet werden, diese Lösungsideen auf die komplexere Aufgabenstellung zu übertragen.
- Einzeichnen von Hilfslinien: Bei geometrischen Problemstellungen sind Hilfslinien oder Hilfsfiguren oft ein gutes Mittel, um eine erste Lösungsidee zu erhalten.
- Argumentieren durch einen Widerspruch: Arithmetische Formeln können in gewissen Fällen am einfachsten durch einen Widerspruch, einen sogenannten „indirekten Beweis“, gezeigt werden.
- Anfertigen einer Skizze: Bei Textaufgaben kann es einen enormen Vorteil bringen, wenn man sich zu dem gegebenen Sachverhalt eine Skizze oder Zeichnung anfertigt, um die Problematik besser verstehen zu können.
- Schubfachprinzip: Der Grundgedanke dieser heuristischen Methode liegt darin, dass die Problematik in gleich große Teilbereiche unterteilt wird. Falls es beispielsweise n Objekte gibt und es gelingt, diese auf $n-1$ Teilbereiche aufzuteilen, dann müssen in mindestens einem dieser Teilbereiche zwei Objekte vorkommen. Je nachdem wie die Aufgabenstellung formuliert ist, reicht diese Begründung dann für die Lösung aus. Da n aus der Menge der natürlichen Zahlen stammt, liegt der große Vorteil darin, dass die Teilbereiche nicht beliebig klein werden können.
- Unbegrenzter Abstieg: Wenn zur gesuchten Lösung eine kleinere Teillösung gefunden werden konnte, kann überprüft werden, ob sich dieser Schritt beliebig oft wiederholen lässt. Das bedeutet, dass es beliebig viele Teillösungen gibt, die jeweils kleiner und kleiner werden. Falls das der Fall ist, kann abhängig von der Aufgabenstellung leicht ein Widerspruch gefunden werden, wodurch die Strategie „Argumentieren durch einen Widerspruch“ zu tragen kommt.
- Vollständige Induktion: Diese Art der Beweisführung zu einer Idee findet vor allem im universitären Bereich Anwendung. Dabei gilt es, bestimmte Sachverhalte durch die Überleitung von einem Startwert zu unendlich vielen Folgewerten zu beweisen. Um diese

heuristische Strategie anzuwenden, bedarf es gewisser mathematischen Fähigkeiten, welche in der Schule kaum gelehrt werden.

Dabei ist es abhängig von der Aufgabenstellung, welche heuristische/n Strategie oder Strategien verwendet werden können, um die Lösung zu finden. Das bedeutet, die Reihenfolge der Auflistung gibt keine Reihung der Wichtigkeit zur jeweiligen Methode an.

Das Anforderungsniveau der Aufgaben kann von den jeweiligen Teilaufgaben abhängen. Dabei wird zwischen dem Grad der Formalisierung, dem Grad der Komplexität, dem Grad der Bekanntheit und den Ausführungsschwierigkeiten unterschieden. Der erste Parameter setzt sich damit auseinander, inwieweit bereits mathematische Symbolik verwendet wurde und welche speziellen Kenntnisse vorausgesetzt werden. Die Komplexität lässt Vergleiche mit bekannten Grundaufgaben zu und gibt auch Informationen darüber, ob Unterpunkte separat lösbar sind oder aufeinander aufbauen. Der Grad der Bekanntheit befasst sich nicht mit den inhaltlichen Informationen, sondern geht darauf ein, ob die Formulierung der Frage neu, ungewohnt ist oder bereits mehrfach behandelt wurde. Dabei hilft es, Analogien und Zusammenhänge zu ähnlichen Aufgaben zu suchen. Der letzte Parameter, jener der Ausführungsschwierigkeiten, beschäftigt sich mit der Realisierung eines Lösungsplanes. Dabei sollte im Hinterkopf behalten werden, ob es vielleicht einfachere Lösungswege gibt, oder ob es bessere Verfahren gibt, um das jeweilige, teils komplexe Datenmaterial zu bearbeiten.¹⁵³

Um Kinder für Aufgaben mit Problemlösecharakter begeistern zu können, muss zuerst die Schwierigkeit der Beispiele an deren Fähigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten angepasst werden. Anschließend sollten Anreize geschaffen werden, wodurch sie motiviert werden, sich intensiv geistig mit dem Sachverhalt auseinanderzusetzen. Eine Möglichkeit wäre, die Motivation durch Erfolgserlebnisse zu steigern.¹⁵⁴ Gleichzeitig sollte die Lehrkraft aber auch vorsichtig sein und nicht auf jede richtige Antwort eine positive Rückmeldung geben. Kinder fühlen sich nicht richtig wertgeschätzt, wenn sie erkennen, dass die Frage bewusst einfach gestellt wurde, nur damit sie ein Lob erhalten können. Der gegenteilige Effekt würde eintreten, da sie vielleicht zusätzlich von den Klassenkameraden und Klassenkameradinnen sozial benachteiligt werden.

Zudem kann die Motivation durch das Zulassen eines Irrtums erzeugt werden. Wenn Zeit zum Nachdenken eingeräumt wird, um die eigenen Fehler zu erkennen und auszubessern, können

¹⁵³ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 10.

¹⁵⁴ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 7.

Lernende an ihren eigenen Stärken und Schwächen arbeiten. Dazu sollte der Aspekt „Niemand ist perfekt“ thematisiert werden.¹⁵⁵

Durch Problemsituationen aus den Lebens- und Erfahrungsbereichen der Kinder können diese zusätzlich motiviert werden. Beispielsweise können sie sich mit den Aufgabenstellungen identifizieren, wenn...

- ... sie aus der Fragestellung konkret mathematische Aufgaben herleiten, diese systematisieren und auf typische Anwendungen beziehen können.
- ... es gelingt, durch systematische Wiederholungen elementarer Beispiele und Grundbegriffe das bereits Vergessene zu kompensieren.
- ... sie es schaffen, einen neuen Stoff so gut zu lernen, dass sie sich selbst Kontrollfragen stellen und eigene ähnliche Aufgaben erfinden können.
- ... der Lösungsprozess in Teilhandlungen aufgegliedert wird, sodass einzelne Schritte geübt werden können.
- ... den Lernenden gewisse Wahlmöglichkeiten gestellt werden, welche zum Beispiel auf das unterschiedliche Leistungsniveau eingehen.
- ... zuvor eine heuristische Schulung erfolgt ist, sodass die angehenden Erwachsenen etwaige Methoden und Techniken erlernen können, die ihnen helfen können, falls diese nicht mehr weiter wissen.¹⁵⁶

Wenn sich Kinder mit dem Problem identifizieren können, schaffen sie es auch, einen Alltagsbezug herzustellen. Bei der Bearbeitung der Problemstellungen sollte auf die unterschiedlichen Leistungsvoraussetzungen der Lernenden geachtet werden. Dazu können zusätzlich zur allgemeinen Aufgabe spezifische Arbeitsblätter bereitgestellt werden, welche zusätzliche Informationen und Hilfestellungen leisten. Dadurch kann der Lösungsprozess geleitet werden und die Schüler und Schülerinnen können selbst entscheiden, in welchem Tempo sie voranschreiten, indem sie selbst entscheiden, wie viele Zusatzblätter sie in Anspruch nehmen.¹⁵⁷

Wenn die Aufgabe gelöst werden konnte, sollte einseitiges Üben vermieden werden. Aus diesem Grund werden Folgeaufgaben so formuliert, dass die Kinder von dem erhaltenen Ergebnis ausgehen sollen und darauf aufbauend selbstständig eine andere Fragestellung formulieren. Durch das sukzessive Stellen sogenannter Umkehraufgaben wird ein

¹⁵⁵ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 7.

¹⁵⁶ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 8.

¹⁵⁷ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 11-12.

schematisches Einprägen von Rezepten verhindert und das Verständnis deutlich gesteigert. Somit können kommende Aufgaben flexibler bearbeitet werden.¹⁵⁸

Abschließend sollte auch immer dazu angeregt werden, die spezifischen Teilhandlungen in einer Art Reflexion nochmals durchzugehen. Zuerst wird wiederholt, wie die Problematik beschrieben wurde. Anschließend werden die möglichen Lösungswege nochmals durchgegangen und begründet, weshalb eine konkrete Methode verwendet wurde. Abschließend ist es noch wichtig, dass die Ergebnisse im Kontext interpretiert und gewertet werden. Der letzte Aspekt nimmt einen wichtigen Stellenwert ein, da somit die Ergebnisse selbstständig überprüft werden können und diese Kompetenz bei beinahe allen Textaufgaben notwendig ist.¹⁵⁹ Durch die Selbstreflexion muss auch eine kritische Denkweise berücksichtigt werden. Denn nur wenn man die individuellen Lösungswege kritisch betrachtet, können diese überprüft werden.

5.4.2 Kritisches Denken

Unter kritischem Denken versteht man im Allgemeinen eine entschlossene, zielgerichtete Entscheidung, welche in eine Interpretation mündet. Als nächstes wird diese analysiert, wodurch der erste aufgestellte Grundgedanke überprüft wird. Durch eine Evaluierung dieser beiden Prozesse ist es abschließend möglich, eine Schlussfolgerung zu ziehen. Diese Schlussfolgerung beschreibt den Abschlussgedanken über eine bestimmte Thematik. In manchen Fällen ist sie aber nicht zufriedenstellend, wodurch eine erneute Analyse notwendig ist. Wenn das Ergebnis aufgrund dieses Prozesses akzeptabel ist, wurden Fähigkeiten des kritischen Denkens angewendet.¹⁶⁰

Beim Etablieren von Fähigkeiten zum kritischen Denken ist es schwierig zu entscheiden, wie sich diese Fertigkeiten im Detail äußern. Denn Gedanken können nicht wirklich gemessen oder überprüft werden. Das bedeutet, dass es auch im Unterricht äußerst schwierig ist, kritisches Denken zu lehren, und noch schwieriger, dieses abzu prüfen. Denn es ist sehr zeitaufwendig, wenn jeder Schüler und jede Schülerin individuell getestet werden muss. Außerdem kann manchmal nur schwer entschieden werden, ob diese Fähigkeiten vollständig angeeignet werden konnten und ob diese in folgenden Situation selbstständig angewendet werden können.¹⁶¹

Im Allgemeinen lassen sich Fähigkeiten zum kritischen Denken leichter aneignen, wenn Personen neugierig, tolerant und ausdauernd sind. Denn mit diesen Eigenschaften wird es ihnen

¹⁵⁸ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 10-11.

¹⁵⁹ Bruder, Problemlösen lernen – aber wie?, S. 9.

¹⁶⁰ Shulman Herz, Critical-Thinking Skills in the Museum, S. 96.

¹⁶¹ Shulman Herz, Critical-Thinking Skills in the Museum, S. 96.

ermöglicht, sich einerseits bereitwillig auf neue Lernideen einzulassen und andererseits die notwendige Konsequenz mit sich zu bringen, um die erlernten Fähigkeiten zu festigen. Wenn jemand ein gutes Allgemeinwissen hat, kann kritisches Denken verbessert und intensiviert werden, da eine bessere Analyse durchgeführt werden kann. Außerdem lassen sich auch schneller Vergleiche zu anderen Bereichen herstellen, welche die ersten aufgestellten Gedanken überprüfen. Der vermutlich wichtigste Punkt ist jedoch, dass man möglichst vorurteilsfrei auf neue Themen eingehen kann und bereits manifestierte Überzeugungen überdenken kann. Denn wenn man strikt an alten Gedanken festhält, ist es schwierig, diese durch neuere, bessere zu ersetzen.¹⁶²

¹⁶² Shulman Herz, Critical-Thinking Skills in the Museum, S. 96.

6 Gomoku als Exhibit des HdMa

Bei der Entwicklung des Exhibits Gomoku ging es in erster Linie darum, den Besuchern und Besucherinnen des HdMa eine besondere Möglichkeit zu bieten, Mathematik anhand affektiven Lernverhaltens zu erfahren. Dadurch können Schüler und Schülerinnen die Freude an der Mathematik im Idealfall in ihre tägliche Welt mitnehmen, um mehr Motivation und Begeisterung für die künftige Aneignung mathematischer Inhalte zu zeigen.

Im Folgenden wird der Entscheidungsprozess für das Strategiespiel Gomoku genauer erläutert. Anschließend sollen die didaktischen Ziele, welche das Exhibit Gomoku verfolgen soll, klar ausformuliert werden.

6.1 Entscheidung für das Strategiespiel Gomoku als Exhibit

Das Strategiespiel Gomoku bietet einen sehr schnellen Einstieg, da die Standardregeln (siehe Kapitel 3.5.2) schnell zu erlernen sind. Somit ist den Schülern und Schülerinnen ein einfacher Zugang zum Exhibit möglich, wobei im ersten Entdeckungsprozess keine Explainer oder Explainerinnen benötigt werden. Während dieses Kennenlernprozesses spielt die Mathematik noch kaum eine Rolle. Mit zunehmender Beschäftigungszeit wird aber schnell klar, dass mathematische Strukturen eine wesentliche Rolle spielen, wenn man das Spiel gewinnen möchte.

Um den Entscheidungsprozess besser strukturieren zu können, wird dieser in eine mathematische, eine didaktische Relevanz, sowie in die Relevanz für das HdMa untergliedert. Somit stützte sich die Wahl für das Strategiespiel Gomoku als Exhibit für die Erlebniswelt sowohl auf fachmathematische als auch auf didaktische Überlegungen.

6.1.1 Mathematische Relevanz von Gomoku

Die Standardregeln von Gomoku lassen einen mathematischen Beweis zu, dass der Startspieler oder die Startspielerin bei einem perfekten Spiel garantiert gewinnt (siehe Kapitel 3.4.4). Das ist allerdings nur möglich, wenn die Startperson eine optimale Strategie verfolgt. Das Entdecken dieser Strategie ist jedoch ein aufwendiger und länger dauernder Prozess, welcher mit viel Praxis verbunden ist. Dieser Sachverhalt kann von großem Interesse sein, da dadurch die Motivation steigt, die Eigenschaften eines perfekten Spiels herauszufinden.

Grundsätzlich sind bei Gomoku wesentliche mathematische Strukturen zu erkennen. Beispielsweise ist das Spiel „Vier gewinnt“ weit verbreitet und ist aus diesem Grund einem Großteil der Bevölkerung bekannt. Durch die Erweiterung zu „Fünf gewinnt“ und dem

Verändern des Spielfelds ergeben sich mehr Möglichkeiten für das Setzen der Spielsteine. Wenn man mit dem Spiel „Vier gewinnt“ vertraut ist, sind diese Strukturen noch nicht allzu komplex und es kann ein schneller Einstieg gewährleistet werden. Bei Gomoku wird jedoch von Spiel zu Spiel relativ schnell erkannt, dass es wesentlich mehr Strategien gibt. Die große Anzahl an Gewinnstrategien verleiht dem Spiel eine mathematische Komplexität.

Wenn man sich mit den einzelnen Strategien befasst, sind teilweise komplizierte Denkweisen erforderlich, damit das Spiel nicht bereits nach ein paar wenigen Zügen verloren wird. Beispielsweise ist es nicht immer leicht zu erkennen, dass eine Offene 3er-Formation eine unmittelbare Reaktion des Gegners oder der Gegnerin nach sich ziehen muss. Vielmehr müssen Züge vorausgeplant werden, um etwaige gegnerische Gewinnsituationen besser abwehren zu können. Dazu kann es oft hilfreich sein, wenn man sich in die Lage des Gegenübers versetzt. Durch diesen Rollentausch können Strategien besser erkannt und in weiterer Folge auch besser blockiert werden.

6.1.2 Didaktische Relevanz von Gomoku

Beim konstruktivistischen Ansatz ist es für Schüler und Schülerinnen äußerst wichtig, dass sie außerschulische Erfahrungen machen. Somit können sie eine bessere Balance zwischen formellen und informellen Lerninhalten herstellen. Ein Besuch im HdMa bietet die Möglichkeit, einen interessanten Lehrausgang für eine Klasse zu organisieren, welcher langfristig auf die Lernenden einwirken kann. Außerdem gelingt es dadurch vielleicht, mehr Motivation für Mathematik in den Schulalltag mitzunehmen.

Aufgrund der zahlreichen Strategien von Gomoku sind grundlegende mathematische Kenntnisse erforderlich, um sich diese aneignen zu können. Dabei spielt unter anderem die Fähigkeit des Problemlösens eine bedeutende Rolle. Weil es sehr viele Strategien gibt, ist es für beide Spieler oder Spielerinnen deutlich schwieriger, die Taktik des Gegners oder der Gegnerin herauszufinden. Somit ist oft nicht klar, welcher Stein gesetzt werden muss, um nicht zu verlieren. Das bedeutet, Spieler und Spielerinnen werden vor beinahe jedem Zug einer neuen Problemsituation gegenübergestellt.

Außerdem lassen sich Aspekte des Problemlösens bei der Überleitung von „Vier gewinnt“ zu Gomoku feststellen. Einerseits lassen sich diese Strategien nur teilweise bis gar nicht auf das Spiel Gomoku übertragen. Denn die Gegebenheit, dass die Spielsteine bei „Vier gewinnt“ am Boden landen, verändert die Komplexität grundlegend. Das gibt bis zu einem gewissen Grad vor, dass sich die Steine berühren müssen. Bei Gomoku hingegen können die Spielsteine auch mehrere Felder voneinander entfernt gesetzt werden, wodurch mögliche Verbindungen zu

anderen Steinen schwieriger erkennbar sind. Das stellt die Informationssuchenden vor erste Problemstellungen. Durch zunehmende Spielpraxis können diese beseitigt werden, indem mit der Zeit immer besser die Verbindungen zwischen den Steinen erkannt werden können.

Ein weiteres Übergangsproblem von „Vier gewinnt“ zu Gomoku äußert sich in dem Punkt, dass die Gewinnstrategien nicht übertragen werden können. Zuerst ist es relativ schwierig in einem zweidimensionalen Raster sogenannte Doppelfallen zu bilden. Vor allem weil diese vom Gegner oder von der Gegnerin relativ leicht zerstört werden können. Durch das freie Setzen auf das zweidimensionale Spielfeld können aber sehr schnell komplexe Fallen gestellt werden, welche vor allem zu Spielbeginn leicht übersehen werden können. Damit dieser Übergang vom alten Konzept zu einem neueren, korrekteren überhaupt ermöglicht werden kann, ist die Anwendung eines Konzeptwechsels (siehe Kapitel 5.3) hilfreich. Dadurch kann es dem Besucher oder der Besucherin einfacher ermöglicht werden, sich die neuen Strategien von Gomoku anzueignen.

Zusätzlich kann der Konzeptwechsel dabei helfen, von den Denkweisen des „Straight forward“ mehr Abstand zu nehmen. Den Spielern oder Spielerinnen kann es dadurch ermöglicht werden, ihre Züge bewusst voranzuplanen. Sie sollten dabei immer weniger von Zug zu Zug, sondern weiter vorausschauend, denken, um mit zunehmender Spielpraxis komplexe Strategien entwickeln zu können.

Wenn sich Personen zum ersten Mal mit Gomoku auseinandersetzen, wird üblicherweise einfach nur gespielt. Erst sobald der erste Sieger oder die erste Siegerin feststeht, werden erste Anstrengungen unternommen, um die eigene Strategie zu optimieren. Hierbei sind die Fähigkeiten des kritischen Denkens von großer Bedeutung. Dadurch kann es gelingen, dass die eigene Spielweise analysiert wird und somit überarbeitet und angepasst werden kann. Durch zunehmende Zeit und Spielpraxis können dann die Ergebnisse zufriedenstellend werden, indem der Sieg erlangt wird. Im Idealfall setzt an dieser Stelle ein kritischer Gedankenprozess der gegnerischen Person ein, sodass die beiden einander ständig neu fordern können.

Ein weiterer Aspekt äußert sich darin, dass durch das kritische Denken bereits bekannte Strategien anderer Spieler oder Spielerinnen auf Gomoku übertragen werden können. Beispielsweise muss man beim Spiel Schach viele Züge vorausplanen, um einen strategisch guten Zug durchführen zu können. Auch das Hineinversetzen in die Lage des Gegenübers lässt dessen Strategien erkennen und somit leichter verteidigen. Ähnlich gestaltet sich dieses Verhalten bei Gomoku. Wenn man bereits gewisse Fähigkeiten erlangt hat, um die Verbindungen zwischen den Steinen zu erkennen, kann man verschiedene bedrohliche Situationen (siehe Kapitel 3.3) erzeugen und somit die gegnerische Verteidigung fordern.

Gleichzeitig gelingt es auch, durch einen Rollentausch der Farbe, dessen gefährliche Situationen leichter zu entdecken und nach Möglichkeit mit nur einem Verteidigungsstein mehrere Verbindungen zu unterbrechen.

6.1.3 Relevanz von Gomoku für das HdMa

In der Erlebniswelt des HdMa soll ein möglichst breites Angebot herrschen. Aus diesem Grund gibt es hier einerseits geschlossene und offene Exhibits (siehe Kapitel 2.3.1 und 2.3.2). Insgesamt sollten im Frühjahr 2018 drei neue Exhibits umgesetzt werden. Ein Exhibit befasste sich mit dem Spiel „Mu-Torere“ und eines mit dem Königsberger Brückenproblem. Ersteres ist der Kategorie der offenen und letzteres jener der geschlossenen Exhibits zuzuordnen. In der Erlebniswelt gab es zum Zeitpunkt der Ideensammlung neuer Exhibits beinahe doppelt so viele geschlossene (28) wie offene (15) Exhibits. Aus diesem Grund lag die Entscheidung nahe, dass ein weiteres offenes Exhibit umgesetzt werden sollte, um das Angebot ausgeglichener zu machen. Gomoku gilt als offenes Exhibit, da es ein Strategiespiel ist. Deshalb ist der Spielverlauf von den jeweiligen Denkweisen der Benutzer und Benutzerinnen abhängig, wodurch der Ausgang immer unterschiedlich ist.

Wie im Kapitel 2.3 bereits ausgeführt, ist es wichtig, die Besucher und Besucherinnen für ein Exhibit entsprechend zu motivieren. Am Spieltisch Gomoku kann eine Motivation durch das bereits bekannte Spiel „Vier gewinnt“ begründet werden. Denn viele Menschen kennen dieses Spiel und finden es daher ansprechend, ein neues Strategiespiel kennenzulernen, welches auf dem bekannten Spiel aufbaut. Somit kann die Freude geweckt werden, indem durch bereits bekannte Regeln eine neue Aufgabenstellung bearbeitet werden kann.

Ein weiterer Punkt, um die Begeisterung für das Exhibit zu wecken, ist das Interesse durch die emotionale Ebene zu fördern. Anhand von Gomoku äußert sich dies durch die Entwicklung eines persönlichen Ehrgeizes und eines bestimmten Siegeswillens. Denn wenn eine Person verliert, weil sie eine kleine Unachtsamkeit hatte, ist diese im Normalfall darauf aus, ein erneutes Spiel zu starten, um den eben begangenen Fehler auszubessern. Wenn dieser Ehrgeiz bei beiden Spielern oder Spielerinnen einsetzt, wird viel Zeit mit dem Exhibit zugebracht, wodurch die Motivation zu gewinnen ständig steigt.

Wie im Kapitel 2.3.3 bereits erwähnt, sind Exhibits erfolgreicher, wenn es mehrere Optionen gibt. Gomoku bietet zahlreiche Optionen, da sich jeder Spielverlauf durch die zahlreichen Möglichkeiten, einen Stein zu setzen, unterscheidet. Zusätzlich gibt es sehr viele verschiedene strategische Strukturen, wobei manche leicht herausgefunden, andere aber nur durch eine länger andauernde Beschäftigung entdeckt werden können. Gelingt es, ein APE (siehe Kapitel 2.4) in

Gang zu setzen, werden die ersten grundlegenden Anforderungen an das Exhibit erfüllt. Deshalb muss versucht werden, nicht die Anzahl der Strategien in den Vordergrund zu stellen. Vielmehr steht das selbstständige Herausfinden möglichst vieler Strategien im Fokus. Somit sollen die multiplen Optionen der Taktiken mit Freude und Motivation erarbeitet werden können.¹⁶³

Ein wichtiger Aspekt ist jedoch, dass das Leistungsniveau der beiden Personen möglichst gleich ist. Falls ein Spieler oder eine Spielerin deutlich besser ist, wird es für keine/n der beiden einen wirklichen Lerneffekt geben. Einerseits weil die bessere Person keinen kritischen Gedankenprozess initiieren muss, da sie ohnehin gewinnt, und andererseits weil die schwächere Person es aufgrund des Leistungsunterschieds auch mit einer Analyse der eigenen Spielweise nicht schaffen wird, die Strategie kritisch zu überdenken. Wenn das Niveau und die mentale Entwicklung annähernd gleich sind, können Prozesse in Gang gesetzt werden, die ein APE auslösen.

In diesem Zusammenhang spielt auch die Beharrlichkeit der Besucher und Besucherinnen eine wesentliche Rolle. Denn nur wenn sie eine gewisse Ausdauer mit sich bringen, kann es überhaupt gelingen, eine „aktivierende, anhaltende Beschäftigung“ zu initiieren. Wenn diese Charaktereigenschaften nicht erfüllt werden, können an dieser Stelle immer noch die Explainer und Explainerinnen eingreifen, um die didaktischen Lernziele (siehe Kapitel 6.2) zu vermitteln.

Erfolgreiche Exhibits in Museen sollten drei Basismerkmale, welche in Kapitel 2.3.3 angeführt wurden, auf jeden Fall erfüllen. Diese werden am Exhibit Gomoku gut umgesetzt, weil sich erstens durch ein ansprechendes Design, welches sich gut dem Umfeld anpasst, der erste Punkt („attracting power“) wiederfindet. Zweitens sollte mit Hilfe der Initiierung des APE eine „holding power“ erfüllt werden. Drittens können die Explainer und Explainerinnen auch dafür sorgen, dass die beabsichtigten Inhalte (siehe Kapitel 6.2) verstanden werden („communication power“) und in weiterer Folge auch selbstständig angewendet werden können.

Darüber hinaus werden auch die meisten der sieben spezifischen Indikatoren für erfolgreiche Exhibits erfüllt. Einerseits bietet der Tisch die Möglichkeit, die Praktizierenden von allen Seiten beobachten zu können. Andererseits können theoretisch auch mehrere Personen gleichzeitig daran arbeiten, wenn man beispielsweise davon ausgeht, dass jeweils zwei gegeneinander spielen. Offensichtlich kann der Tisch so konzipiert werden, dass er von Kindern und Erwachsenen gleichermaßen gut zugänglich ist. Zudem sind die mathematischen Schwerpunkte auch relevant für die Thematik des Problemlösens (siehe Kapitel 5.4.1), wodurch die

¹⁶³ Gutwill, Counterintuitive Phenomena, S. 190.

Sinnhaftigkeit des Exhibits im Kontext des spielerischen Lernens gegeben ist. Der Indikator der Lesbarkeit wird am Standort des HdMa vernachlässigt, da es nicht notwendig ist, die nötigen Informationen durch einen Fließtext bereitzustellen, weil die Museumsbetreuer und -betreuerinnen zur Verfügung stehen. In der Erlebniswelt des HdMa werden zwar vorwiegend kinästhetische Lerntypen angesprochen, durch die Explainer und Explainerinnen können aber auch auditive Lerntypen zufriedengestellt werden. Für visuelle Lerntypen könnten Informationskärtchen bereitgestellt werden, sodass diese nur bei Bedarf angewendet werden. Unterschiedliche Resultate werden erzielt, da durch die verschiedenen Spielsituationen das Spiel einen unterschiedlichen Verlauf aufweist und dadurch das Resultat ständig wechselt. Außerdem passt sich das Exhibit dem jeweiligen Leistungsniveau der Spieler und Spielerinnen an, da der Spielverlauf von deren Fähigkeiten abhängig ist.

Diese Niveauunterschiede müssen der jeweiligen Altersstufe angepasst werden. Somit ergeben sich konkrete didaktische Ziele, welche das Exhibit Gomoku erfüllen sollte.

6.2 Didaktische Ziele des Exhibits Gomoku

Das HdMa (siehe Kapitel 2.1) verfolgt in erster Linie das Ziel, Kindern den Spaß und die Begeisterung für die Mathematik näherzubringen. Hauptsächlich soll ihnen gezeigt werden, dass das Lernen von Mathematik nicht bloßes Rechnen bedeutet, sondern interessant und spannend sein kann. Aus diesem Grund sind in der Erlebniswelt Exhibits ausgestellt, welche leicht zugänglich sind und es den Besuchern und Besucherinnen ermöglichen sollen, die Mathematik erlebbar zu machen.

Das Exhibit Gomoku verfolgt daher auch in erster Linie den Zweck, die Freude an der Mathematik zu wecken. Durch die einfachen Regeln, den Spielecharakter und den damit verbundenen leichten Zugang zum Exhibit soll dies ermöglicht werden. Wie bereits im Kapitel 2.4 erwähnt, soll der Zugang aber nicht beim bloßen Spielen enden, sondern durch einen affektiven Lernprozess mathematische Fähigkeiten vermitteln. Aus diesem Grund wird das erste Lernziel dahingehend formuliert, dass das Exhibit Gomoku nicht nur Anlass zum bloßen Spielen geben soll, sondern vor allem eine „aktivierende, anhaltende Beschäftigung“ in Gang gesetzt werden soll.

Falls das nicht gelingt, müssen an dieser Stelle die Explainer und Explainerinnen einschreiten, um die mathematische Relevanz des Exhibits anzusprechen (siehe Kapitel 7.1.4). Falls aber ein APE einsetzt, sollte das Exhibit gewisse Problemsituation erzeugen, sodass es möglich ist, Fähigkeiten zur Problemlösung zu entwickeln und zu verbessern.

Ein weiteres didaktisches Ziel ist es auch noch, dass die Schüler und Schülerinnen durch das APE bestimmte Kompetenzen zum kritischen Denken ausbilden. Dies gelingt dadurch, indem die Spielverläufe rückwirkend analysiert werden und somit die Strategien ausgereift werden können. Wenn die Gefahr besteht, dass sich die Schüler und Schülerinnen nicht selbstständig mit dem Reflexionsprozess auseinandersetzen, sind wiederum die Explainer und Explainerinnen angehalten, Hilfestellungen und Anregungen zu bieten.

Das Exhibit soll natürlich nicht nur mathematische Kompetenzen vermitteln, sondern auch, abhängig von der jeweiligen Altersstufe, auf die Aneignung der Gewinnstrategien (siehe 3.3) abzielen. Für Kinder aus der Primarstufe reicht es, wenn die Steine willkürlich gesetzt werden und diese dadurch Verknüpfungen und einfache Strukturen in der Ebene erkennen können. Schließlich sollten sie mindestens erkennen, dass eine Offene 4er Formation mit Sicherheit zum Sieg führen wird. Für Besucher und Besucherinnen aus der Sekundarstufe I hingegen geht es darum, die spezifischen Gewinnstrategien herauszufinden. Das Entdecken eines Offenen und Unterbrochenen 3ers gilt als Minimalanforderung. Je nachdem wie lernfähig die Kinder an diesem Punkt sind, können auch mögliche Doppelfallen thematisiert werden.

Besucher und Besucherinnen der Sekundarstufe II hingegen sollten die Thematik des Offenen und Unterbrochenen 3ers schnell verstehen und sich im Normalfall auch früh mögliche Doppelfallen überlegen. Dabei ist es nicht wichtig, dass sie alle Doppelfallen kennenlernen. Vielmehr geht es darum, sich darauf zu konzentrieren, mehrere Züge vor auszuplanen, um anschließend eine gewinnbringende Sequenz zu finden.

Zusammenfassend können die didaktischen Lernziele des Exhibits Gomoku folgendermaßen formuliert werden:

- Initiierung einer „aktivierenden, anhalten Beschäftigung“ – APE
- Erlernen von Fähigkeiten zum Problemlösen
- Erlernen kritischen Denkens
- Erlernen bestimmter Spielstrategien in Abhängigkeit der jeweiligen Altersstufe

7 Designentwicklung des Exhibits Gomoku

Nachdem die Entscheidung für das Exhibit Gomoku durch die Verantwortlichen des HdMa bestätigt wurde, ging es darum, ein ansprechendes Design für das interaktive Ausstellungsstück zu entwickeln. Eine wesentliche Rolle spielte dabei, dass es sich in das aktuelle Bild der Erlebniswelt gut einfügt. Deshalb wurde das Design ähnlich der anderen Spieltische der Erlebniswelt konzipiert. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte erläutert, welche notwendig waren, bis das Exhibit beim Tischler in Auftrag gegeben und anschließend in der Erlebniswelt ausgestellt werden konnte.

Vor Beginn dieser Planungen wurde eine sogenannte Front-End-Analyse (siehe Kapitel 4.2) durchgeführt, wodurch erste Überlegungen zur Zielgruppe und zum Design getätigt wurden. Anschließend wurden praktische Überlegungen zum Strategiespiel an sich getätigt. Dabei spielte unter anderem die Relation des Spielfelds zur Tischgröße eine Rolle. Somit konnten die relevanten Informationen herausgefiltert werden, um diese in einem maßstabsgetreuen Plan zu formulieren. Nachdem das Exhibit Gomoku als eigener Spieltisch für die Erlebniswelt beim Tischler in Auftrag gegeben wurde, wurden die Anforderungen an die Explainer und Explainerinnen für dieses Exhibit konkretisiert. Gleichzeitig wurden relevante Informationskärtchen zur Spielbeschreibung, zu Hintergrundinformationen sowie Strategien entwickelt.

Da die Verantwortlichen des HdMa bereits viele Erfahrungen mit der Entwicklung und Umsetzung von Exhibits haben, gaben sie während dieses Prozesses viele konstruktive Hinweise und Verbesserungsvorschläge. Diese Unterstützung erfolgte mit Hilfe der formativen Evaluation (siehe Kapitel 4.1) und äußerte sich durch einen intensiven Austausch von E-Mails. Durch diesen Evaluationsprozess sollte das Exhibit Gomoku bestmöglich für die Besucher und Besucherinnen des HdMa zugänglich gemacht werden.

7.1 Front-End-Analyse

Aus den statistischen Daten der letzten Jahre konnte die Zielgruppe ermittelt werden. Dabei kamen in den letzten zwei Schuljahren (2016/17 und 2017/18) über 77 % der Besucher und Besucherinnen im Rahmen eines Lehrausganges in das HdMa. Aus dieser Besuchergruppe kamen an die 78 % aller Klassen aus der 5. bis 8. Schulstufe. Deshalb kann gesamt gesehen behauptet werden, dass mindestens 60 % der Gäste aus der Sekundarstufe I kamen. In den letzten beiden Jahren waren somit mehr als die Hälfte der Besucher und Besucherinnen in einem Alter zwischen 11 und 14 Jahren.

Die äußerlichen Rahmenbedingungen des Exhibits waren von Beginn an klar definiert, da es Teil der Erlebniswelt werden sollte. Das bedeutet, dass das Ausstellungsstück sich einerseits in die Erlebniswelt nahtlos einfügen sollte, andererseits aber gewisse charakteristische Merkmale aufweisen sollte, um den Ansprüchen eines Exhibits in der Museumsdidaktik gerecht zu werden.

Die Ziele, die das Exhibit erfüllen soll, sind mit den didaktischen Zielen gleichzusetzen. Diese sollten im Idealfall durch eine selbstständige Auseinandersetzung mit dem Exhibit erreicht werden können. Falls dies aber nicht möglich ist, können andere Faktoren, wie zum Beispiel verbale oder niedergeschriebene Hilfestellungen, in Betracht gezogen werden. Am Beispiel Gomoku könnten diese Ziele mit Hilfe von Informationskärtchen oder der Unterstützung durch Explainer oder Explainerinnen erreicht werden.

Darüber hinaus muss das Exhibit auch den Ansprüchen einer Lernumgebung im konstruktivistischen Sinn gerecht werden, damit bei der Auseinandersetzung mit dem Thema sinnvolles Lernen stattfinden kann.

Aufgrund dieser Überlegungen werden vorab die Rahmenbedingungen des Exhibits geklärt. Damit sind einerseits die praktische Entwicklung des Exponats und andererseits die allgemeine Charakteristik des Exhibits gemeint. Anschließend wird auf die Rolle der Explainer und Explainerinnen eingegangen und die Thematik von Informationskärtchen analysiert. Abschließend werden die Anforderungen an das Exhibit anhand der konstruktivistischen Lernumgebung erläutert.

7.1.1 Praktische Entwicklung des Exponats

Da sich das Exhibit Gomoku in die Umgebung der Erlebniswelt einfügen sollte, sollte der Tisch Ähnlichkeiten zu den bereits bestehenden Spieltischen im HdMa aufweisen.

Das Spiel Gomoku wird üblicherweise auf einem Go-Spielbrett gespielt. Ein Unterschied zum Spiel Go liegt aber darin, dass die Spielsteine nicht auf die Kreuzungspunkte der Linien, sondern in die Felder gelegt werden, damit der Spielverlauf übersichtlicher ist. Deshalb war eine erste Anforderung, einen Raster zu erstellen, sodass die Spielsteine übersichtlich gesetzt werden können. Damit aber ein adäquater Raster erstellt werden kann, wurden vorher noch die Größe und die Form der Spielsteine bestimmt.

Das Strategiespiel „Hex“, welches ebenfalls im HdMa ausgestellt ist, wird mit kleinen zylinderförmigen Holzsteinen (siehe Abbildung 7.1) gespielt. Da oft Teile verloren gehen und

ersetzt werden müssen, wurde mit Hilfe der Verantwortlichen des HdMa beschlossen, dass dieselben Spielsteine für Gomoku herangezogen werden.



Abbildung 7.1: Spielfeld Hex (links, Vogelperspektive), Spielsteine Hex (rechts)¹⁶⁴

Der hellere Holzbraunton sollte dabei für die Farbe Weiß und der dunklere Holzbraunton für die Farbe Schwarz stehen. Die Höhe der Stöpsel beträgt 1,9 cm und der Durchmesser liegt bei 2,2 cm. Anhand der Abbildung 7.1 links oben beziehungsweise unten ist ersichtlich, dass die Stöpsel jeweils in drei rechteckigen Vertiefungen gelagert werden können. Die Tischgröße ist durch eine Länge von 70 cm und einer Breite von 60 cm begrenzt.

Nachdem die Art der Spielsteine festgelegt wurde, sollte die Dimension des Spielfeldes bestimmt werden. Dabei sollten die Abstände der Felder nicht zu groß, aber auch nicht zu klein sein. Wenn die Abstände zu groß sind, ist aufgrund der Begrenzung des Tisches, keine vernünftige Lagerung der Spielsteine mehr möglich. Falls die Abstände zwischen den Feldern jedoch zu klein sind, wird das Spielfeld unübersichtlich und wirkt auf den ersten Eindruck erdrückend. Um die ideale Größe der Abstände zur Relation zur Tischgröße finden zu können, wurde mit Hilfe des Computerprogramms Geogebra eine Methode zur besseren Veranschaulichung mit Schiebereglern erstellt.

Anhand der Abbildung 7.2 ist ersichtlich, dass ein Abstand von 0 cm zwischen den Spielfeldern keine gute Übersicht über das Spielfeld zulässt.

¹⁶⁴ Monika Musilek-Hofer, 2018, Aufnahmen zur Verfügung gestellt von Mag.^a Dr. Monika Musilek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.

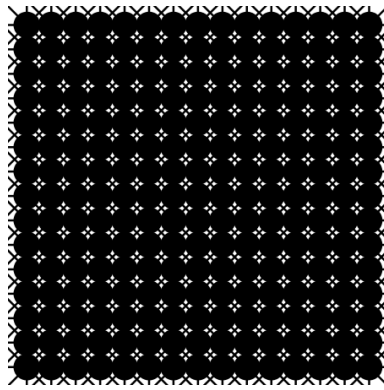


Abbildung 7.2: Spielfeldraster mit einem Abstand von 0 cm¹⁶⁵

Andererseits wäre ein Abstand von 2,2 cm, identisch mit dem Durchmesser der Spielsteine, zwischen den Feldern ebenfalls keine gute Idee. Erstens wirkt das Spielfeld dadurch viel zu weitläufig und zweitens würde somit das gesamte Spielfeld nicht auf einen vergleichbaren Tisch passen. Die Standardgröße von 60 cm würde nicht ausreichen, da die Summe von 15 Spielfeldern multipliziert mit 2,2 cm und 14 Zwischenräumen multipliziert mit 2,2 cm eine Gesamtlänge von 63,8 cm ergibt.

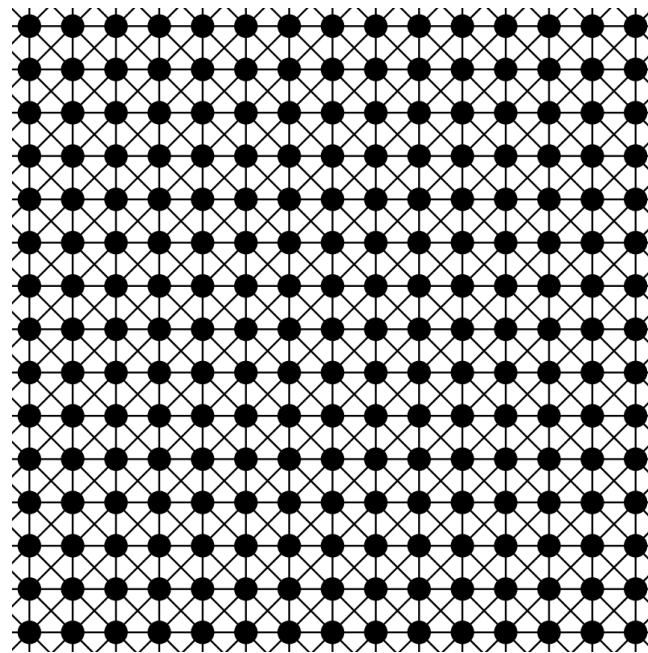


Abbildung 7.3: Spielfeldraster mit einem Abstand von 2,2 cm¹⁶⁶

Aus diesem Grund muss der Abstand zwischen 0 cm und 2,2 cm liegen. Daraufhin wurden Versuche gestartet bei denen die Abstände einerseits 0,4 cm, 0,6 cm, 0,8 cm, 1 cm und 1,2 cm gewählt wurden. Um die Relation besser nachvollziehen zu können wurden die zugehörigen Spielfeldgrößen auf Papier im Maßstab 1:1 ausgedruckt. Durch das Zusammenfügen zweier Blätter der Größe Din A3 konnte dann die Vorlage auf einen bestehenden Tisch in der

¹⁶⁵ Abbildung des Autors, 2019, erstellt mit GeoGebra.

¹⁶⁶ Abbildung des Autors, 2019, erstellt mit GeoGebra.

Erlebniswelt gelegt werden, um die Dimensionen zu veranschaulichen. Somit wurde gemeinsam mit den Verantwortlichen des HdMa ein Abstand von 0,6 cm beschlossen. Die Spielfeldlänge beträgt somit 41,4 cm und steht in einem Verhältnis von 1:0,59 verglichen mit der Länge, beziehungsweise 1:0,69 verglichen mit der Breite. Diese Relation ähnelt dem Goldenen Schnitt, welcher ein Verhältnis von 1:0,62¹⁶⁷ beschreibt.

Anschließend wurden erste Ideen zur Lagerung der Spielsteine gesammelt. Die Spielsteine sollten entweder in einer rechteckigen Vertiefung, ähnlich wie beim Spiel Hex, oder in einer eigenen Ablagebox gelagert werden. Nach Absprache mit den Verantwortlichen des HdMa wurde aber die Entscheidung getroffen, dass in den Tisch eine Box integriert wird, sodass die Spielsteine dort willkürlich abgelegt werden können. Die Farben sollten durch eine Trennwand in der Box getrennt werden. Das hat den Vorteil, dass am Ende des Spiels die Spielsteine nicht einzeln in die Ablage eingeordnet werden müssen, sondern willkürlich in der Box abgelegt werden können. Das zieht auch für die Explainer und Explainerinnen am Ende einer zweistündigen Führung Vorteile nach sich, da sie weniger Zeit benötigen, um die Spielsteine in ihre Ausgangslage zu bringen.

Die Größe der Ablageboxen wurde in Anlehnung an andere Spieltische der Erlebniswelt gewählt. Deshalb ergab sich eine rechteckige Grundfläche von 22 cm x 11 cm mit einer Tiefe von 11 cm. Diese Grundfläche wurde mit einer senkrechten Trennwand geteilt, sodass zwei Boxen mit den Abmessungen 11 cm x 11 cm x 11 cm entstanden. Somit ist der Raum ausreichend, um alle 50 Spielsteine in einer Boxhälfte unterzubringen.

Da es im HdMa bereits sehr viele farblich bunte Exhibits gibt, wurde davon Abstand genommen, die Spielsteine farblich zu verändern. Außerdem nutzt sich eine farbliche Oberfläche durch den ständigen Gebrauch mit der Zeit ab, wodurch die Spielsteine nicht mehr ästhetisch ansprechend wären. Darüber hinaus ist es auch nicht unbedingt notwendig, alle Tische farblich zu differenzieren, da in diesem Fall das Gesamtbild der Erlebniswelt gestört werden würde.

7.1.2 Erstellung des Plans

Nachdem diese Rahmenbedingungen geklärt waren, konnte ein Plan für den Tisch Gomoku angefertigt werden. Dieser wurde mit dem Computerprogramm Publisher2013 erstellt. Der Vorteil an diesem Programm liegt darin, dass schnell und übersichtlich Leitlinien erstellt werden können. Anhand dieser können Punkte und Gegenstände fixiert werden, sodass bei

¹⁶⁷ Für weitere Informationen siehe: Ricard A. Dunlap, The golden ratio and fibonacci numbers, World Scientific Illustrations (River Edge, 1997).

einer etwaigen späteren Änderung nur die Leitlinien verändert werden müssen und sich alle anderen Gegebenheiten automatisch anpassen.

Durch den Plan sollte die Dimension des Spielfelds nochmals in Relation zur Tischgröße gesetzt werden. Außerdem sollte der maßstabgetreue Plan für die Gespräche mit dem Tischler herangezogen werden, um mögliche Missverständnisse zu vermeiden.

Nachdem das Spielfeld aufgrund der Ablagebox nicht zentriert in der Mitte des Tisches angelegt werden konnte, wurde es an den Tischrand verschoben. Die Ablagebox sollte mit dem Spielfeld eine Einheit bilden, weshalb der Abstand dazwischen kleiner gewählt wurde als der Abstand zu den Tischenden. Die daraus resultierenden Maße sind in der Abbildung 7.4 ersichtlich.

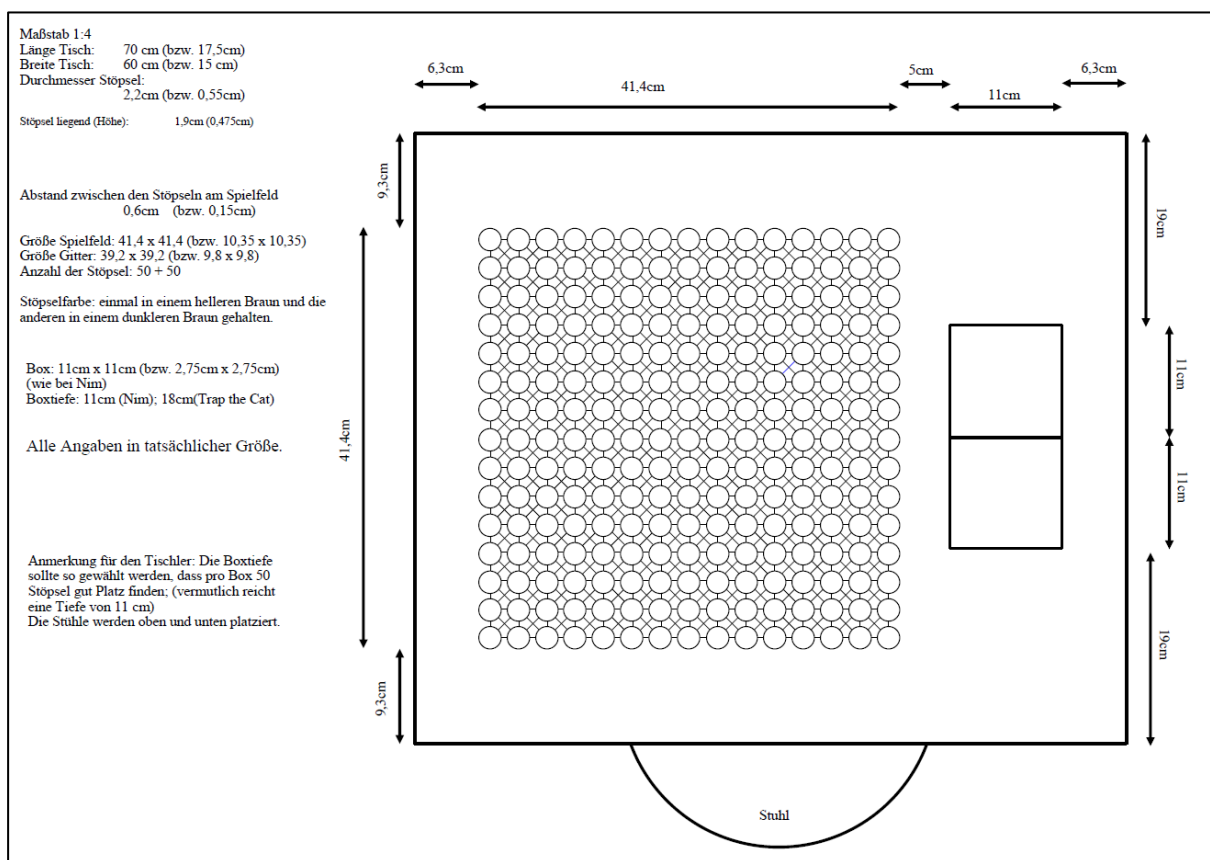


Abbildung 7.4: Plan des Exhibits Gomoku¹⁶⁸

Nach Absprache mit den Verantwortlichen des HdMa wurden diese Überlegungen bestätigt und es wurde ein persönliches Gespräch mit dem Tischler vereinbart.

¹⁶⁸ Abbildung des Autors, 2018.

7.1.3 Kommunikation mit dem Tischler

Dieses Gespräch fand am 15.02.2018 statt und hatte drei Themenpunkte. Neben dem Exhibit Gomoku sollten auch noch zwei weitere Exhibits, eines zum Königsberger Brückenproblem und eines zum Spiel „Mu-Torere“, besprochen werden. Während der Gespräche zum Exhibit Gomoku wurden dem Tischler die Pläne vorgelegt und die Einzelheiten besprochen. Einerseits wurde vermittelt, dass die linearen Einkerbungen zwischen den Feldern, welche diagonal, senkrecht und waagrecht verlaufen sollten, nur leicht in den Holztisch ausgefräst werden sollten. Denn die Einkerbungen sollten unter keinen Umständen dieselbe Tiefe wie die Spielfelder haben, da das Spielfeld ansonsten seine Struktur verlieren würde.

Anschließend wurden dem Tischler die Anforderungen an die Ablageboxen erklärt. Der Fachmann äußerte bei der Konstruktion der Ablageboxen im Tisch keine Bedenken, sodass nur die Abstände des Spielfelds zu den Tischenden geklärt wurden. Dabei erwähnte der Tischler nur, dass es eventuell zu Veränderungen kommen könne, falls diese eine leichtere Umsetzung des Tisches mit sich bringen würden.

Da es auf Seiten des Tischlers keine Verbesserungsvorschläge gab und auch sonst alle notwendigen Themen besprochen wurden, wurden noch Kontaktdaten ausgetauscht. Somit konnte der vorgefertigte Plan dem Tischler auch digital zur Verfügung gestellt werden und mögliche Rückfragen geklärt werden. Somit wurde die Umsetzung des Tisches offiziell in Auftrag gegeben.

Nach Fertigstellung wurde das Exhibit im HdMa ausgestellt und ergänzt seither die Erlebniswelt (siehe Abbildung 7.5 und Abbildung 7.6).

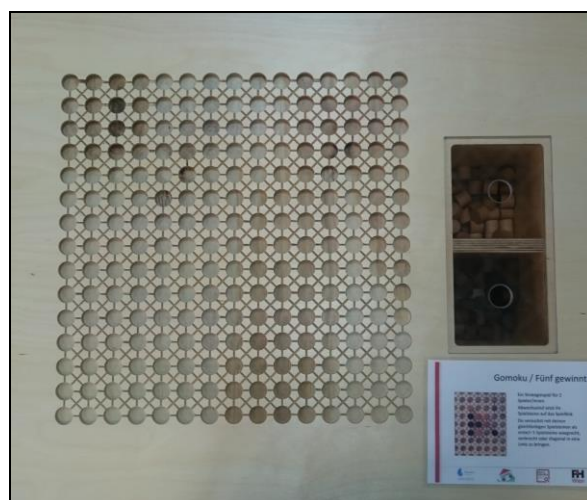


Abbildung 7.5: Spielfeld Exhibit Gomoku¹⁶⁹

¹⁶⁹ Monika Musilek-Hofer, 2018, Aufnahmen zur Verfügung gestellt von Mag.^a Dr. Monika Musliek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.



Abbildung 7.6: Exhibit Gomoku in der Erlebniswelt¹⁷⁰

7.1.4 Aufgaben der Explainer und Explainerinnen

Grundsätzlich ist das Exhibit Gomoku so konzipiert, dass eine erste Auseinandersetzung selbstständig möglich ist. Durch eine Spielbeschreibung, welche dem Tisch beigelegt wird, sind die grundlegenden Regeln ersichtlich. Falls sich die Lernenden aber nicht die Mühe machen wollen, einen kurzen Text zu lesen, kann ein Explainer oder eine Explainerin eine erste Aufgabe wahrnehmen und die Spielregeln erklären. Falls die Regeln selbstständig erarbeitet wurden, können Explainer und Explainerinnen im Hintergrund darauf Acht geben, ob auch alle Regeln eingehalten werden.

Eine weitere Aufgabe liegt darin, dass sie als Impulsgeber fungieren, um das Publikum für den Tisch zu motivieren. Dabei sollten sie versuchen, die Gäste dazu zu bringen, die tiefere Bedeutung des Exhibits zu hinterfragen. Denn somit können sie ihre eigenen Tätigkeiten besser verstehen und ein erweitertes Verständnis für andere Bereiche entwickeln.¹⁷¹ Zuvor müssen diese aber bei ihrem aktuellen Wissenstand abgeholt werden. Falls ihnen zu komplizierte Informationen geliefert werden, können sie dadurch keinen Lerneffekt erzielen. Vielmehr müssen Explainer und Explainerinnen darauf Bedacht nehmen, dass jede Person unterschiedliche Vorerfahrungen und ein individuelles Lerntempo hat. Somit muss das Wissen

¹⁷⁰ Monika Musilek-Hofer, 2018, Aufnahmen zur Verfügung gestellt von Mag.^a Dr. Monika Musliek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.

¹⁷¹ Adams, Museum Evaluation: Where Do We Need to Go Next?, S. 27.

auf diese Bereiche abgestimmt werden. Falls das gelingt, kann ein vertieftes Verständnis des Exhibits entwickelt werden.¹⁷²

Falls manche Besucher oder Besucherinnen nicht gewillt sind, sich einer Problemsituation zu stellen, sollte ein Explainer oder eine Explainerin darauf aufmerksam werden. Anschließend sollte versucht werden, die jeweilige Person zu motivieren sich mit der Situation auseinanderzusetzen. Eine dieser Situationen könnte zum Beispiel sein, dass eine Person zweimal hintereinander verloren hat und aufgrund von fehlender Motivation den Tisch wechseln möchte. Ein weiteres Beispiel könnte sein, dass die Person ihre Konzentration verliert, weil sie durch einen euphorischen Ausruf eines Mitschülers oder einer Mitschülerin abgelenkt wird.

Die wichtigste Aufgabe liegt aber darin, zu erkennen, wenn zwei Schüler oder Schülerinnen ein Spiel nach dem anderen spielen, sich jedoch keine tiefergehenden Gedanken dazu machen. Dadurch beschäftigt man sich zwar länger mit dem Exhibit, aber es wird kein APE initiiert, da die Auseinandersetzung nicht aktiv erfolgt. Dabei darf es nicht beim bloßen Spielen bleiben und die Kinder müssen zusätzlich motiviert werden, einen mathematischen Mehrwert von diesem Exhibit mitzunehmen.

Anhand des Exhibits Gomoku kann sich dies äußern, indem die Kinder aufgefordert werden, eine weitere Partie unter der Beobachtung eines Explainers oder einer Explainerin zu spielen. Sobald begonnen wird Steine zu setzen, kann assistiert werden, wo sinnvolle Verteidigungssteine gesetzt werden sollten. Gleichzeitig muss ein Reflexionsprozess thematisiert werden, wobei die Schüler und Schülerinnen selbst überlegen, warum ausgerechnet dieser eine Stein wertvoll für den weiteren Spielverlauf ist. Während des weiteren Spielverlaufs können Explainer und Explainerinnen das Spiel kurz unterbrechen und beide Spieler oder Spielerinnen auffordern, sich Gedanken über den gerade eben gesetzten Stein zu machen. Nachdem sie ihre Ideen präsentiert haben, kann eine bestimmte Taktik angeschnitten werden, die durch einen anderen Stein verfolgt werden kann.

Wenn Besucher und Besucherinnen am Exhibit experimentieren und von sich aus Fragen an die Explainer und Explainerinnen stellen, können diese gewisse Hilfestellungen bieten. Sie dürfen nach dem konstruktivistischen Ansatz aber nicht strikte Anweisungen geben und die Lösung präsentieren. Vielmehr sollen sie versuchen, eine Balance herzustellen zwischen Instruktionen und dem Entwickeln eigener Ideen durch die Lernenden.¹⁷³ Das bedeutet, falls die Besucher oder Besucherinnen am Exhibit Gomoku Fragen stellen, sollen diese nicht direkt

¹⁷² Duit, Rolle der konstruktivistischen Sichtweise, S. 906.

¹⁷³ Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebung, S. 18.

beantwortet werden. Stattdessen sollen konstruktive Möglichkeiten geboten werden, sodass die Interessierten selbstständig auf die gesuchte Antwort kommen. Das kann durch bewusst gestellte Gegenfragen provoziert werden. Andererseits wäre es auch möglich, Teilinformationen zu vermitteln, sodass mit Hilfe eigener Überlegungen die gesuchte Antwort gefunden werden kann.

In diesem Zusammenhang muss den Lernenden klar gemacht werden, dass sie selbst einen aktiven Beitrag leisten müssen, um etwas lernen zu können. Dabei reicht es nicht, Informationen auf sich einwirken zu lassen. Vielmehr müssen sie selbst gesteuerte Lernprozesse zulassen, um das erlernte Wissen verarbeiten zu können. Ein Explainer oder eine Explainerin nimmt dabei keine führende, sondern eine begleitende Rolle ein. Der Lernprozess wird unterstützt und nicht vorgegeben. Durch ausreichende Pausen, um nicht zu viele Informationen in kürzester Zeit verarbeiten zu müssen, kann ein selbstgesteuerter Lernprozess gestartet werden.¹⁷⁴ In diesem Zusammenhang ist es aber auch wichtig, dass die Explainer oder Explainerinnen möglichst objektiv bleiben. Auch wenn es nicht einfach ist, dürfen sie das Lerntempo nicht aufgrund persönlicher Vorlieben variieren, sondern müssen dabei auf die Bedürfnisse des oder der Lernenden eingehen.

7.1.5 Entwicklung einer Spielbeschreibung

Bevor eine Spielbeschreibung entwickelt wird, sollten die Rahmenbedingungen geklärt werden. Alle anderen Exhibits im HdMa haben Informationskärtchen des Formats DIN A6. Diese sind jeweils mit der Schriftart „ABeeZee“ beschriftet und laminiert. Deshalb sollten auch die Informationskärtchen zum Exhibit Gomoku dasselbe Format und dieselbe Schriftart aufweisen.

Da das HdMa ein breites Publikum empfängt und alle Arten von Menschen gleichermaßen berücksichtigt, ist es notwendig, eine Schriftart zu verwenden, welche gut leserlich ist. Denn die Ausgrenzung von Kindern mit Legasthenie oder Dyskalkulie muss unbedingt verhindert werden. Deshalb sollte eine serifenlose Schriftart gewählt werden, da die meisten legasthenen Menschen von Serifen¹⁷⁵ abgelenkt werden.¹⁷⁶ Außerdem sollten keine Buchstaben verwendet werden, welche grundsätzlich Spiegelungen voneinander sind. Beispiele dafür sind die Buchstaben „p“ und „q“, sowie „b“ und „d“. Zusätzlich dazu soll das Auge durch die Zeile geführt werden, sodass Kindern das Lesen möglichst einfach fällt. Damit ist gemeint, dass die

¹⁷⁴ Gerstenmaier, Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, S. 883.

¹⁷⁵ Serifen sind kleine Querstriche am Anfang und am Ende eines Buchstabenbalkens.

¹⁷⁶ Stephany Koujou, Mario Engel, Broschüre: Schriftarten für Legasthene Menschen, In: Legasthenie- und Dyskalkulietrainer – Im Dienste legasthener und dyskalkuler Menschen! (Juli 2013, Erster Österreichischer Dachverband), Online: <http://www.legasthenie.at/broschüre-schriftarten-fur-legasthene-menschen/>, S. 2-3.

Abstände der Buchstaben und Wörter so gewählt werden, dass diese ein flüssiges Lesen zulassen.¹⁷⁷

Ein wichtiger Punkt bei der Wahl der Schriftart ist der freie Zugang zu dieser. Viele Schulbücher verwenden eine eigens entwickelte Schriftart, wobei diese somit nur für dessen Verwendung bestimmt sind. Das bedeutet, dass Schulbuch-Schriftarten nicht verwendet werden dürfen. „Open Dyslexic“, „Andika Basic“, „Tiresias“, „Lexia-Readable“ und „ABeeZee“ sind die bekanntesten Schriftarten, welche die meisten Anforderungen an Personen mit Legasthenie oder Dyskalkulie erfüllen.¹⁷⁸

Die Schriftart „ABeeZee“ ist eine serifenlose Schrift, welche keine gespiegelten Buchstaben aufweist. Darüber hinaus wurde bei der Entwicklung auch auf die Buchstaben L-l, sowie I-i und 1 Rücksicht genommen. Da sich diese fünf Symbole sehr ähneln, wurde bei „ABeeZee“ speziell versucht, sie möglichst unterschiedlich zu gestalten. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 7.7 ersichtlich. Somit wird diese Schriftart allen Ansprüchen für Menschen mit Dyskalkulie oder Legasthenie gerecht. Darüber hinaus gehört sie zu den Google Webfonts, womit sie frei zur Verfügung steht, ohne eigens zitiert werden zu müssen.¹⁷⁹

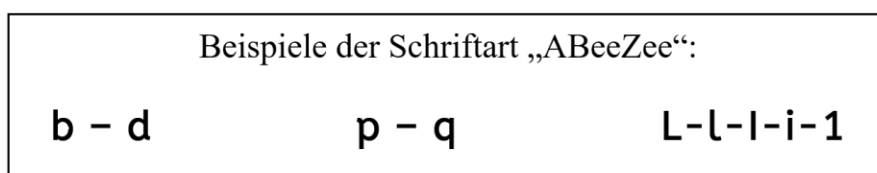


Abbildung 7.7: Beispiele der Schriftart „ABeeZee“

Bei der Ausformulierung wurden mit den Verantwortlichen des HdMa insgesamt drei Versionen diskutiert und besprochen.

¹⁷⁷ Koujou, Engel, Schriftarten für legasthene Menschen, S. 6-7.

¹⁷⁸ Koujou, Engel, Schriftarten für legasthene Menschen, S. 9-18.

¹⁷⁹ Koujou, Engel, Schriftarten für legasthene Menschen, S. 16-17.

- Spielbeschreibung, Version 1:

Auf dem Spielfeld dürfen abwechselnd Steine gesetzt werden.
Diese dürfen irgendwie verteilt werden.
Wer zuerst 5 Steine in einer Reihe (waagrecht, senkrecht, diagonal) gesetzt hat, hat gewonnen.

- Spielbeschreibung, Version 2:

Ein Strategiespiel für zwei Spieler/innen.
Abwechselnd setzt ihr Spielsteine auf das Spielfeld.
Du versuchst mit deinen gleichfarbigen Spielsteinen als erste/r fünf Spielsteine waagrecht, senkrecht oder diagonal in eine Linie zu bringen.

- Spielbeschreibung, Version 3:

Spielt zu zweit.
Setzt immer abwechselnd einen Stein auf das Spielfeld.
Sieger ist, wer als erste/r fünf Steine in einer Reihe (waagrecht, senkrecht, diagonal) gesetzt hat.

Diese Versionen wurden in einer Diskussionsrunde gegenübergestellt und auch Vor- und Nachteile untersucht. Die Version 1 wurde relativ rasch beiseitegelegt, da die Ausformulierungen zu sehr auf ein junges Publikum ausgerichtet sind. Aufgrund der direkten Anrede im dritten Satz der Version 2 wurden auch hierzu Bedenken geäußert. Deshalb wurde schließlich beschlossen, eine neue Version, welche die zweite und die dritte Version kombinierte, zu entwickeln. Somit einigte man sich auf folgende Version:



Abbildung 7.8: Vorderseite der Spielbeschreibung¹⁸⁰

Die Rückseite der Spielbeschreibung sollte geschichtliche Hintergrundinformationen zum Spiel Gomoku beinhalten. Außerdem sollte die Motivation für das Exhibit durch die Information zu

¹⁸⁰ Monika Musilek-Hofer, 2018, Aufnahmen zur Verfügung gestellt von Mag.^a Dr. Monika Musilek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.

einem perfekten Spiel gesteigert werden. Aufgrund der Informationen aus Kapitel 3.1 wurde somit die Rückseite folgendermaßen gestaltet:

Informationen

Der Name „Gomoku“ kommt aus dem Japanischen und ist etwas verkürzt, denn das Spiel heißt eigentlich

gomokunarabe (五目並べ)

go steht für fünf,
moku heißt so viel wie Stücke und
narabe bedeutet in einer Linie angeordnet.

Victor Allis zeigte in den 1990er, dass der Spieler, der beginnt, gewinnt, wenn er fehlerfrei spielt.

Aber wie spielt man „fehlerfrei“, welche Strategien gibt es?



Abbildung 7.9: Rückseite der Spielbeschreibung¹⁸¹

¹⁸¹ Monika Musilek-Hofer, 2018, Aufnahmen zur Verfügung gestellt von Mag.^a Dr. Monika Musliek-Hofer, Obfrau Verein Haus der Mathematik.

8 Evaluierung

Bei der Auswertung von Gomoku spielt überwiegend die Tatsache hinein, dass es durch ein qualitatives oder quantitatives Befragen nicht möglich ist, die gestellte Forschungsfrage zu beantworten. Allein die Frage, ob sie denn mehr Unterstützung benötigt hätten oder nicht, wäre bestimmt nur selten ehrlich beantwortet worden. Außerdem gilt es zu hinterfragen, ob die Motivation nicht zu sehr beeinflusst wird, wenn ihnen der Hintergrund einer Beurteilung bewusst gemacht wird. Somit wären Kinder vermutlich eher motiviert, den mathematischen Aspekt zu hinterfragen, als wenn sie im Grunde unter sich sind. Da aber genau die Selbstmotivation der Lernenden und die Intensität der Auseinandersetzung mit dem Exhibit im Vordergrund stehen, ist eine Befragung als Methode nicht sinnvoll. Aus diesem Grund findet die Methode der teilnehmenden Beobachtung Anwendung (siehe Kapitel 4.3).

In diesem Zusammenhang müssen keine Einverständniserklärungen der Besucher und Besucherinnen eingeholt werden. Zum einen würde eine derartige Konfrontation vor der Beobachtung das Verhalten beeinflussen und zum anderen werden keinerlei persönliche Daten erhoben. Deshalb sind ihre Handlungen authentisch und natürlich. Bei den Beobachtungsprotokollen¹⁸² wurden lediglich die Schulstufe und der Schultyp dokumentiert. Somit können keine späteren Rückschlüsse auf einzelne Personen geführt werden.

Außerdem wurde bei der Evaluierung die Methode der offenen teilnehmenden Beobachtung gewählt. Vor allem weil man als Explainer oder Explainerin ständig die Exhibits wechselt, sind sich die Kinder darüber bewusst, beobachtet zu werden. Im Normalfall bemerken diese aber nicht, dass sie evaluiert werden. Falls diese das dennoch bemerken, müssen die Explainer und Explainerinnen situationsabhängig entscheiden, wie sie an die Kinder herantreten. Entweder sie klären diese auf, oder es wird versucht, von der Thematik abzulenken.¹⁸³

Zusätzlich ist der in Kapitel 4.3 erwähnte Nachteil, dass eine teilnehmende Beobachtung den Grad der Systematisierung vernachlässigt, nicht weiter bedenklich. Denn zum Zeitpunkt der Evaluierung konnten sich die Besucher und Besucherinnen, vor allem durch das Aufwärmprogramm am Markplatz des HdMa, ausreichend mit den Explainern und Explainerinnen vertraut machen. Deshalb wird deren Anwesenheit die Testpersonen nicht irritieren, und es kann eine systematische Beobachtung durchgeführt werden.

Die Evaluierung dient in erster Linie dem Zweck, die eingangs erwähnte Forschungsfrage beantworten zu können. Diese handelt davon, ob es möglich ist, dass sich Lernende mit den

¹⁸² Die Beobachtungsprotokolle sind im Anhang ersichtlich.

¹⁸³ Bortz, Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, S. 267.

Gewinnstrategien auch dann auseinandersetzen, wenn kein Explainer oder keine Explainerin diese dazu anleitet. Das heißt, es steht die Frage im Vordergrund, inwieweit sich Kinder selbständig motivieren können, die Gewinnstrategien allein zu erarbeiten. Wenn sie von sich aus auf die Experten und Expertinnen zurückgreifen, ist das auch als selbstständig motivierter Lernprozess zu deuten.

Zusätzlich ist aber auch die Fragestellung interessant, ob die geplanten didaktischen Ziele (siehe Kapitel 6.2) von den Besuchern und Besucherinnen erreichbar sind und im Sinne des APE umgesetzt werden.

Diese beiden Fragestellungen standen bei der teilnehmenden Beobachtung im Vordergrund. Direkt nach den Beobachtungen wurden die Beobachtungsprotokolle, wie in Kapitel 4.3 ausgeführt, erstellt. Diese sind nach der Beobachtungsreihenfolge geordnet. Die erste Beobachtung am ersten Tag wird mit 1.1 bezeichnet, die zweite Beobachtung am ersten Tag mit 1.2 usw. Die dritte Beobachtung am 6. Beobachtungstag wird beispielsweise mit 6.3 bezeichnet.

8.1 Evaluierungszeitraum

Da die meisten Besucher und Besucherinnen, wie in Kapitel 7.1 bereits erwähnt wurde, aus dem schulischen Bereich in Form von Lehrausgängen in das HdMa kommen, sollte die Evaluierung vorwiegend mit Schulgästen durchgeführt werden. Dabei wurden keine konkreten Anforderungen an die Schulklassen gestellt, damit die Auswertung möglichst allgemein ausfällt.

Der Evaluierungszeitraum war der Monat Mai im Jahr 2018. In diesem Zeitraum besuchten insgesamt 179 Schüler und Schülerinnen das HdMa. Davon kamen sechs Klassen aus einer neuen Mittelschule (NMS) und drei Klassen aus einer allgemein bildenden höheren Schule (AHS). Insgesamt waren fünf Klassen der 8. Schulstufe, zwei Klassen der 7. Schulstufe und zwei Klassen der 5. Schulstufe zu Besuch. Die evaluierten Personen wurden zufällig und willkürlich gewählt. Einzige Voraussetzung war, dass sich die Personen momentan mit dem Exhibit Gomoku beschäftigten. Dabei wurden keine Anstrengungen unternommen, die Kinder bewusst für das Exhibit zu begeistern, da das bereits eine Form der Manipulation hätte sein können.

Zusammengefasst bedeutet das, dass im evaluierten Zeitraum insgesamt 23 Evaluierungen durchgeführt wurden. Dabei wurden 22 Paarungen aus Schülern oder Schülerinnen evaluiert und ein Schüler spielte mit einem Explainer. Dadurch ergaben sich 27 männliche und 18 weibliche evaluierte Personen.

8.2 Qualitative Auswertung der Beobachtungsprotokolle

Die Evaluierung beschäftigte sich mit der Forschungsfrage. Gleichzeitig sollten auch didaktische Informationen in Bezug auf das HdMa erhoben werden. In diesem Zusammenhang wurde beobachtet, inwieweit die didaktischen Ziele des Exhibits Gomoku (siehe Kapitel 6.2) von den Besuchern und Besucherinnen erreicht werden können, wenn sie sich mit dem Exhibit auseinandersetzen.

Aus diesem Grund wurden zwei Evaluierungsphasen durchgeführt: Während der ersten Phase haben sich die Explainer und Explainerinnen sehr passiv gegenüber den Testpersonen verhalten. Sie haben nur dann Hilfestellungen gegeben, wenn diese explizit gewünscht wurden. In der zweiten Phase hingegen haben Explainer und Explainerinnen eine aktive Rolle übernommen, indem sie Anregungen für das Exhibit gaben und gegebenenfalls unaufgeforderte Hilfestellungen leisteten. Vor allem wenn die Gefahr bestand, dass kein Lernprozess einsetzen würde, sind sie unterstützend auf die Lernenden eingegangen. Somit konnten diese beiden Phasen später gegenübergestellt werden, sodass Rückschlüsse auf die Forschungsfrage getätigt werden konnten.

Gleichzeitig wurde während jeder geführten Beobachtung versucht zu ermitteln, in welchem Ausmaß die didaktischen Ziele des Exhibits Gomoku erreicht werden konnten. Dazu wurde anhand der qualitativ geführten Beobachtungsprotokolle entschieden, ob die jeweiligen Ziele gänzlich, teilweise oder nicht erfüllt wurden. Dabei war es am schwierigsten zu entscheiden, ob ein APE initiiert werden konnte. Wie in Kapitel 2.4 erwähnt, steht APE für „Active, Prolonged Engagement“. Die Aspekte des „Active“ und „Engagement“, wie bereits beschrieben, werden in der Erlebniswelt ohnedies umgesetzt und werden bei der Evaluierung nicht weiter beachtet. Interessant ist aber, ob bei den Besuchern und Besucherinnen der Faktor des „Prolonged“ einsetzt und sie sich länger mit dem Exhibit beschäftigen. Anhand der vier Bereiche (physisch, intellektuell, sozial, emotional), welche notwendig sind, um einen APE initiieren zu können, wurde bei der Auswertung der Protokolle ermittelt, ob ein APE eingesetzt hat.

Die Entscheidung, ob die Gäste im HdMa Fähigkeiten zum Problemlösen erhielten, wurde aufgrund folgender Tatsache getätigt: Falls es den Rezipienten gelungen ist, sich Strategien von Gomoku selbstständig anzueignen und darüber hinaus in heiklen Spielsituationen mögliche Lösungen zu erarbeiten, kann dieses Ziel als erfüllt betrachtet werden. Falls allerdings strategisch wichtige Steine des Gegners oder der Gegnerin vernachlässigt werden, weil nur auf die eigene Strategie geachtet wird beziehungsweise keine Ideen für mögliche gewinnbringende Situationen entwickelt werden, wird dieses didaktische Ziel nicht als erreicht betrachtet.

Kritisches Denken setzt dann ein, wenn komplexe Gedankenstrukturen entwickelt werden, damit das Spiel gewonnen werden kann. Damit ist beispielsweise gemeint, dass eine Person einen Rollentausch vornimmt, um die Strategien des Gegners oder der Gegnerin zu erkennen. Zusätzlich sind damit Strukturen gemeint, sodass möglichst viele Spielzüge vorausgeplant werden, um die eigenen Strategien optimieren zu können. Wenn bei der Evaluierung diese Strukturen erkennbar waren, gilt das Ziel „Erlernen kritischen Denkens“ als erfüllt.

Ob das letzte didaktische Ziel („Erlernen bestimmter Spielstrategien in Abhängigkeit der jeweiligen Altersstufe“) erfüllt wird, war bei den Beobachtungen am leichtesten zu erkennen. Sobald erkennbar war, dass eine Offene oder Unterbrochene 3er Formation bewusst blockiert, oder bewusst zu einem Offenen 4er ergänzt wird, galt dieses Ziel als erfüllt.

Nach der qualitativen Auswertung der Protokolle wurde statistisch erhoben, welche Ziele gänzlich, teilweise oder nicht erreicht werden konnten. Dabei muss allerdings erwähnt werden, dass der Stichprobenumfang zu gering ist, dass diese Ergebnisse als repräsentativ bezeichnet werden können. Vielmehr geht es darum, einen Trend zu bestimmen. Darüber hinaus kann durch die qualitative Analyse, welche den Beobachtungsprotokollen zugrunde liegt, bestimmt werden, ob die Forschungsfrage erfüllt wird.

Die erste Beobachtungsphase besteht aus den ersten vier Beobachtungstagen. Die zweite Beobachtungsphase setzt sich aus den darauffolgenden fünf Beobachtungstagen zusammen. Insgesamt wurden zehn Beobachtungen getätigt, bei welchen Explainer oder Explainerinnen von sich aus keine Hinweise zum Exhibit gegeben haben. Demgegenüber wurden 13 Beobachtungen durchgeführt, bei denen sie eine aktive Rolle zur Unterstützung des Lernprozesses eingenommen haben.

8.2.1 Erste Evaluierungsphase (Protokolle 1-4)

Der Einstieg in die Evaluierung äußerte sich nicht sehr erfolgsversprechend. Protokoll 1.1 lässt keine Rückschlüsse auf das erfolgreiche Aneignen von Problemlösefähigkeiten zu. Lediglich Elemente des kritischen Denkens äußerten sich, da die zwei Schülerinnen ständig die Spielregeln hinterfragten und sich neue Gewinnregeln überlegten. Aufgrund dessen können auch keine Rückschlüsse auf das Erlernen bestimmter Spielstrategien geführt werden. Ein APE konnte nicht einsetzen, da die Spielerinnen nach einem Spiel den Tisch verlassen haben.

An diesem Tag wurden lediglich zwei weitere Schüler (Protokoll 1.2) bei der Auseinandersetzung mit dem Exhibit beobachtet, weil die übrigen Schülerinnen und Schüler kein Interesse für den Tisch Gomoku zeigten. Während dieser Beobachtung konnten keine didaktischen Ziele erreicht werden. Die beiden Kinder machten sich keine tiefergehenden

Gedanken, weshalb weder Problemlösefähigkeiten noch kritisches Denken geschult wurden. Deshalb konnten sie auch keine Strategien entwickeln, um die eigenen Gewinnchancen zu erhöhen.

Anhand von Protokoll 2.1 zeigte sich hingegen, dass eine Initiierung des APE zufriedenstellend stattfand. Durch eine Niederlage der jeweiligen Person wurde die Motivation gesteigert, sodass immer wieder versucht wurde, sich besser zu konzentrieren und Strategien umzusetzen. Mit fortlaufender Spieldauer konnten Offene und Unterbrochene 3er problemlos erkannt und verteidigt werden. Lediglich diagonal geführte Angriffe durch eine Unterbrochene 3er Formation wurden oft von beiden Personen übersehen. Deshalb mussten auch Doppelfallen gestellt werden, damit ein Gewinner bestimmt werden konnte. Die beiden Personen konnten aufgrund ihrer Arbeitsweise auch ihre Fähigkeiten zum Problemlösen und kritischen Denken erweitern. Durch das Herbeirufen der Mitschüler und Mitschülerinnen, wurden auch Elemente des Gruppenlernens umgesetzt.

Bei der Beobachtung 2.2 konnten grundlegende Strategien entdeckt werden. Die Anforderungen an diese Altersstufe wurden aber nicht gänzlich erfüllt. Vor allem die Bedeutung der Offenen 3er Formation hätte detaillierter untersucht werden müssen. Deshalb kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass wesentliche Fähigkeiten zum Problemlösen und zum kritischen Denken entwickelt werden konnten. Ein APE wurde zwar initiiert, hätte allerdings stärker ausfallen müssen, damit die beiden Personen einen vernünftigen Lernprozess starten hätten können.

Am dritten Evaluierungstag (Protokoll 3.1) konnten zwei Mädchen sehr schnell die altersadäquaten Gewinnstrategien finden und somit das vierte Ziel erfüllen. Aufgrund ihrer Herangehensweise wurden auch Strukturen zum Problemlösen sichtbar. Kritisches Denken konnte jedoch nicht erkannt werden, da sie sich nur auf die eigenen Strategien konzentrierten. Wie bereits bei der Evaluierung zuvor konnte ein APE initiiert werden, dieser hätte aber intensiver ausfallen müssen, um dieses didaktische Ziel zu erreichen.

Beim Protokoll 3.2 war ersichtlich, dass die Kinder drei der vier Ziele schnell erreichen konnten: Erstens äußerten sich Züge des Problemlösens, da schnell die Möglichkeit der Doppelfallen thematisiert wurde. Zweitens wurde kritisches Denken geschult, indem sie sich ausgiebige Gedanken zu den jeweiligen Strategien und deren Nutzen gemacht haben. Drittens wurden die geforderten Spielstrategien rasch erlernt und großteils auch während des Spielens verfolgt. Lediglich APE wurde nicht hinreichend erfüllt, weil nur ein Spiel durchgeführt wurde.

Der Einstieg bei Protokoll 3.3 zeigt, dass die Kinder zuerst nur gespielt haben. Bei diesen ersten Erfahrungen konnten aber bereits die Minimalanforderungen der Strategien erlernt werden.

Nach einiger Zeit etablierten sich Elemente des Problemlösens und kritischen Denkens, sodass auch Doppelfallen erlernt werden konnten. Anhand dieser Evaluierung kann auch die kontinuierliche Entwicklung des APE verfolgt werden, wodurch alle didaktischen Ziele erfüllt wurden.

Anhand von Protokoll 4.1 war ein rasches Erlernen der wesentlichen Strategien erkennbar. Aufgrund ihrer Herangehensweise, bereits vor dem ersten Spiel zu überlegen, lassen sich Problemlösestrategien erkennen. Da bereits einige Spiele durchgeführt wurden, konnte auch zunehmend ein APE einsetzen. Als sie von selbst die Hilfe eines Explainers beanspruchten, wurde versucht, die Fähigkeiten zum Problemlösen zu vertiefen und vor allem kritische Gedanken anzuregen. Bei der letzten Partie der Kinder wurden zwar eigene komplexe Strategien verfolgt, jedoch zu wenig auf die Strategien des Gegners geachtet. Deshalb wurde das zweite Ziel gänzlich und das dritte Ziel nur teilweise erfüllt.

Ein bloßes Spielen zeigte sich bei Protokoll 4.2 und Protokoll 4.3. In beiden Fällen konnten während den Beobachtungen keine konkreten Strategien erkannt werden. In weiterer Folge konnten daher auch keine Strukturen zum Problemlösen oder kritischen Denken entwickelt werden. Da sich die Kinder auch nicht sehr lange mit dem Exhibit beschäftigten, wurde anhand dieser Evaluierungen keines der didaktischen Ziele erreicht.

8.2.2 Zweite Evaluierungsphase (Protokolle 5-9)

Protokoll 5.1 erwies sich als Musterbeispiel für einen Vorgang, bei dem ein Explainer oder eine Explainerin zur Seite steht. Durch die situationsabhängigen Tipps des Explainers konnten die Kinder die grundlegenden Strategien schnell erlernen und darauf aufbauend kritische Denkweisen entwickeln. Mit der Zeit wurden die Strategien selbstständig angepasst, sodass auch Merkmale des Problemlösens inkludiert wurden. Aufgrund ihrer steigenden Motivation für das Exhibit wurde auch ein APE zufriedenstellend initiiert.

Protokoll 5.2 war dahingehend interessant, da die Kinder zwar selbstständig die strategischen Minimalanforderungen erkannten, aber nicht in der Lage waren, diese Formationen am Spielfeld zu erkennen. Während des Spiels unterhielten sie sich teilweise über ihre Strategien, sodass ihre Fähigkeiten zum kritischen Denken verbessert wurden. Beim letzten Spiel hat der Explainer zu zögerlich eingegriffen. Deshalb konnten Problemlösefähigkeiten nur bedingt entwickelt werden. Das Ziel, ein APE zu starten, wurde erreicht.

Das Protokoll 6.1 gibt ein negatives Beispiel für die geplanten Ziele an. Zwar konnten die Kinder die strategischen Merkmale selbstständig herausfinden, durch das Eingreifen der

Explainerin konnten sie aber keine weitere Motivation für das Exhibit aufbringen. Aus diesem Grund wurden die anderen drei Ziele nicht erreicht.

Bei der nächsten Evaluierung (Protokoll 6.2) wurde deshalb versucht, weniger Einfluss auf die Denkweisen der Kinder zu nehmen. Hierbei konnten die grundlegenden Strategien erlangt werden, sodass in weiterer Folge auch Problemlösefähigkeiten entwickelt werden konnten. Lediglich kritisches Denken wurde nicht ausreichend vermittelt. Aufgrund von äußeren Umständen wurde auch kein APE in Gang gesetzt.

Anhand des Protokolls 6.3 war zu erkennen, dass die Kinder, trotz der Hilfestellungen einer Explainerin, kein APE induzierten und den Tisch früh gewechselt haben. Bereits zuvor konnte beobachtet werden, dass wesentliche Strategien von den Schülerinnen erkannt wurden. Die anderen Ziele wurden aber bei weitem nicht erreicht.

Ähnlich wie bei Protokoll 6.1 und 6.3 war das Eingreifen eines Explainers bei der folgenden Evaluierung (Protokoll 6.4) negativ behaftet. Als die Schülerinnen noch selbständig spielten, konnten sie sich von Zeit zu Zeit immer mehr Strategien aneignen. In diesem Zusammenhang haben sie auch ihre Problemlösefähigkeiten verbessert. Während das APE einsetzte, wollte ein Explainer eingreifen, um ihnen kritisches Denken beizubringen. Die getätigten Erklärungen konnten die Schülerinnen aber nicht überzeugen eine weitere Partie zu spielen, sodass dieses Ziel nicht erreicht werden konnte.

Ein positives Beispiel bietet das Protokoll 7.1. Die Kinder haben bereits beim Erlernen der Regeln ihre Problemlösefähigkeiten beansprucht und haben sich die strategischen Minimalanforderungen selbständig beigebracht. Mit Hilfe des Explainers konnte auch ein APE initiiert werden. Lediglich kritisches Denken wurde zu wenig forciert, da die Kinder keine Anstrengungen unternommen haben, mehrere Züge vor auszuplanen.

Das Protokoll 7.2 zeigt, wie sich Kinder auch gegenseitig begeistern können. Dadurch, dass ein Mitschüler als Explainer fungierte, konnten zwei Mädchen schnell die geplanten Strategien erlernen. Durch ihre aufwendige Spielweise wurden auch die Ziele des Problemlösens und kritischen Denkens erfüllt. Ein APE wurde auch induziert, wobei sich das Einschreiten eines Explainers in diesem Fall negativ auf die Situation auswirkte. Nachdem Tipps nicht durch den Mitschüler, sondern durch den Explainer gegeben wurden, verloren die Schülerinnen das Interesse am Exhibit.

Die Kinder der Evaluierung des Protokolls 8.1 erfüllten alle didaktischen Ziele zur Gänze. Bereits beim Einstieg konnten sie ihre Vorerfahrungen von „Vier gewinnt“ nutzen und darauf aufbauend ihre Fähigkeiten zum Problemlösen und kritischen Denken erweitern. Die

Minimalanforderungen der Strategien wurden rasch erlernt und in weiterer Folge ergänzt. Ein APE konnte gut initiiert werden, sodass die beiden Schüler ein gutes Lernumfeld hatten.

Das darauffolgende Protokoll 8.2 gibt Aufschlüsse über die schnelle Lernfähigkeit von Kindern. Da sie einander bereits beobachtet hatten, konnten drei Ziele (Strategien, Problemlösen, kritisches Denken) schnell erfüllt werden. Durch ihren Ehrgeiz und die gegenseitige Motivation konnten in weiterer Folge bereits erste Anzeichen von Drohungsketten entdeckt werden. Dabei mussten keine Explainer oder Explainerinnen eingreifen, da sie sich gegenseitig assistierten. Zusätzlich setzte ein APE optimal ein, sodass diese Evaluierung als Musterbeispiel der geplanten didaktischen Ziele betrachtet werden kann.

Das Protokoll 9.1 hingegen ist wieder ein Negativbeispiel. Eine Explainerin wollte zwei Mädchen für das Exhibit motivieren, wobei sie ihnen die Spielregeln erklären wollte. Diese entschieden aber direkt im Anschluss, ein anderes Exhibit auszutesten.

Der Einstieg in das Protokoll 9.2 war sehr vielversprechend. Während der ersten Spielphase konnten die Kinder weitestgehend alle didaktischen Ziele erfüllen. Mit zunehmender Spieldauer veränderten sie die Regeln jedoch zu 7-Gewinnt und später zu 8-Gewinnt. Dadurch wurden die Fähigkeiten zum Problemlösen und kritischen Denken nicht wie geplant erweitert. Der APE und die strategischen Anforderungen wurden aber gänzlich erfüllt.

Anhand von Protokoll 9.3 zeigt sich, dass die Kinder abermals mit angepassten Regeln (7-Gewinnt) gespielt haben. Dadurch konnten wiederum Merkmale zum Problemlösen und kritischen Denken erfüllt werden, jedoch nicht wie ursprünglich geplant. Nachdem ein Explainer eingegriffen hatte und die Spielregeln zurücksetzte, wurden auch die strategischen Anforderungen erfüllt. Ein APE wurde erfüllt, da sie sich sehr intensiv mit dem Exhibit beschäftigten und es nicht nur beim bloßen Spielen blieb.

8.3 Statistische Auswertung

Da aufgrund der qualitativen Auswertung festgelegt werden kann, welche Ziele gänzlich, teilweise beziehungsweise nicht erfüllt wurden, können diese Daten statistisch erhoben werden. Zuerst soll untersucht werden, inwieweit die didaktischen Ziele erfüllt wurden, um Rückschlüsse bezüglich des Exhibits im Kontext des HdMa ziehen zu können.

Anschließend werden Analysen durchgeführt, welche auf die Forschungsfrage dieser wissenschaftlichen Arbeit eingehen.

8.3.1 Didaktische Informationen in Bezug auf das HdMa

Wenn man die erhobenen Daten zusammenfassend gegenüberstellt, ist anhand der Abbildung 8.1 ersichtlich, dass alle Ziele überwiegend erfüllt werden konnten. Lediglich das Ziel „Erlernen kritischen Denkens“ wurde am seltensten gänzlich erfüllt. Dies kann zum Teil auch daran liegen, dass kritisches Denken, wie in Kapitel 5.4.2 bereits erwähnt, nur sehr schwer abgeprüft werden kann. Da es um Gedankenstrukturen geht, ist es in weiterer Folge auch nur sehr schwer zu evaluieren. Somit kann der Lernerfolg bei kritischem Denken nur bedingt ermittelt werden.

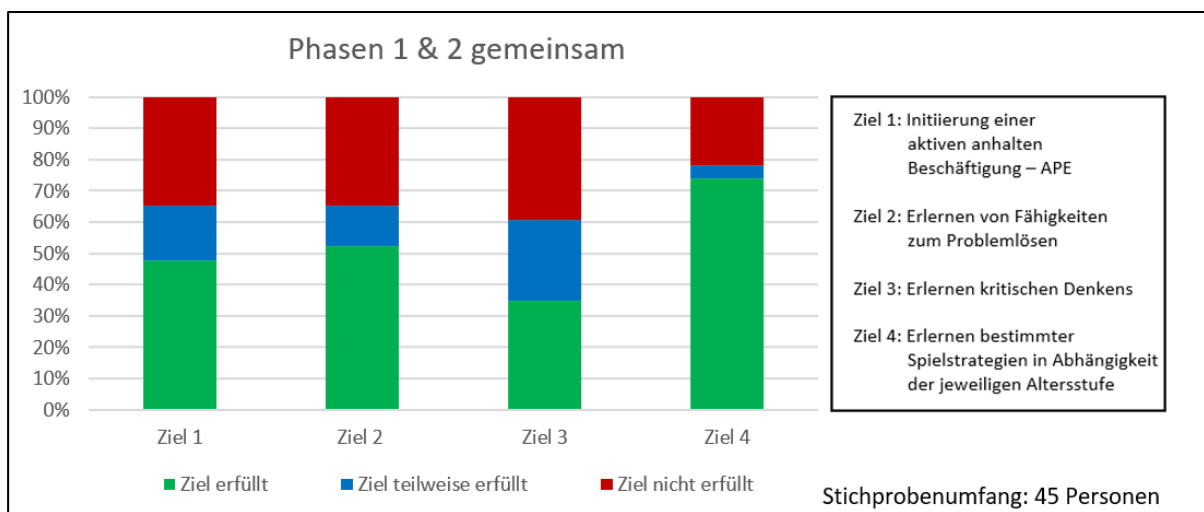


Abbildung 8.1: statistische Auswertung der Phasen 1 & 2

8.3.2 Beantwortung der Forschungsfrage

Die Auswertung der Evaluierungsphase 1 ist in Abbildung 8.2 ersichtlich. Dabei ist zu erkennen, dass die Ziele relativ gleichverteilt erreicht werden konnten, wobei die Strategien am häufigsten erlernt werden konnten. Anhand von Abbildung 8.3 zeigt sich, dass die Evaluierungsphase 2 deutlich positiver ausgefallen ist. Hier wurden mehr als die Hälfte aller Ziele entweder gänzlich oder zumindest teilweise erfüllt. Somit kann eine erste Aussage getätigt werden, dass das Erreichen der Ziele mit Hilfe von Explainern und Explainerinnen einfacher ist.

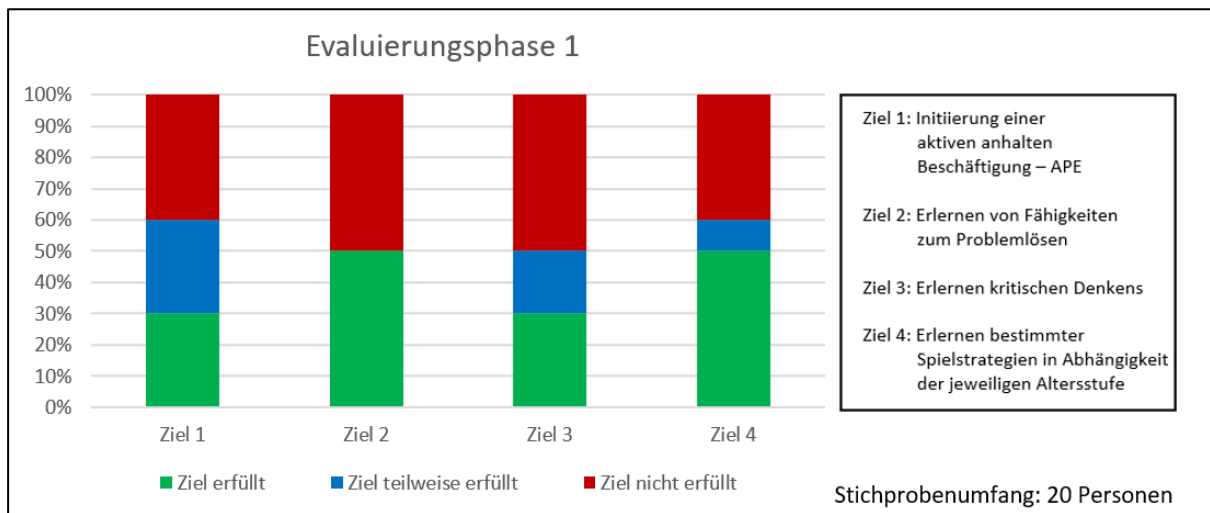


Abbildung 8.2: statistische Auswertung der Evaluierungsphase 1

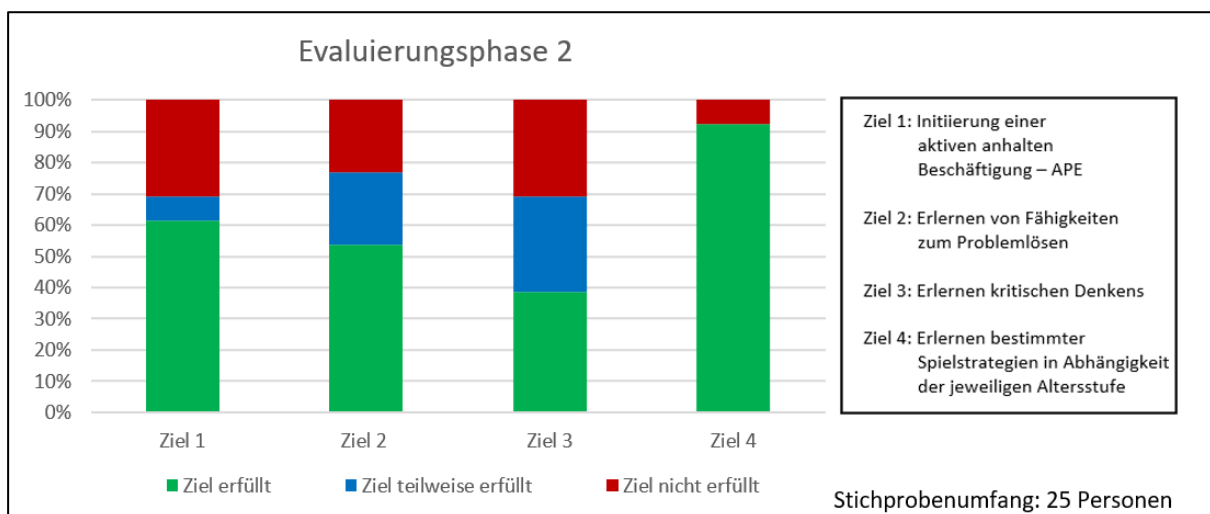


Abbildung 8.3: statistische Auswertung der Evaluierungsphase 2

Im Speziellen ergaben sich in der Erlebniswelt oftmals Situationen, in denen die Kinder Unterstützung benötigt hätten. Beispielsweise konnten bei der Evaluierung 2.2 und 3.1 gute Ansätze der Lernenden erkannt werden. Durch konkrete Anregungen hätte das Niveau deutlich gesteigert werden können, wodurch es leichter gewesen wäre, die geplanten Ziele umzusetzen.

In der ersten Beobachtungsphase war zu erkennen, dass ein Eingreifen eines Explainers oder einer Explainerin vermutlich einen besseren Lernerfolg für die Lernenden nach sich gezogen hätte. In Fällen, in denen kein APE einsetzte, wäre ein Eingreifen unbedingt notwendig gewesen, damit es für die Kinder nicht beim bloßen Spielen bleibt.

Bei der zweiten Evaluierungsphase zeigen die Protokolle 6.1, 6.4 und 7.2 negative Konsequenzen des Einschreitens der Explainer und Explainerinnen auf. An dieser Stelle wäre es vermutlich besser gewesen, die Schüler und Schülerinnen nicht zu unterbrechen. Dann hätten sie sich etwas länger mit dem Exhibit beschäftigt und womöglich bessere Lernerfolge erzielt.

Allerdings weisen sechs Protokolle (5.1, 5.2, 7.1, 7.2, 8.1 und 8.2) das überwiegende Erreichen aller Ziele nach. Lediglich bei der Evaluierung 5.2 konnten Problemlösefähigkeiten und bei 7.1 Fähigkeiten zum kritischen Denken nur teilweise erreicht werden.

Aufgrund der Auswertungen der zweiten Evaluierungsphase kann die Aussage getätigt werden, dass ein Lernfortschritt mit Hilfe der Explainer und Explainerinnen deutlich effizienter ausfällt. Obwohl auch Fälle eingetreten sind, in denen das Eingreifen eines Experten oder einer Expertin negative Auswirkungen hatte, kann aufgrund der vorliegenden Auswertungen gesagt werden, dass der Einsatz von Explainerinnen und Explainerinnen im HdMa einen großen Mehrwert für die Besucher und Besucherinnen hat.

8.4 Resümee

Bevor eine Conclusio getätigt werden kann, müssen verschiedene Einflussfaktoren bedacht werden. Zum einen spielt das private Umfeld des Besuchers beziehungsweise der Besucherin eine Rolle. Andererseits können Vorerfahrungen, Denkweisen sowie aktuelle Bedürfnisse und Ansprüche deren Lernverhalten beeinflussen. Somit lässt sich der Grad des Lernerfolges nur unter gewissen Gesichtspunkten evaluieren.¹⁸⁴

In diesem Fall spielen diese Gesichtspunkte eine unwesentliche Rolle, da die Aufgabe des HdMa nach Möglichkeit alle Besucher und Besucherinnen gleichermaßen ansprechen soll. Deshalb war es auch nicht notwendig, die Hintergründe der zu evaluierenden Personen zu ermitteln.

Aufgrund der vorliegenden Auswertungen kann im Allgemeinen behauptet werden, dass die Ansprüche des Exhibits an die Erlebniswelt im HdMa erfüllt werden. Auch wenn nicht alle didaktischen Ziele gleichermaßen erfüllt werden, so bekommt ein überwiegender Teil der Personen, die sich mit dem Exhibit Gomoku beschäftigen, die Gelegenheit, mathematische Fähigkeiten aus- und weiterzubilden.

Außerdem kann aufgrund der Beobachtungsprotokolle und der damit verbundenen Analyse eine Antwort auf die eingangs gestellte Forschungsfrage getätigt werden: Schüler und Schülerinnen können bei der Auseinandersetzung mit dem Exhibit Gomoku essenzielle Lösungsstrategien des zugehörigen Strategiespiels selbstständig herausfinden. Dabei muss aber erwähnt werden, dass die Hilfestellungen durch Explainer und Explainerinnen den Lernprozess anregen und beschleunigen können. Zusätzlich können Besucher und Besucherinnen des HdMa, vor allem im Zuge eines Lehrausganges, mathematische Fähigkeiten, wie

¹⁸⁴ Adams, Museum Evaluation: Where Do We Need to Go Next?, S. 26.

Problemlösefähigkeiten und kritisches Denken, erlernen, welche sie im Idealfall in den schulischen Alltag mitnehmen.

8.5 Ausblick der Evaluierung

Während der Beobachtungen zeigte sich, dass es oftmals sehr schwierig ist, alle für die Evaluierung wesentlichen Elemente zu bemerken. In weiterer Folge ist ein Niederschreiben unmittelbar nach der getätigten Beobachtung notwendig, damit nicht noch weitere Informationen verloren gehen. Während der Verschriftlichung des Protokolls kann es aber vorkommen, dass sich bereits weitere Besucher und Besucherinnen mit dem Exhibit beschäftigen und somit wiederum manche Hinweise verloren gehen. Deshalb ist es sinnvoll, wenn sich mehrere Personen mit der Evaluierung eines Themas beschäftigen. Einerseits können dadurch mehr spezifische Informationen gesammelt werden und gleichzeitig gewinnt die Evaluierung mehr Objektivität.¹⁸⁵ Aus finanziellen Gründen wurde die Evaluierung nur von einer Person durchgeführt. Da während der Beobachtungen keine konkrete Auswahl der Personen getroffen wurde, sollten die erhobenen Daten allgemeine Rückschlüsse ermöglichen. Im Rahmen größerer Evaluierungen sollte aber ein eigenes Team beauftragt werden, um eine umfangreiche Evaluierung durchzuführen.

Wie bereits in Kapitel 8.3.1 erwähnt, ist die Evaluierung des Lernerfolgs zum kritischen Denken sehr schwer durchführbar. Um dieses didaktische Ziel besser evaluieren zu können, müssten qualitative Befragungen durchgeführt werden. Die Fragen sollten dabei diverse Sachverhalte, Aufgaben oder Beispiele beinhalten, für die Fähigkeiten zum kritischen Denken notwendig sind. Die Erstellung des Fragebogens und die Durchführung der zugehörigen Evaluierung würde Umfang für eine eigene wissenschaftliche Arbeit bieten, wobei an die vorliegenden Auswertungen angeknüpft werden kann.

Ein weiterer interessanter Aspekt wäre zu erforschen, inwieweit die Vorerfahrungen in den Lernprozess zum Exhibit Gomoku einspielen. Dazu sollten Nachforschungen angestellt werden, wie viele Erfahrungen bereits mit anderen Strategiespielen gemacht wurden. Dadurch kann ermittelt werden, ob strategische Merkmale wie Doppelfallen oder Drohungsketten bereits aus anderen Spielen bekannt sind, oder diese tatsächlich aufgrund der Auseinandersetzung mit dem Exhibit erlernt werden konnten.

Außerdem könnte erforscht werden, ob ein Lehrausgang in das HdMa den schulischen Alltag dahingehend verändert, dass die Schüler und Schülerinnen mehr Motivation im Mathematikunterricht aufbringen. Dazu wäre eine qualitative Forschung spannend, welche eine

¹⁸⁵ Adams, Museum Evaluation: Where Do We Need to Go Next?, S. 30.

Klasse ein bis zwei Stunden vor und anschließend ein bis zwei Stunden nach dem Lehrausgang begleitet. Natürlich könnte eine solche Evaluierung auch einen längeren Zeitraum umfassen.

In diesem Zusammenhang wäre es auch vernünftig zu beobachten, wie sich die Kinder bei einem erneuten Besuch im HdMa verhalten. Folgende Fragen könnten dabei eine Rolle spielen: Beschäftigen sich die Besucher und Besucherinnen gleich zu Beginn mit dem Exhibit Gomoku? Wie viel Zeit verbringen sie im Vergleich zu anderen Exhibits mit dem Exhibit Gomoku? Können die Gäste an die bereits erlernten Strategien anknüpfen oder müssen sie sich wieder neu einarbeiten?

Zu erforschen, inwieweit das Lerntempo vom Alter abhängig ist, wäre ein weiterer wesentlicher Evaluierungsbereich. Dazu müssten das Alter der Lernenden erhoben und die Lernerfolge detaillierter festgehalten werden, um Rückschlüsse auf altersadäquate Lernfortschritte ziehen zu können.

9 Conclusio und Anknüpfungspunkte

Im Zuge der getätigten Forschungen kann behauptet werden, dass das Exhibit Gomoku den Anforderungen (siehe Kapitel 2.3.3) gerecht wird. Das Exhibit beinhaltet physische Anreize, sodass Besuchern und Besucherinnen der Einstieg erleichtert wird. Durch die didaktische Konzeption wird darüber hinaus auch ein Lernprozess ermöglicht, der im Idealfall länger andauert. In manchen Fällen hält die Begeisterung so lange an, dass auch Freunde, Freundinnen, Bekannte und Verwandte motiviert werden, sich mit der Thematik auseinanderzusetzen.

Grundsätzlich kann in Anbindung an diese Diplomarbeit das Exhibit Gomoku für das Projekt „HdMa on tour“ konzipiert beziehungsweise adaptiert werden. Ein Vorteil wäre, dass die mathematischen und didaktischen Forschungen nicht neu geführt werden müssen. Diese können an diese Arbeit anknüpfen. Manche Teilkapitel, wie die praktische Entwicklung des Exponats (siehe Kapitel 7.1.1), müssten jedoch neu erarbeitet werden. Ein besonderer Schwerpunkt könnte sein, welche Möglichkeiten es gibt, die Komplexität von Gomoku ohne die Unterstützung der Explainer und Explainerinnen bestmöglich zu vermitteln. Anschließend könnten die getätigten Überlegungen anhand einer verdeckten Beobachtung evaluiert werden.

Abschließend betrachtet ist es gelungen, ein neues Exhibit in die Erlebniswelt des HdMa aufzunehmen, welches die Mathematik den Besuchern und Besucherinnen durch konstruktivistische Lernmöglichkeiten näherbringt.

10 Literaturverzeichnis

- Marianna Adams, Museum Evaluation: Where Have We Been? What Has Changed? And Where Do We Need to Go Next?, In: Journal of Museum Education 37:2, (2012, Taylor and Francis Online), S. 25-35
- L. V. Allis, Searching for Solutions in Games and Artificial Intelligence, 1994, Phd.Thesis, University of Limburg
- L. Vicotr Allis, H. Jaap van den Herik, M. P. H. Huntjens, Eine Gewinnstrategie für Go-Moku, In: Spektrum der Wissenschaft 4 /1993 (Verlagsgesellschaft Spektrum der Wissenschaft), S. 25, online unter: <https://www.spektrum.de/magazin/eine-gewinnstrategie-fuer-go-moku/820801>
- L. Victor Allis, H. Jaap van den Herik, M. P. H. Huntjens, Go-Moku solved by new search techniques, In: Computational Intelligence, Vol 12(1), (1996, Boston MA & Oxford UK), S. 7-23
- Thomas Benesch, Magdalena Winkler, Conceptual Change: Anwendungsbeispiele in der Sekundarstufe I., In: Open Journal for Research & Education, Ausgabe 6 (2016, R&E-Source), online unter: <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/318> (27.11.2018)
- Jürgen Bortz, Nicola Döring, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Springer 2006 Heidelberg, S. 262-277
- Minda Borun, Jennifer Dritsas, Developing Family-Friendly Exhibits, In: Curator: The Museum Journal, Vol. 40(3), (1997, The California Academy of Sciences), S. 178-196
- Regina Bruder, Problemlösen lernen – aber wie? Ein altes, aber nicht befriedigend gelöstes Thema?, In: mathematiklehren – Die Zeitschrift für den Unterricht in allen Schulstufen, Nr. 52 (Erhard Friedrich Verlag, 1992) H 5212F, S. 6-12
- Reinders Duit, Alltagsvorstellungen und Physik lernen., In: Physikdidaktik in der Praxis (Springer, Berlin, Heidelberg 2002), S. 1-26
- Reinders Duit, Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung, In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 6, S. 905-923
- Ricard A. Dunlap, The golden ratio and fibonacci numbers, World Scientific Illustrations (River Edge, 1997)
- Jochen Gerstenmaier, Heinz Mandl, Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive, In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 6, S. 867-888
- Joshua P. Gutwill, Challenging a Common Assumption of Hands-on Exhibits: How Counterintuitive Phenomena Can Undermine Inquiry, In: Journal of Museum Education, 01 July 2008, Vol.33(2), S.187-198
- Jeff Kennedy, Marjorie Prager, A Review of “Visitor Voices in Museum Exhibitions” by Kathleen McLean and Wendy Pollock, (2007, Washington DC, Association of Science-Technology Centers), In: Visitor Studies, 11:2, (2008, Visitor Studies Association), 220-223

Stephany Koujou, Mario Engel, Broschüre: Schriftarten für Legasthene Menschen, In: Legasthenie- und Dyskalkulietrainer – Im Dienste legasthener und dyskalkuler Menschen! (Juli 2013, Erster Österreichischer Dachverband), Online: <http://www.legasthenie.at/broschure-schriftarten-fur-legasthene-menschen/>

Wilfried Laatz, Empirische Methoden: ein Lehrbuch für Sozialwissenschaftler, (1993 Thun)

Radu Marinescu, Rina Dechter, AND/OR Branch- and Bound search for combinatorial optimization in graphical models, In: Artificial Intelligence 173 (Elsevier 2009), S. 1457-1491

Monika Musilek, Volkmar Putz, Binärmeter – wie groß bist du?, In: Open Journal for Research & Education (2017, R&E-Source), online unter: <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/424>

Christoph Pawek, Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe, (2009 Kiel) Dissertation

Michael Pearce, „They said that the Glass is full of Friendship“, In: Journal of Museum Education 28:3, (2003, Taylor and Francis Online)

Rebecca Shulman Herz, Critical-Thinking Skills in the Museum, In: Journal of Museum Education 32:2 (2007 Routledge), S. 95-99

Maddalena Taras, Assesment - summative and formative - some theoretical reflections, In: British Journal of Educational Studies 53:4, (Routledge 2005), S. 466-478

Carey Tisdal, Active Prolonged Engagement at the Exploratorium (Selinda Research Associates, Inc., 2004)

Internetquellen

<https://boardgamegeek.com/boardgame/1295/pente>

https://www.exploratorium.edu/vre/ape/ape_intro.html

<http://gomokuworld.com/gomoku/3>

<http://hausdermathematik.at/>

<https://www.phwien.ac.at/die-ph-wien/institute/institut-fuer-uebergreifende-bildungsschwerpunkte-der-ph-wien/schwerpunktbereiche/regional-educational-competence-centre-naturwissenschaften-und-mathematik-recc-nawima>

<http://www.renju.net>

<https://www.welt.de/wissenschaft/article153070800/So-funktioniert-das-schwierigste-Brettspiel-der-Welt.html>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pente>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Connect6>

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Logo HdMa (links), Erlebniswelt HdMa (rechts)	4
Abbildung 2.2: Marktplatz HdMa (links), Rechenmaschine Bunzel Delton (Mitte), Exhibit Pythagoras (rechts)	6
Abbildung 2.3: Exhibit zur Fibonacci-Folge im HdMa	14
Abbildung 2.4: Binärmeter unbearbeitet (links), Binärmeter gelöst (rechts)	15
Abbildung 3.1: Spielfeld	23
Abbildung 3.2: möglicher Spielverlauf (Schwarz beginnt)	23
Abbildung 3.3: „Offener 4er“ (links), „Offener 3er“ (Mitte), „Unterbrochener 3er“ (rechts). ..	24
Abbildung 3.4: mögliche Doppelfallen	26
Abbildung 3.5: Beispiel für eine siegreiche bedrohliche Abfolge	27
Abbildung 3.6: bedeutungslose Drohungsketten (links), wertvolle Drohungsketten (rechts) .	29
Abbildung 3.7: Ausführung der Definitionen	32
Abbildung 3.8: Kombination von Bedrohungen	34
Abbildung 3.9: Modell zu einem „Und-Oder Baum“.	36
Abbildung 3.10: Beweissatz (links), Widerspruchssatz (rechts)	37
Abbildung 3.11: Starteinschränkung bei der professionellen Spielversion	41
Abbildung 3.12: 4x3-Gabel (links), Sieg für Weiß (rechts)	42
Abbildung 3.13: bevorstehende Gefangennahme (links), keine Gefangennahme möglich (rechts)	44
Abbildung 4.1: Beobachtungsplan der teilnehmenden Beobachtung	49
Abbildung 7.1: Spielfeld Hex (links, Vogelperspektive), Spielsteine Hex (rechts)	79
Abbildung 7.2: Spielfeldraster mit einem Abstand von 0 cm	80
Abbildung 7.3: Spielfeldraster mit einem Abstand von 2,2 cm	80
Abbildung 7.4: Plan des Exhibits Gomoku	82
Abbildung 7.5: Spielfeld Exhibit Gomoku	83
Abbildung 7.6: Exhibit Gomoku in der Erlebniswelt	84
Abbildung 7.7: Beispiele der Schriftart „ABeeZee“	87
Abbildung 7.8: Vorderseite der Spielbeschreibung	88
Abbildung 7.9: Rückseite der Spielbeschreibung	89
Abbildung 8.1: statistische Auswertung der Phasen 1 & 2	98
Abbildung 8.2: statistische Auswertung der Evaluierungsphase 1	99
Abbildung 8.3: statistische Auswertung der Evaluierungsphase 2	99

Anhang

Beobachtungsprotokolle

Bei den Beobachtungen wurde darauf geachtet, dass die Kinder nie offensichtlich beobachtet werden, sondern unbewusst evaluiert werden. Wenn ein Explainer oder eine Explainerin dem Spielgeschehen beiwohnte, um Tipps oder Ratschläge zu geben, wurde dies im Beobachtungsprotokoll vermerkt.

1. Beobachtungstag

Termin: 4.5.2018 (14:00 Uhr - 16:00 Uhr)

Klasse: NMS Gänserndorf

Schulstufe: 8

Anzahl: 14 Kinder (5 Mädchen, 9 Burschen)

1.1. Evaluierung: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 7 min; 2 Mädchen

Zwei Mädchen haben beim Tisch Platz genommen und ihnen wurden die Regeln von einer Explainerin erklärt. Noch bevor sie zu spielen begonnen haben, haben sie selbstständig die Regeln verändert, da ihnen diese zu komplex und schwierig waren. Bei deren Version konnte man nur gewinnen, wenn fünf in einer waagrechten oder senkrechten Reihe gelegt wurden. Die Regel, dass auch diagonale inkludiert werden, wäre ihnen zu unübersichtlich vorgekommen.	ca 1 min
Die Mädchen haben dann die ersten Steine gesetzt. Dabei wurde keine sichtliche Strategie verfolgt und es wurde auch nicht darauf geachtet, wo die Steine gesetzt werden. Sie haben zwischen ihren Zügen nicht nachgedacht und die Steine wurden sehr schnell am Spielfeld platziert. Da sie es jedoch verstanden, eine Offene 3er-Formation zu blockieren, löste eine solche Blockade oft Gelächter bei den zwei Schülerinnen aus. Nachdem es jedoch trotzdem einer der beiden gelang fünf Steine hintereinander zu legen, wurde kurz überlegt.	ca 3 min
Es veranlasste die beiden wiederum die Regeln auszuweiten. Jetzt sollten einfach alle Steine gesetzt werden und am Ende gewinnt diejenige, die öfter fünf in einer Reihe setzen konnte. Jetzt wurden wieder zusammenhanglose Steine gesetzt.	ca 2 min
Anschließend verloren die beiden Mädchen die Motivation und sie räumten die Steine weg, ohne eine Gewinnerin zu ermitteln.	ca 1 min

1.2. Evaluation: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 2 min; 2 Burschen

Zwei Burschen wurden die Regeln erklärt. Diese begannen daraufhin sofort Spielsteine zu setzen. Hierbei war keine konkrete Strategie zu erkennen. Aus diesem Grund wurden die gegnerischen Steine auch nicht blockiert und es gab	ca 2 min
---	----------

nach kürzester Zeit einen Gewinner. Die beiden Schüler räumten daraufhin die Steine weg und gingen zum nächsten Tisch.	
--	--

2. Beobachtungstag

Termin: 7.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Klasse: NMS Mödling

Schulstufe: 8

Anzahl: 17 Kinder (6 Mädchen, 11 Burschen)

2.1. Evaluierung: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 27 min; 2 Burschen

Nach der Erklärung haben sie nur sehr bedacht Steine gesetzt. Zwischen den Zügen wurde jeweils 5-10 Sekunden überlegt, bevor der nächste Stein gesetzt wurde. Die gefährliche Situation einer Unterbrochenen 3-er Formation konnte früh entdeckt und somit blockiert werden. Der erste Gewinner konnte dann über die Diagonale ermittelt werden. Mit der Niederlage der zweiten Person, wurde ihr Ehrgeiz geweckt und es wurde sofort eine „Revanche“ gefordert.	ca 3 min
Bei dem neuen Spiel wurde versucht, gegnerische 3er Formationen zu blockieren. Dabei wurden oft eigene diagonal erzeugte Offene und Unterbrochene 3er Konstellationen übersehen. Die beiden spielten so lange, bis die erste Person etwa drei Möglichkeiten und die zweite Person eine Möglichkeit hatte, um zu gewinnen. Dabei entdeckte wiederum die erste Person zuerst eine ihrer Optionen und gewann das Spiel.	ca 4 min
Da sich die Motivation des Verlierers weiter steigerte, wurde gleich das nächste Spiel begonnen. Ab jetzt wirkte es so, als ob die beiden die gleiche Strategie verfolgen würden: Einerseits den Gegner blockieren und gleichzeitig auf die Diagonalen achten. Obwohl sie nun beinahe Kopf an Kopf agierten, gelang es wieder der ersten Person weitere zweimal zu gewinnen.	ca 5 min
Daraufhin wurde vom zweiten Schüler ein Explainer um Hilfe gebeten. Da die Offene 3er Konstellation noch nicht bewusst verfolgt wurde, wurde diese nochmals angesprochen. Anschließend wurde das Spiel aktiv beobachtet, um auf gefährliche Situationen hinzuweisen. Da der erste seinen Vorteil als Startspieler ausnutzen konnte, stellte er auf 5:0	ca 4 min
Nach dem 5. Spiel war der Verlierer sichtlich demotiviert. Er wollte aber nicht aufgeben und versuchte sich noch besser zu konzentrieren. Da er nur auf gegnerische Formationen aufpasste, konnte dieser keine gefährlichen Situationen kreieren, beziehungsweise konnten seine Offensivaktionen gut blockiert werden. Unbewusst gelang es schließlich dem zweiten Spieler eine Doppelfalle zu erzeugen, womit er seine erste Partie gewinnen konnte.	ca 3 min
Anschließend wurden zwei weitere Freunde herbeigerufen, um ihnen die bereits gemachten Erfahrungen und Strategien mitzuteilen.	ca 2 min
Daraufhin durfte die zweite Person, welche zuvor ihren ersten Sieg gefeiert hatte, einen neuen Gegner begrüßen. Da er nun schon auf deutlich mehr Erfahrung zurückgreifen konnte, konnte er diese Partie für sich entscheiden. Eine Unterbrochene 3er Formation, welche diagonal gelegt wurde, wurde von seinem Gegenspieler übersehen.	ca 3 min

Der Gegner wollte aber gleich eine Revanche und von nun an verfolgte auch er eine defensive Strategie, um die gegnerischen Steine zu blockieren. Dabei wurden sogar zufällig gelegte Offensiven des routinierten Spielers zerstört. Nach ein paar Zügen gelang es wiederum über eine übersehene diagonale Unterbrochene 3er Konstellation zu gewinnen, womit der Gesamtscore bei 2:0 stand. Anschließend wurden die Burschen unterbrochen, da sie an der Führung zur Geschichte der Mathematik teilnehmen sollten.	ca 3 min
--	----------

2.2. Evaluation: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 6 min; 2 Mädchen

Zwei Mädchen gingen etwas zaghaft an das Setzen der Steine heran. Sie waren vorsichtig und dennoch wurde innerhalb kürzester Zeit eine Gewinnerin ermittelt. Diese konnte eine waagrechte Offene 3er Formation vollenden.	ca 2 min
Danach wurde auch eine zweite Runde gestartet. Offensichtlich wurde das Prinzip einer Offenen 3er Offensive nicht erkannt, da Weiß eine solche erzeugte, aber nicht zum Sieg nutzte. Nach einiger Zeit waren sogar mehrere, sowohl diagonal, waagrecht und senkrecht, Offene 3er Formationen am Feld. Nachdem eine der Spielerin zufällig entdeckte, dass sie gewinnen kann, wurde das ihrer Kontrahentin mitgeteilt, wodurch diese eine eigene Offene 4er Reihe legte und somit das Spiel gewann. Danach wurde das Spiel zusammengeräumt und der Tisch gewechselt.	ca 4 min

3. Beobachtungstag

Termin: 9.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Klasse: Aktiv MS Hohenruppersdorf

Schulstufe: 7+8

Anzahl: 24 Kinder (11 Mädchen, 13 Burschen)

3.1. Evaluierung: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 6 min; 2 Mädchen

Die beiden Mädchen begannen relativ rasch Steine zu setzen. Dabei haben sie auch gleich eine Offene 3er Formation erkannt und blockiert. Die nächste Offensivaktion wurde diagonal gelegt und ebenfalls von der Gegenspielerin blockiert. Im weiteren Verlauf gelang es beiden, einander geschickt zu blockieren, bis ein Mädchen eine Doppelfalle, womöglich zufällig, kreierte. Da die zweite Schülerin auf ihre eigene Strategie fixiert war, verlor sie das Spiel.	ca 3 min
Beim zweiten Spiel wurde wieder ähnlich schnell wie zuvor gesetzt. Jetzt sind viele Offene und Unterbrochene 3er Situationen entstanden, welche von den beiden nicht sofort erkannt wurden, aber später blockiert werden konnten. Dabei konnte beobachtet werden, dass die eigenen Strategien verfolgt wurden. Als ein Mädchen eine Konstellation übersehen hatte, wurde dieser Fehler genutzt und beide hatten jeweils einen Sieg erzielt. Durch das Unentschieden sichtlich zufrieden wechselten sie den Tisch.	ca 3 min

3.2. Evaluation: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 4 min; 2 Burschen

Zwei Burschen wagten sich an die Systematik des Spieles heran und es wirkte so, als ob sie die Grundstrukturen schnell verstanden haben. Beim Spielaufbau wurden viele Steine über die Diagonalen gesetzt und die Steine verbreiteten sich deshalb sehr weitläufig auf dem Spielfeld. Nachdem einige Offene 3er Konstellationen erzeugt und sofort blockiert wurden, wurde die Strategie einer Doppelfalle verfolgt. Die Aussage des Schülers lautete: „Ich muss wie bei 4-gewinnt versuchen dir eine doppelte Falle zu stellen“. Dadurch hat er eine Unterbrochene 3er Formation des Gegners übersehen. Obwohl dieser diese auch nicht sofort erkannt hatte, konnte er sie jedoch etwas später zum Erfolg nutzen. Anschließend haben die Burschen noch die Strategie der Offenen 3er Formationen besprochen. Dabei stellten sie fest, dass diese sofort blockiert werden müssen, um nicht zu verlieren. Nach dieser Erkenntnis gingen sie zum nächsten Tisch.	ca 4 min
--	----------

3.3. Evaluation: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 13 min; 2 Burschen

Zwei Burschen haben heiter und ohne zu überlegen Steine gesetzt. Aus diesem Grund stand der erste Gewinner schnell fest.	ca 1 min
Gleichzeitig wurde festgestellt, dass eine Offene 3er Konstellation ohne Reaktion des Gegners zum Sieg führt. Der Verlierer von eben hat gleich erneut den ersten Stein gesetzt und diese Strategie verfolgt. Da aber auch der Kontrahent versucht hat diese Strategie zu verfolgen, (und nicht auf den Gegner aufgepasst hat) wurde wieder schnell ein Sieger ermittelt.	ca 1 min
Die nächsten Spiele haben sich sehr ähnlich gestaltet, wobei immer zu wenig auf die eigene Defensive geachtet wurde.	ca 4 min
Erst beim Spielstand von 5:5 haben sich die Schüler Gedanken über ihre Strategie gemacht. Da sie diese gemeinsam verbessern wollten, sind sie auf die Idee der Doppelfalle gekommen. Ab diesem Zeitpunkt haben sie deutlich länger für ihre Züge benötigt. Der Gegner wurde zwar immer wieder blockiert, aber vorrangig wurde die eigene Strategie verfolgt. So wurden wieder ein paar Spiele durchgeführt.	ca 5 min
Das letzte Spiel dauerte deutlich am längsten, da schon versucht wurde zwei bis drei Züge voranzuplanen. Somit wurden insgesamt nur wenige Steine am Spielfeld gesetzt. Der Gewinner konnte letztendlich aufgrund der schwachen Defensive des Kontrahenten ermittelt werden. Nach einem Gesamtscore von 8:7 wurde der Tisch gewechselt.	ca 2 min

4. Beobachtungstag

Termin: 15.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Klasse: NMS Herthergasse

Schulstufe: 8

Anzahl: 13 Kinder (5 Mädchen, 8 Burschen)

4.1. Evaluierung: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 15 min; 2 Burschen

Die Burschen haben nach der Erklärung versucht eine Strategie zu entwickeln und haben vorerst noch keine Steine gesetzt. Als sie dann die ersten Spielsteine setzten, haben sie bereits auf Offene 3er Formationen geachtet und diese nach Möglichkeit blockiert. Nach ein paar Minuten wurde ein Offener, diagonaler 3er Angriff übersehen und der erste Gewinner wurde ermittelt. An dieser Stelle gewann die Person, welche den zweiten Stein gesetzt hatte, also nicht Startspieler war.	ca 3 min
Das zweite Spiel gestaltete sich ähnlich: Die Steine wurden zwar relativ rasch gesetzt, aber es wurde jeweils eine Strategie verfolgt. Gleichzeitig gelang es sehr gut, Offene 3er Formationen sowohl senkrecht und waagrecht, als auch diagonal zu blockieren. Als von Zeit zu Zeit immer mehr Steine am Spielfeld gesetzt wurden, wurden teilweise Unterbrochene 3er Angriffe übersehen. Da diese von beiden Spielern übersehen wurden, gab es noch keinen Gewinner. Aber nach ein paar weiteren Spielzügen wurde ein diagonal geführter Offener 3er Angriff übersehen und somit der Gewinner ermittelt. (Vermutlich wurden oft Formationen übersehen, da schon sehr viele Steine am Spielfeld waren). Nachdem der Verlierer nicht sofort erkannte, dass bereits fünf Steine in einer Reihe gelegt wurden, musste er lachen, als er die Situation erkannte. Daraufhin verfiel auch sein Kollege in Gelächter und sie spielten sofort die nächste Runde.	ca 3 min
Jetzt veränderte sich die Spielweise dahingehend, dass verstärkt gegnerische diagonale Offene 3er Konstellationen blockiert wurden. Diese wurden sogar an beiden Enden verbaut, sodass nicht mal mehr eine 4er Konstellation möglich gewesen wäre. Da beide diese Strategie umsetzten, ergab sich kein Nachteil für einen der beiden. Das Spiel dauerte wesentlich länger, weil beide vorwiegend auf ihre Defensive geachtet haben. Erst mit der Zeit veränderten sie kontinuierlich ihre Denkweise und spielten wieder etwas offensiver. Da jetzt aber zu sehr auf die eigenen Steine Acht gegeben wurde, konnte einer der beiden einen Offenen Diagonalangriff zu Ende führen.	ca 5 min
Jetzt wurde mit einem Explainer besprochen, dass die beiden einen besseren Ausgleich in ihrer Strategie finden müssen. Einerseits müssen sie mehr auf ihre Offensive achten, aber gleichzeitig die Steine des Gegners nicht aus dem Blick verlieren. Anschließend wurde noch die Möglichkeit einer Doppelfalle besprochen, da diese von den beiden Jugendlichen noch nicht in Erwägung gezogen wurde. Auch der Hinweis, dass wie beim Schach ein paar Züge vorausgeplant werden müssen, wurde gegeben.	ca 2 min
Beim folgenden Spiel haben die beiden versucht die eben erhaltenen Hinweise umzusetzen. Dabei haben sie versucht Fallen zu stellen, aber gleichzeitig auf die Konstellationen des Gegners zu achten. Nach fortgeschrittenem Spiel mit guten Angriffen und Blockaden wurde ein Sieger über die Diagonale ermittelt. Anschließend räumten die beiden alles weg und gingen zum nächsten Tisch.	ca 2 min

4.2. Evaluation: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 2 min; zwei Mädchen

Die beiden Mädchen haben die Spielbeschreibung ohne Explainer durchgelesen und offensichtlich verstanden. Nachdem sie die ersten Steine gesetzt hatten, war dabei keine spezielle Strategie zu erkennen. Nachdem erstmals eine Gewinnerin ermittelt wurde, haben sie den Tisch gewechselt.	ca 2 min
--	----------

(Sie wurden nicht von einem Explainer oder einer Explainerin unterstützt, da diese selbst gerade anderen Kindern eine Erklärung lieferten und weil sie auch nicht explizit darum gebeten wurden. Es ist auch kein Problem, dass die Kinder nach kurzer Zeit das Interesse verlieren, wenn sie das Spiel verstanden haben. Denn jedes Individuum hat unterschiedliche Interessen und muss somit nicht gezwungen werden, ein Spiel zu spielen, das ihnen beispielsweise zu komplex o.ä. ist.)	
---	--

4.3. Evaluierung: OHNE Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 5 min; 2 Mädchen

Die Mädchen haben sich die Beschreibung durchgelesen und begonnen die ersten Steine zu setzen. Als erstes wurde versucht eine waagrechte Linie zu bilden. Diese wurde blockiert. Dann haben die Mädchen verstärkt in der Senkrechte Steine gesetzt. Nach ein paar Spielzügen hat ein Mädchen, mit der Farbe Weiß, eine senkrechte Offene 3er Formation gesetzt. Diese wurde aber nicht blockiert. Als der 4. Stein in derselben Linie gesetzt wurde, erkannte die Gegnerin die Gefahr. Obwohl sie erkannte, dass ihr eine Niederlage bevorstand, versuchte sie diesen offenen 4er zu blockieren. Die erste Spielerin erkannte die Situation aber nicht und setzte einen anderen Stein. Somit konnte auch die zweite Seite der 4er Reihe durch Schwarz blockiert werden. Als sie ihre Mitschülerin darauf aufmerksam machte, mussten beide lachen. Das Spiel ging weiter und die Steine wurden ohne offensichtliche Strategie gesetzt. Spielerin Schwarz schaffte es jetzt als nächste, eine Offene 3er Formation am Feld zu legen. Diese wurde aber nicht von Weiß blockiert. Erst als der vierte schwarze Stein gesetzt wurde, wurde ihr die Situation bewusst. Schwarz konnte jetzt aber, anders als zuvor, das Spiel für sich entscheiden.	ca 3 min
Das zweite Spiel startete wieder in der Mitte. Im Verlauf des Spiels wurden wieder eher waagrecht und senkrecht Steine gesetzt. Die Variante des Offenen 3ers wurde noch immer nicht erkannt. Deshalb wurden zwar Offene 3er Bedrohungen gelegt, aber nicht blockiert und auch nicht zum Sieg ausgebaut. Nach ein paar wenigen weiteren Zügen gab es eine Unterbrechung. Die nächste Gruppe für die Führung zur Geschichte der Mathematik wurde zusammengerufen. Da die beiden Mädchen daran teilnehmen wollten, räumten sie schnell die Steine weg und beendeten das Spiel unentschieden. (Bei diesen Mädchen war kein Lerneffekt zu erkennen. Ein Explainer oder eine Explainerin wäre notwendig gewesen, um sie besser leiten zu können. Aufgrund des plötzlichen Abbruchs war dies aber nicht möglich.)	ca 2 min

5. Beobachtungstag

Termin: 17.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Klasse: NMS Schwechat

Schulstufe: 7

Anzahl: 20 Kinder (8 Mädchen, 12 Burschen)

5.1. Evaluierung: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 12 min; 2 Mädchen

Zu Beginn haben sie sich selbstständig die Beschreibung durchgelesen. Als das Spiel startete, wurden am ganzen Spielfeld willkürlich Steine gesetzt. Die Gewinnerin wurde zufällig ermittelt, weil nicht an die Möglichkeit einer Blockade gedacht wurde.	ca 1 min
Beim zweiten Spiel wurden die Steine etwas zentrierter gesetzt. Darum gelang es einem der Mädchen schnell, eine senkrecht Offene 3er Formation zu legen. Diese wurde aber nicht von der Kontrahentin erkannt und folglich auch nicht blockiert. Somit wurde eine Gewinnsituation mit einer zusammenhängenden 4er Reihe konstruiert. Als die Gegnerin diese erkannte, seufzte sie, lachte dann und versuchte vergeblich eine der Seiten zu blockieren. Die vorteilhafte Situation wurde aber nicht zum Sieg genutzt. Sie entschloss sich an einer strategisch eher unwichtigen Position ihren Stein zu setzen. Sichtlich erleichtert gelang es somit, diese Gewinnsituation vollständig zu blockieren. Gleichzeitig hat das Mädchen ihre Freundin darauf hingewiesen, dass diese soeben die Chance hatte zu gewinnen. In diesem Moment verfielen beide in Gelächter und spielten einfach weiter. Nachdem weitere Steine gesetzt wurden, konnte ein Mädchen fünf Steine in der Diagonale aneinanderreihen. Die Siegerin musste aber durch den Explainer auf diese Situation hingewiesen werden, da es keiner der beiden Spielerinnen aufgefallen wäre.	ca 3 min
Daraufhin hat der Explainer anhand der Steine am Spielfeld ein paar Strategien und Strukturen erklärt. Einerseits wurden die altersadäquaten Strategien erklärt. Der Umstand, dass einige Offene 3er Formation beider Farben zu einem sicheren Sieg geführt hätten, löste bei den Mädchen wiederum Gelächter aus.	ca 2 min
Beim nächsten Spiel hatten die Mädchen sichtlich mehr Motivation und Freude am Spiel. Sie versuchten die Strategien anzuwenden. Weil jedoch beide zu sehr auf ihre eigenen Offensiven konzentriert waren, konnten die nächsten drei Spiele relativ schnell beendet werden.	ca 2 min
Von Zeit zu Zeit versuchten sie aber zunehmend die Angriffe der Gegnerin zu blockieren und mehr auf ihre eigene Defensive zu achten. Dadurch entstanden teilweise komplexe Spielstrukturen, wodurch manche gefährliche Situationen von beiden Spielerinnen übersehen wurden. Die Siegerin konnte letztendlich anhand einer diagonalen Ausführung ermittelt werden.	ca 3 min
Das letzte Spiel wurde vom Explainer begleitet und er hat ihnen situationsbedingt Hinweise und Tipps gegeben. Diese waren einerseits offensiver und andererseits defensiver Natur. Nachdem die Gewinnerin dabei durch eine Doppelfalle festgestellt wurde, wollten die Mädchen den nächsten Tisch ausprobieren und haben kein neues Spiel gestartet.	ca 1 min

5.2. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 10 min; zwei Burschen

Sie haben sich selbstständig die Beschreibung durchgelesen und daraufhin sofort begonnen die ersten Steine zu setzen. Nach nur acht gesetzten Spielsteinen pro Farbe stand der erste Gewinner über die Diagonale fest.	ca 1 min
Danach haben sie etwas vorsichtiger Steine gesetzt, wobei keine klare Strategie zu erkennen war. Es dauerte relativ lange, bis eine erste Offene 3er Reihe erzeugt wurde. Diese wurde nicht blockiert, konnte aber zum Sieg genutzt	ca 2 min

werden. Daraufhin haben die beiden gemeinsam über die Möglichkeiten des 3er Angriffs gesprochen und gleichzeitig auch über die Defensivrolle des Gegners.	
Ab jetzt wurde die Spielweise der beiden um einiges komplexer. Sie haben versucht viele Angriffsformation zu konstruieren, haben aber gleichzeitig die Strategien des Gegners verfolgt und blockiert. Nach einigen Spielzügen konnte aber zufällig eine Doppelfalle gelegt werden, weshalb der Gewinner ermittelt werden konnte. (Diese Falle wurde vermutlich übersehen, weil bereits viele Steine am Feld lagen.)	ca 3 min
Das nächste Spiel wurde erstaunlicherweise in der Ecke gestartet. Da der Gegner ebenfalls in der Ecke reagierte, bekam diese Partie einen eigenen Charakter. Vorerst konnten dadurch keine sonderlichen Angriffe gestartet werden. Nach ein paar weiteren Zügen wurden bei beiden Farben Unterbrochene 3er Formationen gelegt, aber von den Burschen nicht erkannt. Nach weiteren zwei Zügen hatte Schwarz insgesamt zwei Unterbrochene und eine Offene 3er Formation und Weiß eine Unterbrochene 3er Formation. Keiner der beiden erkannte diese und setzte den notwendigen vierten Stein. Somit ging das Spiel weiter und die Gesichtsausdrücke der Spieler wirkten angespannt. Es zeigte sich sogar, dass eine Offene 4er Formation übersehen und nicht zum Sieg genutzt wurde. Nachdem nach ein paar weiteren Zügen noch immer kein Gewinner feststand und ein paar Angriffsformationen von vorhin bereits verwirkt waren, musste das Spiel aufgrund des abschließenden Gewinnspiels im HdMa abgebrochen werden. Der Explainer erklärte noch in einer Schnellfassung die eben beschriebenen Sachverhalte und thematisierte die zahlreichen Gewinnmöglichkeiten von Schwarz. Die Burschen mussten daraufhin lachen und sie konzentrierten sich auf das abschließende Gewinnspiel.	ca 4 min

6. Beobachtungstag

Termin: 23.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Klasse: NMS Kandlgasse

Schulstufe: 5

Anzahl: 25 Kinder (13 Mädchen, 12 Burschen)

6.1. Evaluierung: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 4 min; 2 Burschen

Das Spiel wurde von einem Explainer erklärt und die Burschen haben begonnen Steine zu setzen. Dabei wurden meistens zwei Felder Abstand gelassen. Das Prinzip des Offenen 3ers haben sie sofort verstanden. (Obwohl sie erst zehn oder elf Jahre alt waren.) Dementsprechend konnten viele Offensiven blockiert werden. Durch eine (unbewusste) Doppelfalle konnte der Gewinner schließlich ermittelt werden. Diese äußerte sich in einer Offenen diagonalen und senkrechten Formation. Obwohl sie dabei lachten und sichtlich Spaß hatten, sind sie zum nächsten Tisch weitergegangen. (Bei diesem Bsp. gab es keinen Prozess des APE. Die Burschen konnten durch den Explainer nicht für weitere strategische Möglichkeiten begeistert werden.)	ca 4 min
--	----------

6.2. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 6 min; ein Bursche und ein Explainer

Der Bursche hat begonnen seine ersten Steine in der Ecke zu setzen. Zuerst war dabei keine klare Strategie zu erkennen, wobei versucht wurde die Steine des Gegners zu blockieren. Obwohl der Schüler sehr defensiv eingestellt war und auch nicht auf die Verbindung der eigenen Steine achtete, gelang es dem Explainer eine diagonale gelegte Offene 3er Formation zum Sieg zu vollenden.	ca 3 min
Um sicher zu gehen, wurde nochmals auf die Thematik der Offenen 3er hingewiesen, wobei vor allem die Diagonalen angesprochen wurden. Als das Spiel startete, wurden die ersten Steine wiederum am Rand gesetzt. Jetzt gelang es dem Schüler aber besser, den Gegner zu blockieren, und es entstanden komplexe Strukturen. (Aufgrund der besseren Erfahrung...) gelang es aber wieder dem Explainer, eine diagonale Formation zu einem 6er zu vollenden. Danach wurde keine weitere Partie mehr gespielt, weil bereits zwei weitere Burschen spielen wollten. (Die Spielvariante, dass nur fünf in einer Reihe zum Sieg führen, hätte hier angewandt werden können. Aufgrund seiner besseren Spielerfahrung und des Alters wäre der Explainer aber immer im Vorteil gewesen.)	ca 3 min

6.3. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 5 min; zwei Burschen

Die Buben haben die Spielbeschreibung bereits bei ihren Kollegen mitbekommen und konnten somit gleich loslegen. Obwohl sie bereits die letzte Partie mitverfolgt haben, konnte bereits nach 9 Steinen pro Farbe ein Gewinner gefunden werden. Dieser schaffte es, fünf Steine senkrecht zu setzen.	ca 2 min
Das zweite Spiel gestaltete sich jedoch aufwendiger. Wenn Steine gesetzt wurden, gab es kurze Pausen, in denen offensichtlich die Möglichkeiten des Gegners abgewogen wurden. Falls eine Offene 3er Konstellation gebildet wurde, konnte diese blockiert werden. Meistens wurde daraufhin sogar versucht diese an beiden Enden zu blockieren. Mit zunehmender Spieldauer und komplexeren Strukturen am Feld wurde ein diagonalen Angriff übersehen und das Spiel wurde beendet. Bevor die Kinder den Tisch verlassen haben, wollte eine Explainerin eingreifen und ihnen ein paar Tipps geben. Trotzdem haben die Kinder das Exhibit gewechselt.	ca 3 min

6.4. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 7 min; 2 Mädchen

Die Mädchen haben sich die Beschreibung durchgelesen und gleich Steine gesetzt. Da sie die wesentlichen Strategien nicht verstanden haben, wurde schnell eine Gewinnerin ermittelt.	ca 2 min
Das zweite Spiel war bereits technischer. Die Schülerinnen haben versucht sich gegenseitig zu blockieren und haben sich die Thematik der Offenen 3er selbstständig angeeignet. Zwischen den Zügen haben sie teilweise länger überlegt, bevor sie ihren Stein gesetzt haben. In der Defensive konnten somit waagrechte, senkrechte und diagonale Angriffe abgewehrt werden. Als (zufällig) eine Doppelfalle über eine Unterbrochene waagrechte und eine	ca 2 min

Offene senkrechte Formation kreiert werden konnte, konnte diese auch zum Sieg genutzt werden. (Die Doppelfalle war eher zufällig, weil die Mädchen bis dahin nie einen Geschlossenen Angriff gesetzt hatten. In diesem Fall wirkte es so, als ob eine senkrechte Offene 3er Formation gesetzt werden sollte und erst anschließend die Unterbrochene 3er Formation erkannt werden konnte.)	
Das dritte Spiel war wieder etwas langsamer, wobei es mehr Pausen zwischen den Spielzügen gab. Im Laufe des Spiels wurden viele Offene 3er Formationen gesetzt, aber gleichzeitig auch gut blockiert. Schließlich wurde eine diagonale 3er Formation gelegt, welche nicht erkannt wurde. Da aber auch die Kollegin diese nicht bemerkte, ging das Spiel weiter. Ihrer Gegnerin gelang es daraufhin wenig später, über eine (bewusste) Doppelfalle zu gewinnen. Diese wurde über eine Offene, diagonale 3er und eine Unterbrochene senkrechten 3er Formation erzeugt. Nachdem die beiden begannen, das Spiel aufzuräumen, hat sie ein Explainer unterbrochen. Er hat ihnen die vergebene Chance erklärt, welche zuvor von der einen Spielerin übersehen wurde und zum Sieg genutzt hätte werden können. Außerdem hat er auch noch die Komplexität und Schwierigkeit der Unterbrochenen 3er Angriffe angesprochen. Aber trotz der Erklärungen waren die beiden Mädchen nicht motiviert eine weitere Runde zu spielen und sie wechselten den Tisch. (Vielleicht hat das Einschreiten des Explainers dazu geführt, dass sie den Tisch gewechselt haben. Vielleicht hätten sie noch eine weitere Partie gespielt, wenn sie keine so komplexen Tipps erhalten hätten.)	ca 3 min

7. Beobachtungstag

Termin: 25.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Klasse: AHS Geringergasse

Schulstufe: 8

Anzahl: 16 Kinder (5 Mädchen, 11 Burschen)

7.1. Evaluierung: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 11 min; 2 Burschen

Die Burschen haben sich die Spielregeln gegenseitig anhand der Regeln von Tic-Tac-Toe beigebracht. Beim Spielen sind die beiden sofort auf die Offensive der Offenen 3er gestoßen. Diese wurden auch gut blockiert. Erst als das Spiel aufgrund zunehmender Anzahl von Steinen komplexer wurde, wurde ein Gewinner über eine diagonale Konstellation ermittelt	ca 3 min
Das zweite Spiel startete damit, dass die ersten beiden Steine eine große Entfernung zueinander einnahmen. Nach dem ersten Offenen 3er Angriff wurde dieser blockiert und ab dann in dessen unmittelbarem Umfeld gesetzt. Durch eine Unachtsamkeit konnte wiederum eine diagonale Formation zum Sieg genutzt werden.	ca 2 min
Das dritte Spiel begann wieder mit weit auseinander gesetzten Steinen. Jetzt wurde verstärkt versucht diagonale Angriffe zu legen. Bevor die Spieler ihre Steine setzten, haben sie versucht gefährliche Situationen des Gegners zu erkennen. Dennoch wurde ein Diagonalangriff übersehen. Ein Explainer hat dies mitbekommen und den Schüler darauf hingewiesen. Aus diesem Grund ging das Spiel weiter. Nach vielen weiteren gesetzten Steinen wurden die	ca 4 min

Strukturen etwas unübersichtlich, weshalb einige Angriffskonstellationen von beiden Spielern übersehen wurden. Da auch der Explainer keine Ratschläge mehr gab, wurde ein Sieger ermittelt. Dieser hatte eine bereits blockierte 3er Formation zu einer 4er und schließlich zu einem 5er erweitert.	
Das letzte Spiel war schon sehr kompakt. Die Steine wurden immer in angrenzende Felder gesetzt. Der Startspieler versuchte wieder verstärkt diagonale Offensiven durchzuführen. Diese wurden aber gut blockiert. Schließlich konnte der Kontrahent durch seine Defensivzüge selbst einen Unterbrochenen 3er legen. Dieser wurde nicht bemerkt und zum Sieg genutzt. (Der Explainer hat geholfen, dass sich die Burschen mehr anstrengen, und somit ein APE ausgelöst. Durch ihn konnten auch mehr strategische Konstellationen als der Offene 3er entdeckt werden. Trotz des Alters sind die Schüler aber nicht auf die Idee einer Doppelfalle gestoßen, sondern haben immer nur von Zug zu Zug gedacht.)	ca 2 min

7.2. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 6 min; zwei Mädchen

Sie haben mit Hilfe eines Mitschülers die Regeln erlernt und gleich die ersten Steine gesetzt. Der Schüler fungierte dabei als Beobachter und Schiedsrichter. Die Problematik der Offenen 3er Angriffe wurde von den Schülerinnen gut durchschaut und dementsprechend konnten diese blockiert werden. Durch die Hilfe des Burschen konnten auch manche Situationen, welche von den Mädchen übersehen wurden, rechtzeitig blockiert werden. Der Mitschüler hat beide Kolleginnen gleichermaßen unterstützt. Die Mädchen haben bei ihren Zügen versucht strategische Angriffe über die Diagonalen zu setzen, welche aber teilweise von der Kontrahentin und teilweise vom Schüler erkannt werden konnten. Erst als der weißen Spielerin (durch Zufall) eine Doppelfalle gelang, konnte das Spiel entschieden werden.	ca 4 min
Nach diesem Spiel hat sich der Junge einen anderen Tisch gesucht und die Mädchen spielten zu zweit weiter. Sie versuchten wiederum die Angriffe der Gegnerin zu blockieren und gleichzeitig eigene Offensivaktionen zu starten. Vor ihren Zügen überlegten sie deshalb teilweise sehr lange. Doch nach ein paar Steinen wurde eine (offensichtliche) Unterbrochene waagrechte 3er Konstellation übersehen, welche anschließend zum Sieg genutzt wurde. Der Explainer gab an dieser Stelle den Hinweis, dass die Startspielerin eine sichere Möglichkeit hat das Spiel zu gewinnen. Diese Information veranlasste die Schülerinnen daraufhin keine weitere Partie zu starten und sie wechselten den Tisch. (Interessant war, dass sowohl Offene als auch Unterbrochene 3er Angriffe gesetzt, erkannt und blockiert wurden. Als jedoch durch das Einschreiten des Explainers versucht wurde ein APE auszulösen und weitere strategische Konstellationen zu etablieren, verloren die Schülerinnen ihr Interesse an Gomoku.)	ca 2 min

8. Beobachtungstag

Termin: 28.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Klasse: BRG Billrothstraße

Schulstufe: 7

Anzahl: 26 Kinder (16 Mädchen, 10 Burschen)

8.1. Evaluierung: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca. 15 min; 2 Burschen

Einer der beiden Schüler zeigte schon beim Spiel 4-gewinnt sehr gute Ambitionen. Er versuchte verstärkt Doppelfallen zu erzeugen, um so das Spiel zu gewinnen. Gleichbedeutend damit war, dass er bereits versuchte mehrere Züge voraus zu planen. Aus diesem Grund wurde er mit seinem aktuellen Spielpartner von einer Explainerin auf das Exhibit Gomoku aufmerksam gemacht. Die Spielregeln waren schnell erklärt. Danach verließ sie den Tisch und die Kinder wurden nicht mehr unmittelbar beobachtet. Die beiden konnten die Gefahr einer Offenen 3er Formation sofort erkennen und dementsprechend blockieren. Mit voranschreitender Spieldauer vermehrten sich die Steine am Feld, weshalb die Burschen auch immer länger überlegen mussten, bevor sie den nächsten Stein setzten. Während dieser Phase ergaben sich für Schwarz zwei Offene diagonal angeordnete 3er Angriffe. Diese blieben aber von beiden Spielern unbemerkt und wurden daher nicht zum Sieg ausgebaut. Wenig später setzte Schwarz dann eine Unterbrochene 3er Formation. Diese wurde durch einen blockierten 4er Angriff umgangen. Nachdem dieser von Schwarz abgewehrt wurde, verfolgte Weiß seine eigene Strategie, indem eine Offene 3er Formation gesetzt wurde. Daraufhin konnte Schwarz seine zuvor gestellte Unterbrochene 3er Konstellation zu einer Offenen 4er erweitern und somit das Spiel für sich entscheiden.	ca 5 min
Auch beim zweiten Spiel versuchten beide Kinder viele Angriffe zu legen. Der Spielverlauf gestaltete sich ähnlich wie jener zuvor: Es konnten, durch teilweise längere Überlegungen, viele Angriffsketten durchgeführt werden. Da der Gegner aber auf seine Defensive achtete, konnte keine sichere Gewinnstrategie herbeigeführt werden. Manchmal wurde auch versucht bewusst Unterbrochene 3er Angriffe zu starten, welche aber wiederum richtig blockiert werden konnten. Während des Spiels hätte Weiß die Chance auf eine Doppelfalle gehabt. Diese Situation wurde aber nicht erkannt. Kurz darauf gelang es Schwarz, einen komplexen diagonal geführten Angriff zum Sieg zu vollenden. An dieser Stelle ist ein Explainer an die beiden herangetreten, um ihnen die Möglichkeit einer Doppelfalle zu erklären. Das passierte anhand der eben übersehenen Konstellation. (An dieser Stelle war das Einschreiten des Explainers wichtig, da die beiden vermutlich nicht von alleine auf die Möglichkeit einer Doppelfalle gestoßen wären. Die beiden haben zwar schon sehr komplexe Gewinnstrategien, wie Offene und Unterbrochene 3er sowie Angriffsketten, selbstständig entwickelt, waren aber so stark auf diese fokussiert, dass sie die nächste Komplexitätsstufe vermutlich nicht erreicht hätten. Und das, obwohl einer der beiden bereits bei 4-gewinnt die Strategie der Doppelfallen verfolgte. Der Explainer hat aber gute, situationsadäquate Ratschläge gegeben, sodass ein Prozess des APE initiiert werden konnte.)	ca 4 min
Das nächste Spiel war wieder sehr strategisch. Da jetzt beide versuchten Doppelfallen zu bilden, mussten sie gleichzeitig bei jedem Zug versuchen die	ca 5 min

Strategien des Gegners zu erkennen. Darum dauerten die jeweiligen Spielzüge sehr lange und es konnten etwaige Gefahrensituationen gut abgewendet werden. Im Laufe des Spiels wurden komplexe Angriffe gestartet, welche einen Zug später eine Doppelfalle erzeugt hätten. Gleichzeitig wurden diese Situationen aber gut erkannt und dementsprechend blockiert. Nach fortschreitender Dauer des Spiels und vieler Steine am Feld wurde aber eine Doppelfalle übersehen. Diese äußerte sich durch eine Unterbrochene waagrechte und eine Offene senkrechte 3er Formation. Weil der Gegenspieler zu spät darauf reagierte, konnte der Sieger ermittelt werden.	
Jetzt entschlossen sich die beiden dazu, ihre Spielzüge zu verkürzen. Die Steine sollten vor allem ohne viele Überlegungen gesetzt werden. Aus diesem Grund wurde bereits nach 6 gespielten Steinen (!) durch die weiße Farbe der Gewinner ermittelt. Dieser konstruierte einen Unterbrochenen diagonalen 3er Angriff, welcher in eine Offene 4er Diagonale ergänzt werden konnte. (Vermutlich passierte dies, weil nicht mit einem derart simplen Angriff gerechnet wurde und der Kontrahent bereits ein paar Spielzüge vorausplante.)	ca 1 min

8.2. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 11 min; zwei Burschen

Da die letzten Partien aus Protokoll 8.1 bereits von einem Mitschüler beobachtet wurden, wollte dieser den Strategen vom Spiel 4-gewinnt herausfordern. Das erste Spiel war relativ auf Augenhöhe, da von beiden Spielern darauf verzichtet wurde Doppelfallen zu stellen. Dadurch konnte sich der neue Spieler, welcher die Farbe Weiß spielte, besser auf die Offenen und Geschlossenen 3er Angriffe des Gegners konzentrieren. Im ersten Spiel achtete er ausschließlich auf seine Defensive und hat nur in einer Situation, aufgrund eines blockierenden Steins, einen eigenen Unterbrochenen diagonalen 3er gelegt. Dieser wurde wiederum blockiert. Der weiße Spieler setzte den nächsten Stein aber wieder defensiv, anstatt eine neue Offensive zu starten. Nach ein paar weiteren Zügen übersah Weiß einen Unterbrochenen diagonal geführten Angriff. Trotz seiner Niederlage war er motiviert und forderte gleich eine Revanche.	ca 3 min
In der nächsten Partie setzte Weiß den Startstein und versuchte sehr rasch eigene Angriffe zu starten. Auf die eigenen Steine konzentriert, hätte er aber beinahe einen Gegenangriff des Gegners übersehen. Schwarz machte ihn aber darauf aufmerksam, weshalb das Spiel fortgesetzt wurde. Die nächsten Spielzüge waren sowohl von Offensiv- als auch von Defensivaktionen geprägt. Zwischen den Zügen wurde dabei teilweise relativ lange überlegt, um keinen gegnerischen Angriff zu übersehen. Erst danach wurde entschieden, wo eine eigene Offensive gestartet werden kann. Durch die Komplexität des Spiels nach fortlaufender Dauer gelang es schließlich dem weißen Spieler, eine Doppelfalle zu stellen. Obwohl Schwarz noch alles versuchte und blockierte 4er setzte, konnte er die Niederlage nicht mehr abwenden.	ca 4 min
Im nächsten Spiel versuchten beide Doppelfallen zu erzeugen. Gleichzeitig haben sie aber nicht auf ihre Defensive vergessen und konnten somit die Offensiven des Gegners abwehren. Somit ergaben sich ähnliche Konstellationen wie in den vorigen Partien und es wurden zunehmend Steine am Feld gesetzt. Nach einiger Zeit setzte Schwarz drei Züge hintereinander geblockte 4er, wobei Weiß dadurch immer gezwungen war zu reagieren. Anschließend wurde durch zwei Unterbrochene 3er Angriffe (diagonal und	ca 4 min

waagrecht) eine Doppelfalle erzeugt, welche nicht durch einen Gegenangriff verhindert werden konnte. Darum gewann Schwarz das letzte Spiel und die beiden suchten sich einen neuen Tisch. (Beim letzten Spiel konnten erste Ansätze von Drohungsketten entdeckt werden. Diese wurden sich zu Nutze gemacht, um eine sichere Gewinnstrategie zu entwickeln. Der Explainer hat dabei nicht mehr eingegriffen. Er hat weder für offensive noch für defensive Aktionen Hinweise gegeben.)	
---	--

9. Beobachtungstag

Termin: 30.5.2018 (9:00 Uhr - 11:00 Uhr)

Schule: GRG 21 – Ödenburger Straße

Schulstufe: 5

Anzahl: 24 Kinder (11 Mädchen, 13 Burschen)

9.1. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: 0 min; zwei Mädchen

Eine Explainerin wollte zwei Mädchen für den Tisch Gomoku begeistern. Unter dem Vorwand, dass dieser Tisch zu zweit gespielt werden kann, versuchte sie die Motivation einer Schülerin zu wecken. Diese holte dann eine Mitschülerin herbei. Nachdem ihnen die Regeln erklärt wurden, wirkten die Schülerinnen aber nicht begeistert und entschieden, einen anderen Tisch (Pentonimo), welcher nicht unmittelbar neben Gomoku platziert war, auszutesten. Der Grund war, dass die Spielsteine von Pentomino farblich ansprechender waren als die schwarz-weißen Steine von Gomoku.	0 min
--	-------

9.2. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 17 min; zwei Burschen

Die Burschen haben sich selbstständig die Spielregeln angeeignet. Als sie zu spielen begonnen haben, haben sie sehr schnell Steine gesetzt. Dadurch konnte schnell der erste Gewinner ermittelt werden. Bei diesem Spiel wurde eine 5er Reihe gesetzt, ohne vorher eine konkrete Bedrohung gesetzt zu haben.	ca 1 min
Die zweite Partie war bereits etwas technischer. Ein Explainer erklärte ihnen, auf Offene 3er Formationen zu achten, da diese ohne eine Reaktion des Gegners mit Sicherheit zum Sieg führen würde. Der Verlierer, welcher mit Weiß spielte, versuchte zwischen den Zügen auf die Formationen des Gegners zu achten. Die Thematik der Offenen 3er wurde dabei erstmals erprobt. Diese konnten vom Gegner aber blockiert werden. Schwarz setzte anschließend selbst einen Offenen 3er. Nachdem dieser blockiert wurde, erweiterte er diesen zu einem 4er. Aber Weiß erkannte die Gefahr und setzte den richtigen Stein. Im Laufe des Spiels wurden zweimal diagonale 3er gesetzt, je einer von Weiß und Schwarz, aber nicht erkannt. Somit wurden sie weder blockiert, noch zu einem Offenen 4er erweitert. Der weiße Spieler setzte aber einen waagrechten Offenen 3er Angriff. Da Schwarz auf seine eigenen Steine fokussiert war, setzte er in dieser Situation den falschen Stein. Weiß erweiterte zu einem 4er und schließlich sogar zu einem 6er.	ca 2 min
Das nächste Spiel verlief ähnlich wie die Partie zuvor. Schwarz versuchte Angriffe zu setzen, welche aber immer gut blockiert wurden. Dabei schaffte es	ca 3 min

Schwarz eine Doppelfalle (unabsichtlich) zu setzen. Einerseits wurde eine Offene diagonale 3er Formation mit einer Unterbrochenen 3er Formation kombiniert. Weiß konnte zuerst den Offenen 3er verteidigen. Schwarz verstand offensichtlich die Thematik der Unterbrochenen Angriffe noch nicht und setzte keine Offene 4er Linie. Somit konnte Weiß einen Zug später auch die Unterbrochene waagrechte Konstellation blockieren. Nach einigen weiteren Zügen konnte Weiß durch einen Defensivstein eine eigene waagrechte Unterbrochene 3er Formation setzen. Schwarz verpasste es, diese zu blockieren. Darum setzte Weiß eine Offene 4er und anschließend eine 5er Formation.	
Da es im zweiten Spiel einmal gelang durch 6 Steine in einer Reihe zu gewinnen, weiteten die Burschen die Regel auf 7-gewinnt aus. Aus diesem Grund versuchten die Spieler nicht mehr so intensiv auf die Formationen des Gegners zu achten, da Blockaden leichter gesetzt werden konnten. Oftmals wurde versucht freie Felder zwischen den Steinen zu lassen und sehr weitläufig zu setzen, um den Gegner zu verwirren. Nach ein paar Zügen wurde den Spielern auch die Bedeutung der Diagonalen bewusst, weshalb beinahe ein Gewinner ermittelt werden konnte. Aber diese Formation konnte noch rechtzeitig blockiert werden und es wurden weiter Steine gesetzt. Nach ein paar Zügen wurde eine Unachtsamkeit des Gegners ausgenutzt. Dieser war auf seine eigenen Steine fokussiert und bemerkte eine diagonale Gefahr nicht. Aus diesem Grund konnte sogar bei 7-gewinnt ein Gewinner ermittelt werden.	ca 4 min
Jetzt wurden die Regeln auf 8-gewinnt ausgeweitet. Somit ergaben sich zu Beginn noch weniger bedrohliche Situationen. Wieder wurde versucht die Denkweisen des Gegners durch sehr weitläufig gesetzten Steinen zu irritieren. Trotzdem konnten alle Angriffe rechtzeitig blockiert werden. Das Spiel änderte seinen Charakter nicht und es wurden ständig neue Steine gesetzt, ohne eine wirkliche Bedrohung setzen zu können. Als den beiden klar wurde, dass das Spiel unentschieden ausgehen wird, waren beinahe alle Steine am Spielfeld gesetzt. Lediglich 16 Steine waren pro Spieler noch übrig, als sie begonnen haben das Spielfeld aufzuräumen.	ca 7 min

9.3. Evaluation: MIT dem Eingreifen eines Explainers/einer Explainerin

Gesamtspieldauer: ca 11 min; 2 Burschen

Ein Mitschüler hatte die letzten Partien seiner Kollegen bereits beobachtet und interessiert mitverfolgt. Dieser forderte die Farbe Schwarz heraus. Die Regeln wurden wieder auf 7-gewinnt zurückgesetzt. Am Anfang des Spiels wurden rasch Steine gesetzt und erste 3er oder 4er Ketten wurden sofort blockiert. Darum wurden sehr viele Steine am Feld gesetzt. Mit der Zeit versuchten die beiden sich gegenseitig Fallen zu stellen, welche ein paar Züge voraus geplant waren. Letztendlich wurde eine diagonale Linie übersehen, wodurch Weiß das Spiel gewinnen konnte. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits sehr viele Steine am Feld.	ca 3 min
Jetzt trat ein explainer an die Schüler heran und legte ihnen nahe, wieder 5-gewinnt zu spielen. Die beiden waren nicht sehr überzeugt von diesem Vorschlag. Bevor das Spiel startete, erklärte ihnen der explainer nochmals die Thematik von Unterbrochen geführten 3er Angriffen. Darum wurden gleich zu Beginn viele waagrechte und senkrechte Unterbrochene 3er Bedrohungen gesetzt. Diese konnten aber immer blockiert werden. Die weiteren Züge zeigten einen ähnlichen Verlauf. Einmal versuchte Weiß aber einen diagonalen Offenen	ca 3 min

3er Angriff zu legen. Die Reaktion von Schwarz war ein eigener waagrechter Offener 3er. Weiß blockierte aber den Gegner anstatt selbst einen Offenen 4er zu legen. Schwarz setzte seinen nächsten Stein ohne unmittelbare Bedrohung. Deshalb konnte Weiß jetzt seinen Angriff von vorhin weiter ausbauen. Schwarz erkannte jetzt zwar die Situation, verlor aber das Spiel.	
Das letzte Spiel war dann wieder von 7 in einer Reihe abhängig. Die Spielzüge verliefen ähnlich wie in der ersten Partie, mit dem Unterschied, dass beide Schüler konzentrierter wirkten. Somit konnten sie besser auf die Bedrohungen des Gegners reagieren. Aus diesem Grund wurden sehr viele Steine am Spielfeld gesetzt. Dies erschwerte es zunehmend, gewisse Linien und bedrohliche Situationen zu erkennen. Darum wurde auch eine diagonale bedrohliche Linie nicht blockiert und von Schwarz schließlich zum Sieg genutzt. (APE hat auf jeden Fall eingesetzt; durch die Erweiterung der Regeln ergaben sich sehr komplexe Strukturen, die teilweise nur sehr schwer zu erkennen waren. Die wesentlichen Strategien wurden erkannt und es wurden auch Züge vorausgeplant, um den Gegner somit in Bedrängnis zu bringen.)	ca 5 min