

Computergestützter Geometrieunterricht in der Grundschule

DISSERTATION

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Philosophie
Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften
Universität Koblenz-Landau
Campus Landau

Markus Reiter

Datum der Disputation: 3. Mai 2012

1. Berichterstatterin: Prof. Dr. Renate Rasch
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Engelbert Niehaus

Inhalt

Vorwort	7
Zusammenfassung	8
Einleitung.....	9
1 Geometrie in der Grundschule	15
2 Untersuchung zum Einsatz neuer Medien im Geometrieunterricht der Grundschule	18
2.1 Ausgangspunkt.....	18
2.2 Datengrundlage und Methode	20
2.3 Darstellung der Ergebnisse.....	22
2.3.1 Linearauszählungen der Variablen.....	22
2.3.2 Auswertungsstrategie	23
2.3.3 Deskriptive Auswertungen und Interpretationen durch Häufigkeitsverteilungen.....	24
2.3.4 Faktoren, die die Nutzung des Computers im Geometrieunterricht beeinflussen (bivariate Zusammenhänge).....	28
2.3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse der landesweiten Befragung	38
3 Entwicklung geometrischen Wissens	44
3.1 Lernen und Wissen.....	44
3.1.1 Wissen und Repräsentation von Wissen.....	44
3.1.2 Grundlegendes Wissen für das Konstruieren von Figuren.....	45
3.1.3 Wissenserwerb auf Basis des Cognitive Apprenticeship-Ansatzes	48
3.2 Visuelle Wahrnehmung als Grundlage des räumlichen Vorstellungsvermögens	49
3.2.1 Komponenten der visuellen Wahrnehmung	50
3.2.2 Schulung der visuellen Wahrnehmung – unter Verwendung des Geobretts	53
3.3 Räumliches Vorstellungsvermögen.....	55
3.3.1 Räumliches Vorstellungsvermögen – Faktor der menschlichen Intelligenz	55
3.3.2 Komponenten des räumliches Vorstellungsvermögens.....	58

3.4	Die Entwicklung des räumlichen Denkens.....	61
3.4.1	Die Entwicklung geometrischen Denkens nach Jean Piaget und seinen Mitarbeitern	61
3.4.2	Die Entwicklung geometrischen Denkens nach van Hiele-Geldof.....	62
3.5	Grundlagen eines förderlichen Geometrieunterrichts in der Grundschule	65
3.5.1	Inhalte, Zielsetzungen, Lehrplangrundlagen und zu erwerbende Kompetenzen.....	65
3.5.2	Forschen und Experimentieren im Geometrieunterricht.....	69
3.5.3	Lernumgebungen im Geometrieunterricht.....	71
4	Medieneinsatz im (Geometrie-) Unterricht – Grundlagen und Rahmenbedingungen	75
4.1	Begriffsbildung und Medienwahl.....	75
4.1.1	Begriffsbildung: „Medien“ – „neue Medien“	75
4.1.2	Grundlegende Aspekte bei der Medienwahl.....	76
4.2	Medienkompetenz	79
4.3	Grundlagen hinsichtlich der Implementierung der neuen Medien	81
4.3.1	Lehrplangrundlagen und Zielsetzungen	81
4.3.2	Konstruktivistisch orientiertes Lernen	84
4.4	Computereinsatz im Geometrieunterricht der Grundschule	85
4.4.1	Organisationsformen beim Einsatz neuer Medien	85
4.4.2	Die Medienecke als multimedialer Lernort	86
4.4.3	Voraussetzungen für einen substanziellen Computereinsatz	87
4.5	Gestaltungsaspekte einer computerunterstützten Lernumgebung im Geometrieunterricht	88
4.5.1	Kompetenzerwerb im Rahmen computerbasierter Lernumgebungen.....	89
4.5.2	Konstruieren unter Anwendung Dynamischer Geometrie Systeme (DGS).....	91
4.5.3	Gestaltung dynamischer Arbeitsblätter mittels der Geometriesoftware EUKLID DynaGeo.....	94
5	Entwicklung der computerunterstützten Lernumgebung „Geolizi“	100
5.1	Ausgangspunkt, Ablauf und Intentionen bezüglich des Einsatzes der multimedialen Lernumgebung „Geolizi“	100
5.1.1	Themenwahl und allgemeine Zielsetzungen	101

5.1.2	Lernvoraussetzungen und fachliche Zielsetzungen	103
5.2	Fachtheoretische und (fach-)didaktische Grundlagen für die Arbeit mit der Lernumgebung „Geolizi“	105
5.2.1	Symmetrie: Fachmathematische Grundlagen	105
5.2.2	Symmetrie: Fachdidaktische Aspekte	108
5.2.3	Rechteck und Quadrat: Fachmathematische Grundlagen	114
5.2.4	Sachgemäßer Umgang mit traditionellen Zeichengeräten	116
5.3	Lernpsychologische und didaktische Grundlagen sowie technische Voraussetzungen für die Implementierung der Computeranwendungen.....	120
5.3.1	Lernen durch Beobachten	120
5.3.2	Instruktionsdesign und computergestützte Lernumgebungen	121
5.3.3	Technische Voraussetzungen	124
5.4	Die multimediale Lernumgebung „Geolizi“ im Detail	125
5.4.1	Aufbau und Konzeption.....	126
5.4.2	Starten der Lernumgebung und inhaltliche Orientierung.....	128
5.4.3	Themengebiet: „Spiegelbildliche Figuren“	131
5.4.4	Themengebiete: „Konstruktion - Rechteck“ und „Konstruktion - Quadrat“	137
6	Erprobung und Evaluation der Handreichungen der multimedialen Lernumgebung „Geolizi“	149
6.1	Erprobung und Evaluierung: Erste Testphase.....	149
6.1.1	Zielsetzungen, Methoden und Ergebnisse	149
6.1.2	Auswahlkriterien der Klassen bzw. Lehrer/innen und vorbereitende Maßnahmen	150
6.1.3	Erste Erprobung der Handreichungen – Rückmeldungen und Beobachtungen.....	151
6.2	Erprobung und Evaluierung: Zweite Testphase	158
6.2.1	Zeitlicher Ablauf, Zielsetzungen und Methoden der Evaluierung	158
6.2.2	Auswahlkriterien der Klassen bzw. Lehrer/innen und vorbereitende Maßnahmen	161
6.2.3	Ergebnisse der Auswertungen der Protokollblätter (Schüler/innen)	162
6.2.4	Ergebnisse der Auswertungen der Abschlussfragenbögen (Schüler/innen)	165
6.2.5	Ergebnisse der Auswertung der Fragebögen (Lehrer/innen)	169

7	Resümee und Ausblick	176
	Literatur.....	181
	Verzeichnis der Abbildungen.....	189
	Verzeichnis der Grafiken	193
	Verzeichnis der Tabellen	194
	Anhang	196

Vorbemerkung: Da in der Literatur unterschiedliche Schreibweisen vorherrschen und es keine klare Festlegung hinsichtlich der Einheitlichkeit der Schreibweise des Begriffes „Neue Medien“ gibt, wird in dieser Arbeit die Form „neue Medien“ gewählt.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit konnte nur entstehen, weil eine Reihe von Personen mich unterstützte und begleitete. Zu allererst möchte ich meiner Doktormutter, Frau Dr. Renate Rasch, sehr herzlich danken. Sie ermöglichte mir das Vorhaben, mich mit der Implementierung neuer Medien in den Geometrieunterricht der Grundschule auseinanderzusetzen. Durch eine intensive Kommunikation entstand eine sehr persönliche Zusammenarbeit. Dabei hat mich Frau Dr. Rasch stets auf eine sehr wertschätzende Art durch konstruktive Rückmeldungen und realistische Einschätzungen der zur Verfügung stehenden Ressourcen motiviert und begleitet.

Herrn Dr. Engelbert Niehaus, der sich bereit erklärte, als Zweitgutachter zur Verfügung zu stehen, sage ich ebenfalls herzlich danke. Vor allem durch seine Rückmeldungen wurde ich während des Arbeitsprozesses auf wichtige Aspekte aufmerksam gemacht, die ich in weiterer Folge berücksichtigen konnte.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Kollegen, Dr. Fritz Kast, der mich bei meiner wissenschaftlichen Arbeit tatkräftig unterstützte und eine ganz wichtige Rolle im Bereich der statistischen Arbeit spielte. In vielen persönlichen Gesprächen brachte er richtungweisende Gedanken ein, die mich in meiner Arbeit weiterbrachten. Ohne sein Mitwirken wäre dieses Projekt in der Form nicht möglich gewesen.

Hinsichtlich der technischen Umsetzung der Computeranwendungen konnte ich stets mit meinem Kollegen DI Adolf Selinger in Diskussion treten. Er war jederzeit hilfsbereit und hatte für jedes Problem eine Lösung. Für diese Kooperation ein aufrichtiges Dankeschön.

Ohne die Bereitschaft der Kolleginnen und Kollegen in den einzelnen Klassen, die entwickelte Lernumgebung im schulischen Alltag zu testen, wäre eine praktische Erprobung nicht möglich gewesen. Durch ihren Einsatz war eine Evaluation der Handeichungen im Unterricht realisierbar. Ebenso gilt mein Dank jenen Lehrkräften, die im Rahmen der landesweiten Untersuchung den Fragebogen ausgefüllt und an mich gesendet haben. Durch ihr Mitwirken konnte bei der Auswertung auf eine große Anzahl an Daten zurückgegriffen werden.

Danken möchte ich auch Claudia Wenko, die in gewissenhafter Weise die Arbeit Korrektur gelesen hat.

Nicht zuletzt bin ich meiner ganzen Familie sehr dankbar, insbesondere meiner Gattin Irene, die immer für Rückhalt gesorgt hat und sehr viel Verständnis für mich aufbrachte; meinen Töchtern Lena und Anja, die mir immer eine wertvolle Stütze waren, sobald ich ihre Hilfe benötigte.

Zusammenfassung

Die neuen Medien gewinnen im gesellschaftlichen Leben immer mehr an Bedeutung. Dieser Prozess beeinflusst zunehmend auch die Entwicklungen im schulischen Bereich. Durch die Eingliederung von Computern in den Unterricht entstehen neue Möglichkeiten hinsichtlich der Gestaltung von Lernprozessen. In diesem Zusammenhang ist es von großer Bedeutung, entsprechende Computeranwendungen für die jeweilige Lerngruppe aufzubereiten, sodass ein begründeter Einsatz im Rahmen des Unterrichts erfolgen kann. Zudem erfordert die effiziente Einbindung von Computern eine Veränderung der räumlichen Organisation, der methodischen Konzeption des unterrichtlichen Agierens, sowie einen Wandel im Rollenverständnis der Lehrpersonen. Diese Reflexion und Umorientierung ist die Grundlage dafür, dass neue Medien gewinnbringend für Lehr- und Lernprozesse genutzt werden können.

Ein erstes Ziel der vorliegenden Arbeit ist es – anhand einer landesweiten Befragung – die Situation bezüglich der Verwendung von Computern im Rahmen des Geometrieunterrichts der Grundschule empirisch zu überprüfen. Die Auswertung liefert Auskunft darüber, wie intensiv der Computer im Lernprozess eingesetzt wird und bildet jene Faktoren ab, die ausschlaggebend sind, dass Computer im Geometrieunterricht verwendet werden. Die Ergebnisse sind eine empirische Grundlage für die Entwicklung einer computergestützten Lernumgebung namens „Geolizi“ (zweites Ziel der Arbeit). Im Rahmen dieser Lernumgebung sollen die Schüler/innen mittels Computer die Themen „Spiegelbildliche Figuren“ und „Konstruktionen von Rechteck und Quadrat“ selbstständig er- bzw. bearbeiten. Dabei stehen den Kindern „hands-on“ Medien, traditionelle Zeichengeräte sowie interaktive Arbeitsblätter zur Verfügung. Der Computer (samt entsprechender Anwendungen) übernimmt in diesem Lernprozess unterschiedliche Funktionen. Die Erprobung der Lernumgebung erfolgt in mehreren Klassen der Grundstufe II im Rahmen einer formativen und summativen Evaluierung. Anhand der Schüler/innenfragebögen wird die Benutzerfreundlichkeit der einzelnen Elemente untersucht. Auf der Grundlage eines Prä-Post-Untersuchungsdesigns wird versucht, mögliche Veränderungen der Einstellungen im Bezug auf den Einsatz von Computern im Geometrieunterricht bei den beteiligten Lehrerinnen / Lehrern herauszufinden.

Die Ergebnisse der Erprobungsphasen sowie die Auswertung der Fragebögen lassen die begründete Vermutung zu, dass durch die Verwendung der multimedialen Lernumgebung „Geolizi“ eine Steigerung der Nutzungsintensität von Computern im Geometrieunterricht die Folge sein könnte. Insgesamt stellt die entwickelte Lernumgebung eine interessante Möglichkeit dar, Computer im Rahmen des Geometrieunterrichts der Grundschule einzusetzen und so einen wichtigen Beitrag zu einem selbstständigen, individualisierten Lernprozess zu leisten.

Einleitung

Die Bearbeitung geometrischer Fragestellungen leistet einen wichtigen Beitrag zur Allgemeinbildung. Anhand adäquater Aufgabenstellungen können Kompetenzen wie Kommunizieren, Argumentieren, Problemlösen entwickelt und gefördert werden. Ebenso kann die Behandlung geometrischer Situationen eine entscheidende Unterstützung zur Anbahnung und Bildung von Begriffen leisten. Oftmals wird die Bedeutung geometrischen Handelns weit unterschätzt und ein Blick in die Lehrpläne zeigt, dass zwischen geometrischen und arithmetischen Inhalten ein großes Ungleichgewicht herrscht. Dies spiegelt sich beim Betrachten der einzelnen Schulbücher der Grundschule wider (vgl. Elschenbroich/Seebach 2007, S. 8). Historisch betrachtet hat sich die gesamte Mathematik aus geometrischen Untersuchungen entwickelt. In den Anfängen wurden konkrete Situationen, Tätigkeiten und Objekte / Figuren erforscht, Zusammenhänge erkundet und die gewonnenen Erkenntnisse für weitere Problemlösungen verwendet. Auch heute kommt dem umwelterschließenden Aspekt der Mathematik eine bedeutende Rolle im Rahmen des Geometrieunterrichts zu. Grundlage dafür ist u.a. der hohe Grad an Anschaulichkeit, der bei der Thematisierung geometrischer Inhalte gegeben ist. Wird auch weiterhin der Geometrie nicht der gebührende Stellenwert im Rahmen des Unterrichts beigemessen, geht ein entsprechender Anteil an Allgemeinbildung verloren (vgl. Elschenbroich/Seebach 2007, S. 4ff).

Im Rahmen eines zeitgemäßen Geometrieunterrichts soll ein Kompetenzerwerb in obigem Sinn und die Befähigung zu kompetentem Handeln Grundlage jeglichen Mathematikunterrichts sein.

Nach Weigand (2006, o.S. zit. nach Elschenbroich/Seebach 2007, S. 5) geht es

„um eine aktive Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit geometrischen Fragestellungen, indem sie

- Figuren erkunden
- Körper erforschen
- zeichnen und konstruieren
- argumentieren, begründen und beweisen
- Modelle bilden und anwenden.“

Die Forderung nach aktiver Auseinandersetzung mit bestimmten Aufgabenstellungen bedeutet, dass Rahmenbedingungen seitens der Lehrer/innen geschaffen werden müssen, die einen selbstständigen Lernprozess ermöglichen, in dem Wissen einerseits angeeignet und andererseits dieses in unterschiedlichen Beispielen zur Anwendung / zu einem Transfer gelangen soll (vgl. Reiss 2010, S. 7). In diesem Zusammenhang entwickelte sich der Begriff der „Lernumgebung“. Diese stellt den Raum für Eigenaktivität, je nach individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler/innen, zur Verfügung. Die Lehrperson nimmt dabei eine wichtige – teils veränderte Rolle – ein: Die Lehrerin / der Lehrer

„begleitet“ die Kinder bei ihren Aktivitäten. Manchmal greift die Lehrperson auch steuernd ein. Ziel ist es, vernetztes Lernen zu fördern. Neben dem Differenzierungsgedanken (qualitativ sowie quantitativ) kommt dem forschend-entdeckenden Lernen unter Verwendung vielfältiger Medien eine bedeutende Rolle zu (vgl. Elschenbroich/Seebach 2007, S. 4ff).

Insbesondere wirken auch die Strömungen der gesellschaftlichen Entwicklung auf den Geometrieunterricht – wie auch auf den gesamten Unterricht – ein. Die Schüler/innen sind heute einer Vielzahl von Medien ausgesetzt, die den kindlichen Alltag direkt beeinflussen. Dieser Prozess hat auch auf die schulische Entwicklung Relevanz. In den Lehrplänen haben in den letzten Jahren die neuen Medien ihre Verankerung gefunden. Wesentlich erscheint bei der Betrachtung der Medienvielfalt, dass alte und neue Medien keine Gegensätze darstellen, sondern dass eine Ergänzung, unter Wahrung der jeweiligen Spezifika, das Ziel sein sollte.

Seit Comenius beschäftigt man sich mit der Bedeutung und Sinnhaftigkeit des Einsatzes von Medien zur Veranschaulichung von Lerninhalten. Insbesondere die positiven Auswirkungen auf den Lernprozess der Schüler/innen stehen im Mittelpunkt der Forschung. Dieses Interesse ist auch im Zusammenhang mit der Implementierung der neuen Medien zentrales Anliegen. Dabei wird die Forschung vor allem aus kognitionspsychologischer, instruktionspsychologischer und mediendidaktischer Sicht geführt. Im Bereich der Kognitionspsychologie wird besonders auf die Wirkung der Gestaltungsmerkmale computerbasierender Medien geachtet; die Instruktionspsychologie stellt Fragen bezüglich der unterrichtlichen Eingliederung der neuen Medien und überprüft verschiedene Unterrichtssituationen und Rahmenbedingungen, unter denen ein besonders wirksamer, durch Computer unterstützter Lernprozess stattfinden kann. Die Lernzielbeschreibung und die methodisch–didaktische Unterrichtsgestaltung stehen im Fokus der Mediendidaktik (vgl. Blömeke 2003, S. 58).

Bei der Verwendung neuer Medien, respektive des Computers, hat sich im Bereich der Geometrie der Einsatz dynamischer Geometriesoftware als besonders hilfreich erwiesen. Insbesondere durch die Dynamisierung mit Hilfe des Zugmodus können die Schüler/innen viele Fragestellungen forschend erkunden. Im Bereich der Grundschule stellt jedoch eine dynamische Geometriesoftware hohe Ansprüche an die Kinder. Eine Alternative kann hier der Einsatz spezieller Arbeitsblätter bieten: Mittels einer dynamischen Geometriesoftware lassen sich interaktive Arbeitsblätter gestalten, die – durch Einschränken auf die notwendigen Funktionen – eine hervorragende Möglichkeit für das Konstruieren und anschließende Experimentieren – unter Wahrung der Beweglichkeit – für die Grundschule darstellen. Die Kombination traditioneller Medien, des Computers und die Verwendung dynamischer Arbeitsblätter bilden die Grundlage für multimediale Lernumgebungen.

Die Diskussion bezüglich des Einsatzes eines Computers im Rahmen des Grundschulunterrichts wird in zwei Richtungen geführt. Einerseits erkennt man die gesellschaftliche Situation und die Tatsache, dass die Kinder in einer Computerwelt aufwachsen und viele von ihnen sich im privaten Bereich mit diesen technischen Geräten auseinandersetzen. Dies gibt einmal Anlass dazu, Computer im Unterricht zu integrieren. Auf der anderen Seite muss man aus didaktischer Sicht begründen können, warum ein Einsatz gerechtfertigt erscheint. Bisweilen gibt es – auf den Mathematikunterricht bezogen – kein Lehrmittel, welches den kompletten Jahresstoff umfasst, wodurch eine Implementierung der Computeranwendungen gewährleistet wäre. Die meisten Handreichungen sind als zusätzliches Übungsmaterial den einzelnen Schulbüchern beigelegt oder können gesondert bei den Verlagen bestellt werden. Der Dialog hat sich in den letzten Jahren versachlicht. Einerseits sehen die Kritiker die Notwendigkeit des Computereinsatzes auf Grund der gesellschaftlichen Entwicklung. Andererseits muss allerdings auch festgehalten werden, dass eine Generalisierung der durch die Verwendung von Computern erzielten Lernzuwächse nur bedingt möglich ist (vgl. Rohrbach 2008, S. 44; Moser 2003, S. 18; Keller 2001, o.S. zit. nach Granzer 2003, S. 8; Vettiger 1998, S. 318;).

Bezogen auf den Geometrieunterricht kann man die letztgenannte Fragestellung hinsichtlich eines so genannten „Mehrwertes“ beim Einsatz von Computern im Unterricht durch die Arbeit mit dynamischen Arbeitsblättern begründen. Aufgrund der Spezifika des Computers lassen sich Bewegungen mittels Mausaktivitäten erzeugen, die mit traditionellen Medien nicht möglich sind. Dabei können die Schüler/innen auf experimentelle Weise Zusammenhänge und Beziehungen erkennen, die mit statischen Medien nicht visualisiert werden können (vgl. Rohrbach 2008, S. 45).

Mit dem Einsatz von Computern im Unterricht sollen neben dem Erwerb computerbezogener Fähigkeiten, die teilweise als Schlüsselkompetenzen in der Gesellschaft gelten, bildungsbezogene Kompetenzen (siehe oben) unterstützt werden. Nicht der Computer ist zentrales Element, sondern die methodisch-didaktische Gestaltung des Lernprozesses hinsichtlich der Förderung deklarativen und prozeduralen Wissens steht im Mittelpunkt der Überlegungen (vgl. Senkbeil/Wittwer 2010, S. 153).

In der internationalen Studie SITES (Second Information Technologies in Education Studies) wird der Gebrauch der neuen Technologien u.a. in folgenden Gesichtspunkten gesehen: Förderung des eigenständigen Lernens durch aktive Auseinandersetzung mit den jeweiligen Inhalten, Aufbau entsprechender Kompetenzen im Umgang mit Informationen (Recherchieren, Organisieren und Analysieren) sowie die Ermöglichung individualisierten sowie kooperativen Lernens (vgl. Schulz-Zander 2001, S. 413 zit. nach Moser 2003, S. 18).

Auf der Basis der mittelmäßigen Ergebnisse der TIMSS-Testung 2007 (für Mathematik), der daraus abgeleitenden Konsequenzen und Forderungen (vgl. Gerber 2007, S. 30f; Schneider 2007, S. 16ff), eines entsprechenden Literaturstudiums, verbunden mit eigenen Erfahrungen aus der Tätigkeit im Bereich der Pflichtschule und der Arbeit im Bereich der Fachdidaktik Mathematik an der Pädagogischen Akademie / Pädagogischen Hochschule Burgenland sowie Beobachtungen im Rahmen der schulpraktischen Tätigkeit, ergaben sich nachstehende Zielsetzungen, die dieser Arbeit zugrunde liegen:

- Es soll die aktuelle Situation hinsichtlich der Verwendung von Computern im eigenen Bundesland empirisch erhoben werden.
- Es soll der Frage nachgegangen werden, welche Funktionen der Computer im Rahmen des Geometrieunterrichts der Grundschule übernehmen kann.
- Es soll eine computerbasierte Lernumgebung konzipiert werden, mit welcher Schüler/innen der Grundstufe II in einem selbstständigen Lernprozess neue Inhalte erarbeiten bzw. in weiterer Folge üben können.
- Es soll in mehreren Klassen empirisch untersucht werden, wie weit eine praktische Umsetzung der entwickelten Lernumgebung im schulischen Kontext möglich ist.
- Es soll eine multimediale Lernumgebung konzipiert werden, die die Lehrkräfte zukünftig selbst gestalten können, sodass eine Anpassung an die jeweilige Lerngruppe erfolgen kann.

Im Rahmen der Arbeit wird angestrebt, eine Möglichkeit in Form einer computerunterstützten Lernumgebung zur didaktisch begründeten Implementierung des Computers im Geometrieunterricht der Grundschule vorzustellen. Die computerbasierte Lernumgebung wird hinsichtlich der lehrplanmäßigen Zielsetzung „Hantieren mit Zeichengeräten“ und dabei speziell auf die Konstruktion „spiegelbildlicher Figuren“ und die „Konstruktion von Rechteck und Quadrat“ konzipiert. Bei der Behandlung der angeführten Themenbereiche liegt der Schwerpunkt auf der Kombination von traditionellen Zeichengeräten und dem Einsatz des Computers; dabei wird der Computer unterschiedliche Funktionen übernehmen. Bei der Konzeption der digitalen Handreichungen wird besonderer Wert darauf gelegt, dass bei der Umsetzung im Unterricht eine geringe Kompetenz seitens aller Beteiligten erforderlich ist. Die entwickelten Handreichungen sollen in mehreren Klassen erprobt und von den Lehrerinnen / Lehrern und den Schülerinnen / Schülern evaluiert werden. Wesentlich ist auch herauszuarbeiten, unter welchen Bedingungen Lehrer/innen motiviert sind bzw. werden können, im Rahmen ihres Geometrieunterrichts Computer verstärkt einzusetzen.

Aus oben angeführten Zielen ergeben sich für die gesamte Arbeit zwei grundlegende Forschungsfragen:

Welche Faktoren sind ausschlaggebend, dass neue Medien im Geometrieunterricht der Grundschule eingesetzt bzw. nicht eingesetzt werden?

Wie müsste eine didaktische Handreichung aufbereitet sein, damit sie Lehrende zur Nutzung des Computers im Geometrieunterricht der Grundschule anregen kann?

Im *ersten Kapitel* wird der Stellenwert der Geometrie bzw. des Geometrieunterrichts im schulischen Kontext skizziert. Es werden mögliche Gründe für die unterschiedlich intensive Behandlung arithmetischer und geometrischer Inhalte angeführt. Zum Beispiel wird die Bedeutung geometrischen Handels hinsichtlich der mathematischen Entwicklung angesprochen.

Das *zweite Kapitel* hat die Organisation, Durchführung und Auswertung der empirischen Untersuchung zum Inhalt. Zu Beginn werden die Ausgangssituation sowie die Datengrundlage und die Methode der Auswertung der Daten beschrieben. Anhand konkreter Fragestellungen erfolgt die Auswertung und Interpretation der Daten. Die Ergebnisse liefern Gründe, die einen häufigeren Computereinsatz im Geometrieunterricht der Grundschule nahe legen. Antworten auf die erste Forschungsfrage bilden den Abschluss dieses Kapitels.

Im *dritten Kapitel* wird der Frage nachgegangen, wie geometrisches Wissen angeeignet werden kann und welche Teilbereiche bei der räumlichen Denkentwicklung von Bedeutung sind. Neben der Vorstellung zweier Modelle zur räumlichen Denkentwicklung werden weiters lehrplanmäßige Zielsetzungen und Hinweise bezüglich anzustrebender Kompetenzen angeführt. Am Ende des Abschnittes werden auf der Basis der theoretischen Grundlagen wesentliche Aspekte bezüglich eines förderlichen Geometrieunterrichts erörtert. Dabei werden der forschend-entdeckende Lernprozess sowie die Konzeption substanzieller Lernumgebungen näher beschrieben.

Das *vierte Kapitel* widmet sich der Frage nach dem Einsatz adäquater Medien im Unterricht. Neben einer Begriffsklärung und Unterscheidung zwischen traditionellen und neuen Medien wird die Notwendigkeit der mediendidaktischen Kompetenz seitens der Lehrperson dargestellt. Ein Schwerpunkt in diesem Kapitel bildet die Beschreibung bezüglich der Möglichkeit zur Implementierung des Computers im Geometrieunterricht. Dabei wird der Fokus auf den Einsatz von animierten Darstellungen und digitalen Arbeitsblättern gelegt.

Im *fünften Kapitel* erfolgt eine Darstellung der im Rahmen der Forschungstätigkeit entwickelten computerunterstützten Lernumgebung „Geolizi“. Fachwissenschaftliche, fachdidaktische und

lernpsychologische Grundlagen sowie der Aufbau der gestalteten Handreichungen zu den Themenbereichen „Spiegelbildliche Figuren“ und „Konstruktion von Rechteck und Quadrat“ werden genau beschrieben und anhand diverser Abbildungen veranschaulicht.

Das *sechste Kapitel* stellt die Ergebnisse der Evaluierung der Arbeit mit der Lernumgebung in verschiedenen Grundschulklassen vor. Bezüglich der ersten Testphase werden die Beobachtungen und Aussagen, die die Lehrer/innen im Rahmen der Interviews tätigten, kriterienbezogen zusammengefasst. Die Ergebnisse aus den Lehrer/innen- und Schüler/innenbefragungen der zweiten Testphase werden ebenso in diesem Abschnitt dokumentiert. Während der zweiten Erprobungsphase gaben die Schüler/innen – anhand eines entwickelten Analyseinstruments – Rückmeldung hinsichtlich der Verwendung und Effizienz der einzelnen Features. Diese Aussagen werden ebenfalls präsentiert.

Im *siebenten Kapitel* werden die Ergebnisse der Forschungsarbeit dokumentiert und Antworten auf die zweite Forschungsfrage gegeben. Ebenso werden zwei weiterführende Ansätze für zukünftige Forschungsfragen kurz dargestellt. Eine Weiterentwicklung des im Rahmen der Erprobungsphase entwickelten Protokollblattes wird vorgestellt, sodass bei einem zukünftigen Einsatz der Lernumgebung den Lehrerinnen / Lehrern ein digitaler Analysebogen zur Verfügung stehen könnte.

1 Geometrie in der Grundschule

Im Gegensatz zu den arithmetischen Inhalten gibt es für den Geometrieunterricht der Grundschule weniger konkret feststehende inhaltliche Vorgaben. Es sollen allgemeine Fähigkeiten und Anlagen gefördert werden. So stehen die Orientierung in der Umwelt, die Ausbildung kognitiver Fähigkeiten sowie das Sammeln von Grunderfahrungen mit geometrischen Figuren und Objekten und räumlichen Beziehungen im Mittelpunkt. Zu diesen Grunderfahrungen zählen die sogenannten Lagebeziehungen wie „rechts von“, „links von“, „neben“, „unter“ etc., die Qualitätsbegriffe im Sinne von Eigenschaften von Figuren und Körpern wie „eckig“, „rund“, „rollt“, „kippt“ etc., geometrische Grundformen wie beispielsweise die Begriffe „Rechteck“ und „Quadrat“ sowie „Strecke – Strahl – Gerade“ bzw. im Bereich der räumlichen Geometrie „Quader“ und „Würfel“. Weiters sind Grunderfahrungen im Umgang mit Zeichengeräten und der Darstellung von geometrischen Figuren zu sammeln. Die Ausbildung der sprachlichen Kompetenz, der Ausdrucksfähigkeit unter Anwendung der entsprechenden, kindesgerechten Fachsprache stehen ebenfalls im Zentrum (vgl. Graumann 2002, S. 71f). Im österreichischen Lehrplan (2009, S. 227) ist in den didaktischen Grundsätzen zum Bereich Geometrie diesbezüglich verankert:

„Die Begriffsbildung soll im Besonderen über Tätigkeiten wie Bauen, Nachbauen, Nachlegen, Auslegen, Umfüllen, Formen, Falten, Schneiden, Zeichnen erfolgen; diese Elemente erlauben spielerisches Gestalten und schöpferisches Tun. Ausgehend vom Hantieren, Beschreiben und Benennen sollen Objekte auf ihre Eigenschaften und deren Beziehungen untersucht werden.“

Die Ausbildung und Förderung geometrischer Kompetenzen kann als zentrales Ziel im Bereich der Grundschulmathematik gesehen werden; geometrische Vorstellungen bilden die Grundlagen für ein mathematisches Denken (vgl. Radatz et al. 1996, S. 114).

Obwohl den Lehrerinnen/Lehrern diese Bedeutung der Entwicklung der geometrischen Kompetenzen sowie der Motivation, die die Kinder bei der Behandlung geometrischer Aufgaben entwickeln und zeigen, bewusst ist, wird die Bearbeitung geometrischer Inhalte im Gegensatz zur Behandlung arithmetischer Themen nach wie vor eher vernachlässigt (vgl. Krauthausen/Scherer 2007, S. 27). Unterschiedlichste Gründe werden in diesem Zusammenhang genannt (vgl. Radatz/Rickmeyer 1991, S. 4). Eine mögliche Ursache könnte bereits in der Ausbildung der Lehrer/innen liegen. Hier sind arithmetische Inhalte in den einzelnen Curricula in einem höheren Maße ausgewiesen als geometrische Bereiche. Dies kann zu einer fachlichen und fachdidaktischen Unsicherheit bei den Studierenden führen. Geometrieunterricht zu gestalten ist auch aufwändiger als vergleichsweise arithmetische Inhalte zu vermitteln. Es wird kaum möglich sein, Geometrie buchorientiert betreiben zu können. Da das Schulbuch im täglichen Unterricht eine sehr dominante Stellung hinsichtlich der zu behandelnden Inhalte aufweist und in diesen die geometrischen Inhalte

eher unstrukturiert und verhältnismäßig dürftig im Vergleich zu der Menge an arithmetischen Inhalten aufscheinen und noch immer eine Vielzahl der Lehrpersonen der Meinung ist, dass alle Seiten des Schulbuches von allen Schülerinnen / Schülern bearbeitet werden müsse, verwundert es nicht, wenn die Lehrer/innen mehr Arithmetik betreiben (Hahn 2004, S. 273f). Ein vielfältiges Materialangebot ist notwendig, um die einzelnen Fähigkeiten und Fertigkeiten schulen und entwickeln zu können. Durch das Hantieren mit diesen Medien ergibt sich auch ein gewisser produktiver Arbeitslärm. Dieser wird in Umfragen ebenfalls als negativer Aspekt in Bezug auf Geometrieunterricht genannt. Bezüglich der Erhebung der Schüler/innenleistungen ist es auch schwieriger, im Bereich der geometrischen Aktivitäten objektive Aussagen zu tätigen (vgl. Schipper et al. 2000, S. 139f; Radatz et al. 1996, S. 114; Radatz/Rickmeyer 1991, S. 4).

Die oben genannten Gründe wurden in einer neueren Untersuchung von Backe-Neuwald (1998) großteils bestätigt. Der Stellenwert der Geometrie wurde in dieser Umfrage ebenfalls im Vergleich zu Arithmetik als gering bezeichnet. Beide Bereiche werden zumeist nebeneinander behandelt; zu einer Verzahnung kommt es in den seltensten Fällen. Geometrische Inhalte werden in den ersten beiden Schuljahren noch eher durchgenommen, wohingegen die Inhalte der Grundstufe II sehr häufig, u.a. mit der Begründung der Zeitknappheit, vernachlässigt werden. Dies mag auch auf Grund der bereits oben angesprochenen mangelnden Fachkompetenz liegen (vgl. Krauthausen/Scherer 2004, S. 52ff).

In den vergangenen Jahren hat sich die Situation leicht verändert. Die Behandlung geometrischer Inhalte wird auf Grund mancher Entwicklungen häufiger in den Unterricht eingeplant. Ausschlaggebend dafür sind nach Homan (1996, S. 8 zit. nach Schipper et al. 2000, S. 140) die inhaltliche Schwerpunktsetzung hinsichtlich der Geometrie in diversen Fachzeitschriften, die wiederum von Lehrern und Lehrerinnen verstärkt abonniert werden, die größere Auswahl an entsprechenden Lehrmitteln, Formen offenen Unterrichts inklusive des Individualisierens sowie das Erkennen der Bedeutung des Experimentierens und Problemlösens und des Zusammenhangs zwischen räumlichen Kompetenzen und Rechenfähigkeiten.

Durch die Auseinandersetzung mit geometrischen Inhalten im Bereich der Grundschule können nach Franke (2007, S. 5)

- „die intellektuellen Kompetenzen gefördert werden, z.B. das Raumvorstellungsvermögen [...] und grundlegende geistige Fähigkeiten wie Ordnen und Klassifizieren,
- Begriffsbildungsprozesse nicht nur zu geometrischen Begriffen, sondern auch zu arithmetischen Begriffen unterstützt werden [...] und nicht zuletzt
- Erfahrungen zur Umwelterschließung und zum praktischen Nutzen von Geometrie im Alltag gewonnen werden [...] sowie
- Freude an der Geometrie und am entdeckenden und problemorientierten Lernen und Arbeiten geweckt werden.“

Nach diesem kurzen Überblick bezüglich der Bedeutung des Geometrieunterrichts und der Einbindung bzw. Behandlung geometrischer Inhalte im Bereich der Grundschule wird im nächsten Kapitel die konkrete Situation im Bundesland Burgenland auf der Basis einer empirischen Untersuchung charakterisiert. Dabei liegt der Schwerpunkt auf einer für die Thematik relevanten Fragestellung, nämlich der Einstellung der Lehrer/innen zum Einsatz neuer Medien und letztendlich deren Verwendung im Geometrieunterricht.

2 Untersuchung zum Einsatz neuer Medien im Geometrieunterricht der Grundschule

2.1 Ausgangspunkt

Die Diskussion bezüglich des Einsatzes des Computers im Bereich der Grundschule wird in den letzten Jahren mehrfach kontrovers geführt. Unterschiedliche Argumente für und gegen die Verwendung werden genannt. Ein Blick in den österreichischen Lehrplan zeigt, dass seitens der Vorgaben ein Computereinsatz vorgesehen ist, wenngleich kaum konkrete Anwendungsbereiche explizit erwähnt sind. So werden in den allgemeinen Bestimmungen bezüglich des Einsatzes bzw. der Ausstattungen der Schulen einige grundlegende Aspekte festgehalten. In den Lehrstoffangaben für Bildnerische Erziehung des österreichischen Lehrplanes für Volksschulen ist die Verwendung des Computers fachspezifisch verankert (vgl. Lehrplan der Volksschule 2009, S. 23, S. 239ff).

Durch die langjährige Tätigkeit als Praxisberater im Rahmen der schulpraktischen Ausbildung der Studierenden der Pädagogischen Akademie / Hochschule konnte ich viele Einblicke bezüglich der Ausstattungen der Klassen bzw. des Einsatzes des Computers im Unterricht gewinnen. Gemeinsam mit interessierten Studentinnen / Studenten wurden im Rahmen der Ausbildung Fachdidaktik Mathematik regelmäßig Unterrichtseinheiten unter Verwendung des Computers geplant, durchgeführt und reflektiert. Intensive Gespräche mit Kolleginnen/Kollegen bezüglich des Einsatzes des Computers und der organisatorischen Rahmenbedingungen in den einzelnen Schulen bzw. Klassen lieferten sehr unterschiedliche Ergebnisse; der Bogen spannte sich von einigen wenigen Computern in der Schule bis zu Grundschulen mit separaten Computerräumen; vereinzelt sind auch Notebookklassen eingerichtet. Ebenso waren die Aussagen hinsichtlich des Einsatzes und der Nutzungsfrequenz der Computer im Unterricht sehr unterschiedlich. Manche Lehrer/innen setzen dieses Medium überhaupt nicht ein, manche gaben an, keine direkten Einsatzgebiete zu kennen und wieder andere Lehrkräfte verwenden Lernplattformen und gestalten teilweise ihren Unterricht auf der Basis elektronischer Lernumgebungen.

Diese Beobachtungen und Erfahrungen waren ausschlaggebend, eine Erhebung zu planen und damit die Situation im Bundesland (Burgenland) empirisch fundiert näher zu beleuchten und zu analysieren. Mit Hilfe einer Befragung sollten die äußeren Rahmenbedingungen, die Einstellungen der Lehrer/innen bezüglich eines Computereinsatzes in der Grundschule (allgemein) sowie die Nutzungshäufigkeit des Computers im Unterricht untersucht werden. Die Auswertung der Befragung soll erstens Aufschluss über die Situation hinsichtlich der technischen Ausstattungen der Volksschulen im Hinblick auf die Anzahl der für den Unterricht zur Verfügung gestellten Computer

geben, zweitens soll das Problemverständnis seitens der Lehrer/innen bezüglich des Einsatzes des Computers im Rahmen des Geometrieunterrichts der Grundschule erhoben werden und drittens sollen Gründe für die Nutzung und Nichtnutzung eruiert werden.

Der Ablauf der empirischen Untersuchung erfolgt nach den fünf Hauptphasen nach Diekmann (2002, S. 162):

- „I. Formulierung und Präzisierung des Forschungsproblems
- II. Planung und Vorbereitung der Erhebung
- III. Datenerhebung
- IV: Datenauswertung
- V. Berichterstattung“

Ein Blick in die entsprechende Fachliteratur zeigt etliche Veröffentlichungen und Beschreibungen diverser Unterrichtsprojekte aus den unterschiedlichsten Pflichtgegenständen der Volksschule (vgl. Eder/Reiter 2002; Reiter 2001; Scheidl et al. 2000).

In Anlehnung an den Lehrerfragebogen zur TIMSS-Testung 2007 (vgl. TIMSS 2007), in der die Merkmale auch eine Rolle spielten, ergänzt durch die Bereiche der technischen Ausstattungen der Schulen (Verfügbarkeit von Computern) und die persönlichen Einstellungen bezogen auf den Geometrieunterricht und die Implementierung von Computern in den (Geometrie-)Unterricht, wurde ein Fragebogen erstellt (siehe Anhang). Die nachfolgenden Fragestellungen / Hypothesen wurden auf der Basis bisher vorliegender Befunde und den beschriebenen Erfahrungen entwickelt und bilden die Grundlage der Erhebung.

Der Fragebogen gliedert sich in drei Abschnitte und umfasst insgesamt 30 Fragen: Die Fragen im ersten Teil – „Rahmenbedingungen für die Unterrichtsarbeit und persönliche Einstellung ...“ – beziehen sich auf die Arbeit in der Schule und auf die persönliche Einstellung der Lehrer/innen hinsichtlich des Einsatzes von Computern im Unterricht. Im zweiten Teil – „Über meinen Mathematikunterricht ...“ – soll der eigene Mathematikunterricht, respektive der Geometrieunterricht bezogen auf die 4. Schulstufe, reflektiert werden. Im dritten Teil „Über mich ...“ sollen Angaben zur eigenen Person, zur Aus- und Fort- bzw. Weiterbildungssituation und zum persönlichen Nutzungsverhalten des Computers gemacht werden.

Mit Hilfe der Fragebögen sollen Antworten auf folgende Forschungsfragen gefunden werden:

1. Stehen den Schülerinnen / Schülern Computer für den Unterricht zur Verfügung? In welcher Anzahl stehen sie Schülerinnen / Schülern zur Verfügung?

2. Finden Lehrer/innen, dass der Computereinsatz eine wichtige Komponente eines zeitgemäßen Unterrichts darstellt?
3. Inwieweit sollen die Schüler/innen den Computer im Sinne eines Werkzeugs zur Durchführung von Aufgabenstellungen verwenden?
4. Welchen Stellenwert besitzt die Schulung der Problemlösefähigkeit im Geometrieunterricht?
5. Welchen Stellenwert nimmt das Experimentieren im Geometrieunterricht ein?
6. Welchen Stellenwert hat ein computerunterstützter Lernprozess im Bereich der Geometrie?
7. Setzen die Lehrer/innen Computer im Geometrieunterricht ein?
8. Wenn Lehrer/innen Computer im Geometrieunterricht einsetzen, welche Software kommt dabei zum Einsatz?
9. Sind Lehrer/innen der Ansicht, dass der Geometrieunterricht Möglichkeiten bietet, Computer in die Lernprozesse zu integrieren?
10. Halten Lehrer/innen den Computer für ein geeignetes Medium, welches Schüler/innen im Rahmen des Geometrieunterrichts zum Experimentieren verwenden können?
11. Inwieweit beschäftigten sich die Lehrer/innen im Rahmen ihrer Ausbildung mit Medienpädagogik bzw. Mediendidaktik?
12. Inwieweit fühlen sich die Lehrer/innen den didaktischen Anforderungen beim Einsatz des Computers im Rahmen des Geometrieunterrichts gewachsen?
13. Inwieweit fühlen sich die Lehrer/innen den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens beim Einsatz des Computers im Rahmen des Geometrieunterrichts gewachsen?
14. Inwiefern sind neue Medien Anlass, entsprechende Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen zu besuchen?

Ziel der Arbeit:

Aus obigen Fragestellungen ergibt sich die erste Forschungsfrage, welche im Rahmen dieser Arbeit untersucht wird:

Welche Faktoren sind ausschlaggebend, dass neue Medien im Geometrieunterricht der Grundschule eingesetzt bzw. nicht eingesetzt werden?

2.2 Datengrundlage und Methode

Als Datengrundlage für die Analyse der oben genannten Fragestellungen und der formulierten (ersten) Forschungsfrage wurden die Daten aus der landesweiten Befragung verwendet. Der Fragebogen wurde an alle burgenländischen Volksschullehrer/innen gesendet, wobei die Zielgruppe

der vorliegenden Untersuchung jene Lehrer/innen, die derzeit eine vierte Schulstufe führen oder in der Vergangenheit geführt haben, darstellt.

Ein erster Prototyp des Fragebogens wurde im Sommersemester 2009 einem Pretestverfahren (vgl. Diekmann 2002, S. 415f) unterzogen. Mehrere Kolleginnen / Kollegen überprüften die schriftlichen Befragungsunterlagen hinsichtlich der sprachlichen und inhaltlichen Klarheit der Fragestellungen und des erforderlichen Zeitbedarfs zur Beantwortung. Auf Grund persönlicher Rückmeldegespräche mit den Testpersonen wurde der Fragebogen überarbeitet und in die vorliegende Form gebracht. Um eine hohe Rücklaufquote zu erhalten, wurde bei der Fragebogengestaltung versucht, einen vertretbaren Zeitrahmen für die Lehrer/innen zu kalkulieren.

Im Anschluss an die Genehmigung des Landesschulrates für das Burgenland wurde der Fragebogen an alle Volksschullehrer/innen des Burgenlandes in Printform versendet (postalische Befragung). Bei der Zusendung wurde für jeden Fragebogen ein (frankiertes und adressiertes) Rücksendekuvert beigelegt, wodurch die Anonymität der einzelnen Lehrer/innen gewahrt wurde. Diese logistische Organisation ermöglichte ein problemloses und für jede Lehrerin / jeden Lehrer ein kostenfreies Rücksenden. Vor Ablauf der Rücksendefrist wurde ein Mail an alle Volksschuldirektor/innen gesendet, die Lehrkräfte zu erinnern/motivieren, den Fragebogen auszufüllen und abzusenden, um eine möglichst große Anzahl an Rücksendungen zu erhalten. Diesem Vorgehen wird (Longworth 1953 zit. nach Diekmann 2002, S. 441) ein großes Gewicht beigemessen. Auf Grund der getroffenen Maßnahmen war eine höhere Rücklaufquote zu erwarten. Nachdem keine Unterlagen vorliegen, aus denen abgelesen werden kann, welche Lehrerin / welcher Lehrer eine vierte Schulstufe in der Vergangenheit unterrichtete bzw. im laufenden Schuljahr führt, kann der Wert der Rücklaufquote nicht exakt angegeben werden. Insgesamt wurden 956 Fragebögen an Volksschullehrer/innen versendet, wobei vorweg nicht bekannt war, ob diese zur Zielgruppe gehören; 381 Exemplare wurden von den Lehrerinnen / Lehrern ausgefüllt retourniert.

Nach Ablauf des Rücksendezeitraumes wurden alle Unterlagen maschinell eingelesen, die Ergebnisse in einem Datenfile abgespeichert, mittels der Software SPSS ausgewertet und danach interpretiert.

2.3 Darstellung der Ergebnisse

2.3.1 Linearauszahlungen der Variablen

	Ja	Nein	n
Stehen Computer für den Unterricht zur Verfügung?	97,9 %	2,1 %	376
Setzen Sie den Computer im Geometrieunterricht ein?	27,8 %	72,2 %	367

Tabelle 1: Variablenübersicht 1

	Stimme völlig zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	n
Computereinsatz ist eine wichtige Komponente eines zeitgemäßen Grundschulunterrichts.	59,5 %	36,5 %	3,7 %	0,3 %	375
Kompetenzerwerb seitens der Schüler/innen im Umgang mit dem Computer (Computer als Werkzeug).	60,9 %	35,7 %	3,5 %	0,0 %	373
Geometrieunterricht eignet sich, Computer in die Lernprozesse zu integrieren.	13,6 %	50,8 %	31,9 %	3,7 %	354
Mit Hilfe von Computern können die Schüler/innen geometrische Sachverhalte auf experimentelle Weise lösen.	17,8 %	54,2 %	25,2 %	2,7 %	365
Den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen.	23,8 %	57,1 %	16,9 %	2,2 %	361
Den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen fühlen.	25,3 %	55,8 %	15,8 %	3,1 %	360
Neue Medien sind Anlass, entsprechende Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen zu besuchen.	40,4 %	48,4 %	11,3 %	0,0 %	364

Tabelle 2: Variablenübersicht 2

	Sehr hohen Stellenwert	Hohen Stellenwert	Geringen Stellenwert	Keinen Stellenwert	n
Stellenwert der Schulung der Problemlösefähigkeit im Geometrieunterricht.	59,1 %	34,1 %	6,8 %	0,0 %	369
Stellenwert des Experimentierens im Geometrieunterricht.	45,3 %	41,2 %	13,0 %	0,5 %	369
Stellenwert eines computergestützten Lernprozesses im Geometrieunterricht.	3,6 %	15,6 %	60,4 %	20,5 %	366

Tabelle 3: Variablenübersicht 3

	Ein Computer	Zwei Computer	Drei Computer	Vier Computer	Mehr als vier Computer	n
Anzahl der verfügbaren Computer.	22,1 %	27,9 %	11,9 %	12,2 %	25,9 %	344

Tabelle 4: Variablenübersicht 4

	Begleit-CD Schulbuch	Geometrie-software	MS-Office Programme	Online Programme	Sonstige	n
Verwendete Software.	25,0 %	3,1 %	12,5 %	21,9 %	37,5 %	64

Tabelle 5: Variablenübersicht 5

	War ein Schwerpunkt	Einblick in das Gebiet	Überhaupt nicht	n
Behandlung der Thematik „Medienpädagogik / Umgang mit neuen Medien“ im Rahmen der Ausbildung.	13,2 %	59,5 %	27,4 %	365

Tabelle 6: Variablenübersicht 6

2.3.2 Auswertungsstrategie

Zur weiteren Bearbeitung der Grunddaten war es wegen der Verteilung der Antworten auf die vier Kategorien zweckmäßig geworden, einzelne Variablen zu dichotomisieren (abhängige und unabhängige Variablen). Im Zuge der Dichotomisierung wurden die Ausprägungen „Sehr hohen Stellenwert“ und „Hohen Stellenwert“ zu „Hohen Stellenwert“ bzw. „Geringen Stellenwert“ und „Keinen Stellenwert“ zu „Geringen Stellenwert“ zugeordnet, ebenso wurden die Ausprägungen „Stimme völlig zu“ und „Stimme eher zu“ zu „Zustimmung“ bzw. „Stimme eher nicht zu“ und „Stimme nicht zu“ zu „Ablehnung“ gruppiert. Bei der Frage nach der Auseinandersetzung mit der Thematik im Rahmen der Ausbildung wurden die Ausprägungen „War ein Schwerpunkt“ und „Einblick in das Gebiet“ zu „Beschäftigt“ bzw. „Überhaupt nicht“ zu „Nicht beschäftigt“ zusammengefasst. Zur Veranschaulichung wird in den Grafiken die Darstellung in Form von Säulendiagrammen gewählt.

Da es sich um kategoriale Variablen handelt, werden zur Analyse von Beziehungen zwischen Variablen bedingte Häufigkeitsverteilungen verwendet, um Rückschlüsse auf die Wirkung einzelner explikativer Variablen treffen zu können. Die Hypothesen über mögliche Zusammenhänge zwischen zwei dichotomen Variablen werden in Form von Vier-Felder-Tabellen überprüft. Für die Überprüfung der statistischen Unabhängigkeit der Variablen, der Nullhypothese, wird der Wert des χ^2 , als Maß für die Zusammenhangsstärken werden zudem Prozentsatzdifferenzen (d %) ausgewiesen. Um die Stärken der Zusammenhänge in den verschiedenen Tabellen vergleichbar zu machen, wurde aus den zur Verfügung stehenden Maßzahlen das Q von Yule herangezogen, da es – bezogen auf die konkreten Fragestellungen – die meisten Vorzüge hat (vgl. Blalock 1979). Weiters wurden – entsprechend der Argumentation in der Literatur (vgl. Diekmann 2002, S. 585 bzw. Tabelle 7) der Kontingenzkoeffizient (C), der Phi-Koeffizient (Φ), die Assoziationsmaße Cramers-V und Chi-Quadrat (χ^2) sowie der Signifikanzwert (p) berechnet.

unabhängige Variable	abhängige Variable	Methode	Maß für die Stärke des Zusammenhangs
dichotom	dichotom	Vier-Felder-Tabelle	$d\%$, ϕ , Q
polytom	polytom	$m \times n$ -Tabelle	Cramers V^* , Kontingenzkoeffizient C^*
dichotom (zwei Gruppen)	intervallskaliert	Mittelwertvergleich	Mittelwertdifferenzen, erklärte Varianz
polytom (mehrere Gruppen)	intervallskaliert	Varianzanalyse	Mittelwertdifferenzen, erklärte Varianz
ordinalskaliert	ordinalskaliert	Rangkorrelationsanalyse	τ -Maße*, Spearmans Rangkorrelationskoeffizient*
intervallskaliert	intervallskaliert	Korrelations- und Regressionsanalyse	Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient r_{xy} Regressionskoeffizient b_{yx} , erklärte Varianz r^2_{xy}

Tabelle 7: Deskriptiv-statistische Untersuchung bivariater Zusammenhänge in Abhängigkeit vom Typ der Variablen
(Quelle: Diekmann 2002, S. 585)

Die Auswertung erfolgt auf deskriptive Weise, auf weitere inferenzstatistische Berechnungen wird verzichtet, da es sich bei diesem Auswahlverfahren durch den nichtkontrollierbaren Rücklauf der Fragebögen um keine Zufallsstichprobe („Random Sample“) handelt, die Voraussetzung für Rückschlüsse auf die unbekannte Grundgesamtheit ist (vgl. Schnell/Hill/Esser 1999, S. 249).

2.3.3 Deskriptive Auswertungen und Interpretationen durch Häufigkeitsverteilungen

Auf der Basis der ermittelten Grunddaten (vgl. Tabellen 1 bis 6) erfolgt im ersten Schritt der Datenauswertung die Interpretation der Linearauszahlungen bezüglich der formulierten Forschungsfragen.

Ad 1)

Fragestellung: Stehen den Schülerinnen / Schülern Computer für den Unterricht zur Verfügung?

In welcher Anzahl stehen sie den Schülerinnen / Schülern zur Verfügung?

Es kann davon ausgegangen werden, dass fast flächendeckend in den Grundschulen des Landes Computer für die Schüler/innen zur Verfügung stehen, welche sie im Unterricht verwenden können. Nur zwei von hundert Lehrerinnen / Lehrern geben an, dass für ihre Schüler/innen keine Computer im Rahmen des Unterrichts verfügbar sind.

Die Anzahl der für schulische Zwecke zur Verfügung stehenden Computer variiert zwischen den einzelnen Schulen sehr stark. Am häufigsten wird angegeben, dass zwei Computer für die Unterrichtsarbeit vorhanden sind. Interessanterweise wird am zweithäufigsten eine größere Anzahl von Computern (mehr als vier Computer), die den Schülerinnen / Schülern zur Verfügung stehen, genannt. Am geringsten ist die Ausstattung der Schulen in der Form, dass drei bzw. vier Computer für die Arbeit im Unterricht verwendet werden können.

Ad 2)

Fragestellung: Finden Lehrer/innen, dass der Computereinsatz eine wichtige Komponente eines zeitgemäßen Unterrichts darstellt?

96 % der Lehrer/innen stimmen der Aussage zu, dass der Einsatz des Computers eine wichtige Komponente eines zeitgemäßen Grundschulunterrichts darstellt. Nur vier von hundert Lehrerinnen / Lehrern meinen, dass der Einsatz des Computers hinsichtlich eines zeitgemäßen Grundschulunterrichts nicht von Bedeutung ist.

Ad 3)

Fragestellung: Inwieweit sollen die Schüler/innen den Computer im Sinne eines Werkzeugs zur Durchführung von Aufgabenstellungen verwenden?

97 von hundert Lehrerinnen / Lehrern meinen, dass die Schüler/innen bei einem Einsatz der neuen Medien neben den fachlichen Inhalten auch entsprechende Kompetenzen im Umgang mit dem Computer und mit diversen Programmen lernen würden. Ebenso könnten die Schüler/innen in diesem Zusammenhang den Einsatz des Computers hinsichtlich der Nutzung als unterstützendes Medium (Computer als Werkzeug) erfahren.

Ad 4)

Fragestellung: Welchen Stellenwert besitzt die Schulung der Problemlösefähigkeit im Geometrieunterricht?

Neun von zehn Lehrerinnen / Lehrern geben an, dass bei der Gestaltung ihres Geometrieunterrichts die Schulung der Problemlösefähigkeit bei den Schülerinnen / Schülern einen hohen Stellenwert hat. Etwa sieben Prozent der befragten Lehrer/innen messen der Schulung der Problemlösefähigkeit einen geringen Stellenwert bei.

Ad 5)

Fragestellung: Welchen Stellenwert nimmt das Experimentieren im Geometrieunterricht ein?

86,4 % der Lehrer/innen messen dem Experimentieren im Geometrieunterricht einen hohen Stellenwert bei. Etwa jede achte Lehrperson (13 %) gibt an, dass bei der Planung des eigenen Geometrieunterrichts dem Experimentieren ein geringer Stellenwert beigemessen wird.

Ad 6)

Fragestellung: Welchen Stellenwert hat ein computerunterstützter Lernprozess im Bereich der Geometrie?

Dem Einsatz des Computers im Geometrieunterricht der Grundschule wird von den Lehrerinnen / Lehrern ein eher geringer Stellenwert beigemessen. Acht von zehn Lehrkräften bestätigen diese Aussage; nur zwei von zehn Lehrpersonen sind der Ansicht, dass die Verwendung neuer Technologien bei der Behandlung geometrischer Inhalte einen hohen Stellenwert besitzt.

Stimmten bei der Beantwortung der Frage, ob der Einsatz des Computers eine wichtige Komponente eines zeitgemäßen Grundschulunterrichts darstellt, 96 % der Lehrkräfte dieser Aussage zu, so messen nur ca. 19 % der Lehrer/innen dem computergestützten Lernprozess im Bereich der Geometrie einen hohen Stellenwert bei (vgl. Tabellen 2 und 3).

Ad 7)

Fragestellung: Setzen die Lehrer/innen Computer im Geometrieunterricht ein?

Drei von zehn Lehrpersonen setzen den Computer im Geometrieunterricht ein; sieben von zehn Lehrerinnen / Lehrern verwenden keinen Computer bei der Behandlung geometrischer Lehrstoffinhalte.

Ad 8)

Fragestellung: Wenn Lehrer/innen Computer im Geometrieunterricht einsetzen, welche Software kommt dabei zum Einsatz?

Nach ihren Aussagen setzen nur drei von hundert Lehrerinnen / Lehrern explizite Geometriesoftware bei der Behandlung geometrischer Inhalte ein. Etwa ein Achtel der Lehrer/innen verwenden Microsoft Office Programme und ungefähr ein Fünftel bedient sich unterschiedlicher Onlineprogramme. Eine sehr dominante Stellung zeigt die Verwendung der Begleit-CDs der jeweiligen Schulbücher; ein Viertel der befragten Personen setzt diese im Rahmen ihres Geometrieunterrichts ein. Der Anteil diverser, nicht näher beschriebener und daher nicht zuordenbarer Software ist mit 37,5 % am höchsten.

Ad 9)

Fragestellung: Sind Lehrer/innen der Meinung, dass der Geometrieunterricht Möglichkeiten bietet, Computer in die Lernprozesse zu integrieren?

Fast zwei Drittel der Lehrer/innen sind der Meinung, dass sich bei der Bearbeitung geometrischer Sachverhalte der Computereinsatz sehr gut eigne; etwa ein Drittel widerspricht dieser Behauptung.

Ad 10)

Fragestellung: Halten Lehrer/innen den Computer für ein geeignetes Medium, welches Schüler/innen im Rahmen des Geometrieunterrichts zum Experimentieren verwenden können?

Rund sieben von zehn Lehrerinnen / Lehrern sind der Meinung, dass die Schüler/innen durch den Einsatz von Computern geometrische Sachverhalte auf experimentelle Weise lösen können. Weniger als ein Drittel der Personen stimmt dieser Aussage nicht zu.

Ad 11)

Fragestellung: Inwieweit beschäftigten sich die Lehrer/innen im Rahmen ihrer Ausbildung mit Medienpädagogik bzw. Mediendidaktik?

Fast drei Viertel der befragten Personen haben sich im Rahmen ihrer Ausbildung mit der Thematik beschäftigt. Etwa ein Viertel der Lehrer/innen hat sich mit diesem Gebiet in der Ausbildungsphase nicht auseinandergesetzt.

Ad 12)

Fragestellung: Inwieweit fühlen sich die Lehrer/innen den didaktischen Anforderungen beim Einsatz des Computers im Rahmen des Geometrieunterrichts gewachsen?

Acht von zehn Lehrerinnen / Lehrern geben an, den didaktischen Anforderungen bezüglich eines Computereinsatzes im Geometrieunterricht gewachsen zu sein. Nur zwei von zehn der befragten Personen schätzen ihr persönliches didaktisches Wissen/Können als zu gering ein, um Computer im Geometrieunterricht einzusetzen.

Ad 13)

Fragestellung: Inwieweit fühlen sich die Lehrer/innen den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens beim Einsatz des Computers im Rahmen des Geometrieunterrichts gewachsen?

Acht von zehn Lehrerinnen / Lehrern bekunden, den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens bezüglich eines Computereinsatzes im Geometrieunterricht gewachsen zu sein. Knapp

ein Fünftel der befragten Personen schätzen ihr persönliches Können als zu gering ein, um Computer im Geometrieunterricht einzusetzen.

Ad 14)

Fragestellung: *Wieweit sind neue Medien Anlass, entsprechende Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen zu besuchen?*

Neun von zehn Lehrerinnen / Lehrern sind motiviert und zeigen entsprechende Bereitschaft, Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen zur Thematik „neue Medien“ zu besuchen. Nur eine von zehn Lehrpersonen lehnt diesbezügliche Veranstaltungen ab.

2.3.4 Faktoren, die die Nutzung des Computers im Geometrieunterricht beeinflussen
(bivariate Zusammenhänge)¹

Waren im ersten Teil der Datenauswertung Häufigkeitsverteilungen bezüglich der gestellten Forschungsfragen von Interesse, so sollen in einem zweiten Schritt anhand bivariater Zusammenhänge mögliche Faktoren herausgefiltert werden, auf die die Nutzung bzw. Nichtnutzung von Computern im Geometrieunterricht zurückzuführen sind bzw. die die Nutzungsintensität von Computern im Geometrieunterricht beeinflussen.

Hypothese 1:

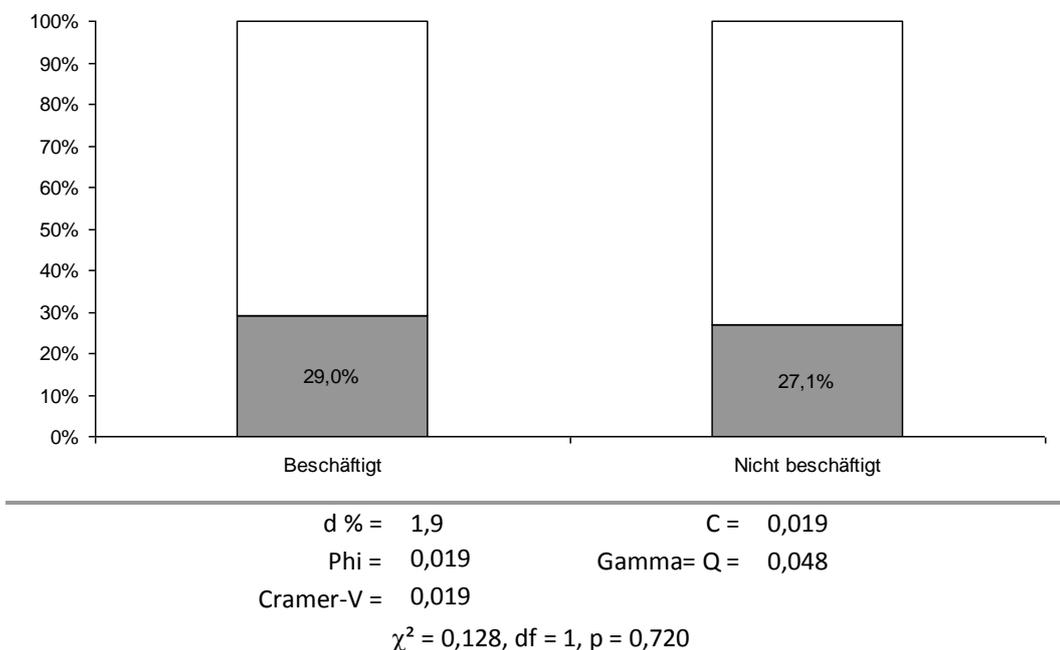
Lehrer/innen, die sich im Rahmen Ihres Studiums mit dem Themengebiet Medienpädagogik / Didaktik im Umgang mit neuen Medien beschäftigten, setzen den Computer häufiger im Geometrieunterricht ein.

Laut Aussage der Lehrer/innen haben sich ungefähr zwei Drittel während ihres Studiums mit der Thematik „Medienpädagogik / Mediendidaktik“ auseinandergesetzt. Diese Tatsache lässt die Vermutung zu, dass diese Gruppe von Lehrpersonen den Computer im Unterricht verstärkt einsetzt.

In Grafik 1 wird der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Einsatzes des Computers und der Behandlung der Thematik während der Ausbildung veranschaulicht.

¹ Die statistischen Berechnungen als Grundlagen der Grafiken 1 bis 7 sind im Anhang beigelegt.

Grafik 1 Lehrer/innen, die sich im Rahmen Ihres Studiums mit dem Themengebiet Medienpädagogik / Didaktik im Umgang mit neuen Medien beschäftigten, im Vergleich zu jenen Lehrerinnen / Lehrern, die dieses Themengebiet nicht behandelten – bezogen auf den Einsatz von Computern.



29 % der Lehrer/innen, die sich im Rahmen ihrer Ausbildung mit obiger Thematik beschäftigten, setzen den Computer ein. Grafik 1 gibt Auskunft darüber, dass 71 % der Lehrkräfte, die sich während der Ausbildung mit der Thematik auseinandersetzen, den Computer dennoch nicht einsetzen. Bemerkenswert ist aber der Befund, dass mehr als ein Viertel der Personen, die sich während der Ausbildung mit der Thematik nicht beschäftigten, den Computer sehr wohl einsetzen.

Aus der Darstellung geht hervor, dass kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Variablen „Ausbildung“ und „Computereinsatz“ ($\chi^2 = 0,128, df = 1, p = 0,720$) besteht, und somit eine absolvierte Ausbildung keinen Einfluss darauf hat, ob Lehrpersonen den Computer im Geometrieunterricht einsetzen.

Hypothese 2:

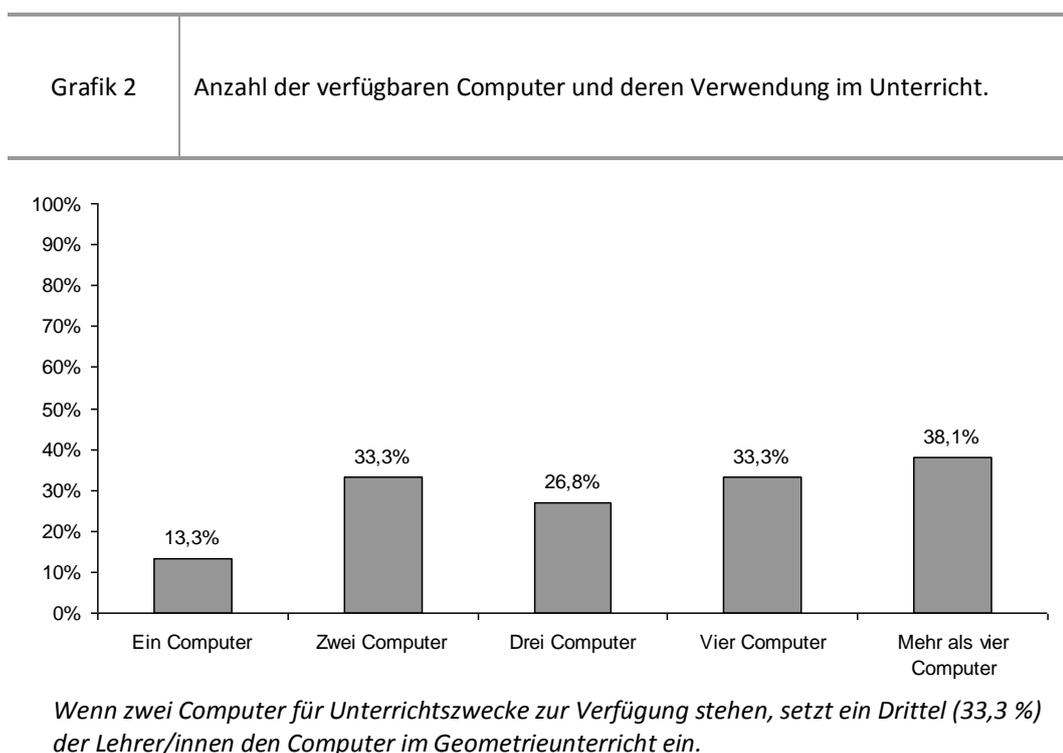
Lehrer/innen, die eine größere Anzahl von Computern für Unterrichtszwecke zur Verfügung haben, setzen den Computer häufiger im Geometrieunterricht ein, als jene, die weniger Geräte zur Verfügung haben.

Die Ausstattung hinsichtlich der Anzahl der zur Verfügung stehenden Computer ist in den einzelnen Schulen recht unterschiedlich (vgl. Tabelle 4). Die Verwendung der Geräte kann (in den meisten Fällen) nur in Form von Arbeitsstationen erfolgen, da nicht alle Schüler/innen einer Klasse zugleich an

den wenigen Computern arbeiten können. Aus organisatorischen Überlegungen könnte vermutet werden, dass eine größere Anzahl an Computern einen häufigeren Einsatz bewirkt, da sich mehrere Kinder gleichzeitig mit der computerbasierten Aufgabenstellung auseinandersetzen könnten.

Wie in Grafik 2 zu sehen ist, gibt es keinen eindeutigen statistischen Zusammenhang zwischen der Anzahl an Computern, die den Schülerinnen / Schülern für Unterrichtszwecke zur Verfügung stehen, und der Häufigkeit des Einsatzes der Computer im Geometrieunterricht. Zwar ist eine deutliche Steigerung des Einsatzes zwischen der Verfügbarkeit von einem und von zwei Geräten zu erkennen und auch eine häufigere Nutzung zwischen drei, vier und mehr als vier Rechnern zu sehen, jedoch ist diese Tendenz bei der vergleichweisen Betrachtung von zwei und drei Computern nicht ersichtlich. Es besteht auch kein Unterschied bezüglich der Einsatzhäufigkeit des Computers – egal ob zwei oder vier Geräte zur Verfügung stehen. Die Darstellung in Grafik 2 gibt allerdings Auskunft darüber, dass eine Steigerung der Nutzungshäufigkeit zwischen der Verfügbarkeit von einem Computer und mehreren Computern gegeben ist. Insgesamt kann jedoch kein einheitlicher Trend festgestellt werden, dass generell eine größere Anzahl an verfügbaren Geräten auch einen häufigeren Einsatz im Unterricht bewirkt. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen der Studie SITES, in der ebenfalls „kein direkter Zusammenhang zwischen der PC-Schüler(innen)-Relation und der Nutzung von IKT im Unterricht besteht, ...“ (Law/Pelgrum/Plomp 2008 zit. nach Dürager/Paus-Hasebrink 2009, S. 46).

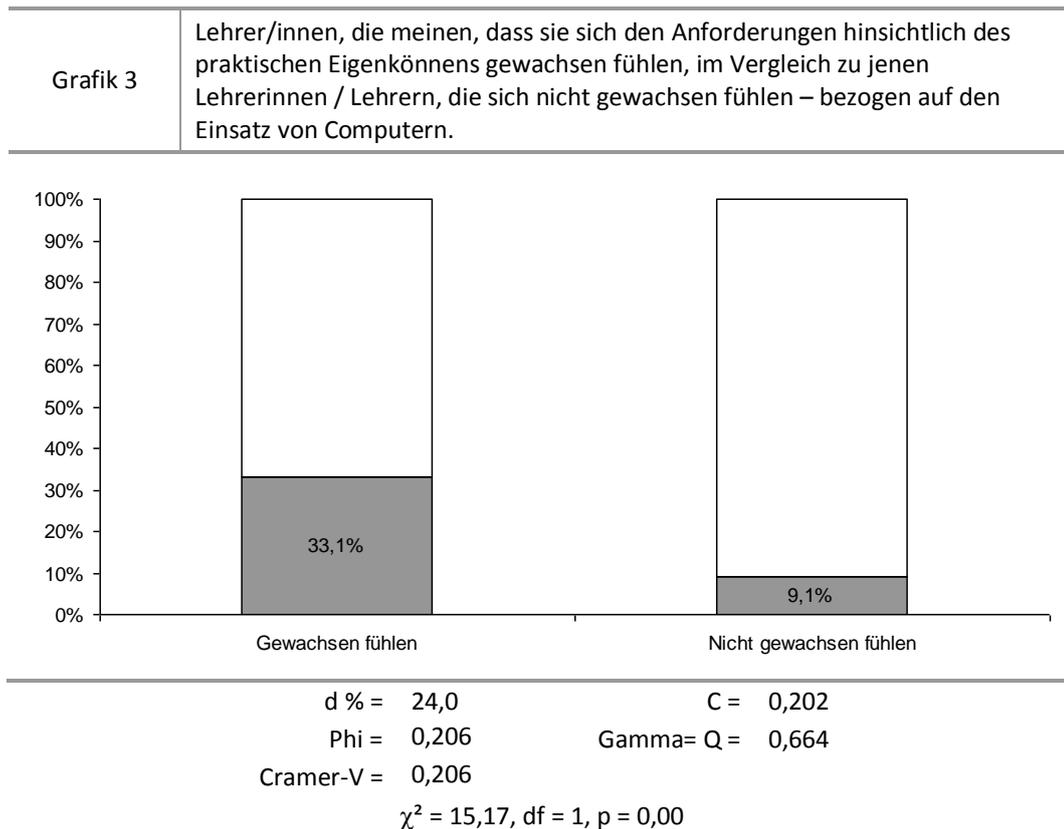
Zumindest ist aber die Tatsache, dass – wenn mehr als ein Computer verfügbar ist – eine deutliche Steigerung bezüglich der Häufigkeit des Einsatzes die Folge ist, in der Grafik 2 erkennbar.



Hypothese 3:

Lehrer/innen, die meinen, dass sie sich den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen fühlen, setzen den Computer häufiger im Geometrieunterricht ein.

Wenn Lehrer/innen nach ihrer persönlichen Einschätzung das erforderliche Eigenkönnen im Umgang mit dem Computer besitzen, so könnte dies ein Grund dafür sein, dass sie auch häufiger computerunterstützte Unterrichtssequenzen vorsehen. In der nachfolgenden Grafik (vgl. Grafik 3) werden die Ergebnisse der Befragung veranschaulicht.



In Grafik 3 ist zu erkennen, dass etwa ein Drittel der Lehrer/innen, die sich den Anforderungen bezüglich des praktischen Eigenkönnens gewachsen fühlen, den Computer im Unterricht einsetzen.

Zwei Drittel der Lehrpersonen geben an, dass sie sich dem praktischen Eigenkönnen gewachsen fühlen, setzen den Computer jedoch nicht ein. Es ist auch die Tatsache zu erkennen, dass ungefähr zehn Prozent der Lehrer/innen den Computer einsetzen, jedoch angeben, sich dem praktischen Eigenkönnen nicht gewachsen zu fühlen. Eine entsprechende Erklärung dieses Zusammenhangs zwischen dem „gewachsen sein“ hinsichtlich des Eigenkönnens und dem Nichteinsatz des Computers bzw. dem Fehlen des notwendigen Eigenkönnens und der Computerverwendung im Unterricht, ist auf Grund der vorliegenden Daten nicht möglich und bedarf einer weiteren Untersuchung.

Fazit: Lehrer/innen, die sich dem praktischen Eigenkönnen gewachsen fühlen, setzen den Computer dreimal so häufig ein als jene Lehrkräfte, die sich dem nicht gewachsen fühlen.

Die Hypothese, dass zwischen der subjektiven Einschätzung des Eigenkönnens und dem Einsatz des Computers kein Zusammenhang besteht, muss verworfen werden ($\chi^2 = 15,17$, $df = 1$, $p = 0,00$) und führt zur Annahme der Forschungshypothese. Auch die ausgewiesenen Zusammenhangsmaße belegen, dass zwischen der Einschätzung des Eigenkönnens und dem Einsatz des Computers ein Zusammenhang besteht.

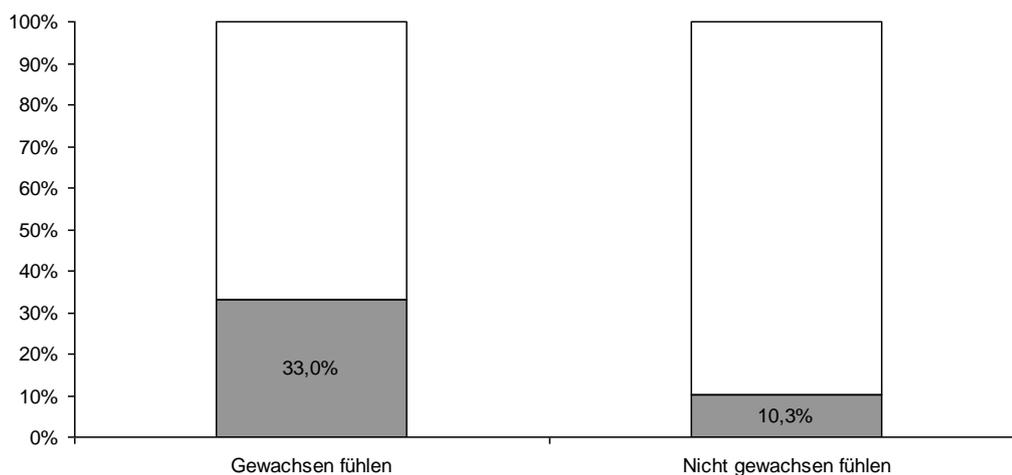
Hypothese 4:

Lehrer/innen, die meinen, dass sie sich den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen, setzen den Computer häufiger im Geometrieunterricht ein.

Wenn Lehrpersonen meinen, dass sie sich den didaktischen Anforderungen hinsichtlich eines Computereinsatzes gewachsen fühlen, wäre dies eine Grundlage dafür, dass sie intensiver dieses Medium im Unterricht einsetzen, als jene Lehrer/innen, die diese persönliche Einschätzung nicht vertreten.

In der folgenden Grafik (vgl. Grafik 4) ist der Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung der didaktischen Anforderungen und dem Computereinsatz dargestellt.

Grafik 4	Lehrer/innen, die meinen, dass sie sich den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen, im Vergleich zu jenen Lehrerinnen / Lehrern, die sich nicht gewachsen fühlen – bezogen auf den Einsatz von Computern.
----------	--



d % = 22,7	C = 0,194
Phi = 0,197	Gamma= Q = 0,622
Cramer-V = 0,197	
$\chi^2 = 13,86$, $df = 1$, $p = 0,00$	

Aus Grafik 4 ist ersichtlich, dass etwa ein Drittel der Lehrpersonen, die sich den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen, den Computer im Unterricht einsetzen.

Zwei Drittel der Lehrer/innen, die angeben, dass sie sich den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen, setzen den Computer dennoch nicht ein. Es ist auch die Tatsache zu erkennen, dass ungefähr zehn Prozent der Lehrkräfte den Computer einsetzen, jedoch angeben, den didaktischen Anforderungen nicht gewachsen zu sein. Eine Erklärung dafür, dass trotz vorhandener didaktischer Kompetenzen der Computer nicht eingesetzt wird bzw. dass Lehrpersonen Computer im Unterricht verwenden, obwohl sie angeben, den didaktischen Anforderungen nicht gewachsen zu sein, ist auf Grund der vorliegenden Daten nicht möglich.

Fazit: Lehrer/innen, die sich den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen, setzen den Computer dreimal so häufig ein, als jene Lehrer/innen, die sich dem nicht gewachsen fühlen.

Die Hypothese, dass zwischen der subjektiven Einschätzung der didaktischen Anforderungen und dem Einsatz des Computers kein Zusammenhang besteht, muss verworfen werden ($\chi^2 = 13,86$, $df = 1$, $p = 0,00$) und führt zur Annahme der Forschungshypothese. Auch die ausgewiesenen Zusammenhangsmaße belegen, dass zwischen der Einschätzung der didaktischen Anforderungen und dem Einsatz des Computers ein Zusammenhang besteht.

Hypothese 5:

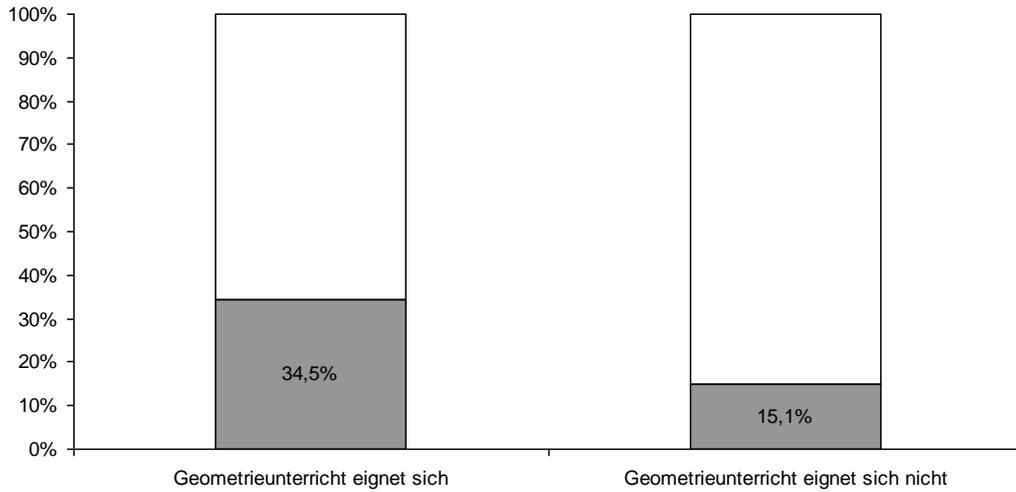
Lehrer/innen, die finden, dass sich der Geometrieunterricht sehr gut eignet / eignen würde, den Computer in die Lernprozesse zu integrieren, setzen den Computer häufiger ein.

Wenn Lehrkräfte der Ansicht sind, dass sich der Computer zur Bearbeitung geometrischer Aufgabenstellungen recht gut eignet, könnte angenommen werden, dass sie dieses Medium häufiger im Geometrieunterricht integrieren.

Im Rahmen der Umfrage gaben knapp zwei Drittel der Lehrer/innen an, dass sich der Geometrieunterricht eigne, Arbeiten am Computer im Unterricht durchzuführen (vgl. Tabelle 2). Inwieweit diese Einstellung die Häufigkeit der Computernutzung beeinflusst, wird in der folgenden Darstellung (vgl. Grafik 5) veranschaulicht.

Grafik 5

Lehrer/innen, die meinen, dass sich der Geometrieunterricht sehr gut eignet / eignen würde, den Computer in die Lernprozesse zu integrieren, im Vergleich zu jenen Lehrerinnen / Lehrern, die nicht diese Meinung vertreten – bezogen auf den Einsatz von Computern.



d % = 19,4
 Phi = 0,209
 Cramer-V = 0,209
 $\chi^2 = 15,27$, df = 1, p = 0,00

C = 0,205
 Gamma= Q = 0,496

Mehr als ein Drittel der Lehrer/innen, die meinen, dass sich der Geometrieunterricht gut eignet, um den Computer einzusetzen, verwenden diesen in ihrem Unterricht. Knapp zwei Drittel der Personen, die dieser Aussage grundsätzlich zustimmen, setzten den Computer im Geometrieunterricht jedoch nicht ein. Interessant ist auch die Tatsache, dass 15 von hundert Lehrerinnen / Lehrern der Meinung sind, dass sich der Geometrieunterricht nicht gut eignet / eignen würde, den Computer in Lernprozesse zu integrieren und dennoch den Computer einsetzen. Dieser Befund kann auf Grund der vorliegenden Daten nicht näher begründet werden.

Fazit: Lehrer/innen, die zustimmen, dass sich der Geometrieunterricht sehr gut eignet / eignen würde, den Computer in die Lernprozesse zu integrieren, setzen den Computer doppelt so häufig im Unterricht ein, als jene Lehrpersonen, die dieser Aussage nicht zustimmen. Die Differenz beträgt mehr als 19 Prozentpunkte.

Die Hypothese, dass zwischen der persönlichen Einschätzung, dass sich der Geometrieunterricht eignet bzw. eignen würde, den Computer zu integrieren und dem Einsatz des Computers kein Zusammenhang besteht, muss verworfen werden ($\chi^2 = 15,27$, df = 1, p = 0,00) und führt zur Annahme der Forschungshypothese. Auch die ausgewiesenen Zusammenhangsmaße belegen, dass

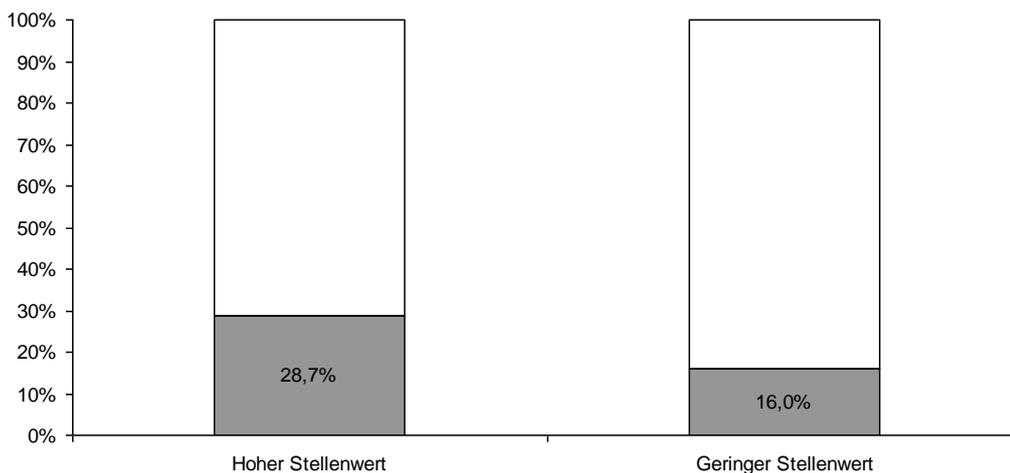
zwischen der Einschätzung, dass sich der Geometrieunterricht eignet, den Computer in die Lernprozesse einzubeziehen und dem Einsatz des Computers ein Zusammenhang besteht.

Hypothese 6:

Lehrer/innen, die der Schulung der Problemlösefähigkeit im Geometrieunterricht einen hohen Stellenwert beimessen, setzen den Computer häufiger im Geometrieunterricht ein.

Mehr als 90 % der Lehrer/innen geben an, dass sie der Schulung der Problemlösefähigkeit im Rahmen ihres Geometrieunterrichts einen sehr hohen bzw. hohen Stellenwert beimessen (vgl. Tabelle 3). Daher erscheint es von Interesse, einen möglichen Zusammenhang hinsichtlich der Computernutzung und der Einstellung bezüglich der Bedeutung des Problemlösens im Geometrieunterricht zu analysieren. Ein wesentlicher Vorzug beim Einsatz des Computers wird häufig darin gesehen, dass die Entwicklung der Problemlösefähigkeit und das Experimentierverhalten der Schüler/innen anhand herausfordernder Aufgaben gefördert werden können (vgl. Ulm 2005; Leuders 2003; Weigand/Weth 2002). Auf Grund dieser Tatsache ist anzunehmen, dass Lehrpersonen, die in ihrem Geometrieunterricht der Schulung der Problemlösefähigkeit einen hohen Stellenwert beimessen, den Computer häufiger einsetzen, als jene Lehrkräfte, die die Bedeutung der Problemlösefähigkeit als gering einschätzen.

Grafik 6	Lehrer/innen, die der Schulung der Problemlösefähigkeit im Geometrieunterricht einen hohen Stellenwert beimessen, im Vergleich zu jenen Lehrerinnen / Lehrern, die der Schulung der Problemlösefähigkeit einen geringen Stellenwert zuweisen – bezogen auf den Einsatz von Computern.
----------	---



d % = 12,7	C = 0,072
Phi = 0,072	Gamma= Q = 0,358
Cramer-V = 0,072	
$\chi^2 = 1,87, df = 1, p = 0,172$	

Aus Grafik 6 ist zu erkennen, dass knapp 30 % der Lehrpersonen, die der Schulung der Problemlösefähigkeit einen hohen Stellenwert beimessen, den Computer im Geometrieunterricht einsetzen. Weiters ist zu sehen, dass mehr als 70 % der Lehrkräfte der Schulung der Problemlösefähigkeit einen hohen Stellenwert beimessen, dennoch den Computer nicht im Lernprozess integrieren. 16 % der Lehrer/innen, die der Schulung der Problemlösefähigkeit eine geringere Bedeutung beimessen, setzen den Computer dennoch ein.

Wird der Schulung der Problemlösefähigkeit ein hoher Stellenwert beigemessen, so ist ein häufigerer Computereinsatz die Folge, als wenn in der Schulung der Problemlösefähigkeit eine geringere Bedeutung gesehen wird. Somit wirkt sich die persönliche Einschätzung hinsichtlich der Bedeutung der Schulung der Problemlösefähigkeit auf die Häufigkeit der Verwendung von Computern im Geometrieunterricht aus. Der Unterschied beträgt knapp 13 Prozentpunkte.

Die Hypothese, dass zwischen der subjektiven Einschätzung der Schulung der Problemlösefähigkeit und dem Einsatz des Computers kein Zusammenhang besteht, bestätigt sich ($\chi^2 = 1,87$, $df = 1$, $p = 0,172$) und widerlegt die Annahme der Forschungshypothese. Auch die ausgewiesenen Zusammenhangsmaße belegen, dass kein starker Zusammenhang zwischen der Einschätzung des Stellenwertes bezüglich der Schulung der Problemlösefähigkeit und dem Einsatz von Computern im Geometrieunterricht besteht.

Hypothese 7:

Lehrer/innen, die dem Experimentieren im Geometrieunterricht einen hohen Stellenwert beimessen, setzen den Computer häufiger im Geometrieunterricht ein.

Etwa 86 % der Lehrkräfte geben an, dass sie dem Experimentieren im Rahmen ihres Geometrieunterrichts einen sehr hohen bzw. hohen Stellenwert beimessen (vgl. Tabelle 3). Auch in diesem Zusammenhang kann auf Grund der Literatur (siehe oben) davon ausgegangen werden, dass jene Lehrer/innen, die dem Experimentieren einen hohen Stellenwert beimessen, den Computer häufiger im Geometrieunterricht einsetzen, als jene Lehrpersonen, die nicht diese Einstellung vertreten.

$p = 0,00$) und führt zur Annahme der Forschungshypothese. Auch die ausgewiesenen Zusammenhangsmaße belegen, dass ein Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Bedeutung des Experimentierens im Rahmen des Geometrieunterrichts und dem Einsatz von Computern besteht.

2.3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse der landesweiten Befragung

Im Zuge der durchgeführten Untersuchung konnten grundlegende Rahmenbedingungen und wesentliche Voraussetzungen bezüglich der Verwendung von Computern im Unterricht untersucht werden. Zum einen ist eine fast flächendeckende Computerausstattung in den Grundschulen des Bundeslandes gegeben. Weiters konnten wichtige Einstellungen seitens der Lehrer/innen bezüglich der Verwendung von Computern im Geometrieunterricht und des Geometrieunterrichts selbst herausgefunden werden. Von 96 % der Lehrpersonen wird der Computer als wichtige Komponente eines zeitgemäßen Grundschulunterrichts angesehen. Ferner meinen 96,5 % der Lehrkräfte, dass die Schüler/innen grundlegende Kompetenzen im Umgang mit dem Computer erlernen können.

Die Tatsache, dass nur knapp ein Drittel der Lehrpersonen den Computer im Geometrieunterricht einsetzt, war Ausgangspunkt, nach Faktoren zu suchen, die mögliche Ursachen für die eher geringe Nutzungshäufigkeit darstellen. Durch Herausarbeiten und Lokalisieren entsprechender Faktoren wäre es zukünftig möglich, diesen Prozentsatz zu steigern und damit die didaktisch fundierte Arbeit mit Computern im Rahmen des Geometrieunterrichts zu intensivieren.

Die Annahme, dass eine Behandlung des Gebietes „Umgang mit neuen Medien“ während des Grundstudiums eine höhere Nutzungshäufigkeit mit sich bringt, konnte in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden; der Unterschied in der Nutzungshäufigkeit zwischen der Gruppe von Lehrerinnen / Lehrern, die sich im Rahmen der Ausbildung mit dieser Thematik befassten und jenen Lehrpersonen, die sich nicht mit diesem Themenfeld auseinandersetzten, beträgt lediglich 1,9 Prozentpunkte (vgl. Grafik 1).

Sobald zwei oder mehrere Computer für Unterrichtszwecke zur Verfügung stehen, hat die Anzahl der Geräte im Wesentlichen keinen nennenswerten Einfluss auf die Verwendung im Rahmen des Geometrieunterrichts. Eine Steigerung von einem Computer auf mehrere Computer ist deutlich erkennbar (vgl. Grafik 2).

Im Rahmen der Untersuchung konnte die Bedeutung des persönlichen Eigenkönnens und der erforderlichen didaktischen Kompetenz nachgewiesen werden. Beide Faktoren bewirken eine Steigerung der Häufigkeit der Verwendung von Computern im Geometrieunterricht. Der Unterschied bezüglich der Einsatzhäufigkeit von Computern zwischen den Lehrer/innengruppen, die sich den

Anforderungen hinsichtlich des Eigenkönnens gewachsen fühlen und jener Gruppe, die sich dem nicht gewachsen fühlt, beträgt 24 Prozentpunkte (vgl. Grafik 3). Hinsichtlich der Einschätzung der didaktischen Kompetenzen beträgt der Unterschied zwischen den Gruppen 22,7 Prozentpunkte (vgl. Grafik 4). Von Interesse hinsichtlich der Steigerung der Nutzungshäufigkeit von Computern bei der Bearbeitung geometrischer Inhalte ist die Frage, wie weit die beiden persönlichen Einschätzungen der Lehrpersonen – „didaktische Kompetenz“ und die „Eigenkompetenz im Umgang mit Computern“ – die Verwendung von Computern im Rahmen des Unterrichts beeinflussen.

27,8 % der befragten Lehrer/innen geben an, den Computer im Geometrieunterricht einzusetzen. Mehr als 80 % fühlen sich sowohl den didaktischen Anforderungen gewachsen, ebenso viele meinen auch, über ein ausreichendes Eigenkönnen zu verfügen. In welchem Maße beeinflussen die beiden Variablen „sich den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen bzw. nicht gewachsen fühlen“ und „Einschätzung des praktischen Eigenkönnens“ die Verwendung des Computers im Geometrieunterricht? Wovon wird der Einsatz des Computers beeinflusst? Gibt es Faktoren, die dazu führen, dass sich der Einsatz erhöht?

Bewertung des Eigenkönnens und Einschätzung, sich den didaktischen Anforderungen gewachsen zu fühlen, stehen in einer Wechselwirkung, es wird aber keine einfache Kausalität in einer Richtung angenommen. Beide Variablen stehen auch in einem Zusammenhang mit der Häufigkeit des Einsatzes des Computers im Geometrieunterricht. Diesen bivariaten Zusammenhang zwischen beiden Variablen zeigen auch die Grafiken 3 und 4.

Es wird angenommen, dass zwischen den beiden Variablen ein Zusammenhang besteht (vgl. Tabelle 8).

	Einsatz des Computers im Geometrieunterricht	Einschätzung: praktisches Eigenkönnen	Einschätzung: didaktische Anforderungen
Einsatz des Computers im Geometrieunterricht	-	0,664	0,622
Einschätzung: praktisches Eigenkönnen		-	0,878
Einschätzung: didaktische Anforderungen			-

Tabelle 8: Assoziationen zwischen den Variablen (Yule's Q)

Wenn sich Lehrer/innen den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen, setzen 33,0 % der Personen den Computer im Geometrieunterricht ein. Welchen Einfluss hat die Tatsache, wenn Lehrkräfte meinen, auch das erforderliche praktische Eigenkönnen zu besitzen? Es lässt sich vermuten, dass sich der Prozentsatz erhöht, wenn sich die Lehrpersonen sowohl den didaktischen

Anforderungen als auch dem praktischen Eigenkönnen gewachsen fühlen. In der nachfolgenden Tabelle (vgl. Tabelle 9) ist der Einfluss beider Variablen deskriptiv dargestellt.

Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen.			Ich fühle mich den didaktischen Anforderungen gewachsen.		Gesamt
			Ablehnung	Zustimmung	
Ablehnung	Setzen Sie den Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	92,5 %	87,5 %	90,6 %
		Ja	7,5 %	12,5 %	9,4 %
	Gesamt			100,0 %	100,0 %
Zustimmung	Setzen Sie den Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	85,7 %	64,8 %	66,8 %
		Ja	14,3 %	35,2 %	33,2 %
	Gesamt			100,0 %	100,0 %

Tabelle 9: Deskriptive Darstellung des Einflusses der Variablen

Wenn sich Lehrkräfte den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen und gleichzeitig auch über entsprechendes Eigenkönnen verfügen, beträgt der Anteil der Personen, die den Computer einsetzen 35,2 %, hingegen lediglich 12,5 %, wenn sie ihr Eigenkönnen als schlecht einschätzen.

Die Bedeutung des praktischen Eigenkönnens bei gleicher (konstant gehaltener) Einschätzung des didaktischen Könnens beträgt 22,7 Prozentpunkte. Die Wichtigkeit, sich den didaktischen Anforderungen gewachsen zu fühlen bei (konstant gehaltener) Einschätzung des praktischen Eigenkönnens beträgt 20,9 Prozentpunkte.

Beide Variablen haben eigenständige Effekte auf die Verwendung des Computers im Rahmen des Geometrieunterrichts, wobei der Einschätzung des praktischen Eigenkönnens eine marginal geringere Bedeutung zukommt.

Zwischen beiden Variablen besteht ein additiver Effekt. Diese Aussage wird durch das lineare Modell (vgl. Sanns/Schuchmann 2000, S. 56ff) unter Anwendung des GSK-Ansatzes nach Grizzle, Starmer und Koch (vgl. Andress et al. 1997) statistisch geprüft (vgl. Tabellen 10 und 11):

Faktorvariablen		Responsevariable: Setzen Sie den Computer im Geometrieunterricht ein?	
Den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen fühlen. (V1)	Den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen. (V2)	ja	nein
ja	ja	92	169
ja	nein	4	24
nein	ja	3	21
nein	nein	3	37

Tabelle 10: Faktor- und Responsevariablen

Zweifaktoriell				
	Estimate	z	df	Prob
b0=	0,17383689	41,90089037	1	0,0000
b1=	0,07383689	7,559379759	1	0,0060 Einfluss von V1 nachgewiesen!!
b2=	0,06490832	5,841711315	1	0,0157 Einfluss von V2 nachgewiesen!!
b12=	0,03990832	2,208341546	1	0,1373 kein Einfluss von V12 nachweisbar!!
Model-Chi-Square:	df	Prob	0	Modell erklärt Daten vollständig!!

b12 ist zu addieren, falls V1 = "ja" und V2 = "ja" oder falls V1 = "nein" und V2 = "nein".
In den anderen Fällen ist b12 zu subtrahieren.

V1	V2	P^(V3 = "ja")
ja	ja	35,2%
ja	nein	14,3%
nein	ja	12,5%
nein	nein	7,5%

Tabelle 11: Überprüfung des Einflusses der Variablen auf die Computernutzung

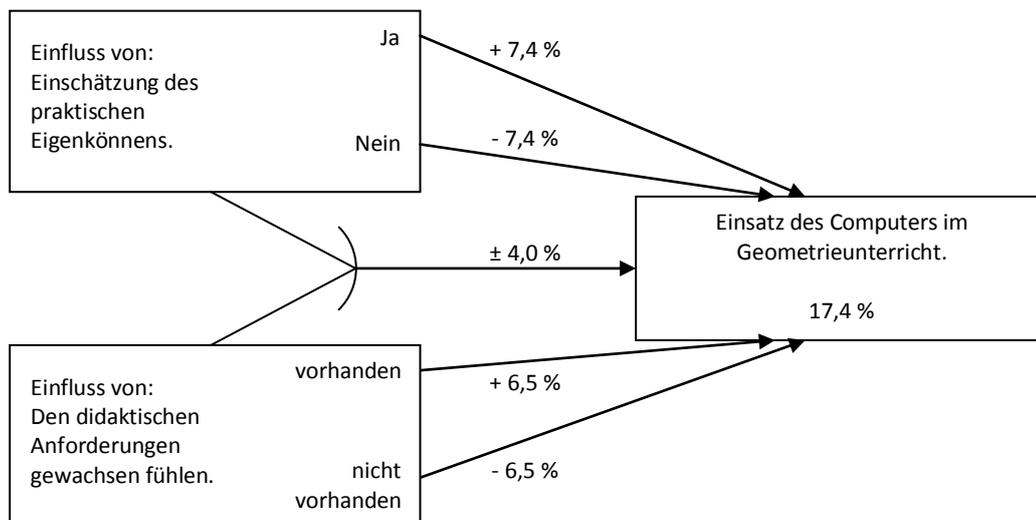
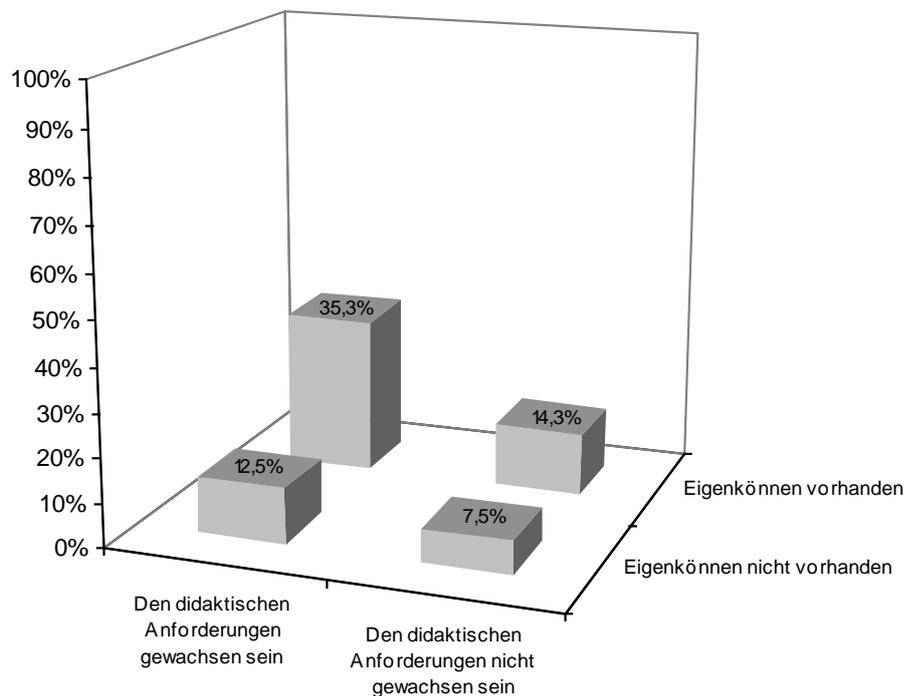


Abbildung 1: Computernutzung in Abhängigkeit der Variablen

Aus Tabelle 11 und Abbildung 1 geht hervor, dass durchschnittlich 17,4 % der Lehrpersonen den Computer einsetzen. Wenn genügend praktisches Eigenkönnen vorhanden ist, erhöht sich der Anteil auf 24,8 %; ist das praktische Eigenkönnen nicht in entsprechendem Ausmaß vorhanden, verringert sich der Anteil auf 10,0 %. Fühlen sich die Lehrpersonen den didaktischen Anforderungen gewachsen, so erhöht sich in diesem Fall die Computerverwendung auf 23,9 %; im umgekehrten Fall verringert sich der Wert auf 10,9 %.

In Grafik 8 wird der Einfluss der beiden Variablen „didaktische Kompetenz“ und „praktisches Eigenkönnen“ auf den Computereinsatz veranschaulicht.



Grafik 8: Einfluss der Variablen auf die Computernutzung

Fühlen sich die Lehrer/innen sowohl den didaktischen Anforderungen gewachsen und verfügen sie über entsprechendes praktisches Eigenkönnen, so verwenden 35,3 % der Lehrpersonen den Computer im Geometrieunterricht. Im Falle, dass sich die Lehrer/innen den didaktischen Anforderungen gewachsen fühlen, jedoch über zu geringes praktisches Eigenkönnen verfügen, setzen 12,5 % der Personen den Computer ein. Meinen die Lehrer/innen, dass sie entsprechendes Eigenkönnen besitzen, sich jedoch den didaktischen Anforderungen nicht gewachsen fühlen, setzen nur 14,3 % den Computer ein. Fehlen sowohl die notwendige didaktische Kompetenz als auch das praktische Eigenkönnen, so verwenden lediglich 7,5 % der Lehrkräfte Computer zur Behandlung geometrischer Inhalte.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die technischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Computern im Unterricht gegeben sind und dass bestimmte persönliche Einstellungen und Einschätzungen der Lehrer/innen bezüglich des Einsatzes von Computern im Grundschulunterricht einen Einfluss auf die Verwendung von Computern im Geometrieunterricht haben. Fakt ist, dass nur etwa ein Drittel der Befragten – trotz „bester Voraussetzungen“ – den Computer im Geometrieunterricht integrieren. Man kann annehmen, dass es an konkreten Anregungen, Handreichungen, Aufgabenmaterialien etc. mangelt, die einen häufigeren Einsatz verhindern (vgl. Tabelle 5).

Ziel der weiteren Arbeit ist es, eine multimediale Lernumgebung zu entwickeln und damit eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie der Computer mit entsprechend gestalteten Softwareanwendungen in den traditionellen Geometrieunterricht implementiert werden könnte. Diese Handreichungen sollen so gestaltet sein, dass zukünftig eine größere Anzahl von Lehrpersonen diese im Unterricht einsetzen kann. Daher ist von Beginn weg an eine elementare Handhabung zu achten. Daraus resultiert die zweite Forschungsfrage, die im Rahmen dieser Arbeit thematisiert wird:

Wie müsste eine didaktische Handreichung aufbereitet sein, damit sie Lehrende zur Nutzung des Computers im Geometrieunterricht der Grundschule anregen kann?

Im nun folgenden Abschnitt werden die Entwicklung und der Aufbau geometrischer Kompetenzen unter besonderer Berücksichtigung des Grundlagenwissens für geometrische Konstruktionen erörtert.

3 Entwicklung geometrischen Wissens

Ausgehend von den Darstellungsmöglichkeiten, in welchen Formen Wissen repräsentiert werden kann, erfolgt eine Darstellung des erforderlichen Grundlagenwissens betreffend das Konstruieren von Figuren. In diesem Zusammenhang wird ein möglicher Ansatz zur Vermittlung bzw. zum Erlernen von Fertigkeiten – in Bezug auf das Konstruieren von Figuren – beschrieben. Weiters wird auf die einzelnen Bereiche, die bei der Herausbildung geometrischer Fähigkeiten im Bereich der Grundschule von Bedeutung sind, eingegangen. Eine kurze Darstellung zweier Entwicklungsmodelle rundet diesen Schwerpunkt ab. Am Ende des Abschnittes werden – aufbauend auf den zuvor erarbeiteten Grundlagen – jene Aspekte herausgearbeitet, die die Grundlagen für einen förderlichen Geometrieunterricht in der Grundschule darstellen. Der Fokus liegt dabei auf der Konzeption adäquater Lernumgebungen für einen forschend-entdeckenden Lernprozess.

3.1 Lernen und Wissen

Wenn durch Lernen ein entsprechender Wissenserwerb stattfindet, ist dies ein sehr komplexer Vorgang, der durch mehrere Stufen gekennzeichnet ist. Der Prozess verläuft ausgehend vom Verstehen über die Speicherung der Informationen bis hin zur Fähigkeit, das Gespeicherte wieder abrufen zu können. Ziel dieses Vorganges ist es, das Gelernte auf neue Situationen und Lernbedingungen anwenden zu können; dabei findet ein so genannter Transfer statt. Bei diesem Vorgang stehen der Aufbau und die Veränderung von Wissensrepräsentationen im Mittelpunkt (vgl. Krapp/Weidenmann 2001, S. 164ff).

3.1.1 Wissen und Repräsentation von Wissen

Wissensstrukturen werden im Laufe des Lernprozesses verändert und modifiziert. Es entwickeln sich Schemata, semantische Netzwerke bzw. mentale Modelle. Unter Schema ist eine Art Verhaltensplan zu verstehen, welchen die lernende Person in bestimmten Situationen konstruiert. Eine Subsummierung einzelner Schemata ergibt ein semantisches Netzwerk. Die komplexeste Form bilden so genannte mentale Modelle. Diese Konstrukte enthalten unterschiedliche Arten von Wissen in unterschiedlichen Repräsentationsformen (vgl. Krapp/Weidenmann 2001, S. 164ff).

Für die Unterrichtstätigkeit sind besonders die verschiedenen Formen der Repräsentationen von Wissen hinsichtlich der Aufbereitung der Inhalte von Bedeutung. Wissen kann erst mit Hilfe diverser Darstellungsformen weitergegeben und kommuniziert werden, wobei keine eindeutige Zuordnung zwischen der Art von Wissen und der Repräsentationsform besteht (vgl. Ballstaedt 1997, S. 1ff). Bezogen auf das Thema der vorliegenden Arbeit werden kurz die einzelnen Repräsentationsformen beschrieben.

Nach Ballstaedt (1997, S. 1ff) wird konzeptuelles (abstraktes) Wissen vor allem durch die Sprache (gesprochen oder geschrieben) vermittelt. Begriffliche Zusammenhänge können auch in Form von Netzen grafisch veranschaulicht werden. Prozedurales Wissen (Handlungswissen) erfolgt meist durch Vorzeigen und Nachmachen. Dabei können auch Listen der jeweiligen Schrittfolge dargestellt werden; im Bereich der Geometrie könnten dies einzelne, aufeinander aufbauende Konstruktionsschritte sein. Eine sprachliche Unterstützung kann ergänzend angegeben werden. In manchen Fällen kann diese Hilfestellung auch zu Missverständnissen führen bzw. für Verwirrung sorgen. Räumliches Wissen (Wissen über räumliche Anordnungen) wird meist anhand von Skizzen, Plänen oder Karten vermittelt; sprachliche Beschreibungen können ergänzend beigefügt werden. Diese Informationen werden über unterschiedliche Sinneskanäle (auditiv oder taktil) wahrgenommen. Modalitätsspezifisches Wissen ist jenes Wissen, welches aufgrund unserer Sinneskanäle aufgenommen wird. Bezogen auf die Aneignung geometrischen Wissens ist in diesem Zusammenhang vor allem das visuelle Wissen von Bedeutung. Am häufigsten wird visuelles Wissen durch Bilder, Abbildungen, Zeichnungen etc. veranschaulicht. Ergänzend können sprachliche Erläuterungen angeführt werden. Mentale Modelle (Abbildungen komplexer Zusammenhänge und Strukturen der Realität) werden auf unterschiedliche Weise repräsentiert. Dafür eignen sich vor allem sprachliche und bildliche Darstellungen.

Für die Bildung mentaler Modelle ist die Anschauung von grundlegender Bedeutung. Anhand konkreter Handlungen und visueller Eindrücke können grundlegende Erfahrungen gespeichert werden. Diese stehen bei zukünftigen Problemstellungen modellhaft zur Verfügung. Bei diesem Vorgang sind individuelle Arbeitsweisen wichtig. Anschauung ist in diesem Zusammenhang notwendig, um Zusammenhänge entdecken und verstehen zu können (vgl. Merschmeyer-Brüwer 2009, S. 102).

Nach diesen allgemeinen theoretischen Grundlagen bezüglich des Lernens im Sinne des Wissenserwerbs und der unterschiedlichen Wissensformen wird der Fokus auf einen Teilbereich der Geometrie, das Skizzieren und Konstruieren von Figuren als tragende Repräsentationsform für geometrisches Wissen, gerichtet.

3.1.2 Grundlegendes Wissen für das Konstruieren von Figuren

Im Bereich der Geometrie nimmt das Konstruieren von Figuren bereits in der Grundschule einen entsprechenden Stellenwert ein. Im Rahmen des Mathematikunterrichts werden Rechtecks- und Quadratkonstruktionen durchgeführt (vgl. Lehrplan der Volksschule 2009, S. 223). Um Figuren und Objekte zeichnen zu können, müssen drei Arten von Wissen (Gegenstands-, Abbildungs- und Ausführungswissen) präsent sein (vgl. Franke 2007, S. 289).

„Wissen ist im Gedächtnis in kleinen Einheiten – die in der Kognitionspsychologie als Skripte bezeichnet werden – gespeichert. Diese können bildhaft, räumlich oder eben, oder auch verbal sein. Häufig zeichnet das Kind aus dem Gedächtnis. Es zeichnet dabei nicht, was es sieht, sondern was es weiß. Es reproduziert Skripte und Schemata – im obigen Sinne starre Bildelemente – und verknüpft diese. Jedoch auch wenn es ein konkretes Objekt abzeichnen will, verknüpft es die Anschauung mit Wissens-elementen. Die Zeichnung entsteht durch Interaktion von verschiedenen Arten des Wissens: Gegenstandswissen, Abbildungswissen und Ausführungswissen“ (Schuster 1993, o.S. zit. nach Franke 2007, S. 289).

Beim *Gegenstandswissen* handelt es sich um Prototypen von Figuren oder Objekten, die das Kind abgespeichert hat und abrufen kann. Oft genügen schon wenige Unterschiedsmerkmale zu anderen Objekten, um eine bestimmte Figur darstellen zu können.

Soll das Kind ein Objekt darstellen, greift es auf ein bekanntes Schema zurück oder entwickelt ein solches. Das Kind muss zwischen konstanten Elementen, beispielsweise rechte Winkel bei der Darstellung von Rechteck und Quadrat und variablen Werten, beispielsweise der Größe der Figur, unterscheiden. Die Kenntnis von konstanten und variablen Komponenten wird als *Abbildungswissen* bezeichnet.

Das *Ausführungswissen* ist notwendig, um die korrekte Reihenfolge einer Konstruktion ausführen zu können (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3). Oftmals sind eigene Strategien sehr fehleranfällig und führen dadurch nicht zum gewünschten Erfolg (vgl. Franke 2007, S. 290).

„Kennt das Kind ein Quadrat und hat entsprechendes Wissen darüber, kann es die Striche in der Reihenfolge von oben nach unten und von links nach rechts zeichnen. Auf diese Weise lässt sich die gleiche Länge der Seiten am besten sichern“ (Franke 2007, S. 291).



Abbildung 2: Zeichnen eines Quadrats – Schema 1
(Quelle: Franke 2007, S. 291)



Abbildung 3: Zeichnen eines Quadrats – Schema 2
(Quelle: Franke 2007, S. 292)

Diese skizzierten Schemata lassen sich in analoger Weise auf die Darstellung von Rechtecken anwenden.

Auf der Basis der Erkenntnisse der Kognitionspsychologie werden auch in einzelnen Schulbüchern obige Zeichenschemata angeboten, wobei festzustellen ist, dass fast ausschließlich immer nur eine Art und Weise der Konstruktion dargestellt ist (vgl. Abbildung 4 und Abbildung 5).

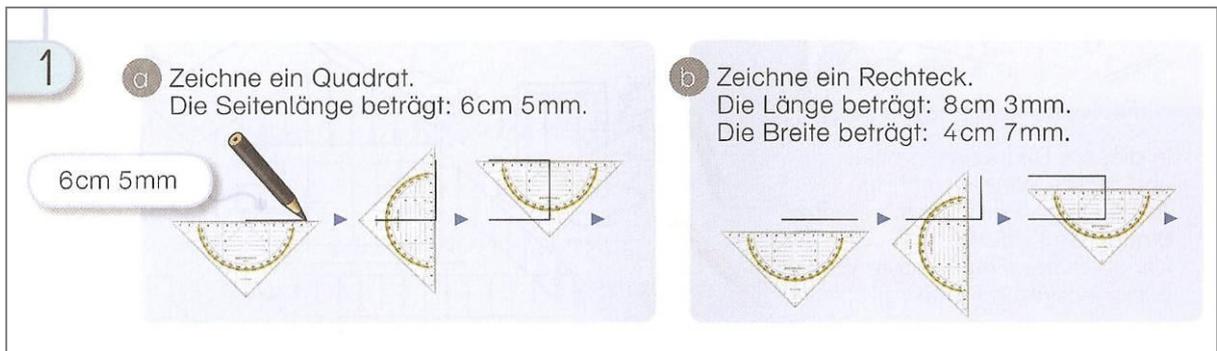


Abbildung 4: Zeichnen eines Quadrats und eines Rechtecks
(Quelle: Weinhäupl/Neuhauser 2009, S. 100)

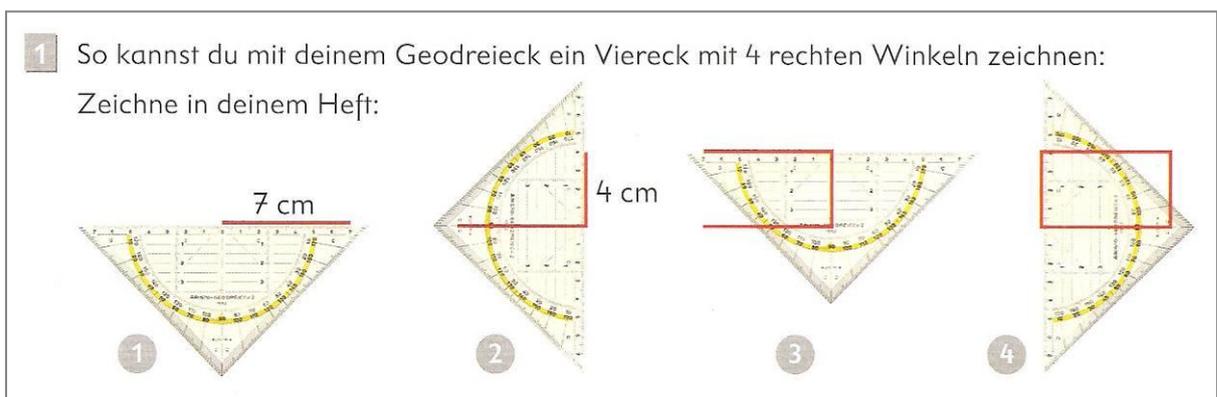


Abbildung 5: Zeichnen eines Rechtecks
(Quelle: Grosser/Koth 2008, S. 25)

Beim Erlernen von Konstruktionsabläufen – mit traditionellen Zeichengeräten sowie mit entsprechender Computeranwendung – ist es notwendig, den Lernstoff in einzelne Segmente zu teilen. Zu Beginn der Lernphase ist der Komplexitätsgrad des Lernstoffes gering; dieser wird mit zunehmender Tätigkeit der/des Lernenden gesteigert. Ebenso nehmen die Flexibilität, die Entwicklung von Lösungsstrategien und die gewonnenen Fähigkeiten stetig zu, um auch bei weiteren Aufgabenstellungen notwendige Transferleistungen erbringen zu können. Damit die/der Lernende die einzelnen Teilschritte richtig einordnen und den notwendigen Zusammenhang erkennen kann, ist

es wichtig, zu Beginn der Lernsequenz eine Präsentation über den gesamten Ablauf voranzustellen (vgl. Niegemann 2001, S. 54).

3.1.3 Wissenserwerb auf Basis des Cognitive Apprenticeship-Ansatzes

Die Frage nach einer sinnhaften Verknüpfung neuen Wissens mit praktisch bedeutsamen Kontexten und Handlungen, so dass „träges Wissen“ vermieden wird, wurde in den vergangenen Jahren sehr stark von der konstruktivistischen Auffassung von Lernen beeinflusst. Wissen ist demnach eine eigenständige Konstruktion der/des Lernenden, um die erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten in neuen Situationen anwenden und Problemlösefähigkeiten entwickeln zu können. Der Wissenserwerb erfolgt über eine aktive Auseinandersetzung mit der Umwelt in situierten Lernumgebungen. Mehrere Ansätze, denen eine konstruktivistische Auffassung des Lernprozesses zu Grunde liegt und die neuen Medien zur Verbesserung der Qualität des Lehr-Lernprozesses integrieren, wurden im Bereich der Instruktionspsychologie entwickelt (vgl. Krapp/Weidenmann 2001, S. 613ff). Ein entsprechender Ansatz wurde von Brown et al. (1989) konzipiert und als „Cognitive Apprenticeship“ bezeichnet. Die Grundkonzeption dieses Modells basierend auf der traditionellen Handwerkslehre, bei der die Lernenden bei der Bearbeitung realer Problemstellungen zu Beginn eine sehr intensive Unterstützung seitens des Meisters erfahren haben und allmählich in die Selbstständigkeit gelangt sind. Damit wurde gewährleistet, dass bestimmtes Wissen und grundlegende Fähigkeiten adäquat erworben werden. Das Verhältnis zwischen Meister und Lehrling ist von folgenden Aspekten gekennzeichnet: Modeling, coaching, scaffolding, fading, articulation, reflection und exploration. Ein wichtiger Grundsatz besteht darin, dass der Lernende den Arbeitsprozess selbst durchführen muss, wobei von Beginn an der Prozess in kleine Schritte gegliedert ist, da nicht erwartet werden kann, dass der Lernende den kompletten Vorgang durchführen kann (scaffolding) (vgl. Krapp/Weidenmann 2001, S. 619f; Niegemann 2001, S. 52f).

Die einzelnen Phasen im Überblick: Zu Beginn einer jeden Lernphase demonstriert die Lehrperson den Lernenden den jeweiligen Arbeitsprozess (modeling); die Lernenden sehen als Beobachter den ganzen Ablauf. Die Lehrkraft nimmt die Rolle eines Coaches ein und leistet entsprechende Hilfestellung. Im zunehmenden Lernprozess kann sich die/der Lehrende immer mehr zurücknehmen (fading), wodurch die Lernenden komplexere Aufgaben eigenständig durchführen können. Die/der Lehrende gibt Feedback hinsichtlich des Arbeitsprozesses, ebenso sollen auch die Lernenden den eigenen Arbeitsprozess reflektieren. Am Ende des Lernprozesses werden sie aufgefordert, untereinander Lösungsstrategien zu diskutieren und zu erproben (articulation / reflection) (vgl. Spannagel/Kortenkamp 2006, S. 59; Kohler 2001, S. 103ff; Niegemann 2001, S. 52f; Niegemann 1995, S. 196ff).

Positive Auswirkungen von Lernprozessen im Sinne obigen Ansatzes wurden bereits in mehreren Studien nachgewiesen (zB Brown & Palincsar 1989; Elting 1995) (vgl. Kohler 2001, S. 104). Insbesondere werden von Brown et al. Beispiele für Instruktionsstrategien im Sinne des obigen Ansatzes aus dem Bereich des Mathematikunterrichts angeführt (vgl. Niegemann 1995, S. 198).

Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem oben charakterisierten Ansatz und dem Konstruieren von Figuren im Rahmen des Geometrieunterrichts? Für das spätere Üben von Konstruktionen sind das Beobachten und die selbstständige Durchführung der Zeichenvorgänge in Teilschritten wesentlich. Im Rahmen einer Studie von Phillips (vgl. Franke 2007, S. 293) konnte gezeigt werden, dass ein nachhaltiger Trainingseffekt beim Konstruieren von geometrischen Figuren (in der Studie wurde das Zeichnen eines räumlichen Bildes eines Würfels untersucht) dann gegeben ist, wenn die Schüler/innen die Lehrperson beim Zeichnen beobachten können bzw. wenn sie einzelne Konstruktionsschritte betrachten können. Im Rahmen dieser Untersuchung konnte auch festgestellt werden, dass ein Üben an der ganzen Figur weniger Lerneffekt bringt. Die Schüler/innen müssen im Lernprozess für das Zeichnen geometrischer Objekte verbale, visuelle und motorische Skripte entwickeln, die sie in weiterer Folge abspeichern und anwenden.

Eine Umsetzung dieses Ansatzes wird im Rahmen der Darstellung der entwickelten multimedialen Lernumgebung (vgl. Kapitel 5.3.2) beschrieben.

Als wesentliche Grundlage geometrischen Handelns und als eines der Hauptziele im Rahmen des Geometrieunterrichts der Grundschule wird die Schulung und Förderung des räumlich-visuellen Vorstellungsvermögens beschrieben (vgl. Franke 2007, S. 27; Radatz/Rickmeyer 1991, S. 17). Was unter diesem Begriff verstanden wird und welche Teilkomponenten diesbezüglich zusammenwirken, wird im nächsten Abschnitt eingehend erläutert und anhand von konkreten Beispielen dokumentiert.

3.2 Visuelle Wahrnehmung als Grundlage des räumlichen Vorstellungsvermögens

Nach Stern et al. (2006, S. 467) stellt das räumlich-visuelle Vorstellungsvermögen eine wichtige Basis für das mathematische Denken dar. Im Wissenserwerbsprozess müsste dies stets berücksichtigt werden. Die Ausbildung des räumlichen Vorstellungsvermögens basiert auf der Grundlage der Schulung der visuellen Wahrnehmung. Im folgenden Abschnitt werden kurz die einzelnen Teilkomponenten der visuellen Wahrnehmung, das räumliche Vorstellungsvermögen in Bezug auf die menschliche Intelligenz und das räumliche Denken dargestellt.

Visuelle Wahrnehmung ist ein aktiver Prozess, der den Sehprozess zur Grundlage hat. Über den Sehkanal wird die Umgebung wahrgenommen, die Reize werden weiter im Gehirn verarbeitet und mit Wissen verbunden. Visuelle Wahrnehmung ist von großer Bedeutung für die Bewältigung des Alltages und der Bewegung im Raum. Sie ist auch Voraussetzung für Bewegungen, denen eine Koordination zugrunde liegt; z.B. Ausübung diverser Ballsportarten oder das Abschätzen beim Überqueren einer Straße bei einem herannahenden Auto (vgl. Franke 2007, S. 32; Maier 1999, S. 4).

Gerade im Bereich der Grundschulzeit ist die Entwicklung der visuellen Wahrnehmung eine wichtige Phase. Sie ist im Schulalltag besonders relevant, wie zum Beispiel beim Erlernen des Lesens und Schreibens oder beim Lösen geometrischer Aufgabenstellungen (vgl. Radatz/Rickmeyer 1991, S. 15).

Frostig et al. definieren die visuelle Wahrnehmung als

„die Fähigkeit, visuelle Reize zu erkennen, zu unterscheiden und sie durch die Assoziation mit früheren Erfahrungen zu interpretieren. Visuell wahrzunehmen bedeutet nicht nur die Fähigkeit, gut zu sehen. Die Interpretation eines visuellen Reizes erfolgt im Gehirn, nicht durch die Augen. Wenn jemand z.B. diese vier Linien \square sieht, erfolgt der Sinneseindruck mit den Augen, die Erkenntnis aber, daß (sic!) es sich um ein Quadrat handelt, ist ein Denkvorgang“ (Frostig et al. 1979, S. 5).

3.2.1 Komponenten der visuellen Wahrnehmung

Nach Frostig et al. (1979, S. 5) gliedert sich die visuelle Wahrnehmung in fünf Teilbereiche. Die nachstehende Darstellung (vgl. Abbildung 6) zeigt die einzelnen Teilkomponenten der visuellen Wahrnehmung im Rahmen der Entwicklung des Kindes. Die Darstellung veranschaulicht weiters, dass die visuelle Wahrnehmung die Grundlage für die räumliche Denkentwicklung bildet.



Abbildung 6: Räumliche Fähigkeiten – Visuelle Wahrnehmung
(vgl. Franke 2007, S. 33)

Unter visuomotorischer Koordination wird die Fähigkeit verstanden, Informationen, die von unterschiedlichen Sinneskanälen empfangen werden, zu koordinieren. Dies ist zum Beispiel beim Fangen eines Balles, beim Zeichnen einer Linie mittels Lineal oder Geometriedreieck (vgl. Abbildung 7) notwendig.

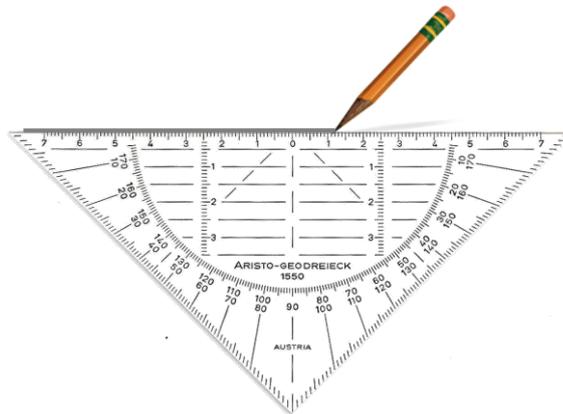


Abbildung 7: Visuomotorische Koordination

Die Figur-Grund-Wahrnehmung ist die Fähigkeit, eingegliederte Teilfiguren aus einem komplexen Hintergrund herauszufinden und zu isolieren. Richtet ein Kind die Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand, nimmt es diesen am deutlichsten wahr. In unser Gehirn strömen viele Reize ein, seien es auditive, taktile oder visuelle, und es kann jene filtern, die für die jeweilige Situation von Bedeutung sind. Ein Kind, das zum Beispiel einen Ball prellt, richtet seine Aufmerksamkeit auf den Ball. Die Umgebung nimmt es nur ungenau wahr, d.h. das Kind nimmt sie nur soweit wahr, um eine Kollision zu vermeiden. Hier wären der Ball, die Figur und die Umgebung der Grund. Das Hauptziel der Figur-Grund-Wahrnehmung ist, sich auf den wichtigsten Reiz zu konzentrieren (vgl. Franke 2007, S. 37; Frostig et al. 1979, S. 5f).

Die Abbildung 8 zeigt eine entsprechende Aufgabenstellung zur Figur-Grund-Wahrnehmung. Die Schüler/innen sollen aus dem Linienmuster die in der Tabelle angeführten Formen herausfiltern und die jeweilige Anzahl angeben.

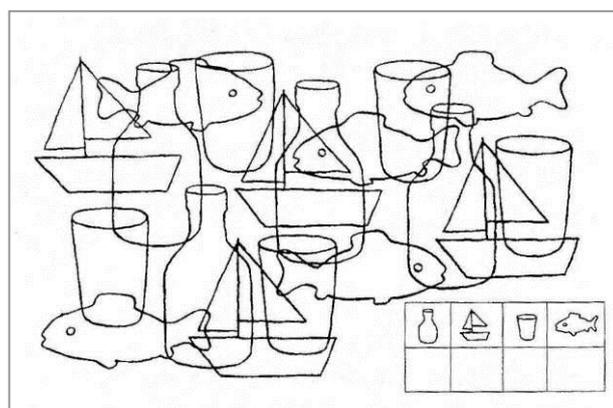


Abbildung 8: Figur-Grund-Wahrnehmung
(Quelle: Radatz u.a. 1996, S. 140)

Die Wahrnehmungskonstanz beschreibt die Fähigkeit, Objekte und Figuren in unterschiedlichen Darstellungen (beispielsweise Größe, Lage, Farbe etc.) konstant wahrzunehmen und von anderen Gegenständen zu unterscheiden (vgl. Franke 2007, S. 38ff).

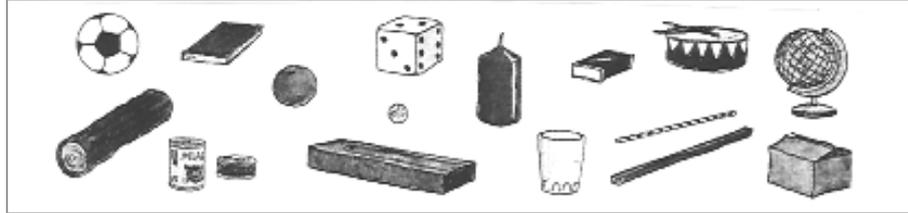


Abbildung 9: Wahrnehmungskonstanz
(Quelle: Radatz/Rickmeyer 1991, S. 16)

Die Formen von Alltagsgegenständen in unterschiedlichen Lagen sollen den mathematischen Modellen zugeordnet und so die Begriffe der Körper richtig verwendet werden (vgl. Abbildung 9).

Unter räumlicher Orientierung wird die Fähigkeit verstanden, seinen eigenen Standort und die räumlichen Objekte seiner unmittelbaren Umgebung zu erkennen und zu verstehen. Räumliche Orientierung ist stets mit Wissen verbunden, da das Wiedererkennen von Figuren und Objekten Vorstellungen voraussetzt. Frostig et al. unterscheiden im Bereich der räumlichen Orientierung die Wahrnehmung räumlicher Beziehung und die Wahrnehmung der Raumlage.

Wahrnehmung räumlicher Beziehungen bezeichnet die Fähigkeit, die räumlichen Beziehungen zwischen Objekten zu erkennen und diese in Worten auszudrücken. Diese Fähigkeit zeigt sich beispielsweise bei der Beschreibung von sich schneidenden Linien, überlappenden Figuren oder im Raum positionierter Körper – siehe Abbildung 10 (vgl. Franke 2007, S. 47).

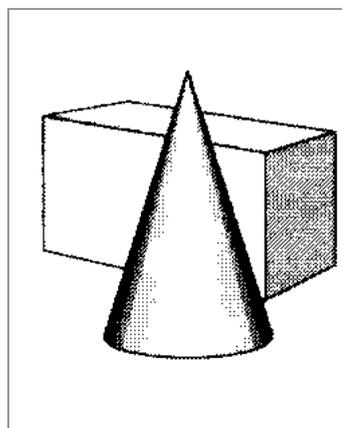


Abbildung 10: Räumliche Wahrnehmung
(Quelle: Franke 2007, S. 47)

Die Wahrnehmung der Raumlage stellt die Fähigkeit dar, die Raum-Lage-Beziehung hinsichtlich des Standpunktes der betrachteten Person wahrzunehmen (vgl. Franke 2007, S. 47).

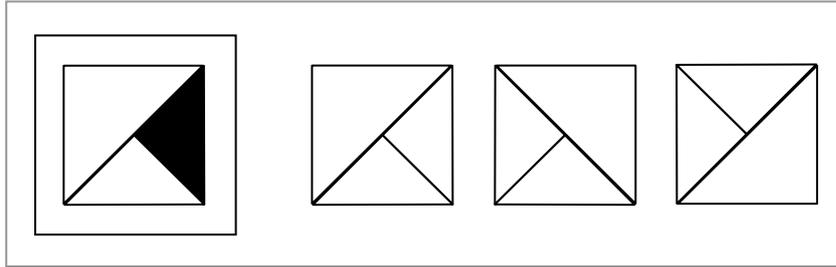


Abbildung 11: Wahrnehmung der Raumlage
(Quelle: Franke 2007, S. 47)

Die Abbildung 11 zeigt eine diesbezügliche Aufgabenstellung. Auf der linken Seite ist die Ausgangsfigur abgebildet. Die Schüler/innen sollen in den drei weiteren Figuren jenes Dreieck bestimmen, welches in der Ausgangsfigur schwarz erscheint. Die Lösung der Aufgabe erfolgt ohne weitere Hilfsmittel.

Nach Hoffer (1979 zit. nach Franke 2007, S. 50f) sind noch zwei weitere Teilkomponenten im Bereich der visuellen Wahrnehmung von Bedeutung. Er fügt ergänzend die visuelle Unterscheidung und das visuelle Gedächtnis hinzu. Die visuelle Unterscheidung beschreibt Hoffer als die Fähigkeit, gemeinsame und unterschiedliche Merkmale zwischen Figuren und Objekten zu erkennen und zu verbalisieren. Unter dem visuellen Gedächtnis versteht Hoffer die Fähigkeit, typische Merkmale von Objekten, die nicht real vorhanden sind, in Gedanken auf andere Objekte, welche real sind, zu beziehen. Diese Fähigkeit ist vor allem dann relevant, wenn zB verbale Aufträge gestellt werden.

3.2.2 Schulung der visuellen Wahrnehmung – unter Verwendung des Geobretts

Die Förderung der visuellen Wahrnehmung lässt sich an einem einfach herzustellenden, jedoch überaus interessanten und vielseitig einsetzbarem Medium sehr gut veranschaulichen. Bei der Arbeit mit dem Geobrett und entsprechend gestalteten Arbeitsblättern – siehe Abbildung 12 – werden enaktive und ikonische Repräsentationen unmittelbar miteinander verknüpft.

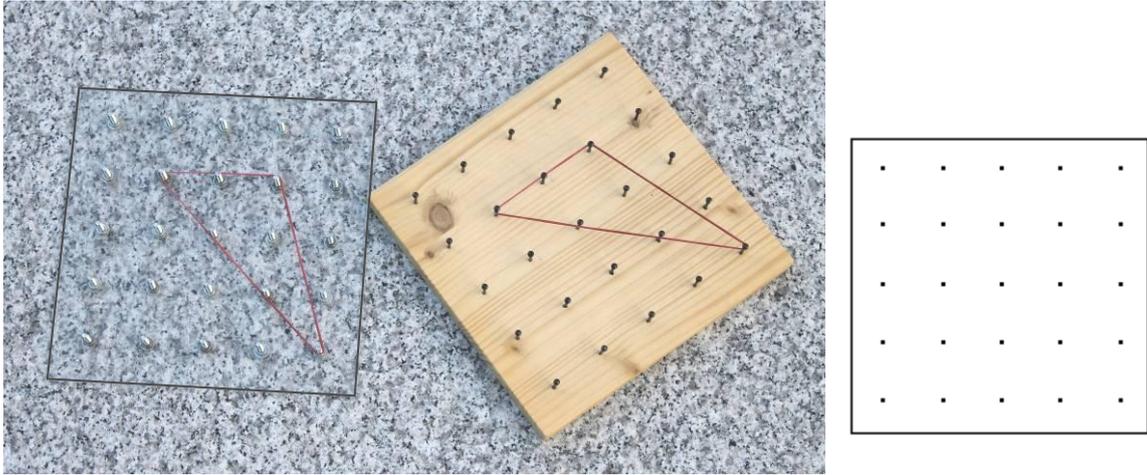


Abbildung 12: Geobrett aus Holz bzw. Plexiglas und Arbeitsblatt

Visuomotorische Koordination:

Durch das Spannen der Gummiringe wird die Auge-Hand-Koordination gefördert. Unterschiedliche Größen und Bauarten der Modelle können differenziert (zB für feinmotorisch beeinträchtigte Kinder) eingesetzt werden.

Figur-Grund-Wahrnehmung:

Durch unterschiedliche Farben und Stärken von Gummiringen und aufsteckbaren Holzkugeln kann ein kontrastreiches Bild erzeugt werden. Die Formen heben sich dadurch sehr stark vom Hintergrund (Raster) ab.

Wahrnehmungskonstanz:

Als Differenzierung kann ein Geobrett aus Plexiglas verwendet werden. Dieses bietet den Vorteil, dass 1:1-Vorlagen unter das Geobrett gelegt werden können. Dadurch können jene Kindern, die Schwierigkeiten haben, visuelle Darstellungen auf das Geobrett zu übertragen, die Formen direkt nachspannen.

Wahrnehmung der Raumlage:

Lagebeziehungen (rechts – links; oben – unten) und topologische Aufgabenstellungen (außerhalb – innerhalb) können ebenfalls mit diesem Medium geübt werden.

Wahrnehmung räumlicher Beziehungen:

Das exakte Betrachten und Nachbilden (durch Spannen) von Figuren – zB von spiegelbildlichen Figuren – und Formen lässt sich anhand des Geobretts sehr gut schulen (vgl. Bugram/Lukarsch 2000, S. 23ff).

3.3 Räumliches Vorstellungsvermögen

Die Bewältigung von Alltagssituationen sowie das gesamte menschliche Denken hängen von der Fähigkeit der räumlichen Vorstellung ab. Im Kontext der Ausbildung ist es hinsichtlich der weiteren schulischen Laufbahn der Schüler/innen von großer Bedeutung, diese Fähigkeit von Beginn an zu fördern. Wenn diese Förderung vor allem im Bereich der Grundschule erfolgt, ist dies eine erfolgversprechende Maßnahme (vgl. Eichler 2005, S. 6). Nach Lorenz (2011, S. 13) ist die geistige Entwicklung des Kindes im Vor- und Grundschulalter durch die Fähigkeit geprägt, mit bildhaften Inhalten zu agieren, indem es die Figuren räumlich bewegt, zusammenbaut und analysiert (Kopfgeometrie).

Räumliches Vorstellungsvermögen bildet eine wesentliche Voraussetzung für das Verstehen anderer Teilbereiche der Mathematik (zB Darstellung von Malreihen, Veranschaulichung am Zahlenstrahl und Rechenbrett etc.) und wird häufig in diesen Bereichen vorausgesetzt (vgl. Merschmeyer-Brüwer 2009, S. 100; Segerer 1992, S. 7). Ebenso liegen Nachweise vor, dass ein Zusammenhang zwischen Defiziten in der Rechenkompetenz mit unzureichendem räumlichen Vorstellungsvermögen besteht (vgl. Lorenz 1992, S. 185).

3.3.1 Räumliches Vorstellungsvermögen – Faktor der menschlichen Intelligenz

In mehreren Modellen zur Beschreibung der menschlichen Intelligenz wird die Raumvorstellung als wichtige Komponente hervorgehoben. Beispielhaft sollen die Primärfaktoren nach Thurstone und die Faktoren nach Gardner erwähnt werden. Eine eingehendere Bearbeitung würde den Rahmen dieser Arbeit übersteigen.

Thurstone versucht die menschliche Intelligenz mit sieben Primärfaktoren zu beschreiben:

1. Faktor – Sprachverständnis
2. Faktor – Wortflüssigkeit
3. Faktor – Rechenfertigkeit
4. Faktor – Wahrnehmungstempo
5. Faktor – räumliches Vorstellungsvermögen
6. Faktor – Merkfähigkeit
7. Faktor – logisches und schlussfolgerndes Denken
(vgl. Franke 2007, S. 52f; Lohaus et al. 1999, S. 44f).

In dieser Auflistung der Primärfaktoren ist zu erkennen, dass Thurstone das räumliche Vorstellungsvermögen als eine eigene Kategorie ausweist.

Dieses

„umfasst die Fähigkeit, mit zwei- und dreidimensionalen Objekten in der Vorstellung zu operieren. Dieser Faktor wird als breit fundierter Faktor hervorgehoben und in die folgenden drei Untergruppen – auch Subfaktoren bezeichnet – aufgliedert:

- S (1): Räumliche Beziehungen (spatial relations)
- S (2): Veranschaulichung (visualisation)
- S (3): Räumliche Orientierung“ (Franke 2007, S. 53).

Ähnlich wie Thurstone führt auch Gardner bei seiner Beschreibung der menschlichen Intelligenz die räumliche Intelligenz als eigene Kategorie an. Gardner unterscheidet folgende Intelligenzen – siehe Abbildung 13.

Intelligenz	Mögliches Entwicklungsergebnis	Kernbestandteile
Logisch-mathematisch	Wissenschaftler Mathematiker	Feine Differenzierungsfähigkeit, logische oder numerische Muster, Fähigkeit, lange Schlussfolgerungsketten zu bewältigen.
Linguistisch	Schriftsteller Journalist	Sensibilität für den Klang, den Rhythmus und die Bedeutung von Worten; Sensibilität für die verschiedenen Funktionen der Sprache.
Musikalisch	Komponist Geiger	Fähigkeit zur Wahrnehmung und Ausführung von Rhythmen, Tonhöhen und Stimmqualität; Wertschätzung für Formen musikalischer Ausdruckskraft.
Räumlich	Navigation, Radarkontrollen Bildhauer	Kapazität, die visuell-räumliche Welt genau zu erfassen und Transformationen des bereits Wahrgenommenen vorzunehmen.
Körperlich-kinästhetisch	Tänzer Athlet	Fähigkeit, die eigenen Körperbewegungen zu kontrollieren und Geschicklichkeit beim Umgang mit Gegenständen.
Interpersonal	Therapeut Verkäufer	Fähigkeit zur feinen Unterscheidung und angemessenen Reaktion auf die Stimmungen, Temperamente, Motivationen und Wünsche anderer Leute.
Intrapersonal	Person mit detailliertem, genaue Wissen über sich selbst	Zugang zu seinen eigenen Gefühlen und der Fähigkeit, sie genau zu unterscheiden und sie zur Steuerung des Verhaltens einzusetzen.
Ökologisch	Botaniker Farmer Jäger	Bestimmen von Pflanzen und Tieren, die Natur analysieren, Systeme verstehen und Kategorien definieren (vielleicht sogar Kategorien der Intelligenz).

Quelle: Aus Multiple Intelligences Go to School von H. Gardner & T. Hatch (1989), *Educational Researcher*, 18(8), S. 6. Copyright © 1989 American Research Association. Auch: *Educational Information and Transformation*, herausgegeben von J. Kane (2002). Copyright © 2002 Prentice Hall.

Abbildung 13: Gardners multiple Intelligenzen
(Quelle: Woolfolk 2008, S. 141)

In neueren Publikationen erweitert Gardner die in Abbildung 13 genannten Intelligenzen durch die emotionale und die existenzielle Intelligenz. Es ist nach Gardner durchaus möglich, dass ein Mensch in manchen Teilen der Intelligenz überragende und in den anderen keine herausragenden Leistungen erbringt (vgl. Woolfolk 2008, S. 141; Zimbardo/Gerrig 2004, S. 416f).

Ergänzend sei an dieser Stelle erwähnt, dass auf Grund mehrerer Aspekte (zB geringer Neuigkeitswert, vorschnelle Popularisierung, ungeprüfte Praxis, fehlende und fehlgeschlagene empirische Bewährung etc.) Kritik an der Theorie der multiplen Intelligenzen von Gardner in den letzten Jahren formuliert wurde (vgl. Rost 2008, S. 98ff). Eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit

der angesprochenen Kritik ist jedoch für die Bearbeitung der Thematik dieser Arbeit nicht von Bedeutung. Ziel war es vielmehr, aufzuzeigen, dass bei der Beschreibung der menschlichen Intelligenz die räumliche Vorstellung explizit angeführt wird.

Wie bereits bei der Kategorisierung nach Thurstone zu sehen ist, handelt es sich bei dem Begriff „räumliches Vorstellungsvermögen“ um einen sehr komplexen Begriff, welcher auch in der Literatur nicht einheitlich definiert wird. Diverse Veröffentlichungen verwenden unterschiedliche Begriffe, die zwar in sich selbst wieder schlüssig sind, teilweise aber durch neue Begriffe erweitert bzw. andere Bereiche vernachlässigt werden. Als zentrale Aspekte nennen die meisten Autoren den Umgang mit visuellen, nicht sprachlichen Informationen, welche im Gedächtnis gespeichert, weiter verarbeitet und wieder abgerufen werden können (vgl. Glück et al. o.J., S. 1).

Besuden (2006, S. 23f) unterscheidet zwischen „räumlichem Sehen“, „räumlicher Orientierung“, „räumlicher Vorstellung“ und „räumlichem Denken“. Mit „räumlichem Sehen“ wird die Fähigkeit bezeichnet, eine Zeichnung, ein Bild oder eine graphische Anleitung räumlich zu verstehen und zu interpretieren. Die Einordnung im Raum und sich in diesem auch zurechtzufinden, fällt unter die Fähigkeit der „räumlichen Orientierung“. Die Fähigkeit, einen Gegenstand vor sich zu sehen, auch wenn dieser nicht vorliegt, ist die „räumliche Vorstellung“. Das „räumliche Denken“ ist die Kompetenz, mit dem Gegenstand gedanklich umzugehen, d.h. in Gedanken die Lage von diesem zu verändern.

Ruwisch (2006, S. 13) definiert „Raumvorstellung“ folgendermaßen:

„Räumliches Vorstellungsvermögen umfasst im Grunde die Fähigkeit, sich Gegenstände im dreidimensionalen Raum in ihrer räumlichen Organisation bzw. in definierten Bewegungsabläufen vorzustellen.“

Franke (2007, S. 28) beschreibt den Begriff „Raumvorstellung“ als die

„Fähigkeit zum visuellen Operieren mit konkreten, sichtbaren oder vorgestellten Objekten.“

Diese Definitionen beziehen die visuelle Wahrnehmung, die räumliche Orientierung und auch das Operieren mit räumlichen Objekten ein.

Im Folgenden werden die vier bzw. fünf Teilkomponenten beschrieben, die in wechselseitigen Beziehungen und Abhängigkeiten den Begriff „räumliches Vorstellungsvermögen“ näher charakterisieren sollen.

3.3.2 Komponenten des räumliches Vorstellungsvermögens



Abbildung 14: Räumliche Fähigkeiten – Räumliches Vorstellungsvermögen
(vgl. Franke 2007, S. 56)

Räumliche Wahrnehmung ist die Fähigkeit, die Waagrechten und die Senkrechten in einer Darstellung herauszufinden, wobei die Identifizierung der räumlichen Situation in Bezug auf den eigenen Körper erfolgt. Eine klassische Überprüfung dieser Fähigkeit stellt die Aufgabe zur Bestimmung der richtigen Wasserlinie dar (vgl. Franke 2007, S. 57; Maier 1999, S. 10).

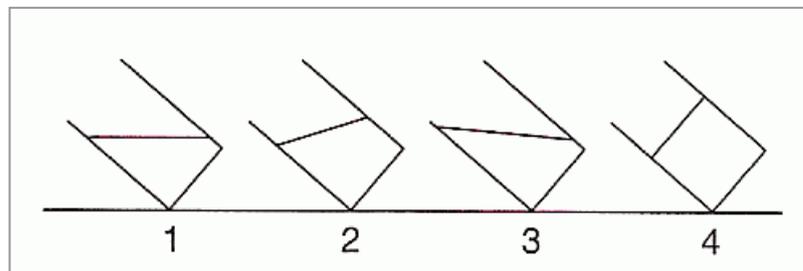


Abbildung 15: Testaufgabe zum Teilbereich „räumliche Wahrnehmung“
(Quelle: Franke 2007, S. 57)

Räumliche Beziehung beinhaltet

„das richtige Erfassen räumlicher Gruppierungen von Objekten oder Teilen von ihnen und deren Beziehungen untereinander“ (Franke 2007, S. 57).

Aufgaben, die die Fähigkeit zur Beurteilung räumlicher Beziehungen erfassen, zeigen meistens Figuren aus unterschiedlichen Blickwinkeln, von denen die Übereinstimmungen zu identifizieren sind. Dabei sollen räumliche Figuren untereinander in Beziehung gestellt werden (vgl. Franke 2007, S. 57f).

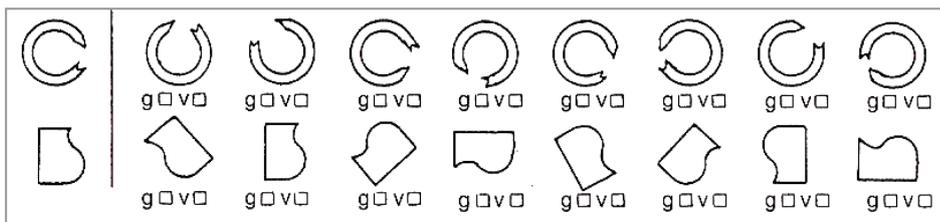


Abbildung 16: Testaufgabe zum Teilbereich „räumliche Beziehungen“
(Quelle: Franke 2007, S. 58)

Die Vorstellung von Rotationen ist eine Art „Sonderform“ der „räumlichen Beziehungen“ und in der Literatur teilweise als eigener Subfaktor ausgewiesen. Sie umfasst die Fähigkeit, sich schnell Rotationen von zwei- und dreidimensionalen Figuren und Objekten vorzustellen – vgl. Abbildung 17 (vgl. Franke 2007, S. 58; Maier 1999, S. 12).

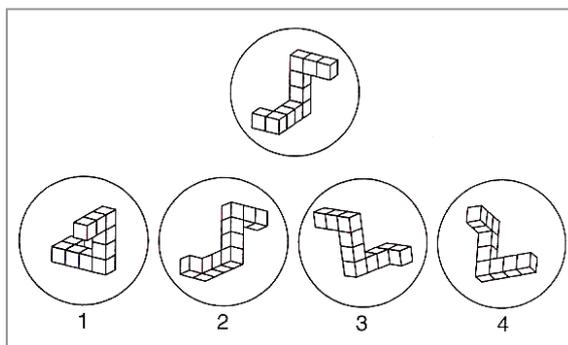


Abbildung 17: Testaufgabe zum Teilbereich „mentale Rotation“
(Quelle: Franke 2007, S. 58)

Unter Veranschaulichung versteht man die Fähigkeit, sich räumliche Bewegungen (Faltungen, Schnitte etc.) von Objekten bzw. das Zerlegen und erneute Zusammensetzen von Figuren vorzustellen (vgl. Abbildung 18), ohne dass die Gegenstände real zur Verfügung stehen (vgl. Franke 2007, S. 60; Maier 1999, S. 11).

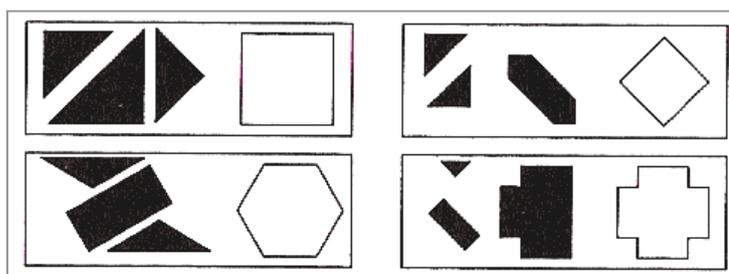


Abbildung 18: Testaufgabe zum Teilbereich „Veranschaulichung“
(Quelle: Franke 2007, S. 62)

Bei der räumlichen Orientierung geht es vor allem darum, räumliche Situationen aus anderen Blickwinkeln zu betrachten. Dabei muss die eigene Person im Sinne der Beobachterin / des Beobachters in die Szenerie eingegliedert werden, da der Standort innerhalb der räumlichen Situation liegt – siehe Abbildung 19 (vgl. Franke 2007, S. 64).

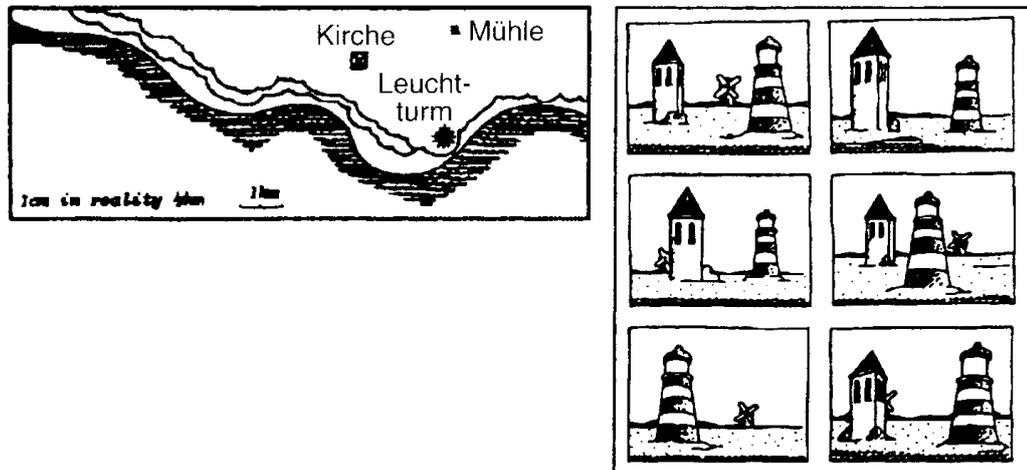


Abbildung 19: Testaufgabe zum Teilbereich „räumliche Orientierung“
(Quelle: Franke 2007, S. 65; Maier 1999, S. 13)

Die Entwicklung und Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens bzw. der räumlichen Kompetenzen wird als eines der Hauptziele im Geometrieunterricht erwähnt (Eichler 2011, S. 24ff; Hellmich/Hartmann 2002, S. 56; Radatz et al. 1996, S. 114; Radatz/Rickmeyer 1991, S. 17; Glück et al. o.J., S. 7). Es wird auch davon ausgegangen, dass diese die Voraussetzung für geometrisches Handeln und für das (schulische) Lernen darstellt.

„Das räumliche Vorstellungsvermögen ist eine wichtige und zentrale Fähigkeit, die unsere Wahrnehmung und Vorstellung von unserer Umwelt und damit die Art und Weise der Interaktion mit ihr nachhaltig beeinflusst (sic!). Dabei ist uns bei vielen Tätigkeiten oft nicht bewusst (sic!), daß (sic!) wir in einem hohem Maße von unseren räumlichen Vorstellungen profitieren“ (Maier 1996, S. 9).

3.4 Die Entwicklung des räumlichen Denkens

Die dritte und höchste Stufe im Rahmen der Entwicklung der räumlichen Fähigkeiten bildet die Ebene des räumlichen Denkens (vgl. Abbildung 20).



Abbildung 20: Räumliche Fähigkeiten – Räumliches Denken
(vgl. Franke 2007, S. 31)

“Spatial thinking involves visual imagery processes such as recognition of shapes, transforming shapes, and seeing parts within shape configurations. Learners in early primary school begin to reason about shapes by considering certain features of the shapes as well as using their prototypical images“ (Yegambaram/Naidoo o.J., o.S.).

3.4.1 Die Entwicklung geometrischen Denkens nach Jean Piaget und seinen Mitarbeitern

Sowohl die Erkenntnisse aus diversen Versuchen als auch die Theorien von Piaget und Inhelder stellen eine wichtige Grundlage zur Beschreibung der Entwicklung des geometrischen Denkens dar. Piaget erkannte in seinen Arbeiten zur Entwicklung des räumlichen Denkens, dass die Kinder Stufen, die durch unterschiedliche geometrische Aktivitäten gekennzeichnet sind, durchlaufen (vgl. Abbildung 21). Auf der Basis konkreter Handlungen konstruiert das Kind – durch aktive Auseinandersetzung mit konkreten Objekten – die räumlichen Beziehungen. Der Abstraktionsprozess geht vom konkreten Handeln aus und mündet in ein systematisches Operieren.

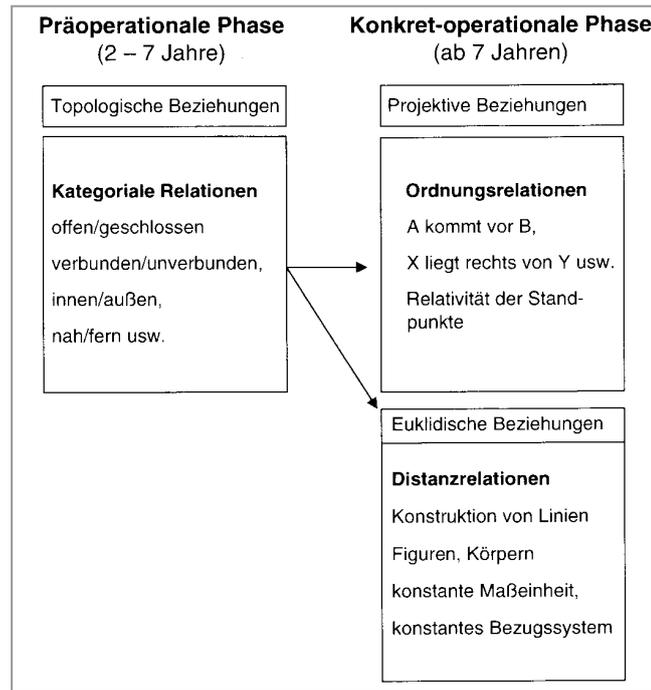


Abbildung 21: Grundformen räumlicher Beziehungen
(Quelle: Franke 2007, S. 78)

Im psychologischen Institut der Universität Hamburg wurden entsprechende Nachfolgeuntersuchungen durchgeführt. Es waren 120 Kinder im Alter von vier bis elf Jahren beteiligt, die jeweils in Einzelsitzungen getestet wurden. Die Ergebnisse bestätigen Piagets Hypothesen, dass Fünfjährige einfache euklidische Relationen und Kinder ab dem 7. Lebensjahr einfache projektive Relationen verstehen. Unterschiede zeigten sich beim Verständnis für komplexe euklidische Relationen und multiple projektive Relationen, die sich bei der Hamburger Untersuchung erst mit 9 Jahren bzw. 10 Jahren nachweisen ließen (vgl. Franke 2007, S. 90).

3.4.2 Die Entwicklung geometrischen Denkens nach van Hiele-Geldof

Das holländische Ehepaar Dina van Hiele-Geldof und Pierre Marie van Hiele konzipierte ein Modell zur Entwicklung geometrischen Denkens, welches sich in fünf Stufen bzw. Ebenen des geometrischen Verstehens gliedert. In jeder Ebene werden bestimmte, charakteristische Denkprozesse beschrieben. Im Unterschied zu den Überlegungen von Piaget sieht das Ehepaar van Hiele die Bedeutung in sinnvollen Methoden und im Materialangebot des Unterrichts und nicht ausschließlich in der altersgemäßen Entwicklung.

„The Van Hieles’ theory has strongly influenced work on early conceptions of geometrical ideas and the process by which children move from initial knowledge and visual skills to geometric concepts and their definitions“ (Owens/Outhred 2006, S. 83).

Das Sammeln von Erkenntnissen durch Handeln mit konkreten Materialien wie zB Falten, Schneiden, Auslegen, Zerlegen, Kleben etc. ist für die Entwicklung von großer Bedeutung. Schüler/innen sollen so denkend handeln – insbesondere in den ersten Niveaustufen. Die einzelnen Stufen lassen sich wie folgt charakterisieren:

Niveaustufe 0: Anschauungsgebundenes Denken

Geometrische Figuren werden in ihrer Gesamtheit wahrgenommen und räumliche Beziehungen werden nur aus der Nähe erfasst. Unterscheidungen zwischen geometrischen Figuren und Körper können getroffen werden, ohne dass jedoch die Eigenschaften im Speziellen miteinander verglichen werden. Geometrische Begriffe werden gelernt.

Niveaustufe 1: Analysieren geometrischer Figuren und Beziehungen

Kinder können durch Handeln Einzelheiten an Figuren feststellen und diese einordnen. Beziehungen von Figuren, wie zum Beispiel von Rechteck und Quadrat oder deren Eigenschaften und Größe, können noch nicht verstanden werden.

Niveaustufe 2: Erstes Ableiten und Schließen

Auf dieser Stufe werden die Eigenschaften einer Figur und die Beziehungen zu den Eigenschaften verwandter Figuren erkannt. Durch experimentelle Erfahrungen werden auch geometrische Definitionen verständlich.

Niveaustufe 3: Geometrisches Schließen/Deduktion

Die Schüler/innen verstehen Schlussfolgerungen als Grundlage eines geometrischen Systems und können diese auch anwenden. Definitionen, Sätze und Beweise können ebenfalls auseinander gehalten werden.

Niveaustufe 4: Strenge, abstrakte Geometrie

Geometrische Sätze werden zu Axiomensystemen zusammengefasst und miteinander verglichen.

Die Niveaustufen von 0 bis 2 sind im Bereich der Grundschule, die Niveaustufen 3 und 4 sind für die weitere Entwicklung des Denkens nach der Grundschule von Relevanz (vgl. Radatz/Rickmeyer 1991, S. 13ff; vgl. Franke 2007, S. 113ff).

„Das Erreichen der verschiedenen Niveaustufen kann durch geeignete unterrichtliche Maßnahmen gefördert werden. Damit sehen die van Hiele im Unterschied zu Piaget die Entwicklung der Kinder nicht als Reifeprozess sondern als Lernprozess, den der Lehrer fördern und beschleunigen kann, indem er den Schülern entsprechende Anregungen gibt“ (Franke 2007, S. 115).

Nach diesem kurzen Abriss über die Entwicklung des geometrischen Denkens wird der Frage nachgegangen, wie der Geometrieunterricht gestaltet werden soll, um eine förderliche Basis hinsichtlich der Entwicklung des räumlichen Denkens zu gewährleisten.

Studien der Gehirnforschung haben ergeben, dass in einem schüler/innengerechten Geometrieunterricht die rechte Gehirnhälfte geschult wird. In den anderen Unterrichtsfächern wird eher die linke Hemisphäre beansprucht, da diese für formal-analytisches, sprachlich-symbolisches, digitales und regelhaftes Denken zuständig ist. Die entsprechende Gestaltung des Geometrieunterrichts bietet also ein gutes Gegengewicht, jene Gehirnhälfte zu aktivieren, die auf das ganzheitliche, anschauliche, intuitive und kreative Denken ausgerichtet ist (vgl. Krauthausen/Scherer 2004, S. 57).

- „Die kognitive Entwicklung des Kindes stützt sich in vielen Bereichen auf visuell-geometrische Erfahrungen. Informationen werden über den visuellen Kanal aufgenommen, gespeichert und in der Vorstellung verankert. Spezifische Denkweisen, wie z. B. Regeln und Zusammenhänge entdecken und systematisches Problemlösen, das mit kreativem Probieren einhergeht, werden gerade durch geometrische Aufgabenstellungen initiiert.
- Grundlegende kognitive Fähigkeiten im Bereich der räumlichen Vorstellung und des räumlichen Denkens werden gefördert.
- Geometrische Probleme, Fragestellungen und Erfahrungen helfen Kindern, ihre Umwelt zu erschließen und sich zu orientieren. Sie entdecken geometrische Beziehungen, Strukturen und Ordnungen, die ihnen Umwelterschließung mit ermöglichen“ (Radatz et al. 1996, S. 114).

Die Debatte, ob die räumliche Vorstellung gefördert werden kann und trainierbar ist, wird mit einer gewissen Unsicherheit geführt. Unterschiedliche Studien liefern keine eindeutigen Ergebnisse (vgl. Smith 1965; Rost 1977 zit. nach Maier 1996, S. 9). In einigen Studien (vgl. Glück et al. o.J., S. 5) konnte nachgewiesen werden, dass Raumvorstellung grundsätzlich trainierbar ist. Durch gezielte Fördermaßnahmen konnten entsprechende Leistungssteigerungen (bei Raumvorstellungstests) erzielt werden. Aus manchen Studien geht hervor, dass dann erfolgreiche Effekte erzielt werden, wenn die Versuchspersonen handlungsorientiert agieren konnten (zB Bishop, 1982; Battista, Wheatly & Talsma, 1982). Die Arbeiten von Masendorf (1993) bzw. Souvignier (1999) zeigen, dass eine Förderung durch entsprechende Computerprogramme auch positive Effekte liefern können (vgl. Hartmann/Reiss 2000, S. 86).

Festzuhalten ist, dass im Rahmen des Geometrieunterrichts unterschiedliche Fähigkeiten gefördert werden können, insbesondere zentrale Fähigkeiten wie die Visualisierungsfähigkeit bzw. die mentale Transformation zweidimensionaler Bilder in dreidimensionale Objekte und umgekehrt (vgl. Glück et al. o.J., S. 7).

3.5 Grundlagen eines förderlichen Geometrieunterrichts in der Grundschule

Seit den 90er Jahren wurde die Diskussion über den Geometrieunterricht intensiv betrieben. Ausgangspunkte waren u.a. die neue, konstruktivistische Sichtweise von Lernen, didaktische Folgerungen bezüglich der Gestaltung von Unterricht und das verstärkte Aufkommen neuer Technologien, vor allem auch im schulischen Bereich. Die Beschäftigung mit geometrischen Fragestellungen und das Geometrielernen im Speziellen erhält dadurch eine zentrale Rolle im Bereich des Mathematikunterrichts (vgl. Franke 2007, S. 11).

Auf Grund der Erkenntnisse von Thurstone entwickelt sich die Raumvorstellung meist zwischen dem 4. und 14. Lebensjahr; dies bedeutet, dass dem Geometrieunterricht der Grundschule besondere Bedeutung zukommt. Die Schüler/innen sollen vielfältige Erfahrungen mit geometrischen Phänomenen sammeln und die Strukturierung dieser sollte Ziel des Unterrichts sein (vgl. Graumann 2002, S. 74).

Besuden (1979, S. 66 zit. nach Graumann 2002, S. 184) betont wesentliche Gestaltungsaspekte hinsichtlich eines fördernden Geometrieunterrichts.

„Es muss also darum gehen, Aufgaben zu entwickeln, die den wichtigen Lernprozess der Verinnerlichung fördern; Aufgaben, in denen Gelegenheit zum Hantieren mit geometrischen Körpern gegeben wird, wobei die Handlungen schrittweise zurücktreten und endlich vorgestellt werden können. Zur Kontrolle müssen die Handlungen (Drehungen, Lageveränderungen, Verschiebungen) jederzeit wiederholbar sein.“

Demnach sollte die Konzeption des Geometrieunterrichts der Grundschule Gelegenheit zu Handlungserfahrungen mit konkreten Materialien ermöglichen, die Raumvorstellung vertiefen und Verfahren und Techniken aus dem Bereich des geometrischen Agierens ermöglichen. Dies wird im nächsten Abschnitt näher beleuchtet.

3.5.1 Inhalte, Zielsetzungen, Lehrplangrundlagen und zu erwerbende Kompetenzen

Die Schüler/innen sollen im Laufe des Geometrieunterrichts Kenntnisse von Objekten und Relationen erwerben, spezifische geometrische Denk- und Arbeitsweisen im Hinblick auf die Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt entwickeln und grundlegende Fertigkeiten im Messen, Zeichnen und Interpretieren von Skizzen und Plänen erwerben. Weiters sollen die Kinder Gelegenheit erhalten, ihr erworbenes Wissen in problemorientierten Aufgabenstellungen auf experimentelle Weise anwenden zu können. Diese Zielsetzungen sind auch in arithmetisch orientierten Einheiten von Bedeutung. Auf Grund der Forderung nach einer handelnden Auseinandersetzung mit geometrischen Phänomenen kommt dem Einsatz entsprechender Medien eine große Bedeutung zu;

damit wird auch die Dominanz des Schulbuches ein wenig verringert (vgl. Schipper et al. 2000, S. 139; Eichler 2005, S. 2ff).

Nach Franke (2007, S. 19) bilden fünf inhaltliche Schwerpunkte (siehe Abbildung 22) die Grundlage bei der Gestaltung des Geometrieunterrichts der Grundschule.

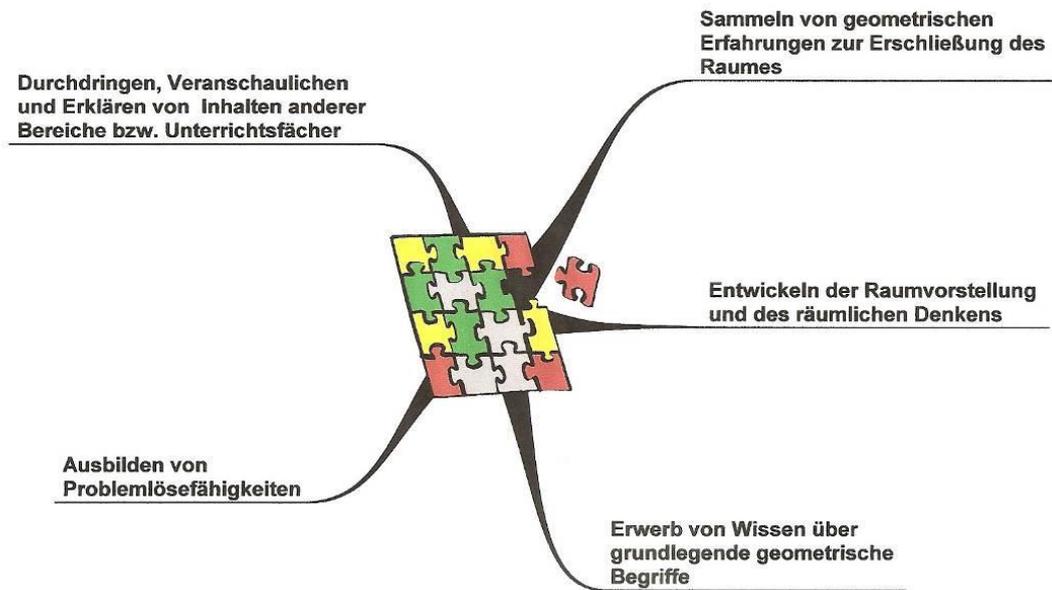


Abbildung 22: Aspekte des Geometrieunterrichts

Bei der Behandlung geometrischer Inhalte werden nach Weigand/Weth (2002, S. 156) zwei Zielsetzungen unterschieden: Inhaltsziele und Prozessziele.

Die Inhaltsziele werden folgendermaßen formuliert:

- „Kenntnis von Begriffen und Definitionen,
- Kenntnis von Sätzen und Beweisen (bzw. Beweisideen)
- Kenntnis von Verfahren und Konstruktionen.“

Zu den Prozesszielen, die über einen längeren Zeitraum zu erreichen sind, zählen folgende Fähigkeiten:

- „Fähigkeit zum Entdecken geometrischer Phänomene,
- Fähigkeit zum Verbalisieren und Formalisieren geometrischer Sachverhalte und Beziehungen,
- Fähigkeit zum Definieren und Beweisen,
- Fähigkeit zum Problemlösen.“

Hinsichtlich des Geometrieunterrichts in der Grundschule ist anzumerken, dass nicht alle oben genannten Zielsetzungen bzw. Fähigkeiten – aufgrund der Lehrplanbestimmungen – für die ersten vier Schuljahre von Relevanz sind. Im Mittelpunkt stehen im Bereich der Inhaltsziele die Kenntnis von Begriffen, Verfahren und Konstruktionen und aus dem Bereich der Prozessziele die Fähigkeit zum Entdecken geometrischer Phänomene, zum Verbalisieren geometrischer Sachverhalte und Beziehungen und die Fähigkeit zum Problemlösen.

Im österreichischen Lehrplan für Volksschulen werden für den Bereich „Geometrie“ folgende inhaltliche Festlegungen getroffen:

Grundstufe I

„Geometrie

Als Schwerpunkte bis zum Ende der 2. Schulstufe gelten:

- Beobachten, Ordnen und Strukturieren von räumlichen Beziehungen und von Formen aus der Erlebniswelt der Kinder;
- Steigern des Orientierungsvermögens;
- Hinführen zum Gebrauch von Zeichengeräten und das Herstellen von Querverbindungen zur Arbeit mit Größen als integrierender Bestandteil des Unterrichts;
- Lösen von Sachproblemen“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 214).

Grundstufe II

„Geometrie

Über die Schwerpunkte der Grundstufe I hinaus gelten:

- das Entdecken und Klassifizieren geometrischer Grundformen;
- das Feststellen vielfältiger Beziehungen;
- das Ausmessen und Messen und das Hantieren mit Zeichengeräten;
- das Entwickeln der Begriffe des Umfangs und des Flächeninhalts einschließlich des Berechnens der Umfangslänge und des Flächeninhalts“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 222).

Im Kommentar zum Lehrplan der Volksschule (vgl. Gastberger et al. 2004, S. 544ff) werden die Teilbereiche des Geometrieunterrichts aufgezählt und näher beschrieben:

- „Orientieren im Raum [...]
- Spielerisches Gestalten mit Körpern und Flächen [...]
- Erfassen und Beschreiben einfacher geometrischer Figuren [...]
- Rechnende Geometrie [...]
- Hantieren mit Zeichengeräten

Am Ende der Grundschulzeit sollen die Schüler in der Lage sein, Zeichengeräte, wie Lineal, Dreieck (Geodreieck), gemäß den Lehrplanforderungen funktionsgerecht zu gebrauchen. Vom freien, spielerischen Hantieren mit Zeichengeräten führt der Weg über ihren gezielten Einsatz zum sorgfältigen Arbeiten mit ihnen“ (Gastberger et al. 2004, S. 552).

Im Bundesgesetzblatt (Teil II) vom 2. Jänner 2009 werden – ergänzend zu den Lehrplaninhalten – die Bildungsstandards im Schulwesen festgelegt. In Bezug auf die Volksschule werden in dieser Verordnung jene Bildungsstandards angeführt, welche am Ende der vierten Schulstufe erreicht werden sollen. Im Bereich Mathematik decken zwei Komponenten (allgemeine mathematische und inhaltliche mathematische Kompetenzen) den Bereich mathematische Kompetenzen ab. Fokussiert auf den Bereich Geometrie als Teilbereich der Mathematik werden folgende inhaltliche Kompetenzen formuliert:

„Kompetenzbereich: Arbeiten mit Ebene und Raum

Geometrische Figuren erkennen, benennen und darstellen

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- geometrische Körper und Flächen benennen,
- die Eigenschaften geometrischer Figuren beschreiben,
- Modelle von geometrischen Körpern herstellen,
- geometrische Figuren zeichnen oder konstruieren.

Beziehungen bei geometrischen Figuren erkennen

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- Lagebeziehungen zwischen Objekten im Raum und in der Ebene beschreiben und nutzen,
- vorgegebene geometrische Muster erkennen, selbst entwickeln oder fortsetzen,
- den Zusammenhang zwischen Plan und Wirklichkeit herstellen.

Mit geometrischen Figuren operieren

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- geometrische Figuren zerlegen und sie wieder zusammensetzen,
- Netze den entsprechenden Körpern zuordnen und umgekehrt.

Umfang und Flächeninhalt ermitteln

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- den Umfang einer geometrischen Figur mittels Einheitslängen messen,
- den Umfang von Rechteck und Quadrat berechnen,
- den Flächeninhalt einer geometrischen Figur mittels Einheitsflächen messen,
- den Flächeninhalt von Rechteck und Quadrat berechnen“

(Bundesgesetzblatt Teil II, Nr. 1/2009, Anlage, S. 7).

Schipper et al. (2000, S. 140) entwickelten ein didaktisch-methodisches Konzept bezüglich der Planung des Geometrieunterrichts (siehe Abbildung 23), bei dem die Kinder durch herausfordernde Aufgabenstellungen zu Eigenproduktionen veranlasst werden und in weiterer Folge die gesteckten Ziele erreichen und die angestrebten Kompetenzen erwerben sollen. In diesem Konzept wird dem Problemlösen, dem geometrischen Handeln (Erproben), dem Erkennen von Zusammenhängen und Entwickeln von Lösungswegen sowie dem Verschriftlichen und Dokumentieren (mittels Skizzen) ein zentraler Stellenwert beigemessen.

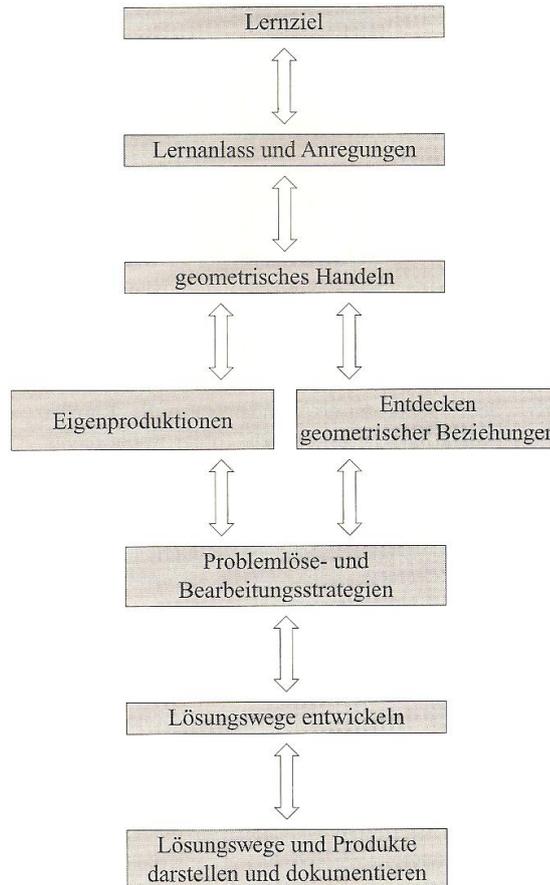


Abbildung 23: Didaktisch-methodisches Konzept zur Gestaltung des Geometrieunterrichts
(Quelle: Schipper et al. 2000, S. 140)

3.5.2 Forschen und Experimentieren im Geometrieunterricht

Gerade hinsichtlich der Erkundung mathematischer Zusammenhänge ist ein schülerorientierter Unterricht, in dem selbstständiges entdeckendes Lernen ermöglicht wird, eine wichtige Grundlage.

Nach Ludwig/Oldenburger (2007, S. 4) stehen nachfolgende Ziele im Mittelpunkt:

„Die Schülerinnen und Schüler

- lernen, eigene Fragen und Hypothesen zu mathematischen Sachverhalten aufzustellen und diese experimentell zu überprüfen;
- finden neue Zugänge und eigene Beispiele, sie erfahren neue (Begründungs-)Zusammenhänge;
- entwickeln ein zielgerichtetes Probieren (exploratives Vorgehen);
- beobachten genau und erhalten eine unmittelbare Rückmeldung, die ihre Hypothese stützt oder abschwächt – ohne dass die Lehrperson eingeschaltet wird;
- argumentieren und diskutieren beim gemeinsamen Experimentieren, sie handeln Hypothesen, Vorgehensweisen und Strategien aus;
- erfahren etwas über die Wissenschaftsdisziplin;
- können in authentischen Kontexten messen, Daten erheben und angemessen darstellen, Berechnungen durchführen und überprüfen.“

Unter einem mathematischen Experiment – im klassischen Sinn – wird, in analoger Weise zur Vorgangsweise in den Naturwissenschaften, folgender Ablauf verstanden: Finden einer Frage → Aufstellen einer Hypothese → Planung des Experiments → Durchführung des Experiments; Festhalten, Dokumentieren der Ergebnisse → Ergebnisse auswerten und mit der Hypothese vergleichen → Ergebnisse interpretieren; Verallgemeinerungen (vgl. Ludwig/Oldenburger 2007, S. 4; Meyer 1987, S. 314f).

Roth (2006, S. 112) nennt wesentliche Aspekte der experimentellen Geometrie: Anschauung / Selbsttätigkeit, Erfahrungen sammeln, Erfahrungen interpretieren, Erfahrungen idealisieren, Modellieren / Ideen testen, systematisches Variieren, Realmodelle und dynamisch-geometrisches Simulieren.

Ludwig/Oldenburger (2007, S. 5ff) klassifizieren mathematische Experimente nach folgenden Gesichtspunkten:

- „Experimente zur Modellbildung
- Experimente für das Argumentieren
- Experimente zur Begriffsbildung und
- Experimente zum Problemlösen.“

In einem Lernprozess, in dem obige Zielsetzungen, Aspekte und genannte Kompetenzen (vgl. Kapitel 3.5.1) einen zentralen Stellenwert einnehmen, werden die Schüler/innen angehalten, auf individuellen Wegen durch Beobachten, Erproben, Entdecken etc. sich mit einer Sache auseinanderzusetzen. Auf der Basis der individuellen Vorerfahrungen können die Schüler/innen in einem handlungsorientierten Lernprozess neue Erfahrungen sammeln und Zusammenhänge erkennen. Diese werden reflektiert und überprüft. Im Laufe des Lernprozesses bilden die Kinder Handlungsstrukturen heraus (vgl. Liebig 2002, S. 8f). Nach Ludwig/Oldenburger (2007, S. 10) hat das Experimentieren im Sinne des „Ausprobierens“ im Bereich der Problemlösung eine wichtige Bedeutung. In ähnlicher Weise heben Leuders et al. (2006, S. 2ff) den Stellenwert des Experimentierens hervor.

Im Bereich der Grundschule ist das „experimentierende Vorgehen“ (vgl. Lehrplan der Volksschule 2009, S. 225) beispielsweise für die Begriffsbildung von großer Bedeutung. Häufig werden neue Begriffe über den „konstruktiven Begriffserwerb“ erarbeitet. „Operative Begriffsbildung“ (nach Zech 1996; Wittmann 1981) oder „Lehren von Begriffen durch Handeln“ (nach Vollrath 1984) sind synonyme Bezeichnungen in der Literatur. Die Schüler/innen setzen sich auf entdeckend-forschende Weise mit dem zu erarbeitenden Begriff auf der Handlungsebene mit konkretem Material auseinander (vgl. Franke 2007, 109ff).

Um einen effizienten Lernprozess unter Berücksichtigung des Experimentierens zu gestalten, sind aufgrund von Beobachtungen in den Naturwissenschaften entsprechende Rahmenbedingungen zu treffen. Die Aufgabenstellungen, Versuchsanleitungen samt der Forschungsfragen müssen strukturiert und dem jeweiligen Entwicklungsstand der Lernenden angepasst sein. Die gewonnenen Erkenntnisse und gefundenen Antworten sollten auf alle Fälle dokumentiert werden, damit für die Argumentation und Reflexion eine Grundlage verschriftlicht ist. Dazu eignen sich entsprechend gestaltete Forschungshefte (vgl. Ludwig/Oldenburger 2007, S. 10; Hole 1998, S. 292). Die Autoren Gallin und Ruf (1998, S. 91f) sprechen in diesem Zusammenhang von „Reisetagebüchern“ und heben die Bedeutung des Schreibens beim selbstständigen Lernprozess hervor.

Den Rahmen für einen solchen Lernprozess stellen sogenannte Lernumgebungen dar. Sie bieten vielfältige Möglichkeiten, das Experimentieren und Problemlösen zu schulen (vgl. Franke 2007, S. 20f). Im Folgenden wird die Gestaltung von Lernumgebungen bezüglich eines explorativen Lernprozesses bei der Behandlung geometrischer Sachverhalte näher erörtert.

3.5.3 Lernumgebungen im Geometrieunterricht

Die Arbeit in Lernumgebungen hat in den letzten Jahren zentrale Bedeutung erlangt. Lernumgebungen sind nach Wollring (2009, S. 22) äußere Organisationsformen, die ein wertschätzendes und positives Arbeitsklima fördern und in denen ein konstruktivistisch geprägter Lernprozess stattfinden kann. Eine Lernumgebung stellt nach Ulm (2008, S. 8) den Zusammenhang zwischen vier Komponenten dar (siehe Abbildung 24), welche den Lernprozess maßgeblich beeinflussen. Sind die Komponenten stimmig, so werden sie die Prozesse positiv beeinflussen, also fördern; im umgekehrten Fall können sie auch hemmend auf die Lernfortschritte wirken.

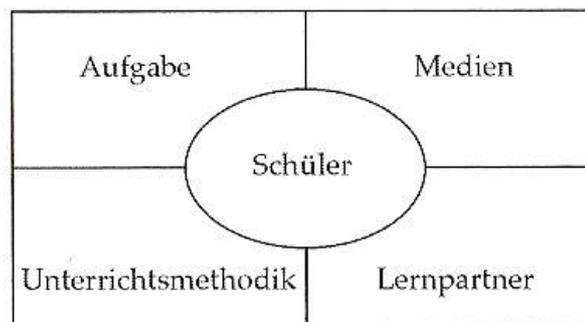


Abbildung 24: Vier Komponenten einer Lernumgebung
(Quelle: Ulm 2008, S. 8)

Die strukturierten Aufgabenstellungen einer Lernumgebung dienen als Grundlage eines natürlich individualisierten Mathematikunterrichts (vgl. Hirt/Wälti/Wollring 2010, S. 14; Wollring 2009, S. 11f). Die Aufgabe der Lehrperson besteht nach Klieme et al. (2006, S. 131f) darin, die Rahmenbedingungen für die Lernaktivitäten zu schaffen, indem sie als Organisator/in und Moderator/in, als Erzieher/in und Fachperson fungiert. Erst eine aktive kognitive Auseinandersetzung mit den jeweiligen Inhalten – unter oben genannten Bedingungen – lässt eine Leistungssteigerung im Sinne des konzeptuellen Wissens erwarten. Die Lehrperson übernimmt also zusehends unterstützende Funktionen hinsichtlich der individuellen Förderung der Schüler/innen – auf der Basis der Eigenproduktionen (vgl. Hirt/Wält/Wollring 2008, S. 12).

Abbildung 25 gibt einen Überblick über die einzelnen Faktoren, deren Zusammenspiel Grundvoraussetzung für einen effektiven Lernprozess im Rahmen einer Lernumgebung darstellen.

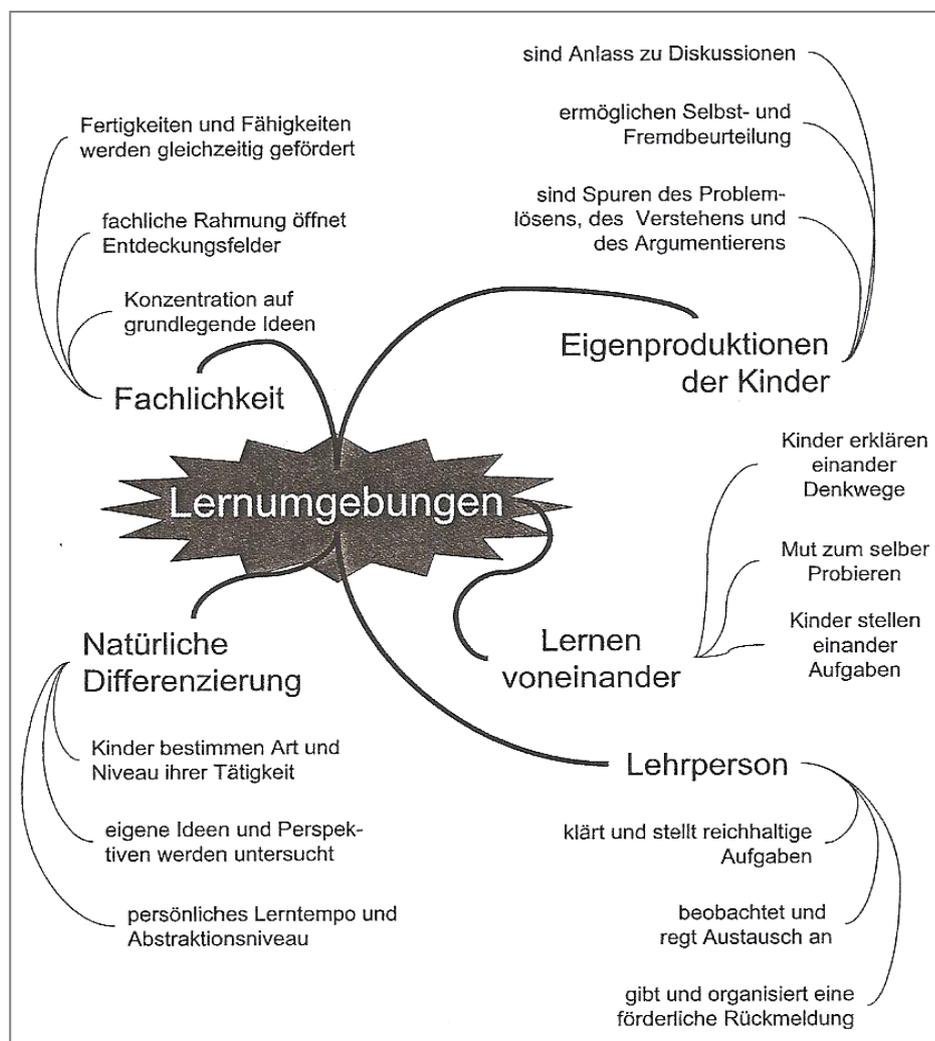


Abbildung 25: Lernumgebung und Unterrichtserfolg
(Quelle: Hengartner/Hirt/Wälti 2006, S. 26)

Die wesentlichen Schlagworte zum Thema Lernumgebungen sind somit wohl „konstruktivistisches Tun“ und „Anerkennungskultur“, denn diese bilden die notwendige Basis (vgl. Hirt/Wält/Wollring 2008, S. 12).

„Ein solches aktiv-konstruierendes Lernen, speziell im Fach Mathematik, wird unterstützt durch einen Unterrichtsrahmen, der *selbstbestimmtes Lernen*, *aktiv-entdeckendes Lernen* und *soziales Lernen* im Austausch miteinander ermöglicht und fördert (Winter 1989, Wittmann 1997). [...] Die Rolle der Lehrerinnen und Lehrer besteht bei dieser Sicht ‚lokal‘ vorrangig darin, die Schülerinnen und Schüler als autonome, aktiv Lernende zu begreifen und durch *effizientes Moderieren* und *angemessen ergänzendes Informieren* zu unterstützen. ‚Global‘ besteht sie darin, *substanzielle Lernumgebungen zu konzipieren*, anzubieten und auszugestalten und die Eigenproduktion dazu kompetent zu analysieren, zu diagnostizieren und für das weitere Arbeiten zu nutzen“ (Wollring 2009, S. 9f).

Im Rahmen gehaltvoller Lernumgebungen sollen die Lernenden die Inhalte / Aufgaben auf individuellen Wegen, entsprechend ihres eigenen Lernniveaus, bearbeiten können. Dadurch entstehen Gesprächsanlässe zwischen den Kindern und zwischen Schülerinnen/Schülern und Lehrperson. Die einzelnen Aufgabenstellungen fordern die Lernenden heraus und sie begeben sich auf eine Art Entdeckungsreise. Forschungsfragen sind dabei zentrale Elemente in der Auseinandersetzung mit den jeweiligen Inhalten (vgl. Krauthausen 2010, S. 6f; Hengartner/Hirt/Wälti 2006, S. 26; Gallin/Ruf 1998, S. 64ff; Franke 2007, S. 20). Ziel der Lehrkraft sollte es sein, eine Lernumgebung zu schaffen, die dem individuellen Niveau der Schüler/innen hinsichtlich Vorwissen, Erfahrungen, Leistungsstand, ihrem Potential etc. entspricht (vgl. Rasch 2006, S. 2f). Nach Krauthausen/Scherer (2007, S. 222ff) ist damit eine Steigerung der Sachmotivation bei den Lernenden möglich. Es ist schließlich nicht außer Acht zu lassen, dass die Motivation eines jeden einzelnen Individuums von persönlich erlebten Faktoren wie Über- oder Unterforderung enorm beeinflusst wird. Haben Lernende die Möglichkeit, mit gehaltvollen Fragen und Problemstellungen zu arbeiten, kann diese Substanz das Maß an positiven Erfahrungen durchaus erhöhen.

Eine Lernumgebung soll die Schüler/innen zu explorativem und entdeckendem Lernen auffordern. Dabei ist die Bedeutung von Medien für die Tätigkeit des Experimentierens im Sinne eines handlungsorientierten Lernprozesses hervorzuheben. Den eingesetzten Medien kommen im Rahmen des Arbeitens wichtige Funktionen zu (vgl. Heintz 2003, S. 255). Nach Ballstaedt (1997, S. 15ff) sind hinsichtlich der Gestaltung lernwirksamer Medien drei Prinzipien wesentlich: Funktionalität, Einfachheit und Konsistenz. Funktionalität bedeutet, dass der Wissenserwerb bei jeglicher Art der Darstellung im Vordergrund stehen muss. Dabei ist die Ausrichtung auf die jeweilige Zielsetzung maßgebend. Unter dem Prinzip der Einfachheit wird die Reduktion auf das Wesentliche verstanden. Wichtige Inhalte sollen dargestellt und Unwichtiges weggelassen werden. Dadurch kann sich die Lernende / der Lernende auf die zentralen Aspekte konzentrieren. Dieses Prinzip ist vor allem bei der

Gestaltung digitaler Medien von größter Bedeutung, da auf der technologischen Ebene vielfältige Möglichkeiten bestehen und u.U. zu einer Überfrachtung führen. Konsistenz, als drittes Prinzip, zielt auf das einheitliche Layout hinsichtlich Sprachstil, Positionierung der Elemente, Farbgebung etc. ab. Für Lernende ist es wichtig, einen einheitlichen Aufbau vorzufinden, da sie dadurch die Konzentration auf die vermittelten Inhalte lenken können und sich nicht ständig neu orientieren müssen. Die einzelnen Darstellungsformen wie Schrift, Text, grafische Elemente (Tabellen, Diagramme, Abbilder etc.) unterliegen bestimmten Gestaltungsrichtlinien. Ein näheres Eingehen auf die jeweiligen Aspekte würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit übersteigen.

Bei der Konzeption von Lernumgebungen zu geometrischen Inhalten ist die Medienfrage bezüglich der selbstständigen Auseinandersetzung der Schüler/innen mit den gestellten Problemsituationen von besonderem Interesse, da wie bereits erwähnt, dem anschauungsgebundenen Arbeiten ein hoher Stellenwert beigemessen wird. Mit dem Einsatz neuer Medien, respektive des Computers, im Unterricht sollen die Schüler/innen entsprechend gefordert und gefördert werden (vgl. Döring 2000, S. 117f).

„Ob dies tatsächlich geschieht, hängt davon ab, wie sie im Unterricht eingesetzt werden, denn was sie *tatsächlich* leisten, ist nicht objektiv beschreibbar. Auch der Computer ist kein besseres Medium als andere, denn für sich ist er inhaltsneutral. Aber er ist ein Verstärker, mit dem die kognitiven Möglichkeiten des Menschen in höherem Maße erweitert werden können als mit anderen Medien. Er kann ein effektives Mittel in der Hand des Lehrers und Didaktikers werden“ (Lorenz 1994, S. 29).

Die Behandlung dieser Aspekte ist eine zentrale Aufgabe der Mediendidaktik. Daher wird im nächsten Kapitel näher auf diese Thematik eingegangen. Neben theoretischen Grundlagen werden vor allem didaktische Aspekte hinsichtlich der Einbeziehung der neuen Medien, respektive des Computers, im Geometrieunterricht behandelt.

4 Medieneinsatz im (Geometrie-) Unterricht – Grundlagen und Rahmenbedingungen

Zu Beginn des folgenden Kapitels wird versucht, die Begriffe „Medien“ bzw. „neue Medien“ kurz zu beschreiben und Fragen der Medienwahl zu thematisieren. Um einen begründeten Medieneinsatz planen zu können, sind wesentliche Kompetenzen seitens der Lehrer/innen erforderlich; zusammengefasst werden diese Fähigkeiten unter dem Begriff „Medienkompetenz“. Weiters werden die Grundlagen und Voraussetzungen hinsichtlich der Einbindung von Computern in den Unterricht, respektive in den Geometrieunterricht der Grundschule, erörtert. Dabei wird speziell auf die Gestaltung computerunterstützter Lernumgebungen, unter Verwendung digitaler Arbeitsblätter, eingegangen.

4.1 Begriffsbildung und Medienwahl

4.1.1 Begriffsbildung: „Medien“ – „neue Medien“

In den letzten Jahren erfolgte in der Diskussion über Medien im Unterricht immer häufiger die Klassifizierung in alte / traditionelle und neue Medien. Daher scheint es angebracht, anfangs eine begriffliche Klärung vorzunehmen und die charakteristischen Merkmale der neuen Medien voranzustellen.

Nach Hischer (2002, S. 6) wird der Begriff „neue Medien“ folgendermaßen charakterisiert bzw. die Namensgebung begründet:

„Es wird die ‚Denkfähigkeit‘ auf den Computer ausgelagert – mag uns das passen oder nicht! Und das begründet die herausragende Stellung der auf der Mikroelektronik beruhenden Informations- (und Kommunikations-)techniken und somit ihre ‚Neuheit‘, was zu folgender Charakterisierung führt:

- ❑ **Neue Techniken** sind die datenprozessierenden Informationstechniken, sie sind sog. Querschnittstechniken“ – denn: Der Computer erweist sich in nahezu allen Wissenschaften und Anwendungen als ein nützliches Werkzeug, ja gar als ein unverzichtbares Werkzeug!
- ❑ **Neue Medien** sind dann solche technischen Medien, die auf diesen Technologien beruhen.“

Neue Medien können in Anlehnung an Weidenmann (2002, o.S. zit. nach Stadtfeld 2004, S. 35ff) durch drei Dimensionen (Multimedialität, Multicodalität und Multimodalität) und zwei weitere Eigenschaften (Hypermedialität und Interaktivität) beschrieben werden. Aufgrund der Technik, die den neuen Medien zugrunde liegt, sind eine Kombination unterschiedlicher Technologien (Multimedialität), die Codierung der Informationen in verschiedenen Symbolsystemen (Multicodalität) und eine mehrdimensionale Informationsweitergabe hinsichtlich der Wahrnehmung mit unterschiedlichen Sinneskanälen (Multimodalität) möglich. Ebenso kennzeichnet die gleichzeitige

Darstellung (Codierung) von Informationen auf unterschiedlichen Symbolsystemen wie zB Text und Bilder die neuen Medien. Im Gegensatz zu der linearen Form der Erschließung von Inhalten (durch Lesen) kann auf der Basis von Hypertexten ein verzweigter, flexibler Zugriff auf die entsprechenden Informationen erfolgen.

Der Begriff „Interaktivität“ beschreibt im Zusammenhang mit den neuen Medien die aktive Rolle der Benutzerin / des Benutzers bezüglich der Steuerung des Lernprozesses und der Auswahl der Inhalte entsprechend der individuellen Bedürfnisse. Interaktivität ist ein wesentliches Gestaltungsmerkmal hinsichtlich der Förderung der Lernwirksamkeit computerbasierter Medien. Dabei ist zu unterscheiden, ob die Lernenden den Ablauf eigenständig bestimmen können zB durch Wahl der Reihenfolge und Geschwindigkeit bzw. der Entscheidung der Informationsdarbietung (verbal und nonverbal), oder ob das System der Schülerin / dem Schüler Rückmeldung über individuell festgesetzte Parameter gibt.

4.1.2 Grundlegende Aspekte bei der Medienwahl

Medien können im Unterricht unterschiedliche Funktionen erfüllen. Sie können Mittel der Repräsentation, der Kommunikation und der Steuerung sein. Je nach Auffassung darüber, wie der Lehr- und Lernprozess ablaufen soll, welches Lernparadigma bzw. welches didaktische Planungsmodell, zB Berliner Modell nach Heimann (vgl. Peterßen 2000, S. 82ff), zu Grunde gelegt wird, ist die Funktion der Medien festzulegen. In einem konstruktivistisch orientierten Unterricht sollen Medien handlungsorientiertes und selbstständiges Lernen unterstützen; sie übernehmen damit die Funktion eines „Mittels“ im Rahmen einer situierten Lernumgebung (vgl. Schwetz 2001, S. 45ff; Peterßen 2000, S. 423ff). Im Zuge der Unterrichtsplanung ist u. a. die Behandlung der Frage nach einem begründeten Medieneinsatz (vgl. Abbildung 26) ein zentrales Anliegen. Dabei muss eine mögliche Effizienzsteigerung durch den Einsatz geeigneter Medien beantwortet werden (vgl. Ott 2000, S. 86; Jank/Meyer 1991, S. 16).

WAS	→	Frage nach den Lerninhalten bzw. Lernzielen
wird		
WOZU	→	Frage nach den Lernintentionen
WIE	→	Frage nach den Lernmethoden
WANN	→	Frage nach den Lernsituationen
und		
WOMIT	→	Frage nach den Lernmedien
gelernt?		

Abbildung 26: Fragen der Didaktik
(Quelle: Ott 2000, S. 86)

Nach Becker (1998, S. 122ff) sind grundlegende Fragen bezüglich des Einsatzes von Medien zu klären; hier ist eine kleine Auswahl an Fragestellungen angeführt:

- Welche Lernziele lassen sich durch den Einsatz verwirklichen?
- Wie beeinflusst das Medium die Motivation der Schüler/innen?
- Werden bei der Verwendung des Mediums mehrere Sinneskanäle angesprochen?
- Welche Möglichkeiten der inneren Differenzierung bietet das Medium?
- In welcher / welchen unterrichtliche(n) Phase(n) kann das Medium eingesetzt werden?
- Welche organisatorischen und räumlichen Voraussetzungen müssen geschaffen werden?

Schwetz (2001, S. 50) weist darauf hin, dass zuerst die Bildungsziele festgelegt und danach die adäquaten Medien bestimmt werden müssen. Er sieht bei der Verwendung der neuen Medien die Gefahr, den didaktischen Prozess umzukehren. Die Auswahl der geeigneten Werkzeuge für die Lösung des Problems, die adäquate Modellierung und die Deutung der Beobachtungen und Erkenntnisse erfordern fachliches Wissen und Können seitens der Lehrperson (vgl. Weigand/Weth 2002, S. XII).

Der Einsatz angemessener Medien im Unterricht beruht ebenso auf unterschiedlichen (fach-) didaktischen Prinzipien. Dies sind Regeln, die auf lernpsychologischen und erkenntnistheoretischen Theorien basieren. Sie stellen eine Hilfe für die Lehrperson bei der Konzeption und Realisierung von Unterricht dar. Die Lehrerin / der Lehrer kann sich an diesen orientieren und auf dieser Grundlage die geplante Unterrichtsgestaltung begründen und argumentieren (vgl. Krauthausen/Scherer 2004, S. 122; Zech 1998, S. 114f; Lauter 1995a, S. 60ff). Aus den Erkenntnissen der Forschungsarbeiten von J. Piaget und J. Bruner sind u.a. das Prinzip des aktiven Lernens, das operative Prinzip, das Prinzip der Repräsentationsebenen sowie das Prinzip der Variation der Veranschaulichung von Bedeutung. Nachfolgend werden aufgrund der Relevanz für die vorliegende Thematik diese didaktischen Prinzipien kurz erläutert, im Besonderen wird dabei auf die Bedeutung der Medienfrage eingegangen.

Operatives Prinzip

Nach Wittmann (1985, S. 9 zit. nach Pohl 2010, S. 2ff; Wittmann 1981, S. 77ff) kennzeichnen die aktive Auseinandersetzung (Prinzip des aktiven Lernens) mit Objekten, das Erforschen dieser und die Beobachtung der Wirkungen ausgeführter Handlungen die Grundzüge dieses didaktischen Prinzips. Im Rahmen eines explorierenden Lernprozesses stellen die Schüler/innen Vermutungen an, überprüfen diese und gewinnen durch konkrete oder mentale Handlungen – unter Verwendung geeigneter Medien – neue Erkenntnisse. Hinsichtlich des Aufbaus geometrischen Wissens kommt in diesem Zusammenhang der Wahl der Medien in dem Sinn eine entsprechende Bedeutung zu, dass

sie einen handlungsorientierten Zugang zur Thematik forcieren sollen. Die verwendeten Lernmaterialien ermöglichen somit einen forschend-entdeckenden Lernprozess.

Repräsentationsprinzip (Enaktiv – Ikonisch – Symbolisch (EIS))

Erst durch die aktive Auseinandersetzung mit den jeweiligen Inhalten, unter Einbeziehung situationstypischer Lernmedien, können entsprechende Operationen – im Sinne von Piaget – gebildet werden. Die zeichnerische Umsetzung der zuvor durchgeführten Handlung stellt einen weiteren Abstraktionsgrad dar. Abgeschlossen wird der Prozess in der symbolischen Darstellung, wobei dabei das Verbalisieren (mündlich und/oder schriftlich) eines mathematischen Sachverhaltes von sehr großer Bedeutung ist (vgl. Lauter 1995a, S. 67f; Wittmann 1981, S. 87f).

„Es ist deutlich, dass die drei Darstellungssysteme nebeneinander bestehen und dass ein jedes seine Eigenart besitzt. Ein jedes kann aber auch zum Teil in das andere übersetzt werden, und gerade dies liefert eine wichtige Triebkraft für die geistige Entwicklung“ (Bruner 1971, S. 27; zit. nach Hole 1998, S. 167).

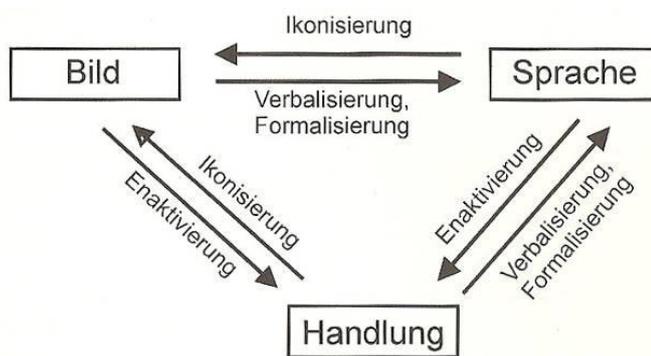


Abbildung 27: Prinzip der Repräsentationsebenen
(Quelle: Hole, 1998, S. 223)

Das Prinzip der Repräsentationsebenen betont vor allem den Wechsel, d.h. den intermodalen Transfer der einzelnen Ebenen untereinander – siehe Abbildung 27.

Prinzip der Variation der Veranschaulichung

Dieses Prinzip geht auf Z. P. Dienes zurück und betont die Bedeutung der unterschiedlichen Darstellungen desselben mathematischen Sachverhalts innerhalb einer Repräsentationsebene, vor allem auf der enaktiven sowie ikonischen Ebene. Im Unterricht soll demnach vermieden werden, dass sich Lernende bei der Erarbeitung und Festigung von Lerninhalten auf eine konkrete Darstellung fixieren. Dies bedeutet auch, dass unterschiedliche Medien hinsichtlich ihrer spezifischen Darstellungsmöglichkeiten (zB statisch vs. dynamisch) im Unterricht eingesetzt werden sollen (vgl. Lauter 1995a, S. 73f).

„Die Theorie dieses Prinzips besagt, daß (sic!) die abstrakte mathematische Vorstellung um so (sic!) schneller erreicht wird, wenn sie durch verschiedene Veranschaulichungen konkretisiert wird“ (Lauter 1995a, S. 73).

Nach Vollstädt (2002, S. 33) stellen die neuen Medien eine innovative Ergänzung zu den traditionellen Lehr- und Lernmitteln dar, wodurch sich neue Möglichkeiten für deren Einsatz und Nutzung ergeben können. Neue Medien besitzen auf Grund ihrer technischen Möglichkeiten großen Anreizcharakter. Dennoch stehen bei der Planung von Unterricht die Ziel-, Inhalts- und Methodenfrage im Vordergrund, und erst danach kann die Medienfrage beantwortet werden. Sollen die neuen Medien den teilweise hochgesteckten Erwartungen gerecht werden, so bedarf es einer Änderung der Handlungsmuster und einer Erweiterung der Kompetenzen der Lehrer/innen. Diese sind Grundlage für einen gewünschten Lernerfolg bei der Einbeziehung der computerbasierten Medien in den Unterrichtsprozess (vgl. Stadtfeld 2004, S. 151; Blömeke 2003, S. 75f). Nach Radatz et al. (1999, S. 31) ist vor jedem Computereinsatz die Frage zu stellen, ob nicht bisherige didaktisch begründete Wege unter Verwendung traditioneller Medien für die Schüler/innen sinnvoller erscheinen als der große technologische Aufwand. Die oftmals geäußerten Vorteile des computerunterstützten Lernens können nur dann zum Tragen kommen, wenn einerseits leicht umsetzbare Konzepte zur Verfügung stehen und andererseits die Lehrer/innen über entsprechende Kompetenzen hinsichtlich des Umganges mit Computer (als Werkzeug) verfügen (vgl. Granzer 2003, S. 11).

„Der Einsatz des Computers als Lernmedium ist ein genuin interdisziplinäres Gebiet, das den interdisziplinären Dialog verlangt. Auf pädagogischer Seite kommt es manchmal zu Vorurteilen durch mangelnde Kompetenz und Akzeptanz, die teils durch mangelhafte Software verfestigt wird. Die Integration in didaktische Konzepte kommt daher manchmal kurz. Der Umgang mit Internet, das Lernen mit Hypertexten, bedarf einer entsprechenden Kompetenz (vor allem auch bei Lehrer/innen)“ (Kowarsch 2002, S. 47).

Welche Kompetenzen seitens der Lehrer/innen und Lehrer in diesem Zusammenhang erforderlich sind, wird im Folgenden näher erörtert. Insbesondere wird dabei auf den Bereich der Medienkompetenz näher eingegangen, wobei hier – auf Grund der Themenstellung – der Fokus auf der Teilkompetenz der „Mediendidaktik“ liegt.

4.2 Medienkompetenz

Die Entwicklung einer Medienkompetenz, d.h. die Ausbildung von Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Medien, bildet eine eigenständige Entwicklungsaufgabe für Kinder. Diese erwächst aus zwei Richtungen:

- Innere Impulse (Neugierde) motivieren die Kinder, neue Erfahrungen zu sammeln und so den eigenen Erfahrungsraum zu erweitern.

- Gesellschaftlich-normative Anforderungen zielen auf den Erwerb einer angemessenen Mediennutzung und Medienrezeption ab (vgl. Hoppe-Graff/Kim 2002, S. 911).

In Anbetracht der zentralen Bedeutung der neuen Medien in unserer Informationsgesellschaft stehen heute die Lehrkräfte vor der neuen Herausforderung, die Informations- und Kommunikationstechnologien als Teil der neuen Kultur des Lehrens und Lernens zu integrieren. Mit der praktischen Einführung von Computern in Schulen hat auch der Begriff der Medienkompetenz an Bedeutung gewonnen. Er soll – so die Diskussion – verdeutlichen, dass für den Umgang mit den neuen Medien besondere Kompetenzen notwendig sind, die bisher anscheinend so noch nicht vermittelt wurden (vgl. Vollstädt 2002, S. 34).

Bei der Beschreibung des Begriffes „Medienkompetenz“ wird in der Literatur zwischen medienpädagogischer und die mediendidaktischer Kompetenz unterschieden. Medienpädagogische Kompetenz wird auf unterschiedliche Weise beschrieben (vgl. Kron/Sofos 2003, S. 71). Als ein Beispiel wird die Charakterisierung nach Aufenanger (1999, S. 95f zit. nach Kron/Sofos 2003, S. 72) angeführt, welcher vier Dimensionen einer medienpädagogischen Kompetenz formuliert:

- „Wissen um pädagogische / didaktische Konzepte [...]
- Wissen um die Medienwelt von Kindern und Jugendlichen [...]
- Sensibilität für Medienthemen und Medienerlebnisse [...]
- Medienpädagogisches Handeln (Können).“

Die mediendidaktische Kompetenz – als zweite wichtige Kompetenz bei der Beschreibung des Begriffes „Medienkompetenz“ – ist auf die Lehr- und Lernprozesse, in denen neue Medien eingesetzt werden, fokussiert.

„Die Vermittlungsproblematik von Wissen, die Organisation und die Begründung von Lehr- und Lernprozessen in und mit neuen Medien rücken in das Zentrum der Aufmerksamkeit. Hinzu treten curriculare, die fachliche, organisatorische und nicht zuletzt technische Gegebenheiten. Von diesem unterrichtlichen und schulischen Bedingungs-zusammenhang lässt sich die mediendidaktische Kompetenz näher bestimmen“ (Kron/Sofos 2003, S. 73f).

Gemäß dem Grundsatz-erlass für Medienerziehung des bmukk (2001, S. 2) sollen die Schüler/innen im Lauf der Schulzeit Medienkompetenz erlangen. In dieser Verordnung wird „Medienkompetenz“ folgendermaßen definiert:

„Medienkompetenz als Zielhorizont medienpädagogischer Bemühungen umfasst neben der Fertigkeit, mit den technischen Gegebenheiten entsprechend umgehen zu können, vor allem Fähigkeiten, wie Selektionsfähigkeit, Differenzierungsfähigkeit, Strukturierungsfähigkeit und Erkennen eigener Bedürfnisse u.a.m. Insbesondere bei der Nutzung der sog. Neuen Medien stellen sich im medienerzieherischen Zusammenhang – über den Nutzwert der Medien für den fachspezifischen Bereich hinaus – Fragen von individueller und sozialer Relevanz.“

Durch den Einsatz neuer Medien sollen Lehr-Lern-Prozesse anschaulicher, kooperativer, flexibler, individueller und effizienter werden. Das unmittelbare Ziel computergestützten Unterrichts ist die Verbesserung der Kenntnisse und Fertigkeiten in Bezug auf den Unterrichtsstoff. Abgesehen von der aktiven Auseinandersetzung mit den Unterrichtsinhalten werden auch Computerkompetenz, Kommunikationskompetenz und Teamfähigkeit sowie Kreativität gefördert. Den Lernenden wird dabei ein hohes Maß an Eigenaktivität, an Konstruktions- und Gestaltungsmöglichkeiten abverlangt (vgl. Döring 2000, S. 116ff). Um genannte Zielsetzungen zu erreichen und damit eine entsprechende Kompetenzerweiterung zu gewährleisten, sollten die notwendigen Medien den Schülerinnen / Schülern jederzeit zu Verfügung stehen. Die Lernenden können dann selbst bestimmen, welche Medien sie zur Bewältigung der Aufgabenstellung benützen wollen; somit liegt die Entscheidung in den Händen der Schüler/innen. Die Vorteile einer konstanten Verfügbarkeit fasst Barzel/v. Saint-George (2003, S. 234) wie folgt zusammen: Die Entwicklung der Medienkompetenz ist ein langfristiger Prozess. Im Rahmen eines individuellen Lernprozesses sollen auch die Schüler/innen entscheiden können, ob der Computer ein für sie geeignetes Medium im Sinne eines Werkzeugs darstellt.

4.3 Grundlagen hinsichtlich der Implementierung der neuen Medien

Beobachtungen zeigen, dass unser privater und beruflicher Alltag immer stärker von Medien beeinflusst und geprägt wird. Medien sind Teil unserer Wirklichkeit, unserer Lebenswelten, so auch in der Erfahrungswelt der Schüler/innen. Erziehung und Bildung sollten Jugendliche in ihrer Beziehung zur Realität begleiten und fördern. Auf Grund der gesellschaftlichen Entwicklungen und dem Wandel in Wirtschaft und Industrie kam es naturgemäß auch zu einem Wandel im schulischen Bereich (vgl. Dürager/Paus-Hasebrink 2009, S. 43; Kron/Sofos 2003, S. 30ff; Grundsatzterlass Medienerziehung, 2001, S. 1;).

4.3.1 Lehrplangrundlagen und Zielsetzungen

In vielen Lehrplänen ist bereits die Forderung nach der Verwendung neuer Medien im Unterricht verankert. Im österreichischen Lehrplan für Volksschulen ist in den allgemeinen Bestimmungen, respektive in den allgemeinen Bildungszielen, ein erster Hinweis bezüglich der Implementierung der neuen Medien zu finden:

„Entwicklung und Vermittlung grundlegender Kenntnisse, Fertigkeiten, Fähigkeiten, Einsichten und Einstellungen, die dem Erlernen der elementaren Kulturtechniken (einschließlich eines kindgerechten Umganges mit modernen Kommunikations- und Informationstechnologien), einer sachgerechten Begegnung und Auseinandersetzung mit der Umwelt sowie einer breiten Entfaltung im musisch-technischen und im körperlich-sportlichen Bereich dienen“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 16).

Weiters wird in diesem Teil des Lehrplans auf die Zielsetzungen und die räumlichen Rahmenbedingungen bezüglich des Einsatzes der neuen Medien hingewiesen:

„Moderne Kommunikations- und Informationstechniken (Einsatz nach Maßgabe der ausstattungsmaßige Gegebenheiten an der Schule)

Die Möglichkeiten des Computers sollen zum selbstständigen, zielorientierten und individualisierten Lernen und zum kreativen Arbeiten genutzt werden. Der Computer kann dabei eine unmittelbare und individuelle Selbstkontrolle der Leistung ermöglichen. Beim praktischen Einsatz des Computers im Unterricht ist auf den möglichst unkomplizierten und einfachen Zugang für die Schülerinnen und Schüler zu achten. Dies wird durch den integrativen Einsatz des Computers im Klassenzimmer in der Regel besser erreicht als durch die Benutzung zentraler Computerräume. Ergonomische Gesichtspunkte sind zu beachten“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 23).

Weitere Hinweise hinsichtlich der Eingliederung der neuen Medien in die Unterrichtsgestaltung sind im Rahmen der allgemeinen didaktischen Grundsätze nachzulesen:

„Lebensbezogenheit und Anschaulichkeit

Inhalte können zum einen dadurch konkret erfahrbar gemacht werden, dass man sie ihrer Art entsprechend, zB durch Sehen, Hören usw., zugänglich macht, zum anderen, dass man sie durch Beispiele bzw. durch Nutzung der modernen allenfalls vorhandenen Informationstechniken vergegenwärtigt. [...]

Aktivierung und Motivierung

Die medienspezifischen Vorteile moderner Kommunikations- und Informationstechniken können zur Aktivierung und Motivierung beitragen (Einsatz nach Maßgabe der ausstattungsmaßige Gegebenheiten an der Schule). [...]

Individualisieren, Differenzieren und Fördern

Die Realisierung der Individualisierung, der inneren Differenzierung und Förderung wird durch eine entsprechende Ausstattung der Schule bzw. der Klasse mit Arbeitsmitteln, technischen Medien, modernen Informations- und Kommunikationsmedien usw. unterstützt. [...]

Sicherung und Kontrolle des Unterrichtsertrages

Die Kinder sollen daher allmählich angeleitet werden, Lernkontrolle zunehmend auch in der Form von Selbstkontrolle ihrer Lernprozesse wahrzunehmen. Dies wird ua. durch den Einsatz eines Computers erleichtert“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 33ff).

Durch die lehrplanmäßige Legitimation ist ein eindeutiger Auftrag hinsichtlich der Verwendung neuer Medien im Unterricht gegeben. Welche methodischen Zielsetzungen bei der Arbeit mit dem Computer in der Grundschule relevant sein könnten, soll in der Abbildung 28 veranschaulicht werden.

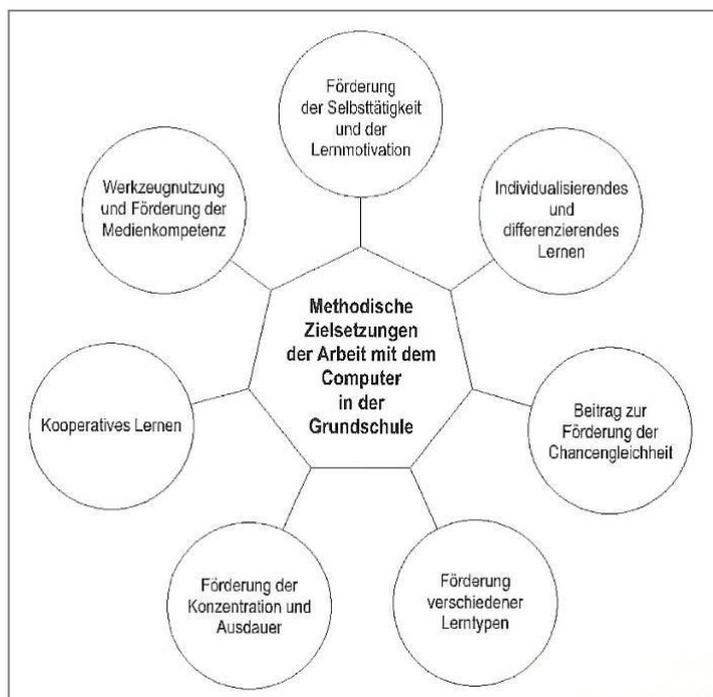


Abbildung 28: Methodische Zielsetzungen
(Quelle: Kowarsch 2002, S. 48)

Bei aller Euphorie, die in den letzten Jahren in der Auseinandersetzung bezüglich der Eingliederung der neuen Medien in den Unterricht erkennbar war, muss bei der Verwendung des Computers eine kritische Haltung eingenommen werden, denn auch dieses Medium stellt selbst kein didaktisches Konzept dar. Dies gilt für jedes Unterrichtsmittel, sei es eine Wandtafel oder ein Overheadprojektor. Wesentliche Grundlage für einen begründeten Einsatz ist das Aufdecken von Schwachstellen im didaktischen Kontext und der Beantwortung der Frage, ob der Einsatz des Computers entsprechende Lösungsansätze bringen könnte (vgl. Radatz et al. 1999, S. 31).

Um eine sinnhafte Implementierung des Computers argumentieren zu können, formuliert Moser (2003, S. 20) folgende Aspekte: Während im privaten Bereich viele Kinder Erfahrungen im Umgang mit Computern – meist durch das Prinzip „Versuch – Irrtum“ sammeln, müssten diese Fähigkeiten und Fertigkeiten im Rahmen der schulischen Arbeit systematisiert werden. Dazu sollen die Computer in vielen Unterrichtsgegenständen zum Einsatz kommen, wobei auf den jeweiligen Entwicklungsstand der Kinder Rücksicht genommen werden muss. Dies bedeutet, dass ein Einsatz (beispielsweise Internetnutzung) bereits in der ersten Schulstufe wenig Sinn macht, da die Schüler/innen dieses Alters noch über keinen entsprechenden Umgang mit Bildern, Symbolen und Sprache verfügen. Eine kritisch differenzierte Haltung, welche die Lehrperson einnehmen muss, beruht letztendlich auf einer entsprechenden Medienkompetenz (vgl. Kapitel 4.2).

4.3.2 Konstruktivistisch orientiertes Lernen

Vorrangiger Aspekt bei der Verwendung von Computern im Unterricht der Grundschule ist, dass erfolgreich angewandte didaktische Konzepte ihre Gültigkeit behalten und der Einsatz neuer Medien weitere Chancen ermöglichen soll, um den konstruktivistischen Ansatz von Lernen noch stärker zu betonen. Durch den Einsatz von Computer im Mathematikunterricht entstehen neue Möglichkeiten, die gesteckten Ziele auf teilweise veränderte Weise zu erreichen. Der Computer als Werkzeug bildet dafür die technische Grundlage (vgl. Weigand/Weth 2002, S. XI). Der integrative Einsatz des Computers im Mathematikunterricht bietet eine große Chance, exploratives und kreatives Arbeiten zu forcieren, Inhalte und methodische Konzeption des Unterrichts neu zu überdenken (vgl. Leuders 2003, S. 199). Neue Medien besitzen ein großes Potenzial – auf Grund ihrer vielfältigen technischen Möglichkeiten – hinsichtlich einer Unterrichtsgestaltung in konstruktivistischem Sinn (vgl. Law/Pelgrum/Plomp 2008 zit. nach Dürager/Paus-Hasebrink 2009, S. 53; Blömeke 2003, S. 66ff).

„„Neues Lernen“ bedeutet: Schüler als Subjekte des Lernens ernst nehmen, sie lernen zu lassen, statt sie zu belehren, weg von der „Beibring- und Belehrungsdidaktik“, hin zu einem „learning on demand“. Die Computer und das Internet sind notwendige Werkzeuge auf dem Weg dorthin“ (Unruh o.J., o.S., Internet).

Lernen im Sinne der konstruktivistischen Sichtweise ist ein aktiver Prozess, worin Wissen in der Auseinandersetzung mit der Umwelt individuell konstruiert wird. Die Lernende / der Lernende nimmt dabei eine aktive Rolle ein. Forschend-entdeckendes Vorgehen und das Verstehen von Sinn- und Sachzusammenhängen sind von zentraler Bedeutung. Wissen wird in bestimmten, konkreten Situationen angeeignet (vgl. Gerstenmaier/Mandl 1995, S. 874 zit. nach Kohler 2001, S. 100; Krauthausen 1994, S. 89). Zentraler Gedanke konstruktivistischer Lerntheorien und der daraus entwickelten Didaktik liegt darin, die Selbstständigkeit der Schüler/innen von Beginn an zu fördern. Der Fokus richtet sich auf Selbsttätigkeit, selbstständiges, kooperatives und situiertes Lernen unter dem Aspekt der Anwendungsorientierung. Entsprechendes Wissen ist notwendig, um Situationen im Alltag lösen zu können. Dieses Verständnis bildet auch die Grundlage der Bildungsstandards und des kompetenzorientierten Lernens. In diesem Zusammenhang wird das Aneignen prozeduralem Wissens im Gegensatz zur Anhäufung tragem Faktenwissens propagiert. Wissen kann demnach nicht durch Lehren übermittelt werden, sondern der Aufbau von Wissen und Kompetenzen kann nur initiiert werden. Dabei ist auf eine Verzahnung bzw. ein Wechselspiel von Instruktion und Konstruktion im Hinblick auf die Hinführung zur Selbstständigkeit der Schüler/innen zu achten. Die Rolle und Aufgaben der Lehrer/innen verändern sich (vgl. Drieschner 2010, S. 7ff; Jansen 2010, S. 11ff).

„In mediendidaktischer Hinsicht erscheint es nun wichtig, die Arbeit mit Computer und Internet so zu arrangieren, dass die Lernenden in die Lage versetzt werden, ihre Konstrukte anzuwenden, um Informationen in Wissen transformieren zu können. [...] LehrerInnen müssen ein Thema so vorbereiten, dass es in das Interesse der SchülerInnen fällt, um entsprechende Konstrukte zu

aktivieren. Wissen muss daher als Prozess und kann nicht allein als Produkt aufgefasst werden (Kron/Sofos 2003, S. 120f).

4.4 Computereinsatz im Geometrieunterricht der Grundschule

Der Stellenwert der Förderung entsprechender Kompetenzen im Rahmen des Geometrieunterrichts wurde bereits mehrfach betont. Die Ergebnisse der TIMSS-Testung – bezogen auf Österreich – zeigen jedoch, dass dieser Bedeutung in der Umsetzung in der schulischen Arbeit (noch) nicht in entsprechendem Maße Rechnung getragen wird (vgl. Gerber 2007, S. 27). Dieser Befund sowie die Möglichkeit der Implementierung von Computern in den Unterricht – waren Anlass, sich mit dieser Thematik intensiv auseinanderzusetzen.

In diesem Teil der Arbeit werden zu Beginn die äußeren Organisationsformen thematisiert, welche notwendig sind, um den Computer integrativ im Unterricht einsetzen zu können. Danach wird auf die Gestaltungsaspekte computergestützter Lernumgebungen näher eingegangen. Die theoretischen Ausführungen werden durch praktische Beispiele von Schüler/innenarbeiten und Situationsfotos, welche während der Erprobungsphase der multimedialen Lernumgebung in den Klassen entstanden sind, ergänzt.

4.4.1 Organisationsformen beim Einsatz neuer Medien

Grundlage für eine harmonische Implementierung des Computers in den Unterricht ist neben einer konstruktivistischen Grundhaltung der Lehrperson ein zeitgemäß gestaltetes Klassenzimmer mit schüler/innengerechten Arbeitsplätzen, die den neuen Anforderungen entsprechen. Der Sitzordnung sollte nach Bauling (2003, S. 7) eine wesentliche Bedeutung beigemessen werden. Die Anordnung der Arbeitstische der Schüler/innen müsste in Abstimmung mit dem jeweiligen Unterrichtsstil erfolgen. Nach Peschke (2001, S. 55) sind zwei äußere Organisationsformen bezüglich der Verwendung des Computers in den Grundschulen anzutreffen: Entweder verfügt eine Schule über einen separaten Computerraum, welcher nach einer festgelegten Zeitschiene von den einzelnen Klassen benutzt wird, oder die Computer werden an bestimmten Plätzen (Medienecken, Medieninseln) im Klassenraum (oder in bestimmte Zonen auf Gängen) komprimiert aufgestellt. Das Konzept der Medienecke ist weitgehend im Bereich der Grundschulen anzutreffen. Die Entscheidung, welche Organisationsform letztendlich gewählt wird, ist primär eine Frage der Lernkultur, die an der jeweiligen Schule gepflogen wird.

Die Computer sollten nach Maßgabe der Möglichkeiten im gleichen Raum aufgestellt sein, in dem auch Unterricht stattfindet. Ein Wechsel in eigens ausgestattete Computerräume ist organisatorisch

wesentlich aufwändiger (zeitlicher Aspekt, Verfügbarkeit etc.) (vgl. Lehrplan der Volksschule 2009, S. 23; Martial/Ladenthin 2002, S. 324; Bauer 1997, S. 393).

Die Verwendung von Notebooks (in Klassenstärke) ist zurzeit – im Bereich der Grundschule – eine noch weniger verbreitete Variante des Lernens mit neuen Medien. Die Zukunft wird zeigen, wie weit die Technologien in dieser intensiven Form in Grundschulklassen Einzug nehmen werden. Zu berücksichtigen ist dabei die Tatsache, dass viele Kinder nicht gerne alleine lernen wollen, sodass durch die Implementierung von Computern solche Unterrichtsformen möglich sein müssen, um so zu einer kommunikativen Arbeitsatmosphäre beizutragen (vgl. Kimmel-Groß 2001, S. 52f).

Ziel meiner Projektarbeit an der Donau-Universität Krems war, einen innovativen Arbeitsplatz für Lernende zu entwickeln, der für die Gestaltung von Medienecken, aber vor allem für den Einsatz in Notebookklassen besonders geeignet ist (vgl. Abbildung 29). Bei der Gestaltung wurde sowohl auf die integrative Arbeit mit Computer – ergänzend zu der Tätigkeit mit „hands-on“ Medien – als auch auf die Kombinierbarkeit der einzelnen Tische zu größeren Formationen geachtet (vgl. Reiter 2003).



Abbildung 29: DELTA-Flex mit zentraler Strom- und Internetanbindung

4.4.2 Die Medienecke als multimedialer Lernort

Ein qualitativ hochwertiger Unterricht benötigt als Voraussetzung auch entsprechend gute Arbeitsbedingungen, insbesondere dann, wenn ein schüler/innenorientierter Lernprozess stattfinden soll (vgl. Kimmel-Groß 2001, S. 52). Ausgehend von der Reformpädagogik bis hin zu verschiedenen Formen der inneren Differenzierung im Unterricht der achtziger Jahre wurden Medienecken als selbstverständlicher Bestandteil im herkömmlichen Unterrichtsalltag angesehen. Mit der sich

entwickelnden Technik hielten Computer Einzug in die bestehenden Medienecken bzw. entstanden neue Lernorte. Traditionelle Medien und Computer stehen somit den Lernenden in einem multimedialen Arbeitsplatz zur Verfügung (vgl. Lück 1996, S. 7). Schüler/innen können, sofern die Lernsituation es erfordert, in ihrer unmittelbaren Umgebung die Computer kurzfristig verwenden. Damit wird auch die Arbeitszeit am Bildschirm gering gehalten. Auf Grund der Gestaltung des Arbeitsplatzes können die Aufgabenstellungen in unterschiedlichen Sozialformen bearbeitet werden. Durch ein gemeinsames Tun kann auch gewährleistet werden, dass alle Kinder regelmäßig mit dem Computer arbeiten (vgl. Peschke 2001, S. 56). Sowohl das unterschiedliche Lerntempo der Lernenden als auch unterschiedliche Lerninhalte können so durch die dezentrale Lernortgestaltung innerhalb eines Raumes ermöglicht werden.



Abbildung 30: Beispiele für die Gestaltung von Medienecken

Die Positionierung der Medienecken in „Randlagen“ des Klassenzimmers (vgl. Abbildung 30) wird meist durch die räumlichen Gegebenheiten des Klassenraumes bestimmt. Wichtiger Faktor bei der Gestaltung ist, dass sich sowohl die Lehrerin / der Lehrer sowie die Kinder wohl fühlen und damit eine lernförderliche Umgebung geschaffen wird (vgl. Kimmel-Groß 2001, S. 52f).

4.4.3 Voraussetzungen für einen substanziellen Computereinsatz

Um eine effiziente Integration von Computern im Unterricht zu sichern, sind nach Krauthausen und Lorenz (2008, S. 162ff) – neben bereits genannter Konditionen – folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen: Von technischer Seite her ist zu gewährleisten, dass die zur Verfügung stehenden Computer stabil laufen und dass die verwendeten Programme aus fachdidaktischer Sicht gehaltvolle Aufgabenstellungen beinhalten. Der Umgang mit der jeweiligen Software sollte möglichst einfach und kindgerecht erfolgen. Neben der Betrachtung des Lernens im Klassenzimmer soll in diesem Zusammenhang auch die Lerntätigkeit nach der Schule betrachtet werden. Im Sinne einer kontinuierlichen Weiterführung des Arbeitsprozesses sollte danach getrachtet werden, dass die

Schüler/innen auch für ihre Arbeit daheim (Hausaufgaben) die Möglichkeit erhalten, den Computer verwenden zu können. Zum einen wird dies von den Eltern abhängen, indem sie ihren Kindern die notwendige Infrastruktur zur Verfügung stellen, zum anderen ist es aber seitens der Lehrer/innen notwendig, solche Softwareprodukte zu verwenden, die auch von den Schülerinnen / Schülern im Privaten benutzt werden können. Damit wächst einerseits die Vertrautheit im Umgang mit dem Programm und andererseits haben die Schüler/innen das Werkzeug zur Verfügung, welches sie auch in der Schule bei der Problemlösung einsetzen (vgl. Barzel/v. Saint-George 2003, S. 234).

Werden computerbasierende Medien im Unterricht eingesetzt, so sind seitens der Schüler/innen Kompetenzen notwendig, die im traditionellen Unterricht nicht erworben werden konnten. Daher müssen den Lernenden entsprechende Hilfestellung angeboten werden. Neben Simulationen und Hypertexten wirkt sich vor allem das kooperative Lernen positiv auf die Lernergebnisse beim Einsatz neuer Medien aus. Die Förderung der Kommunikation innerhalb der Gruppe durch das Vorstellen der entwickelten Ideen der einzelnen Schüler/innen so wie die Lösung möglicher interner kognitiver Konflikte beeinflusst die geistige Entwicklung der Lernenden. Seitens der Lehrperson ist zu beachten, dass das Lernen in Kleingruppen sich nur dann lernförderlich auswirkt, wenn die Kommunikationssituation vorstrukturiert ist; ebenso ist die Wahl der Aufgabenstellungen mitentscheidend (vgl. Blömeke 2003, S. 70ff). Lässt man Schüler/innen vollständig alleine an die Sache herangehen, gleitet der Prozess leicht in ineffektives Agieren ab und der gewünschte Lernerfolg stellt sich nicht ein. Es besteht dann die Gefahr, durch die vielfältigen Möglichkeiten, die die Computer bieten, in ein „trial-and-error Verfahren“ abzugleiten (vgl. Weigand/Weth 2002, S. 34).

Bezogen auf den Geometrieunterricht lassen sich beispielsweise mit einfachen Zeichenprogrammen oder dynamischen Arbeitsblättern (vgl. Kapitel 4.5.3) zB spiegelbildliche Figuren erzeugen und Eigenschaften der Kongruenzabbildungen herausfinden (vgl. Krauthausen/Lorenz 2008, S. 164ff). In einem entdeckend-forschenden Lernprozess nehmen „Dynamische Geometrie Systeme“ (DGS) (vgl. Kapitel 4.5.2) eine zentrale Funktion ein. Die Schüler/innen können selbstständig am Computer konstruieren und haben die Möglichkeit, Bewegungen mittels der DGS durchzuführen. Die dynamische Darstellung / Variation von Situationen leistet einen wichtigen Beitrag beim Entdecken bzw. beim Erklären gewonnener Erkenntnisse (vgl. Ulm 2005, S. 109; Heyden/Lorenz 1999, S. 29).

4.5 Gestaltungsaspekte einer computerunterstützten Lernumgebung im Geometrieunterricht

In einer computerunterstützten Lernumgebung steht neben dem ganzheitlichen Lernen auch das interaktive Lernen im Mittelpunkt. Die Schüler/innen werden angeregt, Hypothesen zu bilden und anschließend diese durch Ausprobieren zu überprüfen (vgl. Lorenz 1994, S. 25ff). In diesem

Zusammenhang betont Leuders (2003, S. 204), dass es wichtig ist, nicht den gesamten Lernprozess auf den Computer zu übertragen, sondern ein ausgewogenes Verhältnis zwischen individuellen und kooperativen Lernphasen bzw. zwischen traditionellen und digitalen Medien herzustellen. Erst durch diese Kombinationen können die Vorzüge eines computerunterstützten Lernens im Sinne der Selbsttätigkeit in Erscheinung treten (vgl. Vollstädt 2002, S. 33). Es wird also weiterhin notwendig sein, mit realen Anschauungsmaterialien zu hantieren und so auf diese Weise die motorischen Grundfertigkeiten wie Falten, Schneiden, Legen etc. zu schulen. Auch die modernste Software mit hervorragenden Animationen kann diese aktiven Vorgänge des Kindes nicht ersetzen (vgl. Leuders 2003, S. 225). Es besteht eine Wechselbeziehung zwischen den Zielen, Ideen und Inhalten des Mathematikunterrichts und dem Einsatz neuer Technologien.

4.5.1 Kompetenzerwerb im Rahmen computerbasierter Lernumgebungen

Im Kapitel 3.1.1 wurden bereits die unterschiedlichen Arten von Wissen und die Repräsentationsformen von Wissen behandelt. Im nun folgenden Teil wird auf den Erwerb von Wissen unter Verwendung neuer Medien eingegangen. Nach Woolfolk (2008, S. 723) hängt die Effizienz bezüglich des Wissenserwerbs von der Schaffung günstiger Lehr- und Lernbedingungen ab. Hinsichtlich eines erfolgreichen Lernprozesses, indem die Lernenden mentale Modelle eines Sachverhalts konstruieren, müssen die Inhalte, die didaktische Organisation und die geeigneten Formen der Informationsdarbietung im Hinblick auf die unterschiedlichen Sinnesmodalitäten berücksichtigt werden (vgl. Schnotz 2001, S. 294ff).

Aus Forschungsergebnissen können die Bedeutung der Codierung der Lerninhalte, die angesprochenen Sinneskanäle, die Aufbereitung und Gliederung der Texte sowie die Möglichkeiten der individuellen Steuerung des Ablaufes hinsichtlich der Lernwirksamkeit festgehalten werden. Die duale Kodierungstheorie von Paivio (1971) bildet eine entsprechende Grundlage für die geistige Verarbeitung von Texten und Bildern. Der Theorie der Doppelcodierung liegt die Tatsache zu Grunde, dass beim Vorhandensein von Informationen auf bildlicher und textlicher Ebene eine bessere Verankerung und Abrufbarkeit des Wissens in Form mentaler Modelle erfolgt. Die / der Lernende speichert die visuellen Informationen und die textlichen Inhalte mit einem geringeren kognitiven Aufwand separat ab. Wesentlich dabei ist, dass sich die beiden Informationsquellen ergänzen bzw. aufeinander abgestimmt sind (vgl. Weidenmann 2002, o.S. zit. nach Blömeke 2003, S. 60; Schnotz 2001, S. 299f).

Nach der generativen Theorie multimedialen Lernens von Mayer (basierend auf der Theorie von Paivio, der Theorie zur kognitiven Kapazität des Arbeitsgedächtnisses von Sweller und dem konstruktivistischen Ansatz) kann die Effizienz der Methode der Doppelcodierung erhöht werden,

indem die Textbausteine und die bildlichen Elemente räumlich gleichzeitig angeboten werden (vgl. Blömeke 2003, S. 60).

Die Verarbeitung der Informationen erfolgt beim Aufbau mentaler Modelle in drei Phasen (vgl. dazu Abbildung 31): In der ersten Phase werden die verbalen und nonverbalen Informationen im Arbeitsgedächtnis getrennt voneinander abgespeichert; es werden noch keine Zusammenhänge untereinander verstanden. In der nächsten Phase kommt es zu einem wirklichen Verständnis der beiden Informationen und dadurch können mentale Modelle aufgebaut werden. In der letzten Phase erfolgt eine Verbindung der mentalen Modelle miteinander und mit dem individuellen Vorwissen.

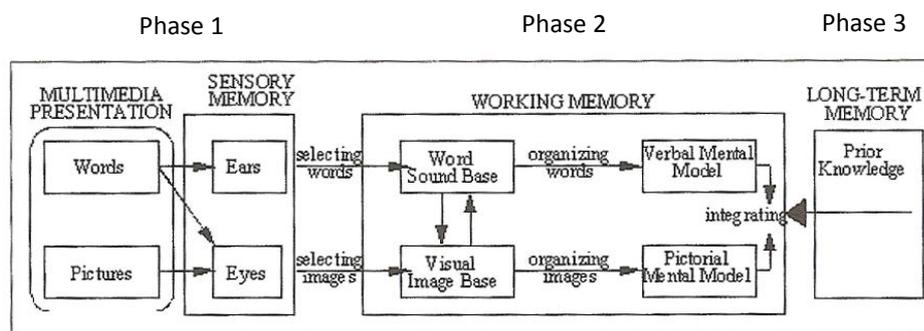


Abbildung 31: Informationsverarbeitung nach der generativen Methode
(Quelle: Moreno/Meyer 2000, o.S. zit. nach Blömeke, 2003, S. 61)

Schnotz geht, wie auch Mayer, von einer unterschiedlichen Verarbeitung bildhafter und textbasierter Informationen aus. Im Gegensatz zur generativen Methode, wo im zweiten Schritt mentale Modelle aufgebaut werden, entsteht nach Schnotz (2001) aus den verbalen Informationen eine propositionale Repräsentation, auf Basis dieser ein bildliches mentales Modell entwickelt wird, wodurch während des Konstruktionsprozesses eine Verbindung stattfindet (vgl. Blömeke 2003, S. 60f; Schnotz 2001, S. 305ff).

Lernende müssen im Zuge des Wissenserwerbs mit computerbasierenden Medien einen Sachverhalt anhand bildlicher Darstellungen (realistische Bilder, Zeichnungen, Diagramme) und textlicher Information (geschrieben und/oder gesprochen) richtig interpretieren und zu einer kohärenten Wissensstruktur vereinen. Mayer (1971) fand heraus, dass die Kombination verbaler und visueller Informationen vor allem bei Lernenden mit geringem Vorwissen hinsichtlich der Lerninhalte positive Effekte erzielen können. Weiters konnte er einen großen Lernvorteil bei Lernenden mit einer hohen Ausprägung räumlicher Intelligenz feststellen, sobald eine bimodale Darbietung der Informationen gegeben ist. Hinsichtlich der Lernwirksamkeit bei der Bereitstellung verbaler Informationen muss zwischen dem geschriebenen und dem gesprochenen Text unterschieden werden. Diesbezüglich

liegen entsprechende Untersuchungsergebnisse (vgl. Mayer 1997) vor, die nachweisen, dass eine besondere Steigerung dann gegeben ist, wenn statische oder dynamische visuelle Reize gekoppelt mit akustischen Reizen erfolgen (Kontiguitätsprinzip), weil dabei die Verarbeitung der Informationen in Subsystemen erfolgt, wodurch die visuelle Wahrnehmung entlastet wird (vgl. Kürschner/Schnotz 2007, S. 51f; Blömeke 2003, S. 62; Schnotz 2001, S. 301ff; Brünken/Steinbacher/Leutner 2000, S. 38).

Die Verwendung dynamischer Darstellungen eignet sich besonders dann, wenn Informationen über Abläufe vermittelt werden sollen. Die Lernenden konstruieren beim Betrachten der Animationen sogenannte „lauffähige“ mentale Modelle. Durch eine animierte Darstellung eines kognitiven Prozesses wird das Arbeitsgedächtnis noch zusätzlich entlastet, da sich die / der Lernende den Vorgang nicht selbst vorstellen muss. Bewegte Darstellungen können den Wissenserwerb jedoch dahingehend negativ beeinflussen, da dadurch die geistigen Anforderungen an die Lernende / den Lernenden verringert werden. Bei der bloßen Beobachtung wird u.U. der Vorgang nicht selbstständig aktiv durchgeführt (vgl. Schnotz 2001, S. 311f).

„Entscheidend für den Erfolg multimedial gestützten Lernens ist nicht die Vielfalt technischer Medien oder die Vielfalt der Darstellungsformen und von angesprochenen Sinnesmodalitäten, sondern vielmehr, ob der Lernende durch die Art des didaktischen Vorgehens und die jeweiligen Formen der Informationsdarbietung im Zusammenspiel mit verschiedenen Sinnesmodalitäten zum Vollzug bestimmter lernrelevanter kognitiver Prozesse angeregt wird“ (Kozma 1994, o.S. zit. nach Schnotz 2001, S. 314).

Die Arbeit in multimedialen Lernumgebungen erfordert von den Schülerinnen / Schülern die Fähigkeit, jeweils – dem Zweck entsprechend – die am besten geeigneten Darstellungsformen auszuwählen und miteinander zu verbinden (vgl. Schnotz 2001, S. 314).

4.5.2 Konstruieren unter Anwendung Dynamischer Geometrie Systeme (DGS)

Im Hinblick auf das Sammeln von Erfahrungen und das Aneignen von Wissen sind der Umgang mit konkreten Objekten und das Formulieren von Fragen von Bedeutung. Das Arbeiten mit einer dynamischen Geometriesoftware kann als eine Art „Handeln“ gesehen werden, wobei durch die technischen Gegebenheiten neue Wege in einem forschenden Lernprozess eröffnet werden (vgl. Leuders et al. 2006, S. 1).

Bei der Behandlung von Konstruktionsaufgaben unter Einbeziehung von Computern werden diese eher als unterstützende Medien eingesetzt (vgl. Weigand/Weth 2002, S. 155). Ausgangspunkt der Überlegungen stellt eine geometrische Situation dar, auf deren Basis bestimmte Ziele festgelegt werden. Durch die Einbettung der DGS kann der Computer im Sinne eines heuristischen Werkzeugs zur Lösung von Problemstellungen (Forschungsfragen) herangezogen werden.

„Gerade die grafische (visuelle) Präsentationsform ist wie keine andere geeignet, den Menschen dazu anzuregen, Zusammenhänge zu entdecken und auszukundschaften. Das klassische Beispiel ist wohl der Zugmodus und Spurmodus bei dynamischen Geometriesystemen. Das Beobachten von Veränderungen einer Figur bei manueller Verschiebung von Konstruktionspunkten regt Vermutungen über Gesetzmäßigkeiten (Invarianzen, Verhältnisse, Symmetrien) an, die man in statischen Figuren nie entdeckt hätte“ (Leuders 2003, S. 207).

Dynamische Geometriesoftware zeigt gegenüber den traditionellen Zeichengeräten Vorteile in der Genauigkeit, in der Geschwindigkeit und in der leichten Korrigierbarkeit; dies wird durch die Zugmodusfunktion, die Ortslinienfunktion und das modulare Konstruieren ermöglicht (vgl. Weigand/Weth 2002, S. 156f).

Insbesondere die Funktion des Zugmodus hat große Relevanz in einem explorativen Lernprozess. Daher wird dieser Vorteil gegenüber dem traditionellen Konstruieren näher beschrieben. Mithilfe dieser Funktion ist es möglich, die Lage gezeichneter Punkte auf der digitalen Zeichenfläche zu verändern (vgl. Abbildung 32). Dadurch verändern auch alle konstruktiv ermittelten und in Abhängigkeit stehenden (konstruierten) Punkte und Linien ihre Positionen. Wesentlich dabei ist, dass die ursprünglichen Relationen der Konstruktion (rechter Winkel, Parallelität etc.) erhalten bleiben. Aufgrund dieser Funktion ist es möglich, Zusammenhänge geometrischer Figuren zu beobachten bzw. experimentell zu entdecken. Für die Lehrperson bietet die Funktion des Zugmodus weiters die Möglichkeit, sehr rasch und unkompliziert die Richtigkeit der Konstruktion festzustellen (vgl. Weigand/Weth 2002, S. 158ff).

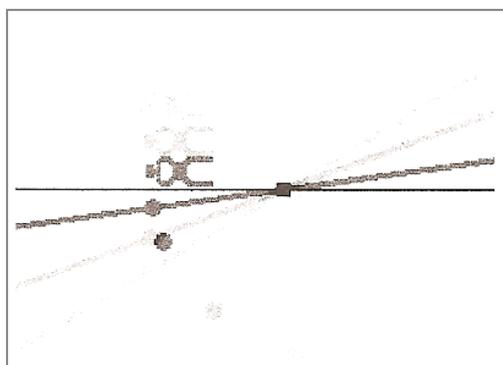


Abbildung 32: Zugmodusfunktion
(Quelle: Weigand/Weth 2002, S. 173)

Sobald die Schüler/innen die Eigenschaften der Figuren verinnerlicht und den sachgemäßen Umgang mit traditionellen Zeichengeräten erlernt haben, besteht die Möglichkeit, unter Anwendung geeigneter dynamischer Geometriesoftware auch am Computer Konstruktionen durchführen zu lassen. Da derzeit eine Vielzahl an solchen Produkten angeboten wird (zB EUKLID DynaGeo, GEONET, CINDERELLA, Zirkel und Lineal, GEONEXT – um nur einige anzuführen), liegt es in der Kompetenz der

Lehrperson, eine entsprechende Software auszuwählen. Gerade im Hinblick auf den Einsatz im Bereich der Grundschule bedarf es einer hohen didaktischen und fachlichen Kompetenz und einer kritisch reflektierten Haltung seitens der Lehrperson in Bezug auf die Auswahl, da es kaum brauchbare Software gibt, die eigens für den Einsatz im Bereich der Grundschule, respektive für die Grundschulgeometrie, entwickelt wurde (vgl. Krauthausen/Scherer 2004, S. 243f).

Little (2008, S. 49) nennt drei mögliche Hindernisse, die bei der Implementierung solcher Systeme in den Unterricht zu beachten sind:

- “curriculum scope: teachers need to be convinced that they can teach geometry more effectively
- accessibility of computers: teachers and/or students need ready and regular access to computers
- accessibility of programs: they must be easy to learn so that the emphasis is on learning the maths, not the program.”

Im Zuge des Auswahlverfahrens für die Gestaltung der computerbasierten Lernumgebung erschien der Umgang mit dem Programm EUKLID DynaGeo sehr bedienerfreundlich, da nur einige wenige Grundeinstellungen getroffen werden müssen, um die Oberfläche auf die Arbeit in der Grundschule abzustimmen. Insbesondere die unkomplizierte Handhabung ist ein wesentlicher Faktor hinsichtlich einer häufigeren Nutzung von dynamischen Geometriesystemen im Bereich des Geometrieunterrichts.

Die Konzeption dieses Programms erlaubt es – wie auch andere Softwareprodukte – eine erstellte Datei als DynaGeoX-HTML-Seite oder als DynaGeoJ-HTML-Seite abzuspeichern. Dies hat den großen Vorteil, dass dynamische Arbeitsblätter gestaltet werden können. Dadurch können die erforderlichen Funktionen (bis zu einer Anzahl von acht Funktionen), die für die Bewältigung der Aufgabe notwendig sind, für die Schüler/innen reduziert werden, sodass für die Kinder ein besserer Überblick entsteht. Wird eine Zeichnung in ein DynaGeoJ-HTML-Dokument exportiert, übernimmt die Darstellung der Konstruktion als dynamische Zeichnung der DynaGeoJ-Viewer oder der DynaGeoX-Viewer. Bei der Darstellung im DynaGeoX-Viewer ist zusätzlich die ActiveX-Technologie von Microsoft erforderlich; für die Darstellung im DynaGeoJ-Viewer ist eine JAVA-Laufzeitumgebung auf dem Computer zu installieren. Die meisten Geräte haben diese notwendige Software vorinstalliert. Sollte dies nicht der Fall sein, steht die erforderliche Software im Internet kostenlos zur Verfügung.

In der vorliegenden Version der Handreichungen wurden sämtliche Dateien als DynaGeoX-HTML-Seiten exportiert.

4.5.3 Gestaltung dynamischer Arbeitsblätter mittels der Geometriesoftware EUKLID DynaGeo

Da für die meisten Schüler/innen in der Grundschule das Konstruieren mit einer DGS eine zu komplexe Aufgabe darstellt, besteht die Möglichkeit, durch Einschränken der Funktionen in Form von dynamischen Arbeitsblättern elementare Konstruktionen am Computer bereits in der Grundschule durchzuführen. Exemplarisch soll durch die Abbildung 33 ein Eindruck vermittelt werden, welche Möglichkeiten an Konstruktionselementen eine dynamische Geometriesoftware bieten kann. Wie zu erkennen ist, sind die Zeichenprogramme sehr aufwendig gestaltet und bieten ein reichhaltiges Repertoire an Funktionen. Diese vielfältigen Möglichkeiten sind für die Grundschul Kinder unübersichtlich, dazu übersteigen die einzelnen Funktionen die Inhalte der Grundschulgeometrie bei Weitem.

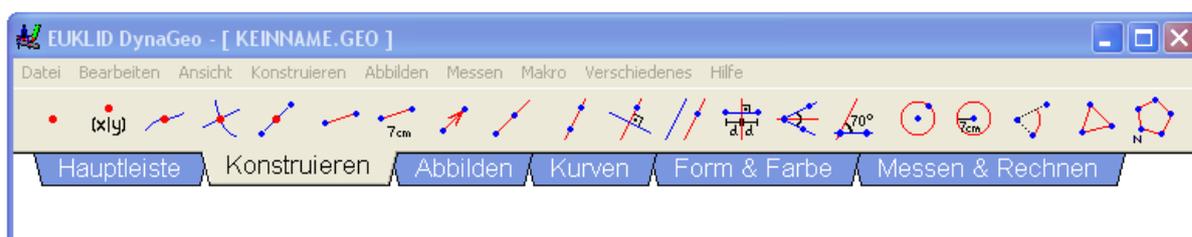


Abbildung 33: Menüleiste EUKLID DynaGeo

Nachfolgend wird der Vorgang zur Erstellung eines dynamischen Arbeitsblattes exemplarisch beschrieben. Die einzelnen Abbildungen führen zu einem interaktiven Arbeitsblatt, welches ein Teil der Lernumgebung „Spiegelbildliche Figuren“ ist.

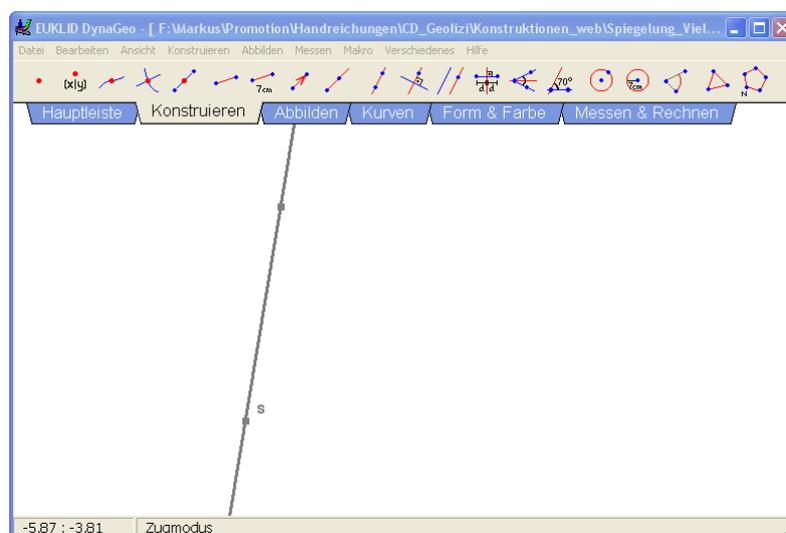


Abbildung 34: Erstellung der Angabe

Mittels der Software EUKLID DynaGeo wird die Grundstruktur seitens der Lehrperson konstruiert. In Abbildung 34 ist die Spiegelachse (s) mit den beiden Punkten zur Festlegung der Geraden dargestellt. Die beiden Punkte sind bewusst als Quadrat abgebildet, damit sich die Punktdarstellung gegebener Punkte von neu konstruierten Punkten unterscheidet. Jene Punkte, die die Schüler/innen bei der Bearbeitung der dynamischen Arbeitsblätter konstruieren, werden als Kreise (siehe Abbildung 35) dargestellt.

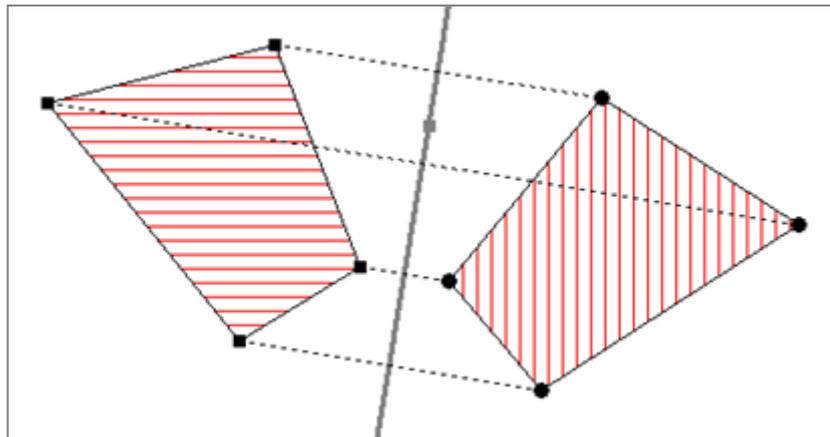


Abbildung 35: Ur- und Bildfigur mit unterschiedlichen Punktdarstellungen

Nach Abspeicherung der Konstruktion kann die Zeichnung als interaktives Arbeitsblatt exportiert werden; zwei Möglichkeiten stehen zur Wahl – vgl. Abbildung 36.

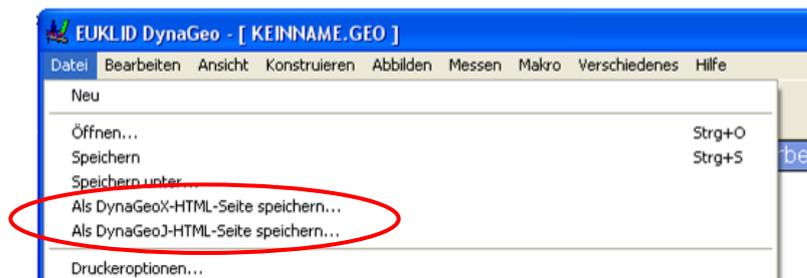


Abbildung 36: Exportmöglichkeiten der erstellten Datei

Dabei öffnet sich folgendes Fenster – siehe Abbildung 37.

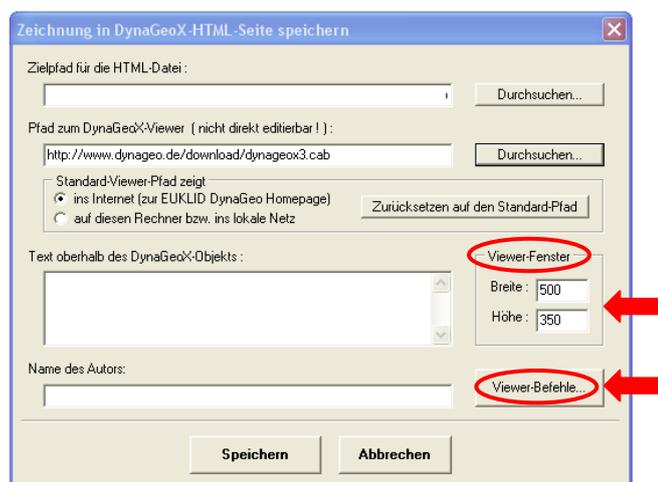


Abbildung 37: Mögliche Einstellungen vor dem Export der Datei

Im Zuge des Abspeicherns können neben den Pfadeinstellungen die Größe des Viewer-Fensters definiert und die Viewer-Befehle ausgewählt werden. Aktiviert man die Schaltfläche „Viewer-Befehle ...“, öffnet sich ein weiteres Fenster mit den Auswahlmöglichkeiten an Funktionen, die später den Schülerinnen / Schülern bei der Bearbeitung der Aufgabe zur Verfügung stehen sollen.

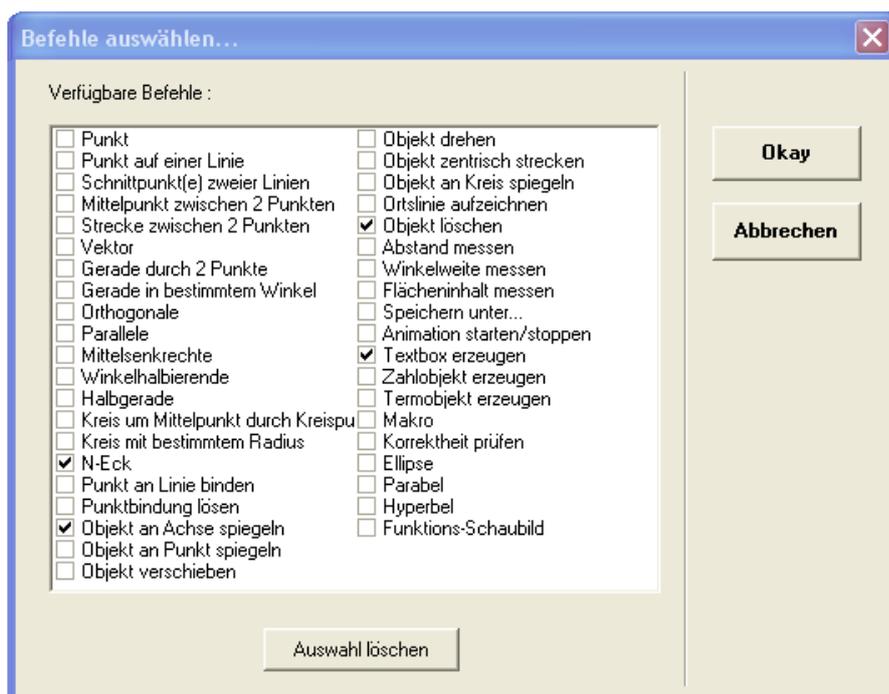


Abbildung 38: Verfügbare Befehle

In der Abbildung 38 wurden vier Befehle ausgewählt: „N-Eck“, „Objekt an Achse spiegeln“, „Objekt löschen“ und „Textbox erzeugen“. Die ersten beiden Befehle sind zur Konstruktion notwendig, die

Funktion „Objekt löschen“ wird zum Korrigieren von Fehlern benötigt; der Befehl „Textbox erzeugen“ bietet zusätzlich die Möglichkeit, den Namen des Kindes in der Zeichenfläche einzutragen. Damit wird gewährleistet – sollten die Konstruktionen ausgedruckt werden – dass jede Schülerin / jeder Schüler ihre / seine Zeichnung erhält.

Sobald der Export abgeschlossen ist, kann das dynamische Arbeitsblatt geöffnet werden – siehe Abbildung 39.

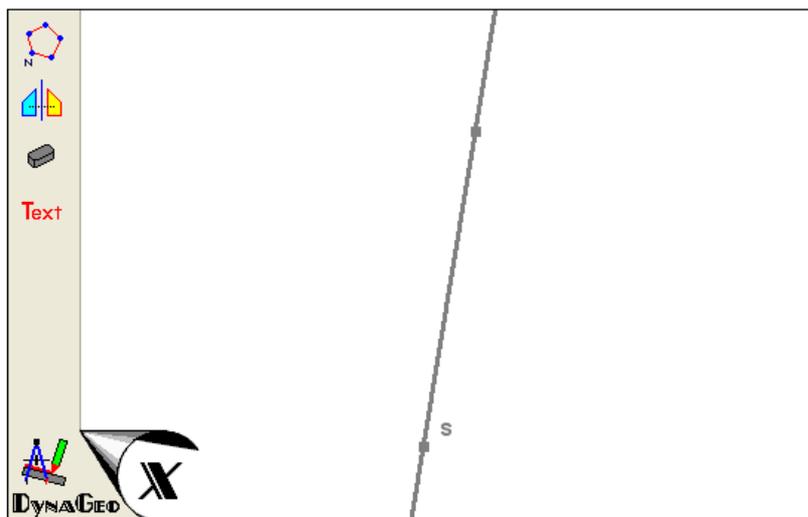


Abbildung 39: Dynamisches Arbeitsblatt – Themenbereich „Spiegelung“

An der linken Seite befinden sich die ausgewählten Funktionen, die den Schülerinnen / Schülern nun zur Bearbeitung der Aufgabe zur Verfügung stehen. Durch Aktivierung des jeweiligen Befehls (Anklicken) kann dieser ausgeführt werden. Zudem bleiben oben beschriebene Funktionen wie zB der Zugmodus und die Punktfangfunktion eingebettet. Durch Aktivierung der rechten Maustaste stehen noch weitere Funktionen (zB Benennen einzelner Punkte; Veränderung der Strichstärke und -farbe etc.) zur Verfügung – siehe Erklärungsblatt im Anhang.

In der nachfolgenden Darstellung (vgl. Abbildung 40) ist das bearbeitete interaktive Arbeitsblatt mit dem Namen des Autors abgebildet. Weiters sind die unterschiedlichen Punktdarstellungen erkennbar: Punkte der Bildfigur (als Kreisfläche dargestellt) in Abhängigkeit zu den Punkten der Urfigur (mit Quadraten dargestellt).

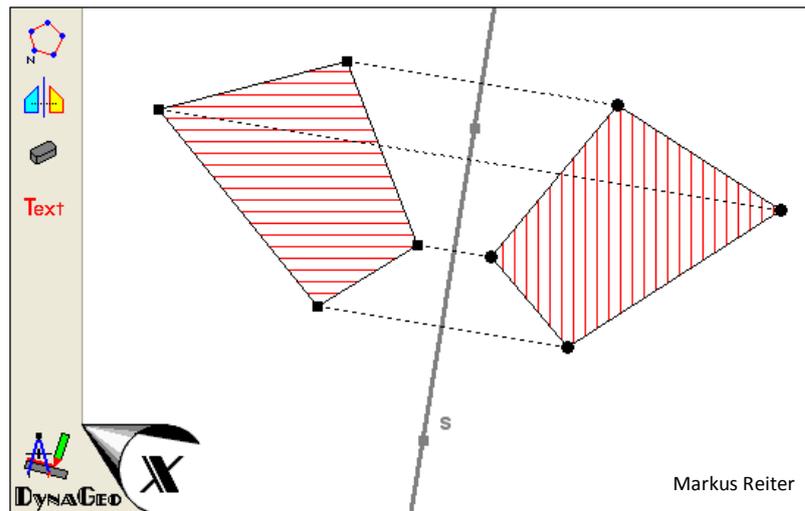


Abbildung 40: Konstruktion - dynamisches Arbeitsblatt

Die dynamische Darstellung der Elemente ermöglicht, dass die Kinder durch Ausprobieren (Veränderung der Lage bestimmter Punkte) interessante Beobachtungen machen können: Ur- und Bildpunkt verändern ihre Lagen spiegelbildlich zur Spiegelachse, d.h. wenn sich der Ursprung von der Achse entfernt oder zur Achse nähert, so ist dieser Vorgang auch bei dem entsprechenden Bildpunkt zu erkennen. Weiters können die Schüler/innen sehen, dass durch Veränderung der Lage des Ursprunges in Richtung Spiegelachse dieser mit dem Bildpunkt zusammenfällt, sobald der Ursprung auf der Achse zu liegen kommt. Aufgrund der Möglichkeit, die Spiegelachse auch in ihrer Position zu verändern, können die Schüler/innen die Änderung der Ur- und Bildfigur beobachten. Sie erkennen beispielsweise, dass die Verbindungslinien zwischen den zugeordneten Punktepaaren stets im rechten Winkel zur Spiegelachse liegen und dass die Abstände zwischen Spiegelachse und Ur- bzw. Bildpunkt auch bei Änderung der Lage der Achse gleich bleiben (vgl. Weigand/Weth 2002, S. 173).

Die Schüler/innen werden durch die Einbindung dynamischer Arbeitsblätter angeregt, sich eigenständig mit den gestellten Arbeitsaufträgen (Forschungsfragen) auf individuelle Weise auseinanderzusetzen. Dynamische Arbeitsblätter motivieren und inspirieren zum Forschen und Experimentieren (im Sinne des Erprobens) sowie zum Reflektieren und Diskutieren gemachter Erfahrungen und gewonnener Einsichten. Durch die Beweglichkeit einzelner Elemente können anhand dieses Mediums Erkenntnisse gewonnen werden, die in statischen Abbildungen nicht möglich sind (vgl. Leuders 2003, S. 223ff).

„Das Experimentieren mit DGS bietet neben neuen Herausforderungen sicher auch neue Chancen und Perspektiven im Unterricht. Wie weit reichend diese sein können, hängt immer vom konkreten Unterricht mit seinen Inhalten und Methoden ab“ (Mann 2006, S. 162).

In der Abbildung 41 werden jene Aspekte, die durch den Einsatz einer DGS und interaktiver Arbeitsblätter eine Erweiterung im Rahmen der Planung und Gestaltung eines modernen Mathematikunterrichts darstellen, zusammengefasst. Bezogen auf das Thema der vorliegenden Arbeit sind jene Bereiche hervorgehoben, die auf der Basis der Lehrplanforderungen relevant erscheinen.

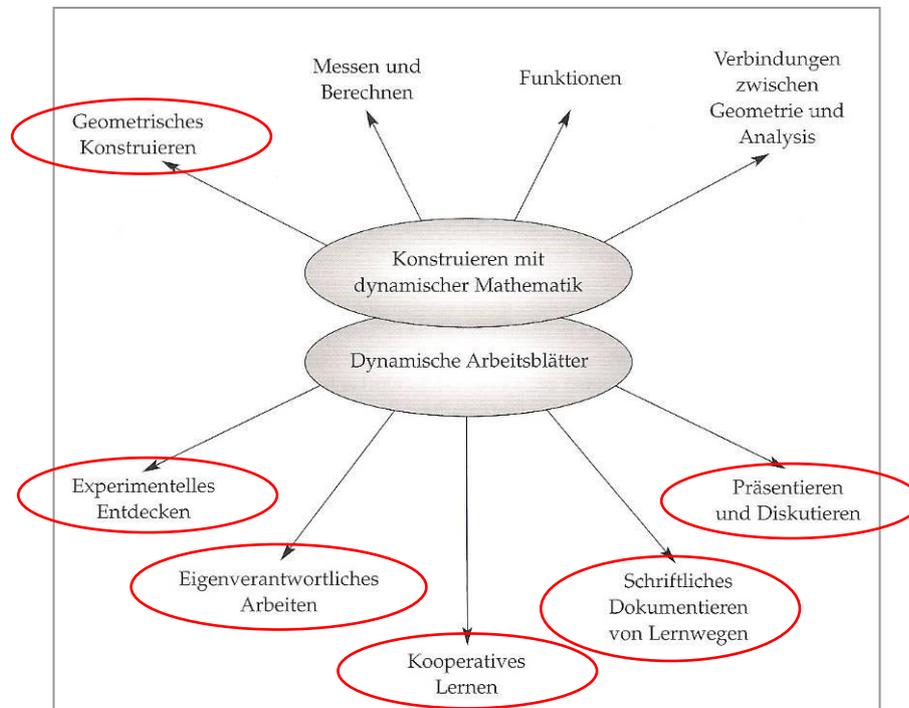


Abbildung 41: Aspekte beim Einsatz einer DGS
(Quelle: Ulm 2005, S. 150)

Werden digitale Arbeitsblätter zu einer Thematik verknüpft, spricht man von einer dynamischen Lernumgebung (vgl. Ulm 2005, S. 142).

Die Erstellung interaktiver Arbeitsblätter stellt eine interessante Möglichkeit dar, den Computer in den Unterricht bereits im Grundschulbereich zu integrieren und so die Vorteile einer dynamischen Abbildung geometrischer Inhalte nutzbar zu machen. Im nächsten Hauptkapitel wird auf der Basis der bisherigen Ausführungen die entwickelte Lernumgebung „Geolizi“ beschrieben und dokumentiert.

5 Entwicklung der computerunterstützten Lernumgebung „Geolizi“

Hinsichtlich der entwickelten Handreichungen wird in dieser Arbeit ein besonderer Schwerpunkt auf den Aspekt der Gestaltung einer Lernumgebung unter Berücksichtigung der Medienfrage gelegt. Auf andere Faktoren, wie äußere Rahmenbedingungen in den Klassen, Zeitressourcen etc., die ebenso von Bedeutung sind, wird in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen.

5.1 Ausgangspunkt, Ablauf und Intentionen bezüglich des Einsatzes der multimedialen Lernumgebung „Geolizi“

Im Rahmen der empirischen Studien (vgl. Kapitel 2) bestätigte sich die Annahme, dass der Computer in nur sehr geringem Maße im Geometrieunterricht der Grundschule zum Einsatz kommt. Dies war der Anstoß zur Entwicklung einer computergestützten Lernumgebung mit dem Ziel, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie der Computer verstärkt im Unterricht eingesetzt werden könnte. Die konzeptionelle Entwicklung dieser Lernumgebung erfolgte in Anlehnung an Niegemann (2001, S. 145ff) in mehreren Schritten – siehe Abbildung 42:

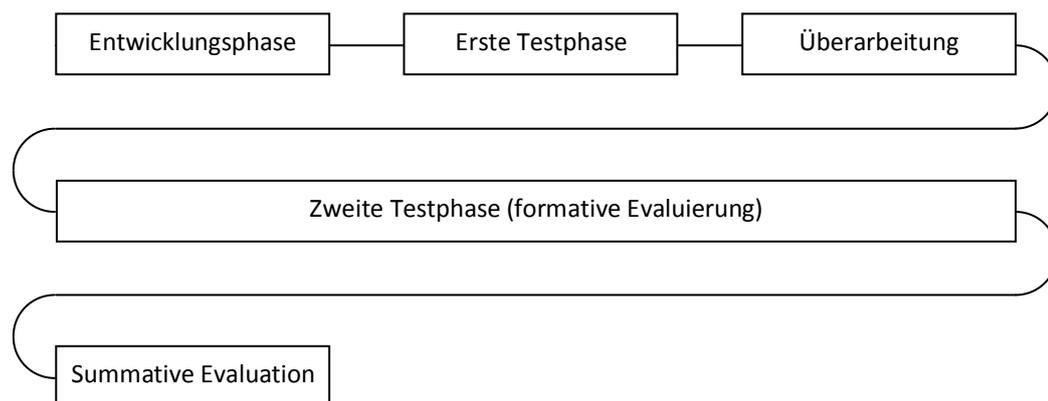


Abbildung 42: Entwicklungsschema

Zu Beginn wurden die Zielformulierungen und die Beschreibung der zu erlangenden Fertigkeiten, die erforderlichen Lernvoraussetzungen, das Design der Lernumgebung und die entsprechenden Maßnahmen der Qualitätssicherung festgelegt. Auf der Basis der theoretischen Grundlagen – vgl. dazu die vorangegangenen Kapitel – wurde eine multimediale Lernumgebung konzipiert, in der es möglich ist, den Computer zur Behandlung geometrischer Fragestellungen im Rahmen der Grundschule (in der dritten, vor allem in der vierten Schulstufe) einzusetzen.

5.1.1 Themenwahl und allgemeine Zielsetzungen

Die thematische Schwerpunktsetzung begründet sich in der Umsetzung der Lehrplanforderung „Hantieren mit Zeichengeräten“ (vgl. Lehrplan der Volksschule 2009, S. 223). Sowohl die Konstruktion spiegelbildlicher Punkte und Figuren als auch die Konstruktion von Rechteck und Quadrat sind nach dem österreichischen Lehrplan für Volksschulen in der Grundstufe II verankert.

Bezogen auf den Themenbereich „Konstruktion symmetrischer Bilder“ findet sich:

- „Spielerisches Gestalten mit Körpern und Flächen
- Gestalten symmetrischer Bilder auf Rastern“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 224).

Bezogen auf den Themenbereich „Konstruktion Rechteck und Quadrat“ ist verankert:

- „Weiterführendes Untersuchen von Flächen, besonders von Rechteck und Quadrat
 - Darstellen von Flächen durch Ausschneiden, Falten, Zeichnen
 - Feststellen von Eigenschaften, wie zwei gleich lange Seiten, parallele Seiten, rechter Winkel, symmetrisch
 - Erfassen und Benennen der besonderen Eigenschaften von Rechteck und Quadrat“
- (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 222).

- „Hantieren mit Zeichengeräten
 - Zeichnen von parallelen Geraden, rechten Winkeln, Rechtecken in verschiedenen Lagen
- (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 223).

- „Vertiefendes Untersuchen der bisher behandelten Flächen
 - Darstellen von Flächen
 - Benennen und Beschreiben von Flächen, besonders von Rechteck und Quadrat“
- (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 224).

Beide Themengebiete bieten aus didaktischer Sicht die Möglichkeit, Computer begründet in den Unterricht zu implementieren, da die Schüler/innen jeweils bestimmte Handlungsabläufe (Konstruktionsvorgänge) erlernen sollen bzw. die gewählten Inhalte sehr viele Gelegenheiten zum Ausprobieren und Forschen (teilweise mit dem Computer) ermöglichen. Vor allem das didaktische Prinzip der Repräsentationsebenen nach J. S. Bruner (vgl. Kapitel 4.1.2) bildete die Basis für die Entwicklung der Lernumgebung, wodurch die Schüler/innenaktivierung auf unterschiedlichen Ebenen stattfindet.

Da die Visualisierungen am Bildschirm nur Abbildungen realer Objekte darstellen und somit kein direktes Handeln erlauben, ist es notwendig, zusätzliche Medien, die konkrete Handlungen ermöglichen, ergänzend anzubieten (vgl. Morawietz 1993, S. 42 zit. nach Bauer 1997, S. 388). Diese Konzeption ermöglicht einen individualisierten Unterricht mit einem hohen Maß an Selbsttätigkeit, und dies bereits in der Phase der Erarbeitung neuer Inhalte – gemäß dem Phasenmodell nach Meyer

(1987, S. 121). Die Schüler/innen können alleine oder in Partnerarbeit die Themengebiete er- bzw. bearbeiten; die Lehrperson steht als Berater/in zur Seite.

Primäres Ziel war es, den Computer im Sinne eines „Lernpartners“ zur Erarbeitung neuer Inhalte und als Werkzeug eines explorativen, selbstständigen Lernprozesses zu verwenden. Zentraler Aspekt bei der Gestaltung war eine Kombination von handlungsorientiertem Arbeiten mit „hands-on“ Medien (beispielsweise dem Geobrett) verknüpft mit traditionellen Zeichengeräten der Schüler/innen und mit der Tätigkeit am Computer zu erreichen. Dabei bilden dynamische Konstruktionsabläufe mit Darstellungen traditioneller Zeichengeräte und die Arbeit mit dynamischen Arbeitsblättern, welche mit der dynamischen Geometriesoftware EUKLID DynaGeo erstellt wurden, die Grundlage. Die aktive Auseinandersetzung mit den Inhalten erfolgt vorrangig mit traditionellen Medien zum Thema „Spiegelbildliche Figuren“ (Spiegel, Geobrett, Rastervorlagen, Geometriedreieck etc.) und den traditionellen Zeichengeräten (Lineal, Geometriedreieck und Zirkel) bei der Konstruktion von Rechteck und Quadrat. Die Verknüpfung klassischer Medien, die die Kinder zum Handeln anregen und herausfordern, bildet gemeinsam mit den Aktivitäten am Computer die multimediale Lernumgebung.

Bei der Gestaltung der Handreichungen wurden sowohl affektive, psychomotorische wie kognitive Ziele angestrebt. Dabei waren fachdidaktische wie mediendidaktische Aspekte von Bedeutung. Die nachfolgende Aufstellung soll einen Überblick über die gesteckten Ziele geben.

Allgemeine Fähigkeiten:

- Schaffung einer Lernumgebung zum selbstständigen Erarbeiten neuer Inhalte und Festigung erlernter Inhalte im Geometrieunterricht (Neue Lernkultur)
- Schaffung von Möglichkeiten, um eine differenzierende Unterrichtsgestaltung im Geometrieunterricht umsetzen zu können (Individualisierung)
- Förderung der Experimentiertätigkeit bei geometrischen Problemstellungen
- Förderung der Problemlösefähigkeit bei geometrischen Problemstellungen
- Förderung der Teamarbeit bei der Lösung geometrischer Problemstellungen (soziales Lernen)

Spezifische Fähigkeiten in Bezug auf den Geometrieunterricht:

- Darstellung dynamischer Effekte bei Konstruktionen als Grundlage für das eigenständige Konstruieren (Visualisierung)

- Forcierung der Verwendung von Begriffen und Schulung der Fachsprache im Zusammenhang mit grafischen Darstellungen im geometrischen Bereich (Verbalisierungsfähigkeit)
- Kombination des Konstruierens im traditionellen Sinn (Lineal, Geodreieck und Zirkel) und dem Einsatz einer dynamischen Geometriesoftware (interaktive Arbeitsblätter)
- Schaffung einer Möglichkeit, geometrische Grundkonstruktionen unter Verwendung interaktiver Arbeitsblätter am Computer durchführen zu können

Spezifische Fähigkeiten in Bezug auf den Computereinsatz im Geometrieunterricht:

- Gestaltung einer bedienerfreundlichen Lernumgebung für Lehrer/innen und Schüler/innen unter Verwendung des Computers im Geometrieunterricht (usability)
- Verbindung von handlungsorientiertem Lernen und der Arbeit mit neuen Medien unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Repräsentationsebenen

5.1.2 Lernvoraussetzungen und fachliche Zielsetzungen

Wie bereits erwähnt, ist es ein wesentliches Ziel, dass die Schüler/innen mittels der konzipierten Handreichungen Konstruktionsabläufe erlernen. Dabei müssen sie – wie auch im traditionellen Vorgehen, wenn die Lehrperson die Konstruktionsschritte erläutert und vorzeigt – genau beobachten und den Ablauf mitverfolgen. Als Voraussetzungen zur Bearbeitung der einzelnen Themenbereiche sind entsprechende fachliche Lernvoraussetzungen erforderlich, denn um exakte Beobachtungen und Erscheinungen zu sammeln, muss die / der Lernende darüber bereits Wissen besitzen (vgl. Aebli 2001, S. 71). Eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen Lernprozess ist eine entsprechende Lesekompetenz. Da die Anleitungen und Erläuterungen vorrangig in textbasierter Form dargeboten werden, müssen die Schüler/innen diese genau lesen und die Inhalte umsetzen. In diesen kurzen Texten werden – soweit notwendig – Fachbegriffe verwendet, welche über Hypertexte bei Bedarf kindgemäß erklärt werden. Für die Bedienung des Computers / der Software ist vor allem der Umgang mit der Maus als Lernvoraussetzung zu erwähnen. Werden Konstruktionen von Kreisen mit bestimmten Radien angestrebt, so müssen Ziffern über die Tastatur in ein vorgegebenes Feld eingetragen werden.

Aus fachlicher Sicht sind nachfolgende Lernvoraussetzungen erforderlich:

- Die Begriffsbildung nachstehender Begriffe muss abgeschlossen sein: Punkt; Strecke und Gerade; Parallelität; rechter Winkel; Kreis, Mittelpunkt, Radius und Durchmesser; Rechteck und Quadrat; Diagonale; senkrecht

- Sachgemäßer Umgang mit Lineal, Geometriedreieck und Zirkel
- Zeichnen von Strecken vorgegebener Länge mittels Lineal und Geometriedreieck
- Zeichnen von Geraden im rechten Winkel mittels Geometriedreieck
- Zeichnen paralleler Geraden mittels Geometriedreieck
- Zeichnen von Kreisen mit beliebigem und nach vorgegebenem Radius

Im Rahmen der Bearbeitung der Aufgaben sollen die Schüler/innen bestimmte fachliche Ziele erreichen und Fähigkeiten aufbauen.

Fachmathematische Zielsetzungen:

- Konstruktion spiegelbildlicher Punkte/Figuren mittels Geometriedreieck und/oder Zirkel bei gegebener Spiegelachse (Achsen Spiegelung)
- Beschreibung der Eigenschaften spiegelbildlicher Punkte/Figuren anhand unterschiedlicher Darstellungen bzw. Modelle
- Konstruktion von Rechteck und Quadrat mittels Geometriedreieck und/oder Lineal und/oder Zirkel nach Vorgabe konkreter Angaben
- Konstruktion spiegelbildlicher Punkte/Figuren mittels dynamischer Arbeitsblätter bei gegebener Spiegelachse (Achsen Spiegelung)
- Konstruktion von Rechteck und Quadrat mittels dynamischer Arbeitsblätter nach Vorgabe konkreter Angaben
- Entwicklung und Protokollierung von Konstruktionsabläufen für Rechteck und Quadrat

Bezogen auf die Bildungsstandards für Mathematik (vgl. Kapitel 3.5.1) werden nachfolgende Fähigkeiten angestrebt:

„Allgemeine mathematische Kompetenzen

Kompetenzbereich: Operieren

Mathematische Abläufe durchführen

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- geometrische Konstruktionen durchführen.
[...]

Kompetenzbereich: Kommunizieren

Mathematische Sachverhalte verbalisieren und begründen

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- ihre Vorgangsweisen beschreiben und protokollieren,
- Lösungswege vergleichen und ihre Aussagen und Handlungsweisen begründen.
[...]

Kompetenzbereich: Problemlösen

Lösungsstrategien (er)finden und nutzen

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- zielführende Denkstrategien wie systematisches Probieren oder Nutzen von Analogien einsetzen.
[...]

Inhaltlich mathematische Kompetenzen

Kompetenzbereich: Arbeiten mit Ebene und Raum

Geometrische Figuren erkennen, benennen und darstellen

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- die Eigenschaften geometrischer Figuren beschreiben,
- geometrische Figuren zeichnen oder konstruieren.
[...]

Beziehungen bei geometrischen Figuren erkennen

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können

- Lagebeziehungen zwischen Objekten im Raum und in der Ebene beschreiben und nutzen.
[...]

(vgl. Bundesgesetzblatt Teil II, Nr. 1/2009, Anlage, S. 5ff)

Um die Zielsetzungen erreichen zu können, sollen die Schüler/innen die Möglichkeit erhalten, in Eigenverantwortung die vorgesehenen Aufgabenbereiche selbstständig zu er- und bearbeiten. Der Computer stellt dabei die notwendigen Hilfestellungen in Textform (akustisch und visuell) und in Form von dynamischen Abläufen (Animationen und Videosequenzen) bereit. Dabei übernimmt der Computer den Part des Vorzeigens. Die eingefügten Videosequenzen bieten die Möglichkeit, dass Schüler/innen versuchen können, sobald sie eine Vorstellung vom anzustrebenden Ziel der Tätigkeit haben, die beobachteten Tätigkeiten nachzumachen, um das Ziel zu erreichen (vgl. Aebli 2001, S. 71).

5.2 Fachtheoretische und (fach-)didaktische Grundlagen für die Arbeit mit der Lernumgebung „Geolizi“

5.2.1 Symmetrie: Fachmathematische Grundlagen

In der Alltagswelt begegnet nicht nur das Kind häufig symmetrischen Erscheinungen. Dies zeigt sich im Bereich der Naturwissenschaften (zB Molekülaufbau, Lichtreflexion, Blüten und Blätter), im Bereich der Technik (zB symmetrische Konstruktionen) und in der Kunst als Gestaltungselement (zB Baukunst). Die Regelmäßigkeit symmetrischer Figuren ergibt sich dadurch, dass diese Figuren durch Drehung, Wendung oder Verschiebung mit sich selbst zur Deckung gebracht werden können (Deckabbildung) (vgl. Mitschka et al. 2003, S. 195).

Der Begriff „Symmetrie“ wird im Lexikon der Mathematik (Bd. 4, 2002, S. 157) folgendermaßen beschrieben:

„Symmetrie, in verschiedenen Bereichen der Mathematik (ebenso wie des täglichen Lebens) unterschiedlich verwendeter Begriff [...]. Ohne weiteren Zusatz wird der Begriff meist im folgenden Sinn der Elementargeometrie verwendet: Eine Figur ist symmetrisch bzgl. eines Punktes P (punktsymmetrisch), wenn die Figur um eine Drehung um 180° um den Punkt P in sich selbst übergeführt wird.“

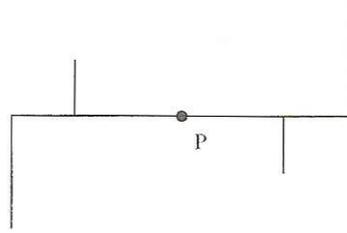


Abbildung 43: Punktsymmetrie
(Quelle: Lexikon der Mathematik Bd. 4, 2002, S. 157)

Per Definition heißt eine Figur genau dann symmetrisch,

„wenn sie mindestens eine von der Identität verschiedene Deckabbildung besitzt.
Die Figur heißt

- **achsensymmetrisch**, wenn unter ihren Deckabbildungen mindestens eine Achsenspiegelung ist,
- **punktsymmetrisch**, wenn unter ihren Deckabbildungen mindestens eine Punktspiegelung (Halbdrehung) ist,
- **drehsymmetrisch**, wenn es unter ihren Deckabbildungen mindestens eine *von der Identität verschiedene* Drehung gibt,
- **schubsymmetrisch**, wenn es unter ihren Deckabbildungen mindestens eine *von der Identität verschiedene* Verschiebung gibt,
- **schubspiegelsymmetrisch**, wenn es unter ihren Deckabbildungen mindestens eine Schubspiegelung gibt“ (Mitschka et al. 2003, S. 196).

Im Nachfolgenden soll – bezogen auf die Geometrie in der Grundschule – näher auf die Achsensymmetrie, respektive auf die Eigenschaften und Konstruktion achsensymmetrischer Punkte und Figuren (Geradenspiegelung), eingegangen werden.

„Eine Figur ist symmetrisch bzgl. einer Achse a (achsensymmetrisch), wenn die Figur durch Spiegelung an a in sich selbst übergeführt wird“ (Lexikon der Mathematik, Bd. 4, 2002, S. 157).

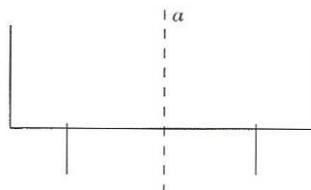


Abbildung 44: Achsensymmetrie
(Quelle: Lexikon der Mathematik Bd. 4, 2002, S. 157)

Die Definition für eine Geradenspiegelung lautet:

„Unter Geradenspiegelung S_g versteht man diejenige Abbildung der Ebene auf sich, die jedem Punkt P sein Spiegelbild P' bezüglich der Geraden g zuordnet. Man schreibt: $S_g(P) = P'$ “ (Mitschka et al. 2003, S. 49).

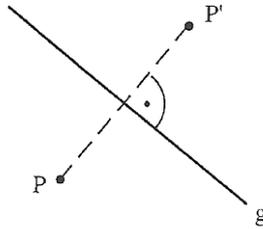


Abbildung 45: Geradenspiegelung
(Quelle: Mitschka et al. 2003, S. 47)

Die Grundeigenschaft der Symmetrieachse lautet wie folgt:

„Es sei g eine Gerade und P ein Punkt mit $P \notin g$ sowie $P' = S_g(P)$. Dann gilt für einen beliebigen Punkt A : Es ist $\overline{AP} \cong \overline{AP'}$ dann und nur dann, wenn $A \in g$ ist“ (Mitschka et al. 2003, S. 50).

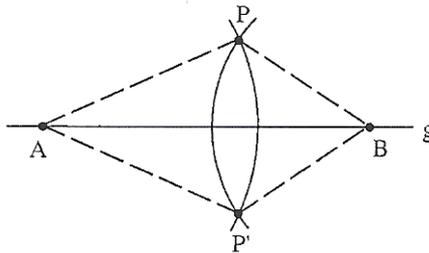


Abbildung 46: Grundeigenschaft der Symmetrieachse
(Quelle: Mitschka et al. 2003, S. 50)

Ein Punkt, der bei einer Abbildung mit seinem Bildpunkt zusammenfällt, wird Fixpunkt genannt. Dies ist bei der Geradenspiegelung dann der Fall, wenn $P \in g$ ist. Eine Gerade, die sich in sich selbst abbildet, heißt Fixgerade (vgl. Mitschka et al. 2003, S. 52).

Zwei weitere Eigenschaften der Geradenspiegelung seien an dieser Stelle noch erwähnt.

„Die Bilder zweier paralleler Geraden h und k bei einer Geradenspiegelung sind stets wieder zwei parallele Gerade“ (Mitschka et al. 2003, S. 53).

„Ist s die Symmetrieachse der Punkte P und Q und g eine beliebige Gerade, so ist das Spiegelbild $s' = S_g(s)$ die Symmetrieachse der Bildpunkte $P' = S_g(P)$ und $Q' = S_g(Q)$ “ (Mitschka et al. 2003, S. 53).

5.2.2 Symmetrie: Fachdidaktische Aspekte

Das Themengebiet der Symmetrie lässt eine Vielzahl von Möglichkeiten der Erarbeitung zu. Insbesondere die Tätigkeiten wie Legen, Falten, Schneiden, Spiegeln, Spannen, Gestaltung von Klatschbildern und das Zeichnen mit Hilfe von Rasterungen werden in der didaktischen Literatur und auch in Schulbüchern angesprochen. Die Schüler/innen sollen so auf vielfältigste Weise Erfahrungen mit symmetrischen Figuren sammeln können (vgl. Graumann 2002, S. 75ff; Lauter 1995b, S. 127ff; Radatz/Rickmeyer 1991, S. 81).

„Die Symmetrie wird immer wieder als fundamentale Idee oder Kernidee des Geometrieunterrichts bezeichnet (vgl. Winter 1976, Grassmann 1998, Moor/Brink 1997). [...] Die Erfahrungen der Kinder sind intuitiv, ungeordnet und auf räumliches Wahrnehmen gerichtet. Offensichtlich ist die Symmetrie für unser räumliches Auffassungs- und Gliederungsvermögen von großer Bedeutung. Symmetrische Figuren werden vom Gehirn schneller analysiert und gespeichert als asymmetrische. [...] Das Erkennen symmetrischer Eigenschaften ist ein Grundbaustein des räumlichen Vorstellungsvermögens“ (Franke 2007, S. 217f).

Bei der Behandlung der Thematik im Bereich der Grundschule muss zwischen symmetrischen Figuren – dies sind Figuren, die mindestens eine Spiegelachse besitzen – und zwischen zwei Figuren, die zueinander spiegelbildlich liegen, unterschieden werden. Hinsichtlich der Anforderung besteht für die Kinder ein Unterschied, ob eine Figur zu einer spiegelbildlichen Figur ergänzt werden muss oder ob eine spiegelbildliche Figur – zu einer bestehenden – erzeugt werden soll (vgl. Franke 2007, S. 229ff).

Das Ergänzen zu spiegelbildlichen Figuren bzw. das Zeichnen symmetrischer Bilder erfolgt meist auf der Basis von Rasterungen (vgl. Abbildung 47). Nach den handlungsorientierten Zugängen erfolgt die Darstellung auf der zeichnerischen Ebene. Dabei werden häufig Musterbilder mit unterschiedlicher Lage der Symmetrieachse (waagrecht, senkrecht und diagonal) eingesetzt. Mittels Spiegel können die Kinder ihre Lösungen selbst kontrollieren (vgl. Radatz et al. 1999, S. 172).

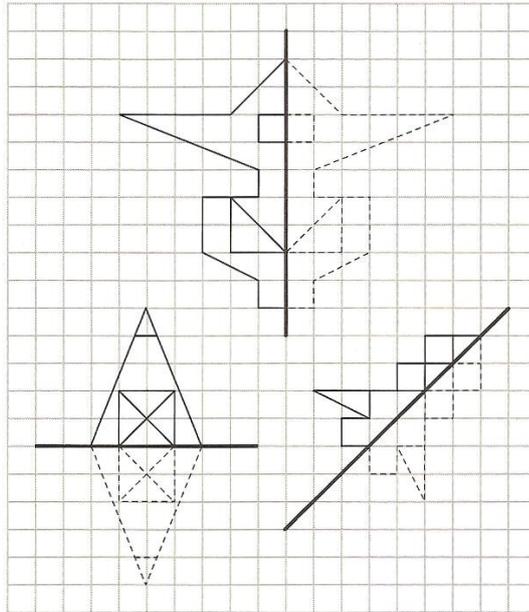


Abbildung 47: Spiegelbildliche Figuren mit unterschiedlicher Lage der Spiegelachse
(Quelle: Radatz et al. 1999, S. 172)

Die nachfolgenden Buchseiten (vgl. Abbildung 48 und Abbildung 49) geben einen exemplarischen Überblick über unterschiedliche Aufgabenstellungen zu diesem Themenbereich.

① Ergänze das symmetrische Muster! Stell als Kontrolle einen kleinen viereckigen Spiegel auf die **Symmetrieachse oder Spiegelachse!**

② Trag die Punkte so ein, dass eine symmetrische Form entsteht! Verbinde die Punkte auf den beiden Hälften jeweils mit Geraden!

③ Damit eine symmetrische Form entsteht, muss der Abstand von der Symmetrieachse auf beiden Hälften gleich groß sein.

Trag die Punkte so ein, dass eine symmetrische Form entsteht! Verbinde die Punkte auf den beiden Hälften jeweils mit Geraden! Verwende dazu das Geo-Dreieck!

Abbildung 48: Spiegelbilder 1
(Quelle: Brunner et al. 2007, S. 59)

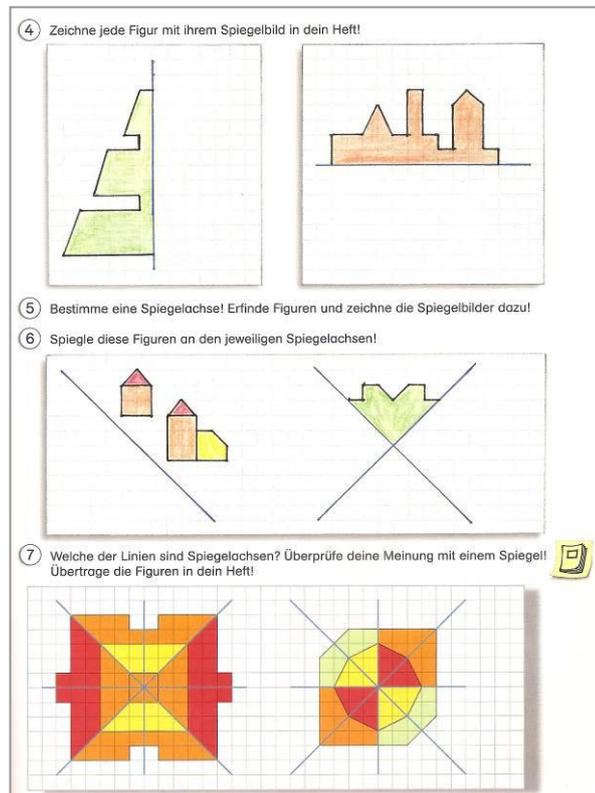


Abbildung 49: Spiegelbilder 2
(Quelle: Schütte et al. 2007, S. 39)

Bei der Arbeit mit spiegelbildlichen Figuren ermöglicht das Geobrett ein experimentelles Tun. Ergänzend dazu bietet sich zur Darstellung auf ikonischer Ebene ein entsprechend gestalteter Punktraster an (vgl. Gernand et al. 2001, S. 50). Die Zeichnung am Rasterbild gleicht der realen Darstellung am Geobrett, und die Kinder können dadurch die Situation von der Handlungsebene direkt auf die Zeichenebene transferieren. Als Differenzierung kann hier das Rasterbild in derselben Größe wie das Geobrett oder in verkleinerter Darstellung angeboten werden (vgl. Abbildung 50).

„Wichtig ist das gleichzeitige Arbeiten am Geo-Brett und an entsprechenden Arbeitsblättern, so daß (sic!) die Schüler (sic!) ihre Lösungen festhalten können. Dabei wird das direkte Hin- und Herübersetzen zwischen enaktiven und ikonischen Darstellungen geübt, aber auch die Fähigkeit des freihändigen Skizzierens“ (Radatz/Rickmeyer 1991, S. 120).

Die Darstellungen können ohne oder mit Zeichengeräten erfolgen, je nach Zielsetzung: Skizzieren von Figuren oder Schulung im Umgang mit Zeichengeräten.

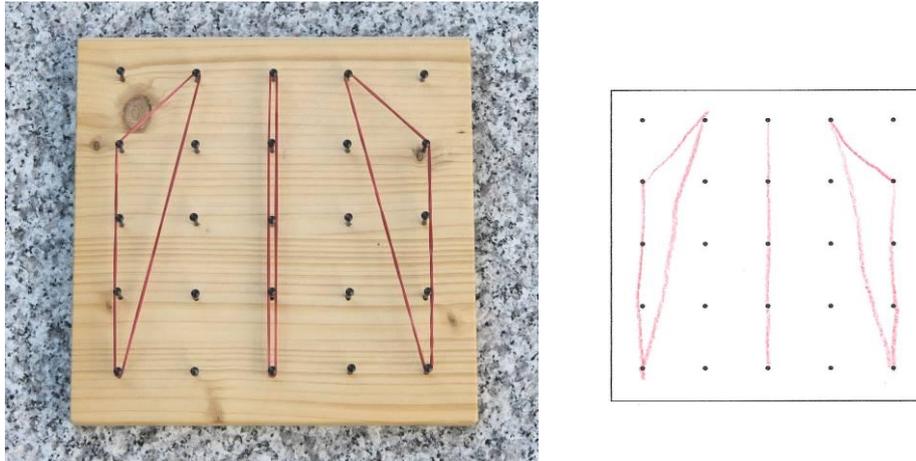


Abbildung 50: Geobrett und Punktraster (Protokollblatt)

Durch den Einsatz von Geobrettern besteht die Möglichkeit, einzelne Punkte in Form färbiger Holzkugeln und Figuren mittels Gummiringen zu spiegeln. Dabei können wieder Figuren symmetrisch ergänzt bzw. als Spiegelfigur erzeugt werden. Ein Gummiring (u.U. in einer anderen Farbe) stellt die Spiegelachse dar. Dabei lässt sich auch am Geobrett die Lage der Spiegelachse – wie zuvor bereits beschrieben – variieren (horizontal, vertikal und diagonal). Mittels eines entsprechend großen Spiegels können die Lösungen von den Kindern selbst kontrolliert werden (vgl. Abbildung 51). Als Spiegelerersatz bietet sich hier eine kostengünstige und vor allem bruch sichere Variante an. Die Herstellung erfolgt mittels Plexiglasplatte (ca. 3 mm Stärke) und einer selbstklebenden Spiegelfolie. Diese wird luftblasenfrei auf die Plexiglasplatte aufgeklebt und am Rand zurechtgeschnitten. So können Spiegel auf jede Dimension der Geobretter angepasst und für alle Kinder hergestellt werden.



Abbildung 51: Geobrett mit Punktdarstellung und selbst gefertigter Spiegel

Stehen mehrere Geobretter zur Verfügung und verwendet man zusätzlich ein Achsenkreuz (vgl. Abbildung 52), welches auf die Rasterstruktur der Geobretter abgestimmt ist, lassen sich weitere Spiegelaufgaben gestalten. Die Linien (Silber) auf dem Achsenkreuz stellen die Symmetrieachsen dar.

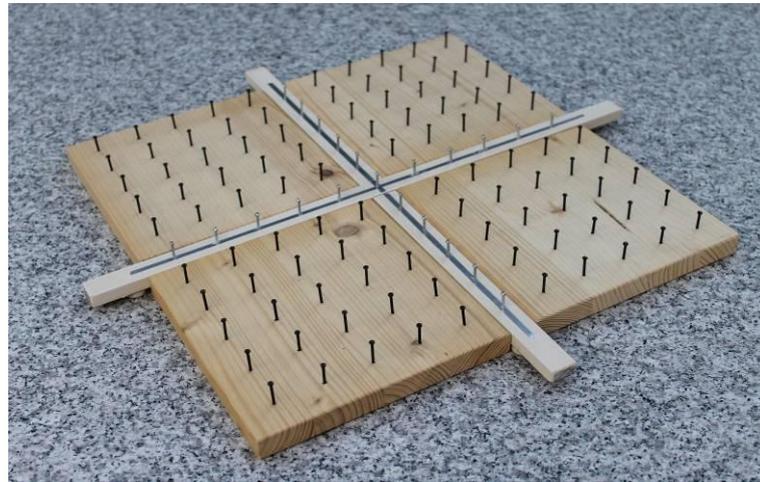


Abbildung 52: Geobretter mit Achsenkreuz

Passend gestaltete Arbeitsunterlagen bilden die Grundlage für die zeichnerische Protokollierung der Handlungen – siehe Abbildung 53.

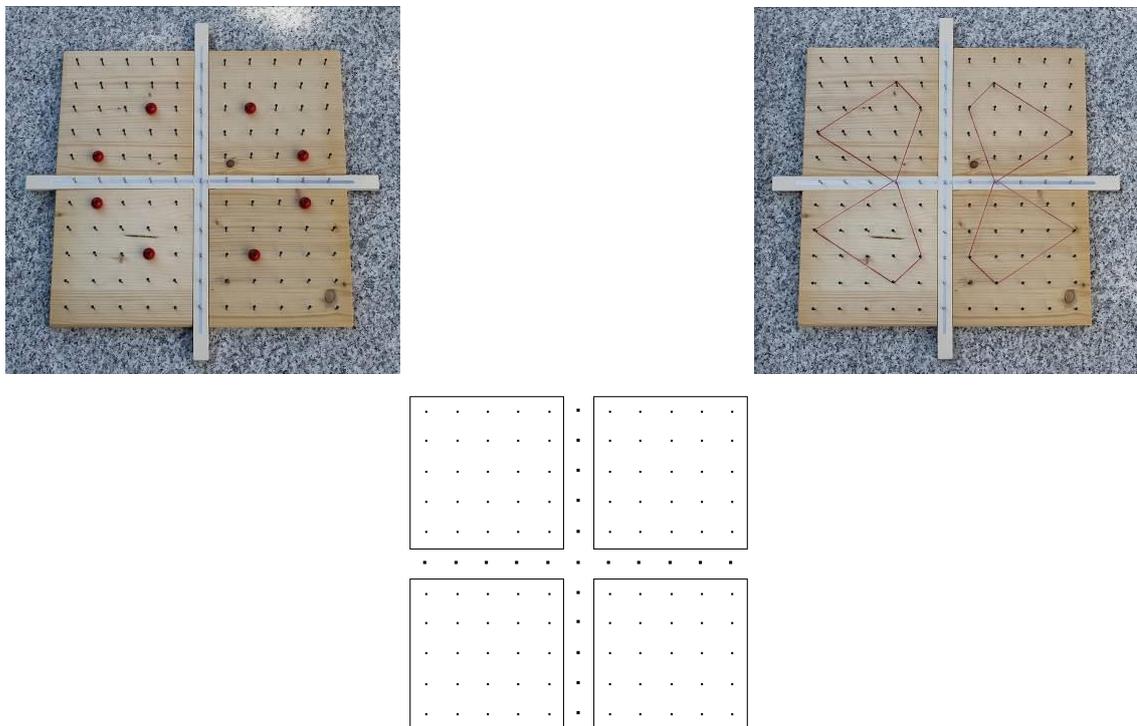


Abbildung 53: Geobretter mit Achsenkreuz und Protokollblatt

Punkte, die auf der Spiegelachse liegen, verändern ihre Lage beim Spiegelvorgang nicht. Durch die Dimensionierung der Nagellänge und der Kugeldurchmesser erkennen die Kinder, dass Punkte, die auf der Spiegelachse liegen, in sich selbst gespiegelt werden (vgl. Abbildung 54). Die Erkenntnis wird auf Grund der Tatsache gewonnen, dass keine zweite Kugel aufgesteckt werden kann.

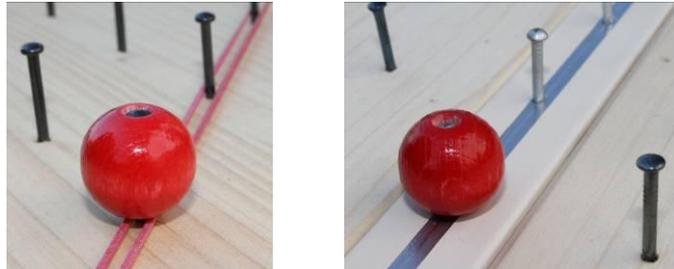


Abbildung 54: Geobrett mit Punktdarstellung auf der Spiegelachse

Bei der Arbeit mit dem Geobrett können die Schüler/innen bereits in der Handlungsebene die Eigenschaften spiegelbildlicher Figuren erforschen und entdecken: Spiegelbildliche Punkte haben von der Spiegelachse denselben Abstand; durch Abzählen der Abstände zwischen den Nägeln können die Schüler/innen diese Eigenschaft herausfinden.

Die Eigenschaft, dass die Verbindungslinie symmetrischer Punkte im rechten Winkel zur Spiegelachse liegt, kommt mit der Darstellung auf einem Karoraster deutlicher hervor als bei einem Punkteraster, weil hier bereits die Verbindungslinien dargestellt sind. Bei der Verwendung des Punkterasters empfiehlt es sich, Ur- und Bildpunkt mit einem Lineal oder Geometriedreieck zu verbinden. Daher erscheint es sinnvoll, beide Rasterungen den Kindern anzubieten und so indirekt Hilfestellung zu geben, die Eigenschaften symmetrischer Figuren herauszufinden bzw. die Lernenden auf das Konstruieren spiegelbildlicher Punkte vorzubereiten (vgl. Abbildung 55).

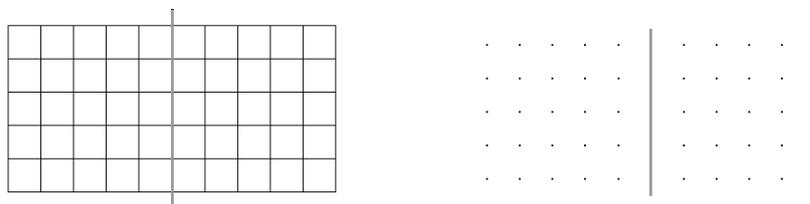


Abbildung 55: Linien- und Punktraster

5.2.3 Rechteck und Quadrat: Fachmathematische Grundlagen

Auf Grund der Themenstellung wird an dieser Stelle nicht näher auf die Begriffsbildung bzw. die didaktische Erarbeitung von „Rechteck“ und „Quadrat“ eingegangen; dies würde den Rahmen der Arbeit übersteigen. Vielmehr soll in diesem Abschnitt auf die Konstruktion von Rechteck und Quadrat näher eingegangen werden.

Gemäß den Definitionen werden ein Rechteck bzw. ein Quadrat folgendermaßen beschrieben:

„**Rechteck**, Viereck mit vier kongruenten Innenwinkeln, die alle rechte sind“
(Lexikon der Mathematik Bd. 5 2002, S. 363).

„Ein Viereck heißt **Rechteck** genau dann, wenn seine Innenwinkel rechte sind“
(Mitschka et al. 2003, s. 62).

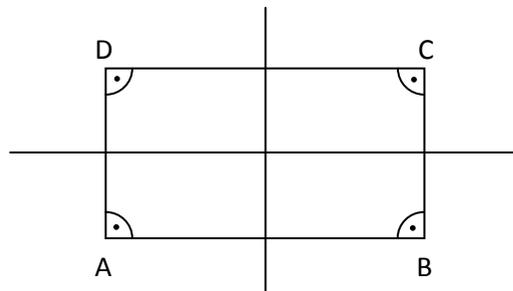


Abbildung 56: Rechteck

Ein Rechteck besitzt folgende Eigenschaften:

- Gegenüberliegende Seiten sind parallel und gleich lang (kongruent).
- Jedes Rechteck besitzt zwei Symmetrieachsen, die normal zueinander stehen; dabei handelt es sich um die Mittelsenkrechten benachbarter Seiten.
- Die beiden Diagonalen sind kongruent, halbieren einander, schneiden einander im Schnittpunkt der Symmetrieachsen und stehen senkrecht aufeinander; der Schnittpunkt ist zugleich Mittelpunkt für den Umkreis des Rechtecks (vgl. Mitschka et al. 2003, S. 178).

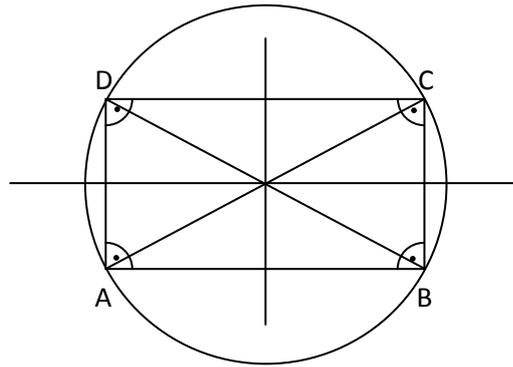


Abbildung 57: Rechteck mit Umkreis

„**Quadrat**, Viereck mit vier gleich langen Seiten und vier kongruenten Innenwinkeln (die alle rechte Winkel sind)“ (Lexikon der Mathematik Bd. 4 2002, S. 296).

„Ein Quadrat ist ein Viereck mit vier rechten Winkeln und vier kongruenten Seiten“ (Mitschka et al. 2003, S. 180).

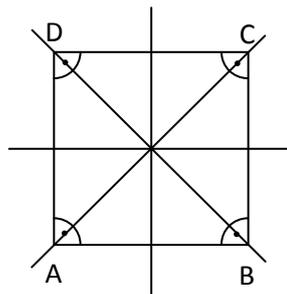


Abbildung 58: Quadrat

Ein Quadrat besitzt folgende Eigenschaften:

- Gegenüberliegende Seiten sind parallel und gleich lang (kongruent).
- Jedes Quadrat besitzt vier Symmetrieachsen, die paarweise normal zueinander stehen; dabei handelt es sich um die Mittelsenkrechten benachbarter Seiten und um die Diagonalengeraden.
- Die beiden Diagonalen sind kongruent, halbieren einander, schneiden einander im Schnittpunkt der Symmetrieachsen und stehen normal aufeinander; der Schnittpunkt der Diagonalen ist Mittelpunkt für den Um- bzw. Inkreis des Quadrats. Die Diagonalen sind zugleich Winkelhalbierende der Innenwinkel (vgl. Mitschka et al. 2003, S. 178ff).

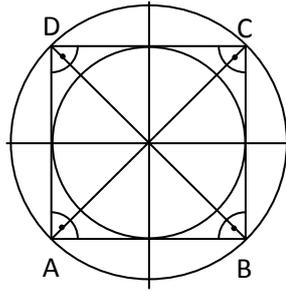


Abbildung 59: Quadrat mit Um- und Inkreis

5.2.4 Sachgemäßer Umgang mit traditionellen Zeichengeräten

Im Bereich der Grundschule, wo die Schüler/innen einen sachgemäßen Umgang mit den Zeichengeräten erlernen, soll dieser Zeichenlernprozess im Sinne des Spiralprinzips in jeder Schulstufe in den Mittelpunkt der geometrischen Aktivitäten gestellt werden. Ziel ist es, ausgehend vom Freihandzeichnen (Skizzieren) über das Arbeiten mit Schablonen bis hin zum sachgemäßen Umgang mit Lineal und Geometriedreieck zu gelangen. Sowohl beim Freihandzeichnen als auch bei der Verwendung traditioneller Zeichengeräte wird das Vorstellungsvermögen weiterentwickelt, die visuelle Wahrnehmung geschult und geometrisches Wissen angeeignet. Die Kinder sollen dabei eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgabenstellungen zur Bearbeitung erhalten, damit sich – gemäß des Prinzips der Variation der Darstellung – das Kind unterschiedliche Bilder einprägen kann. Ebenso können auf diese Weise die Eigenschaften von Figuren erkundet und herausgefunden werden (vgl. Franke 2007, S. 300f).

Im österreichischen Lehrplan für Volksschulen sind hinsichtlich der Verwendung der Zeichengeräte folgende Aussagen zu finden:

In der Bildungs- und Lehraufgabe für Mathematik wird formuliert:

„Neben dem Erwerb der grundlegenden mathematischen Techniken sind praktische mathematische Fertigkeiten wie Umgehen mit Zeichengeräten und Messgeräten anzustreben“
(Lehrplan der Volksschule 2009, S. 210).

Im Fachlehrplan sind nachstehende grundstufenspezifische Ziele formuliert:

Grundstufe I

- „Hantieren mit Zeichengeräten
- Freies und gezieltes Umgehen mit dem Lineal
- Zeichnen gerader Linien in verschiedenen Lagen
- Herstellen von Mustern (zB unter Verwendung von Karopapier)
- Messen von Längen an konkreten Gegenständen

- Messen von vorgegebenen Strecken
- Zeichnen von Strecken bestimmter Länge“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 215).

Grundstufe II

„Hantieren mit Zeichengeräten

Freies und gezieltes Umgehen mit Lineal und Dreieck

- Messen von Längen und Zeichnen von Strecken vorgegebener Länge
- Zeichnen von parallelen Geraden, rechten Winkeln, Rechtecken in verschiedenen Lagen“ (Lehrplan der Volksschule 2009, S. 223).

„Hantieren mit Zeichengeräten

Hinführen zum sorgfältigen Arbeiten mit Zeichengeräten“

(Lehrplan der Volksschule 2009, S. 224).

Beim Freihandzeichnen wird auf die Schulung der Feinmotorik im Sinne der korrekten Stifthaltung, der Zeichenrichtung, der entsprechenden Druckausübung auf die Zeichenfläche etc. besonderer Wert gelegt. Bei der Arbeit mit diversen Schablonenarten (Positiv- und Negativschablonen) werden grundlegende Techniken für die spätere Verwendung von Lineal und Geometriedreieck erlernt und geschult. Als Beispiel soll hier nur die exakte Stiftführung entlang einer Kante erwähnt werden. Mit der Einführung des Lineals kommt ein weiterer Aspekt, der für das spätere Konstruieren von großer Bedeutung ist, hinzu: Das Messen von Strecken. Neben den bereits erworbenen Fertigkeiten schulen die Kinder im Umgang mit dem Lineal die exakte Einhaltung gegebener Längen. Beim Kauf eines Lineals sollte auf die Positionierung der Skalierung geachtet werden: Für das Zeichnen ist es von großem Vorteil, wenn die Skalierung in einem kleinen Abstand zur Materialkante angebracht ist – siehe Abbildung 60. Dadurch können die Kinder exakter beim Nullpunkt beginnen und es besteht nicht die Gefahr – wie beim Zeichnen mit Positivschablonen – an der Materialecke abzugleiten.

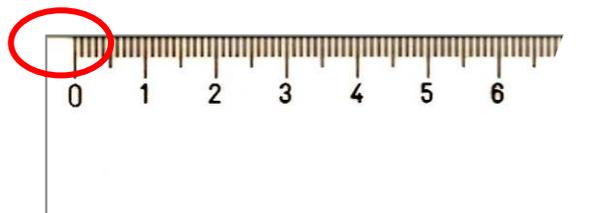


Abbildung 60: Lineal mit versetzter Skalierung

Mit der Verwendung des Geometriedreiecks sind die Kinder nunmehr in der Lage, Linien im rechten Winkel und parallele Linien zu zeichnen. Bezüglich der Maßskala ist die geänderte Lage des Nullpunktes zu berücksichtigen. Diese Lageänderung hat wiederum Vorteile beim Konstruieren spiegelbildlicher Punkte. Bei der Verwendung des Zirkels ist insbesondere auf die sachgemäße

Haltung des Zeichengerätes und Schulung der Feinmotorik zu achten. Anhand vielfältiger Übungen (Musterdarstellungen) können diese Fertigkeiten automatisiert werden. Als Voraussetzung für exaktes Zeichnen ist auf die Qualität des Zirkels großer Wert zu legen. Besonders gut eignen sich Zirkel mit Arretierungsfunktion (vgl. Abbildung 61), wobei zusätzlich noch auf die einfache Verstellmöglichkeit unterschiedlicher Radien zu achten ist (vgl. Franke 2007, S. 301ff).

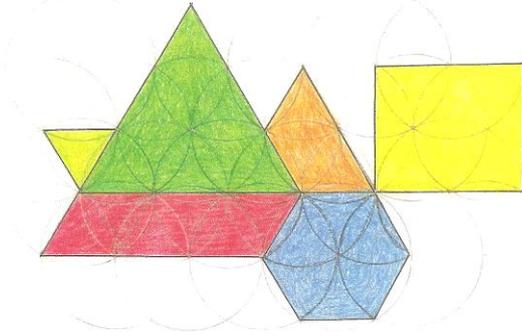


Abbildung 61: Zirkel mit Arretierungsfunktion und einfachem Verstellmechanismus

Im österreichischen Lehrplan ist – im Gegensatz zu anderen Ländern – die Verwendung des Zirkels im Rahmen des Geometrieunterrichts der Grundschule nicht vorgesehen. Viele Lehrer/innen integrieren dieses interessante Zeichengerät dennoch in den Unterricht. Ebenso findet man in einzelnen Schulbüchern (vgl. Abbildung 62) immer häufiger Aufgabenstellungen und Vorschläge zum Einsatz des Zirkels. Diese beziehen sich meist auf die Gestaltung von Mustern, mit dem Ziel, die feinmotorischen Fertigkeiten im Umgang zu schulen und dabei schöne Produkte zu erzeugen.

41

② Hier kannst du wie auf der vorigen Seite beginnen. Zeichne um die entstandenen Schnittpunkte wieder Kreise, immer mit dem gleichen Radius! Verbinde die Schnittpunkte einiger Kreise so, dass interessante Figuren entstehen!



Welche regelmäßigen geometrischen Formen erkennst du auf diesem Bild?
Zeichne ebenfalls ein Bild mit verschiedenen Vielecken!

③ a) Setze die Muster aus Kreisen fort!
b) Verbinde ausgewählte Schnittpunkte so, dass interessante Formen und Muster entstehen!

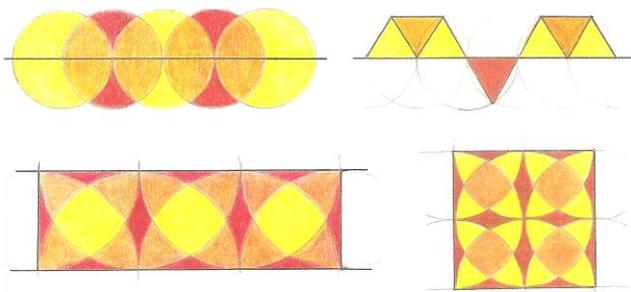


Abbildung 62: Buchauszug – Zirkel – Muster
(Quelle: Schütte et al. 2007, S. 41)

Bei Konstruktionsaufgaben wie zB bei der Gestaltung symmetrischer Bilder und Figuren oder bei Konstruktionen von Rechteck und Quadrat wird die Verwendung des Zirkels in den Schulbüchern für die Grundschule, die in Österreich zum Einsatz kommen, nicht angeregt. Durch den Einsatz des Zirkels besteht aber die Möglichkeit, differenzierende Maßnahmen zu setzen, sodass nicht alle Konstruktionen zu obigen Thematiken auf dieselbe Weise bzw. mit denselben Zeichengeräten durchgeführt werden müssen. Zudem erfahren die Schüler/innen auch, dass der Zirkel ein geeignetes Werkzeug darstellt, Strecken mit gleicher Länge abtragen zu können. Werden ausschließlich Muster gezeichnet, so beschränkt sich der Verwendungszweck des Zirkels nur auf das Zeichnen von Kreisen.

5.3 Lernpsychologische und didaktische Grundlagen sowie technische Voraussetzungen für die Implementierung der Computeranwendungen

Sobald im Mathematikunterricht auch Computer eingesetzt werden, spielen nicht nur inhaltliche Aspekte eine Rolle, sondern auch Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zur Bedienung des Programms / der Software notwendig sind. Die Schüler/innen müssen sich demnach auf die Lösung der inhaltlichen Aufgabenstellungen und auf die Bewältigung dieser mittels der Software konzentrieren. Dabei ist darauf zu achten, dass schwächere Schüler/innen nicht überfordert und leistungsstarke Kinder nicht unterfordert werden.

5.3.1 Lernen durch Beobachten

Nach Bandura (1979, o.S. zit. nach Mietzel 2007, S. 183ff) ist das so genannte Beobachtungslernen eine eigene Lernart, die auf einer höheren Ebene als die einfache Bildung von Reiz-Reaktions-Ketten stattfindet. Findet Lernen durch Beobachten statt, so werden die neuen Informationen verarbeitet, indem ein inneres Nachahmen, Nachdenken und Bewerten erfolgt. Auf diese Weisen können die Lernenden kognitives, psychomotorisches und affektives Verhalten erwerben, beispielsweise beim Erlernen des richtigen Umgangs mit Werkzeugen oder Zeichengeräten. Diese Form des Lernens ist vor allem in jenen Fächern von Bedeutung, in denen der Erwerb von Fertigkeiten angestrebt wird.

Im Bereich des Konstruierens sind die Fertigkeiten im Umgang mit den Zeichengeräten gefordert. Wo im traditionellen Unterricht die Lehrperson an der Tafel oder mittels Overheadprojektor den Konstruktionsgang vorzeigt und die Schüler/innen in die Beobachter/innenrolle schlüpfen, können bei Verwendung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Handreichungen die Lernenden den Ablauf des Vorzeigens über den Computer individuell steuern. Durch den inneren Mitvollzug der Handlung lernen sie den Handlungsablauf. Eine Handlung zu beobachten bedeutet, sie im Geiste nachzuvollziehen und – wenn möglich – zu verinnerlichen. Dabei ist es wichtig, dass die dynamischen Vorgänge u. a. langsam ablaufen und dass sie wiederholt durchgeführt werden können, sollte der Vorgang der Handlung nicht gleich verinnerlicht werden. Weiters ist es für den Mitvollzug bedeutungsvoll, wenn komplexe Handlungen in Teilschritte zerlegt werden. Um den Gesamtablauf zu gewährleisten, muss am Ende der Zergliederung der Vorgang in einem einzigen Durchgang ablaufen, denn die Lernenden müssen die Einzelschritte in eine richtige Beziehung zueinander verknüpfen (vgl. Aebli 2001, S. 72ff). Die Qualität des Lernprozesses beim Beobachtungslernen hängt nach Bandura (1986, o.S. zit. nach Mietzel 2007, S. 183ff) von vier Faktoren ab:

- Aufmerksamkeit
- Behalten
- Reproduktion
- Motivation

Je besser die Aufmerksamkeit seitens der Lernenden auf die zu beobachteten Informationen gelegt werden kann, umso klarer können sie erkennen, was gelernt werden soll. Dient der Computer als Lernpartner und werden über dieses technische Medium Informationen vermittelt, so hat dieser Faktor einen wichtigen Stellenwert bei der Gestaltung der Bildschirmoberfläche und der Angebotsmöglichkeiten hinsichtlich der neuen Informationen. Die Spezifika des Computers erlauben es, Informationen auf visueller (statisch / dynamisch), textlicher und sprachlicher Ebene bereitzustellen. Durch Wiederholung des Beobachteten in der Vorstellung oder durch Nachahmung kann das Behalten positiv beeinflusst werden. Dies wird im Rahmen der Lernumgebung durch die Verwendung unterschiedlicher Medien berücksichtigt. Insbesondere bei den jeweiligen Konstruktionsaufgaben zeichnen die Schüler/innen nach der Informationsverarbeitung in ihren eigenen Geometrieheften mit den persönlichen Zeichengeräten. Oftmals gelingt es nicht, vor allem, wenn es sich um komplexere Vorgänge handelt, alle Einzelheiten sofort abzuspeichern. Durch die Möglichkeit der Reproduktion des Verhaltens können diese Defizite ausgeglichen werden. Die individuelle Wiederholbarkeit der gleichen Handlung ist durch den Einsatz des Computers besonders hervorzuheben. Ziel ist es, durch ein hohes Maß an Selbsttätigkeit die Lernenden zur Selbstständigkeit zu erziehen. Dabei kommt der Selbstverstärkung eine wichtige Rolle zu. Durch die Entlastung der Lehrperson aufgrund der Verwendung von Computern für den Lernprozess verfügen die Lehrerin / der Lehrer über die Möglichkeit, den Kindern Rückmeldungen hinsichtlich ihrer erbrachten Leistungen zu geben. Das Aufrechterhalten eines entsprechenden Motivationsniveaus ist auch von einer regelmäßigen positiven Verstärkung abhängig (vgl. Mietzel 2007, S. 183ff; Aebli 2001, S. 65ff; Zech 1998, S. 168ff).

5.3.2 Instruktionsdesign und computergestützte Lernumgebungen

Der Begriff „Instruktionsdesign“ (Instructional Design – ID) wird zumeist mit der Planung, Entwicklung Implementierung und Evaluierung computergestützter Lernumgebungen in Verbindung gebracht. Ursprünglich aus den behavioristischen und kognitivistischen Theorien entwickelt, wurde durch Aufkommen des Konstruktivismus der ursprüngliche Ansatz des Instruktionsdesigns der neuen Auffassung von Lernen angepasst. In einem konstruktivistischen Instruktionsdesign ist die eigenständige, aktive Auseinandersetzung seitens der Lernenden mit den Aufgaben – unter Einbeziehung der neuen Medien – ein wesentliches Kriterium. Weiters soll die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den Schülerinnen / Schülern gefördert werden. Neben anderen Modellen wird auch der Ansatz des „Cognitive Apprenticeship“ (vgl. Kapitel 3.1.3) den konstruktivistischen Lernmodellen zugeschrieben (vgl. Lehner-Wieternik 2007, S. 127ff; Gerstenmaier/Mandel 1995 zit. nach Spannagel/Kortenkamp 2006, S. 58).

„«Cognitive Apprenticeship» ist vermutlich das international meist beachtete ID-Modell. Eine Reihe von multimedialen Lernumgebungen wurden nach diesem Modell entwickelt (z. B. Al-Diban & Seel, 1999), obwohl es zunächst für den lehrerorientierten Unterricht entwickelt wurde. «Cognitive Apprenticeship» gilt als empirisch bewährt. Besonders geeignet ist das Modell für die Einführung in neue Lernstoffe, vor allem wenn kognitiv-prozedurales Lernen im Vordergrund steht. Die Freiheitsgrade der Lernenden sind zu Beginn des Lernprozesses relativ gering, jedoch wird die externe Steuerung sukzessive zurück genommen“ (Niegemann 2001, S. 54).

Dieser Ansatz lässt sich auf das Erlernen von Konstruktionsabläufen und die Arbeit mit einer DGS im schulischen Bereich übertragen. Im traditionellen Unterricht demonstriert die Lehrerin / der Lehrer den Konstruktionsgang mittels herkömmlicher Zeichengeräte (Lineal, Geometriedreieck und Zirkel) und/oder unter Anwendung einer DGS via Beamer den Kindern. Die Lernenden beobachten den vorgezeigten Ablauf. Dieser Vorgang entspricht der Stufe des „modeling“. Jene kognitiven Prozesse, die im Rahmen der Konstruktion erfolgen, werden seitens der Lehrerin / des Lehrers verbal den Schülerinnen / Schülern mitgeteilt. Im Anschluss an die Demonstration versuchen die Lernenden die Konstruktion eigenständig durchzuführen – entweder mit traditionellen Zeichengeräten oder mittels Computeranwendung. Die Lehrkraft kann dabei den Kindern unterschiedliche Unterstützungsmöglichkeiten anbieten – zB Printunterlagen oder eine Datei mit Makroaufzeichnungen (scaffolding). In dieser Phase fungiert dann die Lehrperson als Coach, indem sie/er die Kinder individuell betreut und ihnen Feedback gibt. Je mehr sich die Schüler/innen in die Materie vertiefen, desto mehr kann sich die Lehrerin / der Lehrer zurücknehmen (fading). Wenn die Kinder in Kleingruppen zusammenarbeiten, können sie gemeinsam Lösungsstrategien besprechen und gegenseitig die Lösungsstrategien erklären und über ihre Vorgangsweisen reflektieren (articulation).

Bei kritischer Betrachtung kann die Anwendung des obigen Modells im schulischen Kontext einige Schwierigkeiten mit sich bringen. Bei der Erarbeitung von Konstruktionsvorgängen ist es wesentlich, dass die Schüler/innen entsprechende Skripte aufbauen (vgl. Kapitel 3.1.2), die ein sicheres Wiederholen der Konstruktion zur Folge haben. Ein einmaliges Vorzeigen seitens der Lehrperson wird nicht für alle Schüler/innen reichen. Wenn nun die Lehrerin / der Lehrer frontal an der Tafel oder via Beamer zentral die Konstruktionsschritte nochmals erläutert und vorzeigt, werden jene Schüler/innen, die diese bereits selbst nachvollziehen wollen, in ihrer Konzentration gestört, da im Hintergrund Informationen wahrgenommen werden, die für sie möglicherweise nicht von Bedeutung sind. Andererseits ist es nicht möglich bzw. ineffizient, mehreren Schülerinnen / Schülern, welche dieselbe Schwierigkeit haben, individuell die Fragen zu beantworten.

Ein weiterer Aspekt ist hinsichtlich der Betreuungssituation seitens der Lehrperson zu bedenken. Tritt bei einem Kind eine Frage auf, so kann die Lehrperson im Unterricht zu Hilfe gerufen werden und die Schülerin / der Schüler erhält die notwendigen Informationen. Diese Hilfeleistung ist auch nur bedingt möglich, da die Betreuung immer im Verhältnis Schüler/innenanzahl der Klasse und einer Lehrperson zu sehen ist. Möglicherweise kann die Lehrerin / der Lehrer nicht zu allen Fragen und Lösungsprozessen individuelle Rückmeldungen geben. Wenn Lernende auf die gewünschten Informationen zu lange warten müssen, ihr Fortgang dadurch unterbrochen ist, kann ein Motivationsverlust bezüglich der Bearbeitung der Thematik die Folge sein; es entstehen Leerläufe und der Unterrichtsprozess ist nicht effizient.

Ein dritter Aspekt erscheint von Bedeutung, wenn man die Hausübungssituation betrachtet. Die Art von Hilfestellung seitens der Lehrerin / des Lehrers, welche im schulischen Kontext gewährleistet werden kann, ist bei der Bewältigung der Hausaufgaben oder in Situationen, wo die Lehrperson und die Lernenden an unterschiedlichen Orten sind, nicht möglich (vgl. Spannagel/Kortenkamp 2006, S. 60).

„If students can download and access the programs from home, this increases their access, and enhances the possibility of the discovery or ‘reinvention’ (Freudenthal 1991) of mathematical ideas. One of the factors which inhibits students from doing this is the nature of the instructional material requires to guide their ‘reinvention’. There is a danger that worksheets can be written as a set of detailed instructions about operating the package, which have little to do with, and focus attention away from, the mathematics“ (Little 2008, S. 52f).

Die entwickelten Handreichungen basieren auf dem Modell des „Cognitive Apprenticeship-Ansatzes“, wobei durch die Gestaltung der computergestützten Lernumgebung die angesprochenen kritischen Bereiche vermieden werden. Zu Beginn der Arbeit mit der Lernumgebung zeigt die Lehrerin / der Lehrer den Lernenden die einzelnen Komponenten. Dabei werden deren Funktion und Bedienung sowie die erforderlichen Realgegenstände und deren Zusammenwirken erörtert. In weiterer Folge unterstützt der Computer samt der dynamisch aufgebauten Konstruktionsanleitung und der digitalen Arbeitsblätter die Lehrperson bei der Betreuung der Schüler/innen. Anfangs können sich die Schüler/innen ein Video, das den jeweiligen Konstruktionsablauf unter Verwendung realer Zeichengeräte vorstellt, ansehen. Danach wird der Konstruktionsgang in einzelne Schritte gegliedert, wobei bei der Darstellung dieselben Zeichengeräte dargestellt sind, die auch die Schüler/innen verwenden. Durch die Möglichkeit des mehrmaligen Vorzeigens der einzelnen Konstruktionsschritte kann jedes Kind – je nach individuellem Bedarf – diese beobachten und danach selbst mittels Zeichengeräte durchführen. Die anderen Schüler/innen werden dadurch in ihrem Lernprozess nicht gestört. Der angebotene Text liefert die inhaltliche Beschreibung des Konstruktionsschrittes. Die zusätzliche Möglichkeit des Anhörens einer Audiodatei (bei jedem Konstruktionsschritt) weist die

Kinder auf wichtige Aspekte beim Zeichnen hin. Offene Fragen der Kinder werden in den häufigsten Fällen durch die angebotenen Informationen zeitnah beantwortet. Somit ist gewährt, dass jede Schülerin / jeder Schüler sich vollkommen autark mit der Materie auseinandersetzen kann. Die Rolle der Lehrperson fokussiert sich auf die Beobachtung der Kinder und eine punktuelle Betreuung einzelner Schüler/innen – sollten sich noch Fragen ergeben.

Nachdem bei der Gestaltung der computerbasierten Lernumgebung auf die Verwendung gängiger Software geachtet wurde und der Datenträger (CD) für die Verwendung nur in das CD-Fach gelegt werden muss, ist bei der Bearbeitung einer eventuellen Hausübung eine Eins-zu-eins Situation zur schulischen Arbeit gegeben. Jede Schülerin / jeder Schüler erhält eine CD und kann diese für Übungszwecke am privaten Computer verwenden. Wie in der technischen Beschreibung der Handreichungen erläutert, muss der Computer nur beim ersten Mal an eine Internetverbindung angebunden sein. In weiterer Folge ist kein Internetzugang erforderlich.

Die digitalen Arbeitsblätter werden in einem gängigen Internetbrowser geöffnet und bieten den Lernenden die Möglichkeit, Konstruktionsgänge experimentell zu erproben. Ergänzend können die Schüler/innen ein Anleitungsheft für die Konstruktionsaufgaben verwenden. In diesem Heft sind die einzelnen Schritte verschriftlicht und das Handling der Software durch Abbildungen der einzelnen Icons beschrieben. Zu Beginn ist der Freiheitsgrad geringer, da sich die Kinder an den Beschreibungen orientieren; sobald sie mehr Erfahrungen gesammelt haben, können/sollen sie weitere Konstruktionsmöglichkeiten der Figuren entwickeln.

5.3.3 Technische Voraussetzungen

Bei der Gestaltung wurde darauf Wert gelegt, dass keine speziellen technischen Voraussetzungen an den Computern erforderlich sein müssen. Die technische Ausstattung in den Schulen ist sehr unterschiedlich. Der Bogen spannt sich von topaktuellen Produkten bis hin zu Geräten, die bereits viele Jahre in Verwendung sind. Aufgrund dieser Beobachtung mussten die technischen Anforderungen an die Computer möglichst gering gehalten werden. Dies war auch der Grund dafür, dass die Entscheidung bei der Erstellung der digitalen Arbeitsblätter auf der Basis des DynaGeoX-Viewers erfolgt, da der DynaGeoJ-Viewer eine JAVA-Laufzeitumgebung erfordert, die wiederum eine höhere Belastung an die Rechnerleistung stellt. Für die animierten Darstellungen im Themenbereich der Symmetrie und der einzelnen Konstruktionen der Vierecke ist die Software PowerPoint ab der Version 2003 von Microsoft erforderlich. Für das Konstruieren am Computer unter Verwendung der interaktiven Arbeitsblätter ist das Programm Adobe Flash Player zu installieren und der Windows Internet Explorer von Microsoft als Standardbrowser festzulegen. Für das Abspielen der Audiodateien wird zB der Mediaplayer (von MS Office) verwendet, welcher meist standardmäßig

installiert ist. Die meisten Programme sind – soweit nicht schon vorinstalliert – kostenfrei aus dem Internet downloadbar. Lediglich das Programm PowerPoint muss kostenpflichtig erworben werden.

Da noch nicht alle Schulen über einen Internetanschluss in den einzelnen Klassen verfügen, war bei der Konzeption wichtig, Computeranwendungen zu verwenden, die keine dauerhafte Internetverbindung benötigen. Nur bei der erstmaligen Verwendung der Handreichungen muss eine Internetverbindung mit dem Computer hergestellt werden, damit die erforderliche cab-Datei heruntergeladen werden kann. Diese Datei installiert sich selbst, dazu sind keine Computerkenntnisse erforderlich. Für die weitere Verwendung der Handreichungen ist keine Internetverbindung mehr erforderlich. Ist ein lokaler Drucker (an einem Computer angeschlossen) oder ein Netzwerkdrucker in der Klasse oder in der Schule vorhanden, können die einzelnen Konstruktionen der Schüler/innen ausgedruckt werden. Dies ist eine Option, die für den primären Einsatz der Handreichungen nicht unbedingt erforderlich ist.

Um die technischen Vorbereitungsmaßnahmen so einfach wie möglich zu gestalten, wurde ein spezielles Handout mit der Beschreibung der jeweiligen Maßnahmen unter Verwendung von Screenshots entwickelt (siehe Anhang). Mit Hilfe dieser Unterlage konnten Lehrer/innen vor Beginn der Testphase eigenständig und ohne Schwierigkeiten die technischen Grundlagen an den Computern der Klassen vorbereiten.

5.4 Die multimediale Lernumgebung „Geolizi“ im Detail²

Der Aufbau der Lernumgebung ist so konzipiert, dass keine besonderen Computerkenntnisse seitens der Lehrer/innen vorhanden sein müssen. Basiskenntnisse im Umgang mit gängigen Programmen, wie beispielsweise Power Point (von MS Office) sind ausreichend für die Arbeit am Computer. Dies erscheint besonders wichtig, damit die Hemmschwelle hinsichtlich der Verwendung des Computers im Unterricht möglichst niedrig gehalten werden kann. Ziel ist es, dass eine größere Anzahl an Lehrerinnen/ Lehrern zukünftig diese computerunterstützte Lernumgebung im Rahmen ihres Geometrieunterrichts einsetzt.

Wie bereits angesprochen werden bei der Bearbeitung der Themengebiete sowohl Medien für einen handlungsorientierten Lernprozess sowie interaktive Arbeitsblätter eingesetzt. Die erforderlichen Materialien wie Geobretter, Holzkreuze, Spiegel, Symbolkarten, Forschungshefte etc. werden seitens der Lehrperson bereitgestellt und stehen den Kindern jederzeit zur Verfügung. Die Zeichengeräte

² Hinweis: Der Arbeit ist eine CD mit dem kompletten Inhalt der Lernumgebung beigelegt.

(Geometriedreieck, Zirkel etc.) besitzen die Kinder selbst. Die digitalen Unterlagen werden auf einer CD bereitgestellt und können auf die einzelnen Computer oder im Intranet der Schule abgespeichert werden. So ist ein konstanter Zugriff auf die Dateien für alle möglich.

5.4.1 Aufbau und Konzeption

Das Design der computerunterstützten Lernumgebung beruht auf einer Art Baukastensystem. Damit soll gewährleistet werden, dass sich Lehrer/innen – nach Absolvierung entsprechender Einführungs- und Grundlagenseminare – die multimediale Lernumgebung selbst gestalten und dadurch auf die einzelnen Lerngruppen anpassen können. Diesem Individualisierungs- und Differenzierungsgedanken wurde durch dieses Bausteinprinzip Rechnung getragen. Die einzelnen Komponenten können unabhängig voneinander gestaltet, integriert und kombiniert werden:

- Dynamische Darstellungen der jeweiligen Konstruktionen
- Textliche Beschreibungen der jeweiligen Konstruktionsvorgänge
- Audiodateien
- Hypertextfunktionen mit Erläuterungen
- Videosequenzen
- Interaktive Arbeitsblätter

Bei den Darstellungen wurde darauf geachtet, dass dieselben Zeichengeräte (Bleistift, Lineal, Geometriedreieck und Zirkel) – wie sie auch die Kinder verwenden, zum Einsatz kommen. Dies erscheint deshalb von Bedeutung, da die Schüler/innen exakt verfolgen können, wie sie selbst ihre Zeichengeräte einsetzen müssen, um die gewünschte Konstruktion durchführen zu können. Die Schüler/innen führen die Konstruktionen mit den eigenen Zeichengeräten in ihren Geometrieheften (Mathematikheften) aus. Nachdem es sich dabei um die Abbildung realer Zeichengeräte handelt, gibt es keine Diskrepanz zwischen den Darstellungen auf dem Bildschirm und der Wirklichkeit. Digitale Darstellungen müssen nach Niehaus (2004, S. 356) hinsichtlich des Problemlöseprozesses auf reale Medien abgestimmt sein, womit der Einsatz des Computers eine Art Hilfefunktion leisten kann. Der tatsächliche Problemlösevorgang muss mit Realmodellen durch aktive Auseinandersetzung erfolgen.

„Das Zuschneiden der graphischen Benutzerschnittstelle auf das konkrete Material hat das Ziel, für die Aufgabenpräsentation zwar den Computer zu verwenden, die konkrete Arbeitsphase aber vom Bildschirm weg auf das konkrete Material zu verlagern. Diese Schwerpunktsetzung bezieht sich auf die neurophysiologische Weiterentwicklung des Kindes in den verschiedenen Wahrnehmungsbereichen, die durch eine computerbasierte Arbeitsphase nicht abgedeckt werden können“ (Niehaus 2004, S. 357).

Ergänzend zu der dynamischen Veranschaulichung werden Konstruktionsvorschriften in Form von kurzen Beschreibungen angeboten. Die Schüler/innen können den jeweiligen Konstruktionsschritt nach dem Lesen der Beschreibungen durchführen und zur Kontrolle den dynamischen Ablauf

beobachten, oder sie führen die eigenständige Konstruktion nach der dynamischen Veranschaulichung durch. Durch Anklicken des Symbols eines Lautsprechers können die Schüler/innen die Konstruktionsbeschreibungen akustisch verfolgen. Zudem werden zusätzlich noch Tipps zum Zeichnen und Hinweise bezüglich der Erklärung von Fachbegriffen gegeben. Die in den Beschreibungen verwendeten Fachbegriffe (zB „Gerade“, „Strecke“, „rechter Winkel“ etc.) sind als Hypertext gestaltet. Wissen die Schüler/innen nicht exakt, was man unter diesen Begriffen versteht, können sie durch Anklicken des jeweiligen Begriffes eine schüleradäquate Erklärung erhalten. Dabei wird einerseits auf die Erläuterung des Begriffes Bezug genommen, andererseits werden auch Hinweise zum Zeichnen angeboten.

Die Veranschaulichung der Konstruktionsabläufe mittels Videosequenzen wird an zwei Stellen im Rahmen der Erarbeitung der Konstruktion angeboten: Zu Beginn, nachdem die Schüler/innen die Aufgabenstellung (Angabetext) in ihre Hefte übertragen haben und am Ende der Konstruktion. Nachdem eine segmentierte Erarbeitung des Konstruktionsablaufes erfolgt, ist es für die Lernenden wichtig, zu Beginn einen Überblick über die kommende Lernsequenz zu erhalten. Dies ist durch Beobachten des Videos gegeben. Die Schülerin / der Schüler kann danach entscheiden, ob sie / er bereits in der Lage ist, die Konstruktion eigenständig durchzuführen oder ob der schrittweise Aufbau hilfreich ist, die Aufgabenstellung zu lösen. Dasselbe Video wird am Ende der Konstruktionsentwicklung nochmals angeboten. Dies hat den Grund, dass sich die Schüler/innen den Ablauf nochmals vergegenwärtigen können – im Sinne einer Zusammenfassung. Die beiden Videos sind über Schaltflächen zu aktivieren, wobei in der Darstellung unterschiedliche Symbole verwendet werden. Zu Beginn ist die Darstellung der Schaltfläche als eine Art Filmstreifen zu sehen, der auf die schrittweise dargestellte Konstruktion hinweisen soll. Am Ende ist die Schaltfläche als Videokamera abgebildet, als Hinweis zum dynamischen Ablauf der erarbeiteten Konstruktion.

Die Einbettung interaktiver Arbeitsblätter ermöglicht den Kindern ein elementares Konstruieren am Computer; ebenso wird ein Forschen und Experimentieren in den jeweiligen Themenbereichen möglich. Die Schüler/innen können schon bei den Konstruktionen unterschiedliche Vorgänge erproben und – wenn sie dazu in der Lage sind – auch verschriftlichen. Weiters können sie nach erfolgreicher Konstruktion durch die Zugfunktion unterschiedliche Situationen – auf Grund der dynamischen Gestaltung – erforschen.

Als Ergänzung wird ein entsprechend entwickeltes Anleitungsheft mit Erklärungen hinsichtlich des Konstruierens am Computer und den notwendigen Funktionen angeboten. Zusätzlich erhalten die Schüler/innen noch Karteikarten mit den Erklärungen der einzelnen Funktionen, die für das

Konstruieren notwendig sind. Entsprechende Beschreibungen und Abbildungen folgen in den weiteren Ausführungen.

5.4.2 Starten der Lernumgebung und inhaltliche Orientierung

Sobald die CD eingelegt wird, öffnet sich der Explorer mit den Dateien (vgl. Abbildung 63). Über einen Doppelklick auf die Datei „start.html“ gelangen die Schüler/innen zur Übersicht (Mindmap).

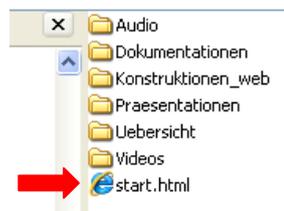


Abbildung 63: Inhalt der CD mit Startdatei

Anhand eines Mindmaps erhalten die Schüler/innen einen Überblick darüber, welche Themenbereiche die Lernumgebung umfasst – siehe Abbildung 64. Die Hauptthemen „Spiegelbildliche Figuren“, „Konstruktionen - Rechteck“ und „Konstruktionen - Quadrat“ gliedern sich wiederum in Unterthemen. Das Symbol in der Mitte des Mindmaps soll die Schüler/innen auf die zentrale Bedeutung des rechten Winkels in allen Konstruktionen hinweisen.

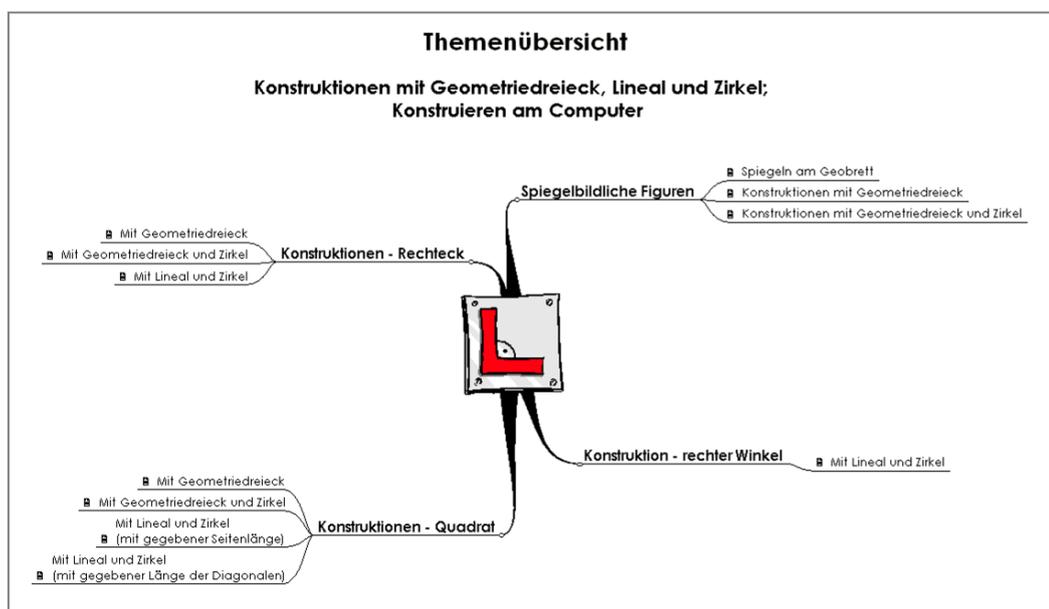


Abbildung 64: Themenübersicht

Hinter den Überschriften der vier Hauptthemen und dem Symbol in der Mitte des Mindmaps „verbergen“ sich allgemeine Hinweise und erste Erklärungen. Sobald die Maus über die Textteile

bzw. über die Grafik gezogen wird, erscheint ein Textfeld mit den jeweiligen Informationen (vgl. Abbildung 65).

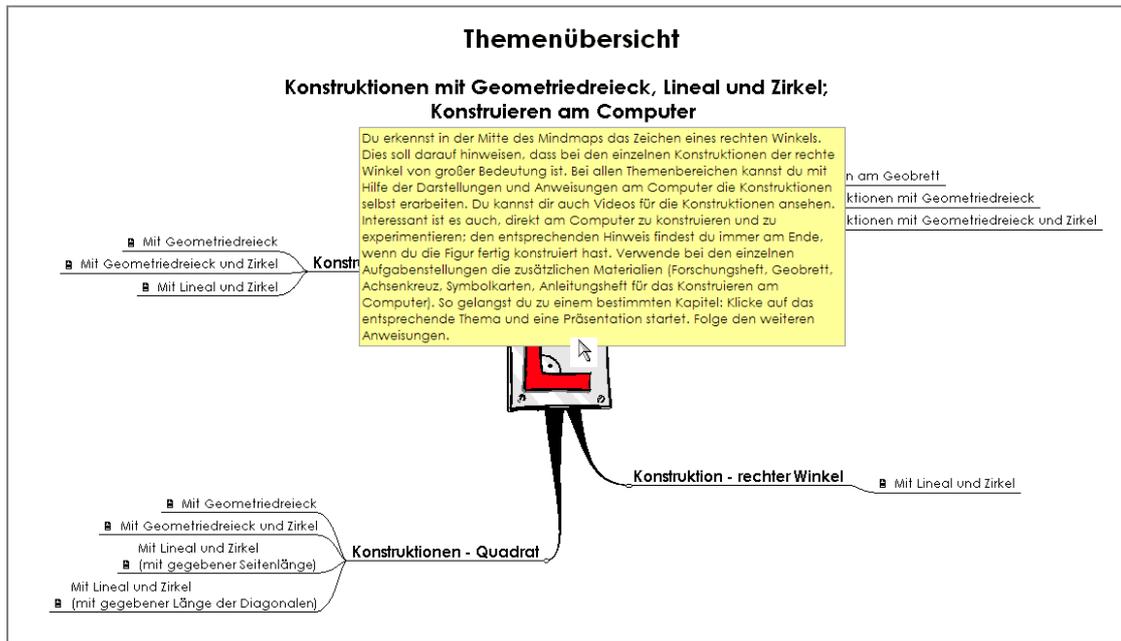


Abbildung 65: Allgemeine Hintergrundinformationen

Wird der Mauszeiger auf ein Hauptthema geführt, erhalten die Schüler/innen prinzipielle Informationen über den Aufbau des jeweiligen Kapitels. Weiters werden erste Hinweise zur Bearbeitung des Themengebietes gegeben (vgl. Abbildung 66).

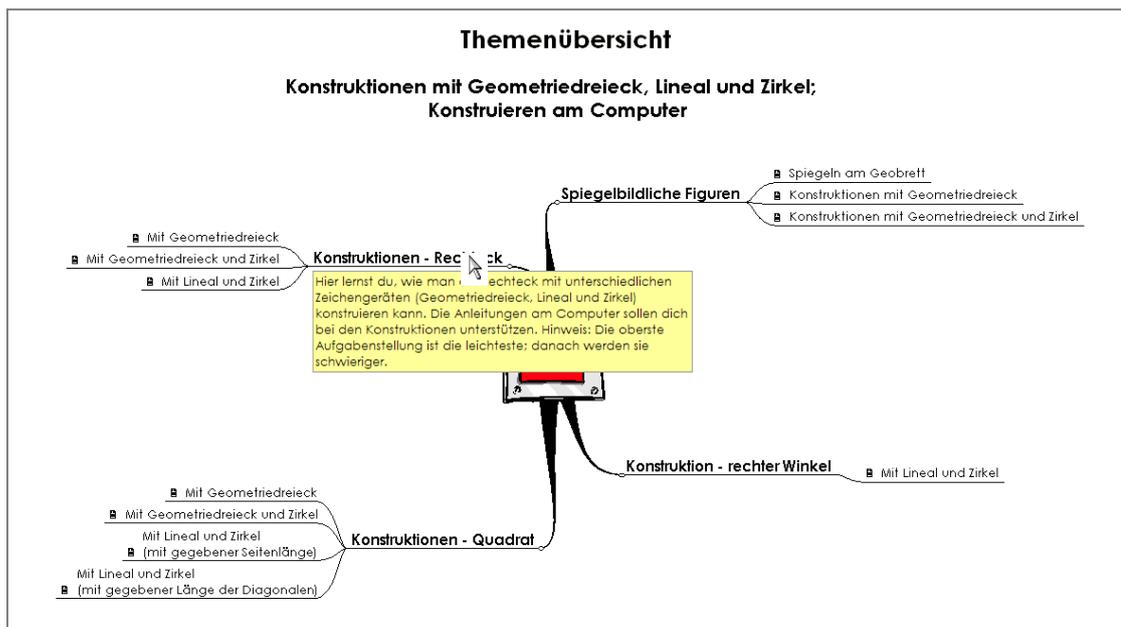


Abbildung 66: Spezielle Hintergrundinformationen für den Themenbereich

Eine so genannte „mouseover – Funktion“ lässt sich über eine entsprechende HTML-Programmierung umsetzen (vgl. Abbildung 67). Zeigt man mit der Maus auf einen bestimmten Bereich, erscheint ein Text mit den jeweiligen Informationen. Bei der Programmierung werden durch entsprechende Angaben jene Bereiche festgelegt, in denen die Funktion aktiv sein soll. Zudem kann die Schriftfarbe, die -größe, die -art, die Hintergrundfarbe, die Größe des Textfeldes und die Position, wo das Rechteck erscheinen soll, definiert werden. Es gäbe noch weitere Einstellungsmöglichkeiten hinsichtlich der Gestaltung, die jedoch für die vorliegende Anwendung nicht von Bedeutung sind.

```
<area shape="rect" coords="319,551,517,565" " style="cursor:default"
onmouseover="return overlib('Hier lernst du, wie man ein Quadrat mit
unterschiedlichen Zeichengeräten (Geometriedreieck, Lineal und Zirkel)
konstruieren kann. Die Anleitungen am Computer sollen dich bei den
Konstruktionen unterstützen. Hinweis: Die oberste Aufgabenstellung ist die
leichteste; danach werden sie schwieriger.', FGCOLOR, '#FFFF99',BGCOLOR,
'#999999',TEXTFONT, 'Century Gothic',TEXTSIZE, '13px', WIDTH, 400, CENTER,
ABOVE);" onmouseout="return nd();">
```

Abbildung 67: Ausschnitt – Quelltext („mouseover – Funktion“)

In jedem Themenbereich werden unterschiedliche Schwierigkeitsgrade angesprochen. Die Differenzierung erfolgt auf qualitativer Ebene hinsichtlich der Aufgabenstellung in Bezug auf die Verwendung unterschiedlicher Zeichengeräte und auf quantitativer Ebene bezüglich der bearbeiteten Konstruktionen. Der Schwierigkeitsgrad reicht von elementaren Konstruktionsaufgaben (Konstruieren unter Verwendung des Geometriedreiecks) bis hin zu komplexen Aufgabenstellungen – zB das Zeichnen eines rechten Winkels unter Verwendung von Lineal und Zirkel, oder die Anwendungen bei der Rechtecks- und Quadratkonstruktion, was höchste Ansprüche bezogen auf das Konstruieren im Grundschulbereich darstellt.

Durch Anklicken der jeweiligen Unterthemen (Link) gelangen die Schüler/innen zu den entsprechenden Aufgabenstellungen.

Zu Beginn eines jeden Kapitels stellt sich die Figur „Geolizi“ vor. Die Namensgebung beruht auf der Verwendung traditioneller Zeichengeräte der Kinder. Für die jeweiligen Konstruktionen sind „**Geometriedreieck – Lineal – Zirkel**“ erforderlich. Daraus wurden der Name und die Gestalt der Figur (**Geolizi**) kreiert – siehe Abbildung 68.



Abbildung 68: Geolizi

Die Figur „begleitet“ die Schüler/innen bei allen Konstruktionen und Aufgabenstellungen. Dieses Prinzip wird in vielen Schulbüchern angewendet und wurde deshalb auch mit einer eigens gestalteten Figur in analoger Weise übernommen.

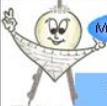
Auf den nächsten Seiten eines jeden Kapitels sind Informationen zur Handhabung und konkrete Angaben auf kindgemäße Weise formuliert. Ebenso werden die verwendeten Symbole / Darstellungen und deren Funktionen beschrieben. Der Aufbau und die Gestaltung der Bildschirmoberflächen der einzelnen Themenbereiche sind im Wesentlichen ident. Ein klarer und einheitlicher Aufbau des Screens hinsichtlich des Designs und der Anordnung der einzelnen Elemente unterstützt den Lernprozess (vgl. Blömeke 2003, S. 60ff).

In allen Bereichen werden das Arbeiten am Computer und die Handlungsebene mit realen Medien bzw. Zeichengeräten verknüpft. Im Vordergrund stehen dynamische Abläufe, die die Schüler/innen selbst steuern können. Dadurch ist auch eine Form der Selbstkontrolle gegeben und bildet die Grundlage für einen individualisierten Lernprozess.

5.4.3 Themengebiet: „Spiegelbildliche Figuren“

Zu Beginn sollen die Schüler/innen unter Verwendung von Geobrettern spiegelbildliche Punkte mittels Holzkugeln und spiegelbildliche Figuren mittels Gummiringen darstellen. Zusätzlich benötigen die Kinder noch ein Holzkreuz und einen selbstgefertigten Spiegel. Anhand des Computers werden die unterschiedlichen Aufgabenstellungen präsentiert. Durch Anklicken der Schaltfläche „Lösung“ können die Kinder selbstständig kontrollieren, ob ihre Ergebnisse richtig sind. Die Aufgaben werden nach Schwierigkeitsgrad differenziert angeboten: „Experte – Profi – Meisterklasse“. Über Hyperlinks können die Schüler/innen das entsprechende Niveau wählen (vgl. Abbildung 69).

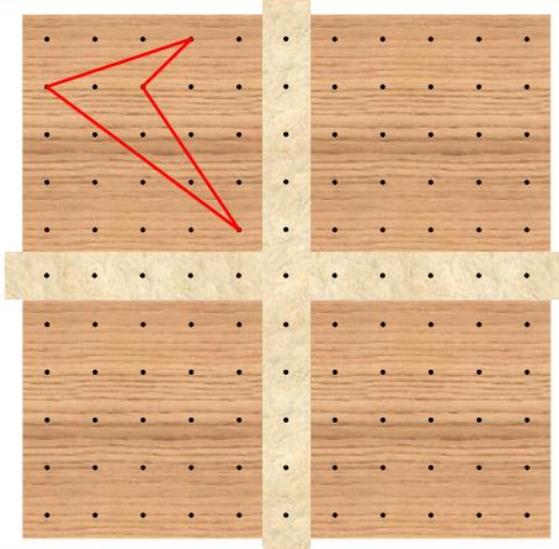
Ab der Schwierigkeitsstufe „Profi“ erhalten die Kinder ein persönliches Forschungsheft. Darin sollen sie die durchgenommenen Aufgaben dokumentieren – siehe Abbildung 70.

 Meisterklasse

Spiegelbildliche Figuren

Aufgabe 10

Spanne das Viereck auf deinem Geobrett, spiegle die Figur und spanne die neuen Figuren auf den anderen Geobrettern.
Wenn du möchtest, kannst du mit dem Spiegel dein Ergebnis nachprüfen!
Sobald du fertig bist, kontrolliere deine Lösung!



Übertrage die Figuren
in dein Forschungsheft



Lösung



Anleitung • Experte • Profi • Meisterklasse • Forschungsfragen

Abbildung 69: Beispielseite – spiegelbildliche Figuren



Abbildung 70: Ergebnissicherung im Forschungsheft

Nachdem die Schüler/innen die Aufgaben auf enaktiver und ikonischer Ebene gelöst und entsprechende Erfahrung beim Spiegeln von Punkten und Figuren (konkav und konvex) gesammelt haben, werden sie anhand von Forschungsaufgaben aufgefordert, die Eigenschaften symmetrischer Figuren herauszufinden. Anhand konkreter Forschungsfragen, animierter Darstellungen bzw. digitaler Arbeitsblätter (vgl. Abbildung 71) sollen sie ihre Erkenntnisse im Forschungsbuch verschriftlichen. Dabei können / sollen Fachgespräche innerhalb der Schüler/innengruppen entstehen.

Aufgaben 1 und 2: Anleitung - Forschungsheft, Seite 9 und 10

In deinem Forschungsheft findest du die Erklärungen für die angegebenen Symbole. Lies dir die Beschreibungen genau durch.

[Weiter](#)

Abbildung 71: Beispielseite – digitales Arbeitsblatt

Oberhalb der Zeichenfläche ist der Hinweis zu der / den entsprechenden Seite(n) im Forschungsheft angeführt. Durch Drücken auf den Link „Weiter“ gelangen die Schüler/innen zur nächsten Frage bzw. zu einer weiterführenden Aufgabenstellung.

Bei der Arbeit mit den interaktiven Arbeitsblättern sollen die Schüler/innen erste Erfahrungen im Umgang mit dem Zeichnen / Konstruieren am Computer erlangen. Durch den Einsatz des Computers lassen sich die Punkte symmetrischer Figuren in der Zeichenebene frei bewegen, sodass die Schüler/innen die spiegelbildliche Darstellung der jeweiligen Bildpunkte lückenlos verfolgen können. Auch Sonderfälle wie beispielsweise die Lage des Ursprunges auf der Spiegelachse können erzeugt werden und die Kinder sehen, dass auch der entsprechenden Bildpunkt auf der Symmetrieachse zum Liegen kommt. Weiters ist es mit einer dynamischen Darstellung möglich, die Lage der Spiegelachse

zu verändern und die Kinder erkennen, dass dabei die Eigenschaften der gespiegelten Punkte / Figuren erhalten bleiben (vgl. Weigand/Weth 2002, S. 171). Auf die Bedeutung des Zugmodus wurde in diesem Zusammenhang bereits in Kapitel 4.5.2 hingewiesen.

Wesentlich erscheint in einem forschend-entwickelnden Lernprozess der Schüler/innen die Bedeutung des Verbalisierens bzw. des Verschriftlichens der gewonnenen Erkenntnisse. Die Kinder sollen in einem Dokumentationsheft entsprechende Skizzen anfertigen, Beobachtungen, Vermutungen und Begründungen schriftlich festhalten (Sicherung des Unterrichtsertrages); ebenso können persönliche Anmerkungen ergänzt werden. Besonders interessante Darstellungen, welche anhand der interaktiven Arbeitsblätter erzielt wurden, können ausgedruckt und im Heft als Dokumentation der eigenen Forschungsarbeit festgehalten werden (vgl. Ulm 2005, S. 110; S. 144f). Dabei soll – soweit dies der Entwicklungsstand der Kinder zulässt – auf die Verwendung jeweiliger Fachbegriffe geachtet werden. Die Schulung und Verwendung der Fachsprache wird auch in den österreichischen Bildungsstandards für Mathematik im Kompetenzbereich „Kommunizieren“ gefordert:

„Mathematische Sachverhalte verbalisieren und begründen Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können mathematische Begriffe und Zeichen in Wort und Schrift benützen, ...“ (Bundesgesetzblatt Teil II, Nr. 1/2009, S. 5).

Bestimmte Eigenschaften lassen sich auch mit traditionellen Medien (zB Geobrett) herausfinden. Die Verwendung interaktiver Arbeitsblätter oder generell dynamischer Geometriesoftware fordert die Schüler/innen zu anderen Beschreibungen der Zusammenhänge als beim Einsatz statischer Medien heraus (vgl. Weigand/Weth 2002, S. 171).

„Die bisher „üblichen“ statischen Beschreibungen wie etwa „Urpunkt und Bildpunkt haben von der Achse denselben Abstand“ werden durch den Computer zu eher handlungsorientierten Formulierungen wie „Bewegt man den Ursprung auf die Achse zu, so folgt ihm der Bildpunkt immer in gleicher Entfernung von der Achse auf der anderen Seite“ oder „Wenn man den Ursprung auf einer Strecke bewegt, dann bewegt sich der Bildpunkt auf einer gleichlangen Strecke““ (Weigand/Weth 2002, S. 171).

In Abbildung 72 sind zwei unterschiedliche Formen der Beschreibung des Sachverhaltes erkennbar. Die linke Beschreibung deutet auf die Arbeit mit statischen Materialien hin, während die rechte Formulierung nach der Verwendung des dynamischen Arbeitsblattes entstanden ist.

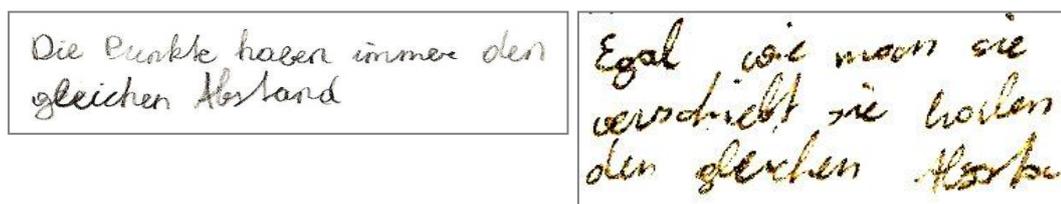


Abbildung 72: Schüler/innenantworten – bezogen auf die Forschungsfrage: „Welchen Abstand haben spiegelbildliche Punkte von der Spiegelachse?“

Sobald die Schüler/innen die Eigenschaften spiegelbildlicher Punkte herausgefunden und diese auch in ihren Forschungsheften festgehalten haben, stehen ihnen zwei Aufgabenstellungen zur Wahl: „Konstruktionen mit Geometriedreieck“ und „Konstruktionen mit Geometriedreieck und Zirkel“. Nach der Begrüßungsseite haben die Kinder die Möglichkeit, sich die Konstruktion in Form eines kurzen Videos anzusehen. Damit erhalten sie eine Vorstellung über den Zeichenvorgang (vgl. Abbildung 73).



Abbildung 73: Seite mit Video-Link

Bezüglich der Erarbeitung des Konstruktionsvorganges und des Einsatzes der Zeichengeräte werden den Kindern die notwendigen Informationen auf unterschiedliche Weise angeboten:

- Textbasierte Beschreibung der Handlung
Die Anleitungstexte sind in kindgemäßer Sprache abgefasst, wobei auf die Verwendung von Fachbegriffen, soweit sie im Bereich der Grundschule relevant sind, Wert gelegt wird.
- Dynamische Darstellung des Konstruktionsschrittes mit realen Abbildungen der Zeichengeräte (vgl. Abbildung 74); die aktuellen Elemente der Konstruktion werden in roter Farbe dargestellt; bereits gezeichnete Elemente werden in grauer Farbe (entspricht dem Zeichnen mit dem Bleistift) veranschaulicht. Damit treten die neu zu zeichnenden Komponenten in den Vordergrund. Ein direkter Bezug zur Beschreibung (Anleitungstext) wird dadurch hergestellt.

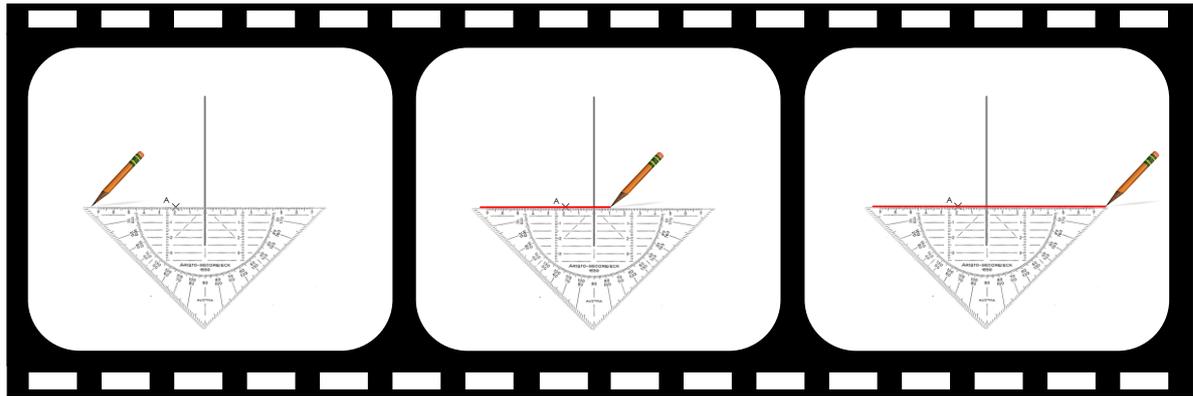


Abbildung 74: Segmentierte Darstellung des dynamischen Zeichenvorganges

Nach Fertigstellung der Konstruktion erscheint nochmals eine Zusammenfassung – vgl. Abbildung 75. Darin ist die Konstruktion abgebildet, die wichtigen Eigenschaften sind verschriftlicht. Nachdem die Schüler/innen die Informationen betrachtet und gelesen haben, können sie die Konstruktion am Computer in Form eines digitalen Arbeitsblattes durchführen oder sie bearbeiten die Aufgaben im Forschungsheft. Die Kinder haben auch die Möglichkeit, zur Themenübersicht zurückzukehren und mit einer anderen Aufgabenstellung zu beginnen.

Zusammenfassung:
Eigenschaften spiegelbildlicher Punkte

Spiegelpunkte liegen auf einer Geraden senkrecht zur Spiegelachse und haben denselben Abstand zur Spiegelachse.

Hier kommst du zu einer interessanten Konstruktionsaufgabe mit dem Computer.
Klicke mit der linken Maustaste auf die Schaltfläche mit dem roten Pfeil.

Zurück zur Themenübersicht

Wenn mit dem Geometriedreieck und dem Zirkel konstruieren möchtest, versuche die Aufgaben in deinem Forschungsheft zu bearbeiten.

Abbildung 75: Zusammenfassung und Wahlmöglichkeiten

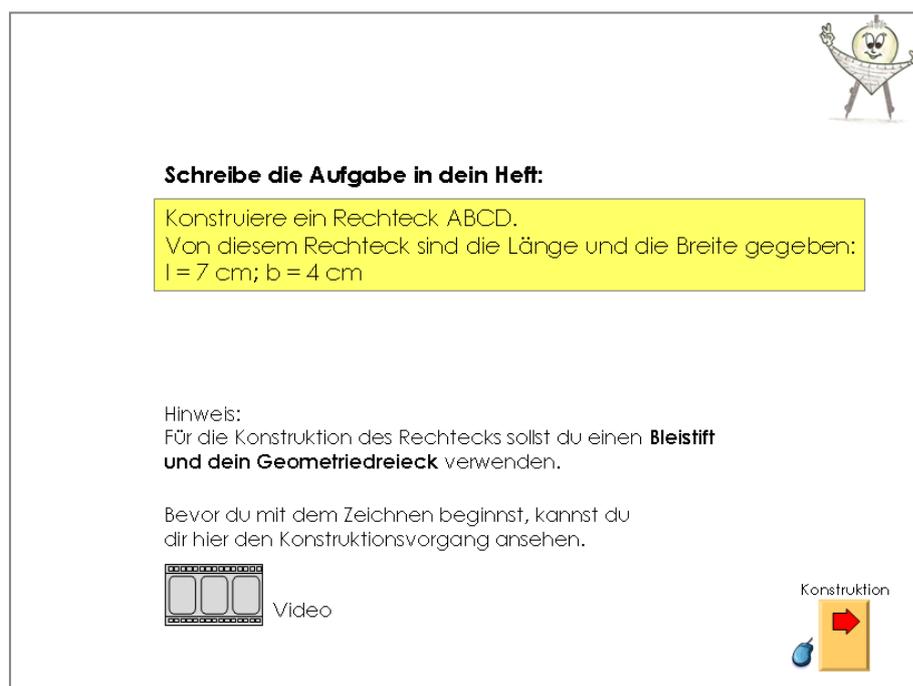
Ergänzend werden im Forschungsheft weitere Aufgabenstellungen angeboten, die die Schüler/innen zum Arbeiten mit traditionellen Zeichengeräten anregen (siehe Anhang). Dabei können sie die

Zeichengeräte selbst wählen. Ziel ist es, spiegelbildliche Figuren zu konstruieren und so den Umgang mit Geometriedreieck und Zirkel zu schulen.

5.4.4 Themengebiete: „Konstruktion - Rechteck“ und „Konstruktion - Quadrat“

Ausgangspunkt ist wieder die Übersichtsseite (Mindmap). Die beiden Hauptkapitel verzweigen sich in weitere Unterkapitel (vgl. Abbildung 64). In diesen werden die Konstruktionsvorgänge zu den jeweiligen Hauptthemen mit unterschiedlichen Zeichengeräten dargestellt.

Nach der Begrüßungsseite und den Informationsseiten gelangen die Schüler/innen zur Angabe für die jeweilige Konstruktion; diese ist in das Geometrieheft zu übertragen, damit zu einem späteren Zeitpunkt die Grundlage der Konstruktion nachvollziehbar ist. Ebenso werden auf dieser Seite die Zeichengeräte angeführt, die für die Konstruktion verwendet werden sollen. Einen Überblick über die jeweilige Konstruktion erhalten die Schüler/innen anhand eines eingebetteten Videos – siehe Abbildung 76. Die Schüler/innen können nun die Konstruktion auf Grund der genauen Beobachtung des Videos durchführen oder sie folgen den einzelnen dynamisch gestalteten Konstruktionschritten.



Schreibe die Aufgabe in dein Heft:

Konstruiere ein Rechteck ABCD.
Von diesem Rechteck sind die Länge und die Breite gegeben:
 $l = 7 \text{ cm}$; $b = 4 \text{ cm}$

Hinweis:
Für die Konstruktion des Rechtecks sollst du einen **Bleistift**
und dein **Geometriedreieck** verwenden.

Bevor du mit dem Zeichnen beginnst, kannst du
dir hier den Konstruktionsvorgang ansehen.

Video

Konstruktion

Abbildung 76: Screen mit Aufgabenstellung und Video-Link

Zu Beginn der Konstruktion ist am linken Seitenrand ein Hinweis bezüglich der Platzaufteilung notiert – siehe Abbildung 77. Dies erscheint wesentlich, da die einzelnen Konstruktionen auf der Basis einer Trägergeraden, auf der die Strecke AB liegen soll, gestaltet sind, und die Schüler/innen – vor allem in der Erarbeitungsphase – wahrscheinlich noch nicht das Vorwissen haben, dass sich die Konstruktion

nach oben erweitert. Die Platzaufteilung beim Konstruieren wird auch im Sinne der Vorausplanung im Bereich des Ausführungswissens (vgl. Kapitel 3.1.2) oftmals als Fehlerursache beschrieben (vgl. Franke 2007, S. 292).

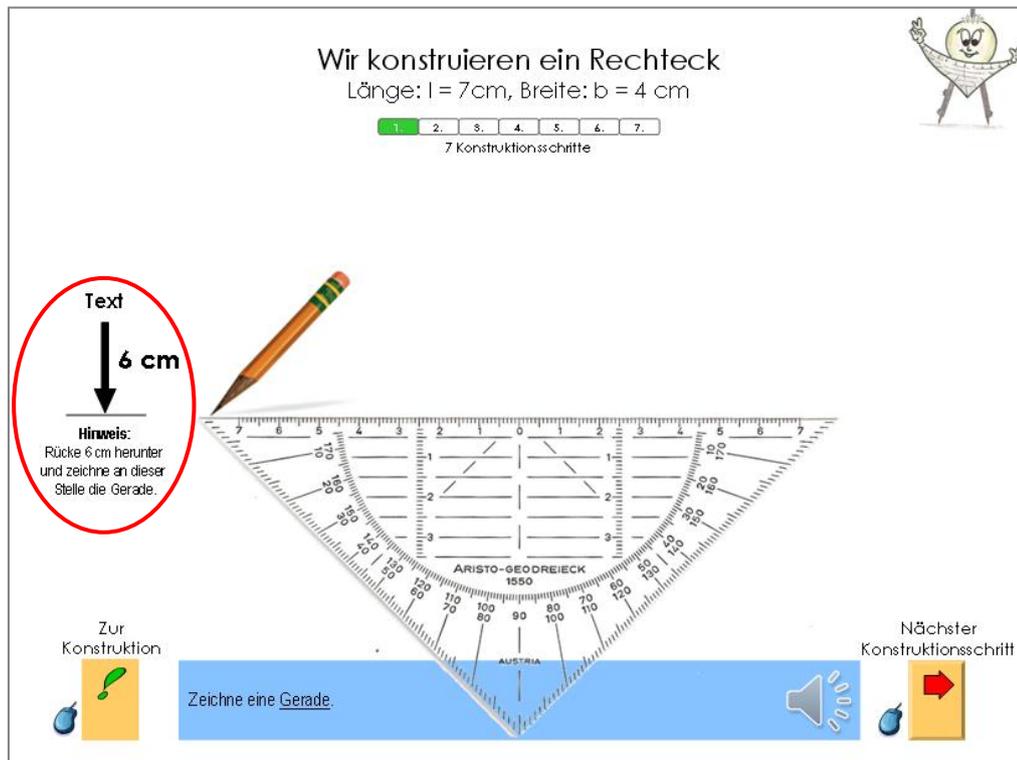


Abbildung 77: Darstellung realer Zeichengeräte und Platzangabe für die Trägergerade

Auf den Seiten, die die einzelnen Konstruktionsschritte veranschaulichen, ist ein so genannter „Fortschrittsbalken“ abgebildet (vgl. Abbildung 77 bzw. Abbildung 78). Dieser erfüllt drei Funktionen: Die Darstellung soll eine Übersicht über die Anzahl der notwendigen Konstruktionsschritte geben; weiters erhalten die Schüler/innen einen Hinweis, in welcher Phase der Konstruktionsabfolge sie sich derzeit befinden (grün unterlegtes Viereck mit weißer Beschriftung). Als dritte Funktion können die Kinder durch Anklicken bereits vollzogener Konstruktionsschritte (grün unterlegte(s) Viereck(e) mit schwarzer Beschriftung) die vorangegangenen Schritte nochmals betrachten und – bei Bedarf – flexibel zwischen den Teilschritten navigieren (Linkfunktion).

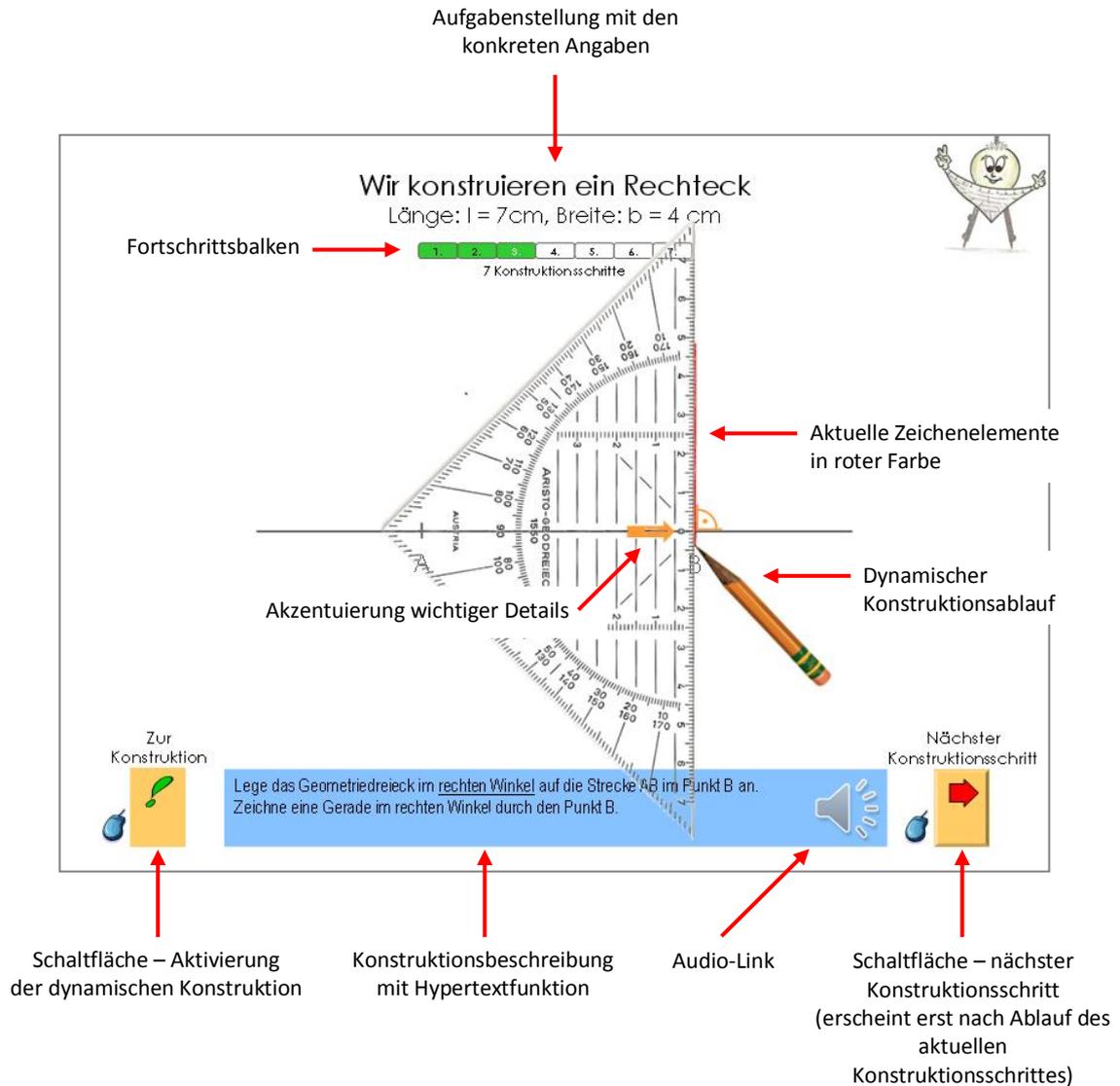


Abbildung 78: Screen mit Konstruktionsanleitung, Fortschrittsbalken, Hypertext und interaktiven Schaltflächen

Bei den einzelnen Teilschritten der Konstruktion stehen den Schülerinnen / Schülern unterschiedliche Hilfestellungen zur Verfügung:

- Textbasierte Beschreibung der Handlung (vgl. Kapitel 5.4.3)
- Dynamische Darstellung des Konstruktionsschrittes mit realen Abbildungen der Zeichengeräte (vgl. Kapitel 5.4.3)
- Akustische Erklärungen mit Zusatzinformationen
Die Audiotexte liefern analog zu den Textbausteinen grundsätzlich dieselben Informationen.

Zudem werden noch zeichentechnische Hinweise und der Verweis auf die Erklärungen der Fachbegriffe erwähnt.

- Die im Text verwendeten Fachbegriffe werden über Hyperlinkkfunktion kindgemäß erläutert (siehe Abbildung 79). Ergänzend zu den fachlichen Erklärungen sind zeichentechnische Hinweise visuell und sprachlich (in Textform) abgebildet.

Strecke






Eine **Strecke** ist die **kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten**.
Eine **Strecke** hat einen **Anfangspunkt** und einen **Endpunkt**.
Punkte werden immer mit **Großbuchstaben** beschriftet.




Zum **Zeichnen und Messen von Strecken** benötigst du ein **Lineal** oder ein **Geometriedreieck**.
Du kannst Strecken auch mit einem Zirkel abschlagen.

Zum Schließen der Seite klicke mit der linken Maustaste auf diese Schaltfläche: 

Abbildung 79: Erklärung – Begriff „Strecke“

Am Ende des Konstruktionsganges können die Schüler/innen entscheiden, ob sie sich die Konstruktion nochmals in Form eines Videos ansehen, ob sie die Konstruktionsschritte am Computer nochmals nachvollziehen möchten oder ob sie die Konstruktion am Computer durchführen möchten. Klicken die Kinder auf die verkleinerte Darstellung des Mindmaps, so gelangen sie wieder zur Themenübersicht (vgl. Abbildung 80).

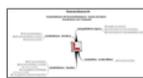
Wir konstruieren ein Rechteck

Länge: $l = 7\text{ cm}$, Breite: $b = 4\text{ cm}$

1 2 3 4 5 6 7
7 Konstruktionsschritte



Zurück zur Themenübersicht



Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Rechtecks mit einem Farbstift genau nachzeichnen.
Achte darauf, dass du die Seiten sauber nachzeichnest!

Video als Zusammenfassung:



Zum Beginn der Konstruktion



Konstruktion mit dem Computer



Abbildung 80: Screen mit Wahlmöglichkeiten

In Abbildung 81 sind beispielhaft Konstruktionen von drei Schüler/innen dokumentiert.

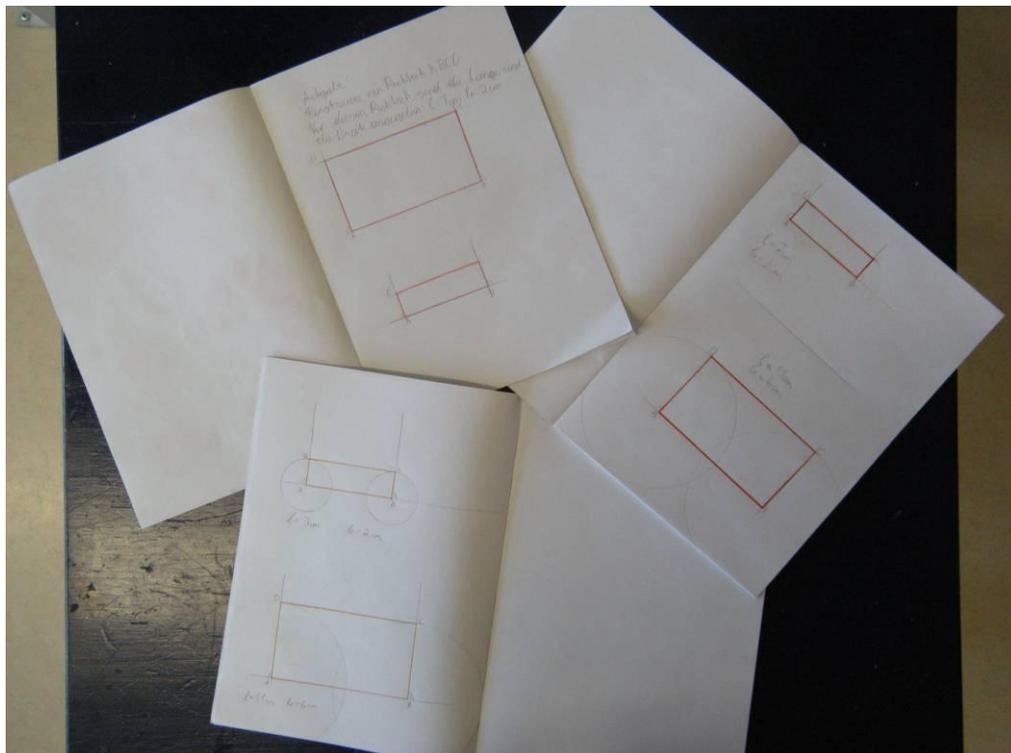


Abbildung 81: Schüler/innenkonstruktionen

Wählt eine Schülerin / ein Schüler das Konstruieren am Computer, so erhalten die Kinder zusätzliche Unterlagen: Symbolkarten mit den Erklärungen der einzelnen Symbole für die Arbeit mit den digitalen Arbeitsblättern und ein Konstruktionsheft. In diesem Heft sind die einzelnen Konstruktionsschritte beschrieben und die entsprechenden Schaltflächen abgebildet. Unter Verwendung der Konstruktionsanleitungen und der Symbolkarten sollen die Schüler/innen die jeweilige Figur konstruieren. Entsprechende Hinweise bekommen die Schüler/innen nach dem Öffnen des interaktiven Arbeitsblattes (siehe Abbildung 82).

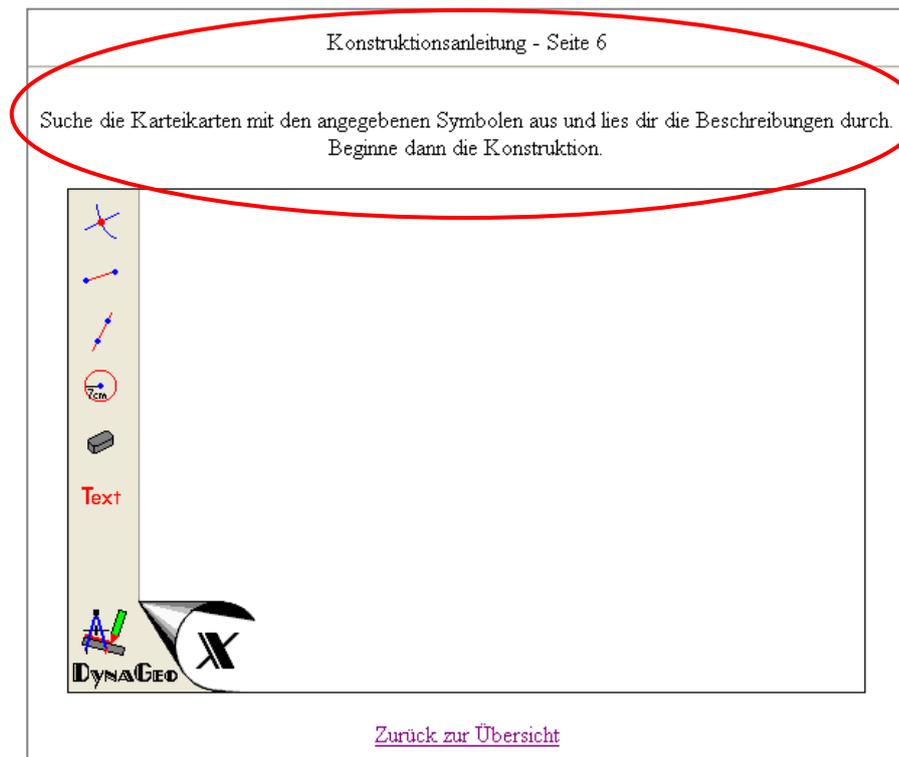


Abbildung 82: Interaktives Arbeitsblatt mit entsprechenden Hinweisen

Die Symbolkarten (siehe Abbildung 83) bieten den Vorteil, dass die Schüler/innen jene Funktionskarten auswählen können, die sie zur Bewältigung der Aufgabe benötigen. Diese können in einer Setzleiste positioniert werden.



Abbildung 83: Symbolkarten mit Setzleiste

Konstruktionsschritte

Konstruiere ein Quadrat ABCD.
Von diesem Quadrat ist die Länge der Seite gegeben: $s = 5 \text{ cm}$

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

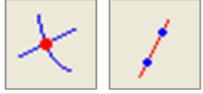
Zeichne eine Gerade. Zeichne in einem Punkt der Geraden einen Kreis mit beliebigem Radius (zum Beispiel: $r = 2 \text{ cm}$).	
Die Kreislinie schneidet die Gerade in zwei Punkten. Kennzeichne diese Schnittpunkte.	
Zeichne einen Kreis mit demselben Radius (wie zuvor); ein Schnittpunkt ist der Mittelpunkt.	
Die beiden Kreislinien schneiden einander in zwei Punkten. Kennzeichne diese Schnittpunkte. Zeichne durch diese beiden Punkte eine Gerade.	
Die beiden Geraden schneiden einander in einem Punkt	

Abbildung 84: Auszug aus dem Konstruktionsheft

Da der Konstruktionsvorgang am Computer manchmal vom Konstruktionsablauf mit traditionellen Zeichengeräten abweicht, ist eine Hilfestellung in Form des Konstruktionsheftes (vgl. Abbildung 84 und Abbildung 85) sinnvoll. Das vollständige Konstruktionsheft ist im Anhang beigelegt.

Am Ende jeder Konstruktionsbeschreibung befinden sich zwei wichtige Hinweise zum Ausprobieren und Forschen: Die Schüler/innen sollen durch die Anwendung der Zugmodusfunktion bestimmte Punkte in ihrer Lage verändern. Konstruierte und somit abhängige Punkte verändern ebenso ihre Lage wie die bewegten Punkte selbst. Die grundlegenden Eigenschaften wie beispielsweise rechte Winkel bei Quadrat und Rechteck müssen aber – bei korrekter Konstruktion – stets erhalten bleiben. Die Größen und Lagen der Figuren können sich ändern.

Der zweite Hinweis bezieht sich auf das eigenständige Finden anderer Konstruktionsgänge als der im Forschungsheft beschriebene Ablauf. Die meisten Konstruktionen lassen sich – mit denselben Werkzeugen – auf unterschiedliche Weise zeichnen. Im Sinne der Individualisierung werden die Schüler/innen aufgefordert, Vorgehensweisen zu überlegen, zu erproben und wenn möglich zu notieren.



Abbildung 85: Konstruieren am Computer unter Zuhilfenahme des Konstruktionsheftes

Nach Fertigstellung der Konstruktion kann bei entsprechender Infrastruktur in der Klasse / Schule die Zeichnung ausgedruckt werden (vgl. Abbildung 86). Durch Eintragen des Namens (mittels Textbox) sind die Ausdrücke den jeweiligen Schülerinnen und Schülern eindeutig zuordenbar. Die Konstruktionshefte können durch Einkleben der Ausdrücke der Computerkonstruktionen und durch Eintragen der selbst entwickelten Konstruktionsbeschreibungen individuell gestaltet werden.

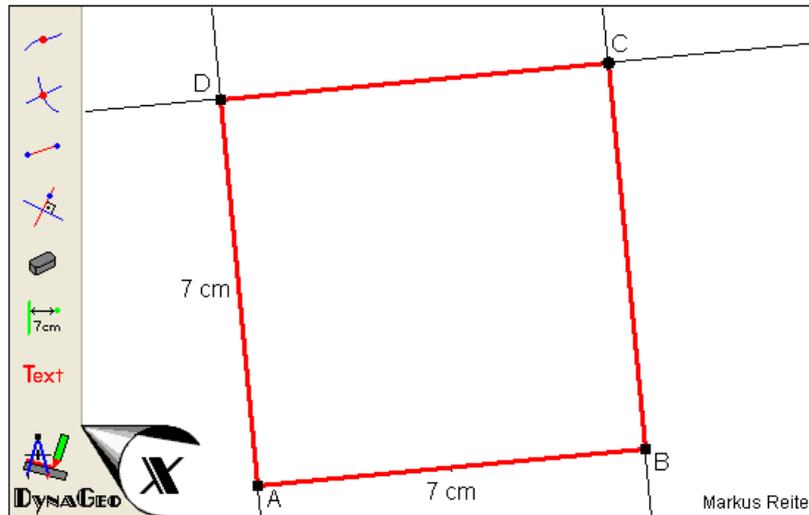


Abbildung 86: Ausdruck – Quadratkonstruktion

Sobald die Schüler/innen ihre Konstruktion fertig gestellt haben, kommen sie durch Drücken auf den Link „Zurück zur Übersicht“ wieder zum Mindmap.

Um einen Überblick über den gesamten Aufbau zu erhalten, sind in den nachfolgenden Darstellungen (Abbildungen 87, 88 und 89) die einzelnen Folien – exemplarisch für eine Konstruktion – in Form von einzelnen Screens dargestellt.

Wir konstruieren ein Quadrat mit dem Geometriedreieck

Weiter

Liebe Schülerin! Lieber Schüler!

Herzlich willkommen bei spannenden Aufgaben im Bereich der Geometrie!
Ich möchte mich kurz vorstellen.

Ich bin **Geolizi**!

Ich werde dich bei den kommenden Aufgaben begleiten.

Viel Spaß beim Konstruieren!

Weiter

Liebe Schülerin! Lieber Schüler!

Auf den nächsten Seiten findest du eine Anleitung, wie du ein Quadrat mit einem Geometriedreieck konstruieren kannst. Lies dir zuvor die Erklärungen genau durch!

1. Wenn du mit der linken Maustaste auf dieses Symbol klickst, kannst du dir noch zusätzliche Informationen anhören.
2. Versuche danach die Figur in deinem Heft zu konstruieren.
3. Wenn du mit der linken Maustaste auf dieses Symbol klickst, kannst du die einzelnen Konstruktionschritte genau verfolgen.
4. Wenn du mit dem Konstruktionschritt fertig bist, klicke mit der linken Maustaste auf dieses Symbol: So kommst du zum nächsten Konstruktionschritt.
5. Ein Fortschrittsbalken zeigt dir noch weitere Informationen:
Wenn du einen bestimmten Konstruktionschritt nochmals anschauen möchtest, klicke auf das entsprechende Rechteck (mit schwarzer Umrandung).
Das grüne Rechteck (mit weißer Umrandung) zeigt dir, bei welchem Konstruktionschritt du dich derzeit befindest.
So viele Schritte sind notwendig, um die Figur zu konstruieren.

Aufgabe

Schreibe die Aufgabe in dein Heft:

Konstruiere ein Quadrat ABCD.
Von diesem Quadrat ist die Länge der Seite gegeben:
 $s = 7 \text{ cm}$

Hinweis:
Für die Konstruktion des Quadrats sollst du einen Bleistift und dein Geometriedreieck verwenden.

Bevor du mit dem Zeichnen beginnst, kannst du dir hier den Konstruktionsvorgang ansehen.

Video

Zur Konstruktion

Wir konstruieren ein Quadrat Länge: $s = 7 \text{ cm}$

7 Konstruktionschritte

Text
9 cm

Hinweis:
Richte 9 cm herbei und zeichne an dieser Stelle die Gerade.

Zur Konstruktion
Zeichne eine Gerade

Nächster Konstruktionschritt

Wir konstruieren ein Quadrat Länge: $s = 7 \text{ cm}$

7 Konstruktionschritte

Zur Konstruktion

Nächster Konstruktionschritt
Maße einen Punkt an der Geraden beschrifte diesen Punkt mit A.
Mess $s = 7$ der Gerade an. Beschrifte diese Seite mit B.
Beschreibe den neuen Punkt mit E.

Abbildung 87: Quadratkonstruktion – Screens Teil 1

Wir konstruieren ein Quadrat
Länge: $s = 7\text{ cm}$

1 2 3 4 5 6 7
7 Konstruktionschritte

Zur Konstruktion
Lege das Geometriedeck im rechten Winkel auf die Strecke AB im Punkt B an. Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt B.

Nächster Konstruktionsschritt

Wir konstruieren ein Quadrat
Länge: $s = 7\text{ cm}$

1 2 3 4 5 6 7
7 Konstruktionschritte

Zur Konstruktion
Messe auf der Geraden eine Strecke (= Breite des Geometrials $s = 7\text{ cm}$) ab. Beschrifte den neuen Punkt C.

Nächster Konstruktionsschritt

Wir konstruieren ein Quadrat
Länge: $s = 7\text{ cm}$

1 2 3 4 5 6 7
7 Konstruktionschritte

Zur Konstruktion
Lege das Geometriedeck im rechten Winkel auf die Strecke AB im Punkt A an. Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt A. Messe auf der Geraden eine Strecke von A aus (= Breite des Geometrials $s = 7\text{ cm}$) ab. Beschrifte den neuen Punkt D.

Nächster Konstruktionsschritt

Wir konstruieren ein Quadrat
Länge: $s = 7\text{ cm}$

1 2 3 4 5 6 7
7 Konstruktionschritte

Zur Konstruktion
Verbinde die beiden Punkte D und C.

Nächster Konstruktionsschritt
Kontrolle: Alle Winkel im Quadrat müssen rechte Winkel sein!

Wir konstruieren ein Quadrat
Länge: $s = 7\text{ cm}$

1 2 3 4 5 6 7
7 Konstruktionschritte

Zurück zur Themenübersicht

Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Quadrats mit einem Farbstift genau nachzeichnen. Achte darauf, dass du die Seiten sauber nachzeichnest!

Video als Zusammenfassung:

Zum Beginn der Konstruktion

Konstruktion mit dem Computer

Konstruiere nun das Quadrat am Computer.
Verwende dazu das Heft mit den Konstruktionsanleitungen.

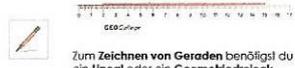
Konstruktion mit dem Computer

Abbildung 88: Quadratkonstruktion – Screens Teil 2

Gerade



Eine **gerade Linie** nennt man **Gerade**.
Eine **Gerade** hat **keinen Anfang und kein Ende**.



Zum **Zeichnen von Geraden** benötigst du ein **Lineal** oder ein **Geometriedreieck**.

Zum Schließen der Seite klicke mit der linken Maustaste auf diese Schaltfläche: 

Strecke



Eine **Strecke** ist die **kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten**.
Eine **Strecke** hat **einen Anfangspunkt und einen Endpunkt**.
Punkte werden immer mit **Großbuchstaben** beschriftet.



Zum **Zeichnen und Messen von Strecken** benötigst du ein **Lineal** oder ein **Geometriedreieck**.
Du kannst Strecken auch mit einem **Zirkel** abschlagen.

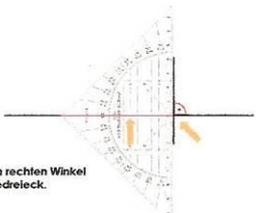
Zum Schließen der Seite klicke mit der linken Maustaste auf diese Schaltfläche: 

Rechter Winkel

Faltwinkel
(Winkelschablone)



Zeichen für einen rechten Winkel

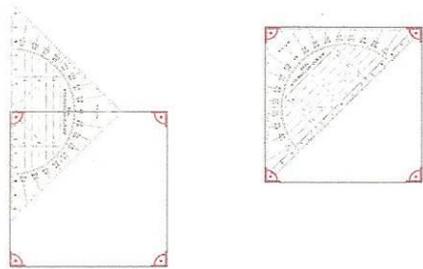


Zum **Zeichnen von Linien im rechten Winkel** benötigst du ein **Geometriedreieck**.

Merke: Eine Gerade, die zu einer anderen Geraden im rechten Winkel steht, nennt man auch **senkrechte Gerade**.

Zum Schließen der Seite klicke mit der linken Maustaste auf diese Schaltfläche: 

Kontrollmöglichkeit - rechter Winkel



Zum Schließen der Seite klicke mit der linken Maustaste auf diese Schaltfläche: 

Abbildung 89: Quadratkonstruktion – Erklärungsseiten

6 Erprobung und Evaluation der Handreichungen der multimedialen Lernumgebung „Geolizi“

Die Erprobung der Handreichungen erfolgte in zwei aufeinander folgenden Schuljahren in jeweils unterschiedlichen Klassen der Grundstufe II.

6.1 Erprobung und Evaluierung: Erste Testphase

Im Schuljahr 2009/2010 wurden die Handreichungen – auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung (vgl. Kapitel 2) – konzipiert. Nach dieser Entwicklungsphase wurde im Sommersemester 2010 in einer ersten Testphase die Arbeit mit der computerunterstützten Lernumgebung im Rahmen des Geometrieunterrichts in vier Grundschulklassen im Schulalltag getestet.

6.1.1 Zielsetzungen, Methoden und Ergebnisse

Primäres Ziel der Erprobung und der anschließenden Evaluierung war, zu überprüfen, ob die konzipierte computerunterstützte Lernumgebung für den schulischen Einsatz geeignet ist, d. h. im Speziellen, ob die Schüler/innen mit den angebotenen Medien arbeiten und sich neues Wissen aneignen und Fertigkeiten erwerben können. Ebenso war die Akzeptanz seitens der Lehrer/innen bezüglich der Aufbereitung der Themen und der praktischen Arbeit (Computerunterstützung im Geometrieunterricht) von großem Interesse. Weiters galt es herauszufinden, welche persönlichen Empfindungen und Eindrücke die Lehrer/innen bei der Arbeit in den Klassen bewegten. Während der Testphase wurden die Kinder in ihrem Arbeitsverhalten (voranging vom Autor) beobachtet. Zusätzlich wurde noch besonders auf die Stabilität und Funktionalität der technischen Grundlagen geachtet. Ergänzend zu den Beobachtungen wurden auch Fotodokumentationen und tw. Videoaufzeichnungen angefertigt.

Nach Ende des Unterrichts wurde jeweils eine Feedbackrunde mit den Kindern abgehalten und ein Rückmeldegespräch mit den Lehrerinnen / Lehrern geführt. In den Gesprächen mit den Lehrkräften sollte die persönliche Befindlichkeit der Lehrpersonen zum Ausdruck gebracht werden und ein reflexives, „nachträgliches lautes Denken“ im Sinne von Wagner et al. (1981) über die erlebten Unterrichtssequenzen ermöglicht werden. Das „nachträglich laute Denken“ hat nach Uttendorf-Marek (1981, S. 26ff) zum Ziel, beide Seiten von Unterricht – die äußere und die innere Realität – zu reflektieren. Die äußere Realität wird im Rahmen der Beobachtung deutlich: Sowohl Schüler/innen als auch Lehrer/innen zeigen gewisse Verhaltensweisen in der jeweiligen Interaktionssituation. Dieses kann von außenstehenden Personen beobachtet werden. Die innere Realität spielt sich jedoch in einem für eine Beobachterin / einen Beobachter unsichtbaren, verborgenen Raum ab, nämlich in den Köpfen der handelnden Personen. Im Sinne der gemeinsamen Reflexion des Unterrichts sollten

die Lehrer/innen ihre persönlichen Gedanken, Empfindungen, Beobachtungen etc. frei und ungefiltert äußern. Ziel war es also, die nicht-beobachtbaren Prozesse zu erfassen und daraus Rückschlüsse zu ziehen, welche Reaktionen, Gefühle, Wahrnehmungen usw. bei der Arbeit mit der computerbasierten Lernumgebung bei den Lehrerinnen / Lehrern hervorgerufen wurden. Außerdem eignet sich diese Methode auch im Sinne einer Selbstreflexion, erlebte Situationen nachträglich nochmals bewusst zu rekonstruieren, indem man sie einer anderen Person verbalisiert (vgl. Uttendorf-Marek 1981, S. 38f; Wagner 1981, S. 343).

Die Gespräche mit den Lehrerinnen / Lehrern wurden mittels Diktiergerät aufgenommen und unter Verwendung der Software „f4“ transkribiert. Vor Beginn des Gesprächs wurden den Lehrpersonen die Zielsetzungen dieser Methode erläutert und begründet. Dadurch konnten sie sich auf die Situation einstellen und entsprechend vorbereiten. Auf Grund langjähriger beruflicher Zusammenarbeit herrschte zwischen den Gesprächspartnern von Beginn an eine entspannte Atmosphäre.

Die Interviews und Beobachtungen wurden in Anlehnung an die Klassen lernprozessbezogener Qualitätskriterien zur Evaluierung digitaler Lernumgebungen nach Niegemann (2001, S. 162ff): Handhabung und Motivierung, allgemeindidaktische bzw. pädagogisch-psychologische Kriterien und fachdidaktische Kriterien (Hauptkriterien) sowie ethische und ästhetische Aspekte auf deskriptive Weise ausgewertet. Die drei Hauptkriterien dienten dabei als Folie für die Beschreibungen und Bewertungen.

6.1.2 Auswahlkriterien der Klassen bzw. Lehrer/innen und vorbereitende Maßnahmen

Die Auswahl der Klassen (vgl. Tabelle 12) bzw. der teilnehmenden Lehrpersonen erfolgte nach zwei Kriterien: Es sollten Kinder aus dritten als auch aus vierten Klassen bei dieser ersten Erprobung mitwirken, da sich die Inhalte der Lernumgebung auf die lehrplanmäßigen Vorgaben der Grundstufe II beziehen. Hinsichtlich der Lehrer/innen wurde der Anspruch erhoben, dass sowohl Personen mit großer persönlicher Eigenkompetenz im Bereich der Computeranwendung als auch Lehrkräfte mit eher geringen Vorkenntnissen teilnehmen. Ziel war es, die entwickelten Unterlagen im gesamten Klassenverband zu testen. Dies erfordert ein eigenständiges Arbeiten seitens der Kinder. Alle Lehrer/innen gaben an, in einem hohen Maße schüler/innenorientierte Unterrichtsmethoden zu bevorzugen, sodass ein selbstständiges Arbeitsverhalten vorausgesetzt werden konnte.

Volksschulen	Anzahl der Schüler/innen
Volksschule Eisenstadt	20
Volksschule Horitschon	15
Volksschule Siegendorf	13
Übungsvolksschule der PH - Wolfgarten	24

Tabelle 12: Teilnehmende Klassen – erste Testphase

Um die notwendigen Rahmenbedingungen schaffen zu können, wurden neben der Computerausstattung der jeweiligen Schulen die notwendige Anzahl von Notebooks seitens der Pädagogischen Hochschule Burgenland zur Verfügung gestellt. Ebenso wurden alle erforderlichen Materialien (Geobretter, Spiegel, Holzkreuze, Anleitungshefte etc.) in Klassenstärke vom Autor zur Verfügung gestellt. Die Lehrer/innen wurden im Rahmen einer Fortbildungsveranstaltung mit der Aufgabenstellung vertraut gemacht. Zwischen diesem Treffen und der tatsächlichen Arbeit in der Klasse war noch genügend Zeit, um die notwendigen Lernvoraussetzungen zu schaffen. Die Lehrpersonen sollten – nach einer persönlichen Vorbereitungsphase, im Zuge derer sie alle Unterlagen erhielten – die Handreichungen testen. Dies erfolgte an zwei zeitlich auseinander liegenden Vormittagen. Zwei Zeitpunkte wurden daher anberaumt, um festzustellen, ob sich das Nutzungsverhalten der Schüler/innen bei einem wiederholten Arbeiten mit den Medien verändert. Die Entscheidung hinsichtlich der zu behandelnden Themen wurde den Lehrerinnen / Lehrern frei gestellt. Nach einem gemeinsam entwickelten Zeitplan fand die praktische Arbeit in den Klassen statt.

6.1.3 Erste Erprobung der Handreichungen – Rückmeldungen und Beobachtungen

Nach einer Instruktionsphase seitens der Lehrer/innen, in der der Aufbau der Lernumgebung, die einzelnen Medien, die Handhabung und die Zielsetzungen für den Vormittag erläutert wurden, arbeiteten die Kinder eigenständig an den ausgewählten Themengebieten. Insbesondere wurde versucht, dass den Kindern nur in „Ausnahmefällen“ durch die Lehrperson geholfen würde; die Lernenden sollten sich vielmehr in einem selbstständigen, kooperativen Lernprozess, indem der Computer eine zentrale Funktion einnimmt, mit den Inhalten auseinandersetzen.

Die persönlichen Eindrücke der Lehrer/innen und die Beobachtungen (vom Autor - RM) werden im Folgenden auf der Basis der drei Hauptkriterien nach Niegemann (2001, S. 162ff) zusammengefasst:

▪ **Handhabung und Motivierung**

Wesentliche Voraussetzung beim Einsatz computerunterstützter Lernumgebungen ist die technische Stabilität der verwendeten Programme. Eine unkomplizierte Handhabung ist dann gewährleistet, wenn eine klar strukturierte Übersichtlichkeit, eine einheitliche Systematik (zB Verwendung gleicher Symbole für gleiche Funktionen) und ein für die Navigation funktional gestaltetes Screen-Design gegeben sind. Ebenso sind Hilfestellungen und Hinweise auf grundlegende Informationen klar zu kennzeichnen.

Hinsichtlich der Motivation ist zu berücksichtigen, dass bestimmte Elemente die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die relevanten Lerninhalte lenken und dass Formen der Selbstkontrolle zur Bestätigung der Lernleistungen integriert sind.

Aussagen der Lehrkräfte:

In ihren Aussagen gaben alle vier Lehrer/innen an, dass sie zu Beginn des Vormittags ziemlich aufgereggt waren, da sie noch nie zuvor Computer bei der Behandlung geometrischer Inhalte verwendeten. Sie meinten, dass es für sie ein Wagnis wäre, denn sie konnten ihre Schüler/innen nicht einschätzen, wie sie sich mit den geplanten Inhalten auseinandersetzen und in welchem Ausmaß sie sich auf die Arbeit mit dem Computer einlassen würden. Die Kolleginnen/Kollegen berichteten, dass sich nach der gemeinsamen Instruktionsphase die Nervosität legte, da sie merkten, wie motiviert die Kinder an die Aufgabenstellungen herangingen. Sie konnten beobachten, wie sich die Kinder in die Materie vertieften und merkten zusehends, wie sie in die Rolle der Beraterin / des Beraters schlüpfen. Diesbezüglich meinte eine Lehrperson:

„Also man kommt wirklich eher ins Beobachten und ins Coachen, wenn es notwendig ist. Der Computer übernimmt sehr viel Erklärungsarbeit.“

Alle Lehrkräfte hoben den klaren Aufbau und eindeutige Struktur der Computeranwendungen hervor. Den Aussagen der Lehrer/innen zufolge haben die einzelnen Medien, die die Kinder benutzen konnten, einen hohen Aufforderungscharakter, sodass nicht unbedingt der Computer im absoluten Zentrum der Aufmerksamkeit stand. Die qualitätsvolle und ansprechende Gestaltung der Medien wurde von allen vier Kolleginnen / Kollegen als ein Grund für die hohe Motivation seitens der Schüler/innen genannt.

Beobachtungen (RM):

Die Kinder aller Klassen waren mit großer Begeisterung bei der Arbeit, sie beschäftigten sich sehr intensiv mit den einzelnen Themenbereichen. Dies zeigte sich darin, dass die Kinder über die Pausen hinweg tätig waren und dass sie nachfragten, ob sie an einem anderen Tag nochmals daran arbeiten

könnten. Nach den gemeinsamen Instruktionsphasen arbeiteten die Kinder selbstständig in unterschiedlichen Sozialformen: Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit – je nach Themenstellung. Von technischer Seite her gab es keine Probleme, die Verknüpfung der einzelnen Elemente funktionierte einwandfrei und die Schüler/innen hatten keine Schwierigkeiten, sich im Programm zurechtzufinden. Auch die Kombination von „hands-on“ Medien und der Arbeit am Computer stellte für die Kinder kein Problem dar (vgl. Abbildung 90).



Abbildung 90: Kombination – „hands-on“ Medien und Computereinsatz

▪ **Allgemeindidaktische bzw. pädagogisch-psychologische Kriterien**

In diesem Zusammenhang sind Aspekte der kindgemäßen Textgestaltung, der qualitativen Differenzierung der Aufgabenstellungen sowie der Integration von Erklärungen verwendeter Fachbegriffe von Bedeutung. Ebenso ist die Frage zu beantworten, ob bei der Darstellung der Lerninhalte ausschließlich textbasierende oder andere, medienspezifische Formen angeboten werden. Dabei gilt es zu beurteilen, in welcher Qualität Bilder, Abbildungen und Videos verwendet werden. Bezüglich der Interaktivität soll beurteilt werden, ob diese den didaktischen Anforderungen gerecht und ob im Sinne der Adaptivität differenzierende Komponenten (Wahl des Lerntempos, Differenzierungsmaßnahmen etc.) integriert werden.

Aussagen der Lehrkräfte:

Bezüglich der Textgestaltung waren alle Kolleginnen/Kollegen derselben Meinung, dass die Texte grundsätzlich in kindgemäßer Weise formuliert wären, es jedoch wichtig sei, dass die Kinder eine entsprechende Lesekompetenz als Voraussetzung mitbringen. Ebenso müssen die Kinder gelernt haben, genau zu lesen, damit sie die Anweisungen umsetzen können. Die Lehrer/innen gaben

durchwegs an, dass sich die meisten Fragen der Kinder auf Grund oberflächlichen Lesens der Texte ergaben und dass durch Hinweisen auf die jeweilige Textpassage die Kinder ihre Fragen selbst beantworten konnten. Eine Kollegin merkte an, dass die verwendete Fachsprache (Fachbegriffe) für manche Kinder ungewohnt war und sie dadurch nicht weiterarbeiten konnten. Als Begründung gab die Kollegin an, dass die geometrischen Begriffe bisher im Unterricht nicht so intensiv verwendet wurden.

Die Lehrer/innen hoben als besonderes Merkmal der Gestaltung die realistischen Darstellungen der Zeichengeräte hervor und fanden es positiv, dass die Kinder den Fortgang durch Weiterklicken selbst steuern können. Diese beiden Aspekte stellten wesentliche Grundlagen für die selbstständige Erarbeitung dar. Dadurch war eine Form der Individualisierung gegeben, sodass kein Kind über- bzw. unterfordert wird. Eine Kollegin äußerte sich diesbezüglich folgendermaßen:

„Die Kinder haben schon sehr unterschiedlich gearbeitet. Manche haben wirklich tolle, hervorragende Leistungen erbracht. Manche haben sich noch schwer getan, die haben eher weniger geschafft. Manche waren zufrieden damit, was sie geschafft haben und wählten dann aus, was ihnen Spaß machte. Bei manchen hat es damit geendet, dass sie nur mehr mit dem Zirkel konstruiert haben, was für mich dann auch o.k. war.“

Beobachtungen (RM):

Die Beobachtungen bezüglich der Inhalte der meisten Fragen der Kinder decken sich mit den Aussagen der Lehrer/innen. Die häufigsten Problembereiche stellten die verwendeten Fachbegriffe und die Formulierungen in der Fachsprache dar. Diese Beobachtung / Erkenntnis führte auch zu einer Überarbeitung und Erweiterung im Verlauf der folgenden Erprobungsphase durch Hypertextfunktionen bei Fachbegriffen, um den Lernprozess noch mehr in die Selbstständigkeit der Kinder zu übertragen. Da die Kolleginnen / Kollegen den Lernenden innerhalb einer Thematik Freiräume ließen, konnten sich die Kinder die Reihenfolge der Aufgabenstellungen frei wählen. Interessant war zu beobachten, dass sehr häufig Konstruktionsaufgaben, bei denen der Zirkel verwendet werden sollte, von den Kindern bearbeitet wurden. Die Handhabung des Zirkels löste offensichtlich bei den Kindern einen gewissen Reiz aus (vgl. Abbildung 91). Auf Grund der animierten Darstellungen war es für die Schüler/innen möglich, die Konstruktionen eigenständig zu bearbeiten; da in den Testklassen jeweils zwei Kinder an einem Computer / Notebook tätig waren, entstanden intensive Fachgespräche innerhalb der Partnergruppen.



Abbildung 91: Konstruktionen mit dem Zirkel

▪ **Fachdidaktische Kriterien**

Im Zusammenhang mit der fachlichen Richtigkeit und der kindgemäßen, didaktischen Aufbereitung der curricular verankerten Inhalte sind Antworten auf die Fragen nach den Zielsetzungen, der Förderung des Transfers des erworbenen Wissens (eventuelle qualitative Differenzierung), nach möglichen Zusatzmaterialien („hands-on“ Medien, Forschungshefte etc.) und deren sinnvolle Verknüpfung mit den Darstellungen am Computer von Bedeutung.

Aussagen der Lehrkräfte:

Die Kombination der Medien und die unterschiedlichen Aktivitäten mit diesen wurden von allen vier Lehrpersonen als besonders wertvoll bezeichnet. Die Kinder können dadurch auf unterschiedliche Weise ausprobieren und auch selbst kontrollieren. Zwei Kolleginnen betonten in diesem Zusammenhang, dass dadurch den Unsicheren Mut gemacht wurde, sich auf die Aufgabe einzulassen und dass den unterschiedlichen Lerntypen nachgekommen wurde. Durch die Animationen könnten die Kinder genau beobachten, wie sie selbst die Konstruktionen durchführen sollten. Eine Lehrerinnenaussage dazu:

„ ... weil es einfach ansprechend ist, die Animation zu sehen, dass da der Bleistift „fährt“ oder der Zirkel „kommt und arbeitet“. Das ist auch der Reiz, der hineingebracht wurde. Da es nicht nur so mathematisch oder abstrakt ist, sondern ein Kindheitsbezug hergestellt wurde. Und das ist auch den Kindern aufgefallen.“

Ebenso wurde auch die Hilfestellung mit dem Konstruktionsheft für die Arbeit mit dem Computer (interaktive Arbeitsblätter) positiv erwähnt. Zwei Lehrer/innen meinten, dass eine bessere Abstimmung zwischen der Aufgabenstellung am Computer und der jeweiligen Heftseite erfolgen

sollte, weil sie beobachtet haben, dass die Kinder einige Zeit suchen mussten, um die richtige Anleitungsseite zu finden.

Beobachtungen (RM):

Die Schüler/innen konnten mit Hilfe der einzelnen Medien die Aufgaben problemlos bearbeiten. Das Geobrett und der Umgang mit dem Spiegel waren den Kindern bekannt. Die Konstruktionen am Computer wurden nicht von allen Kindern durchgeführt. Viele Kinder waren von der Arbeit mit den traditionellen Zeichengeräten so gefesselt, dass sie kein Verlangen hatten, am Computer zu zeichnen. Für jene Schüler/innen, die anhand der digitalen Arbeitsblätter die Figuren konstruierten, war das Anleitungsheft eine entsprechende Hilfestellung. Einige Kinder wendeten die Zugmodusfunktion bei den fertig konstruierten Figuren an (Größen- und Lageveränderungen) – siehe Abbildung 92 – und konnten weiters mit Hilfe eines zusätzlichen Informationsblattes (für ergänzende Funktionen mit der rechten Maustaste) Punkte beschriften und Linien nach Stärke und Farbe verändern.

Im Sinne der Differenzierung wurden einigen Kindern nach Absolvierung der Konstruktion einer Figur analoge Aufgabenstellungen seitens der Lehrer/innen gegeben. So konnten sie selbst „überprüfen“, ob sie die Konstruktion nun eigenständig durchführen konnten. Bei jenen Kindern, denen dies nicht gelungen ist, konnte beobachtet werden, dass sie auf die animierte Darstellung des Konstruktionsganges zurückgriffen.

Bei der Bearbeitung des Themenkreises „Spiegelbildliche Figuren“ konnte beobachtet werden, dass der Übertrag von der Realdarstellung (Spiegelaufgaben am Geobrett) auf die zeichnerische Ebene für viele Kinder eine große Herausforderung darstellte. Selbst anhand der Abbildungen am Computer (Lösungsseiten) mussten sich einige Kinder sehr anstrengen, das idente Bild in den Raster zu übertragen. Bei der Bearbeitung der Forschungsfragen zu diesem Themenkreis war zu sehen, dass sehr viele Kinder Schwierigkeiten hatten, die Beobachtungen zu verbalisieren. Dies zeigte sich teilweise im Zuhilfenehmen der Lehrer/innen bzw. in unpräzisen Formulierungen.

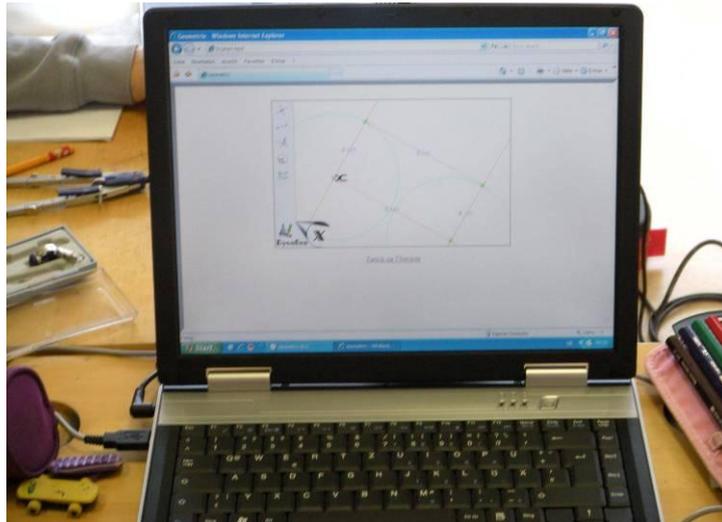


Abbildung 92: Konstruieren mit dem Computer

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die ersten Testläufe in den einzelnen Klassen sehr positiv verlaufen sind. Gewisse Mängel wurden durch die Reflexionsgespräche und die Beobachtungen aufgedeckt und waren Anlass zu einer entsprechenden Modifizierung. Bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgabenstellungen aus dem Themenbereich „Spiegelbildliche Figuren“ gab es kaum Schwierigkeiten. Nur die Handhabung des Übersichtsblattes mit den Funktionsbeschreibungen der Ikonarstellungen für das Arbeiten mit den dynamischen Arbeitsblättern war für die Kinder unübersichtlich. Im Rahmen der Erarbeitung unterschiedlicher Konstruktionsmöglichkeiten von Rechteck und Quadrat wurden einige Elemente verändert bzw. neue Funktionen hinzugefügt. Die Schüler/innen waren auf Grund der vielfältigen Medien hoch motiviert, sich mit den Komponenten der Lernumgebung auseinanderzusetzen und konnten auf individuelle Weise die einzelnen Themengebiete bearbeiten. Auch die intensive Arbeit mit dem Computer, obwohl sie zuvor – lt. Aussage aller Lehrer/innen – noch keine geometrischen Inhalte bearbeitet hatten, stellte für die Schüler/innen keine Probleme dar. Der Grund, warum einige Kinder keine Konstruktionen anhand der digitalen Arbeitsblätter durchführten, lag eher daran, dass sie persönlich lieber mit den anderen Medien arbeiteten.

Auf Grund der Beobachtungen und der Rückmeldungen erfolgte in den Sommermonaten eine Überarbeitung der Handreichungen. Im Rahmen dieser Modifizierung kam es zu einer Änderung des Layouts (in grafischer und textlicher Hinsicht) und zur Integration neuer Elemente wie Audiofiles und Videos (inklusive entsprechender Schaltflächen). Ebenso wurde die Steuerung innerhalb der Lernumgebung durch Einfügen weiterer Schaltflächen am Ende der Konstruktionsbeschreibung („Zurück zur Übersicht“ und „Zum Beginn der Konstruktion“) flexibler. Für die Arbeit mit den

dynamischen Arbeitsblättern wurden die Symbolkarten gestaltet, da die bisherige Übersichtsliste für die Kinder zu unübersichtlich schien. Weiters wurden die interaktiven Arbeitsblätter um die Funktionen „Textbox“ und „Objekt löschen“ erweitert.

6.2 Erprobung und Evaluierung: Zweite Testphase

6.2.1 Zeitlicher Ablauf, Zielsetzungen und Methoden der Evaluierung

Die neue Version der computerunterstützten Lernumgebung sollte während eines ganzen Schuljahres 2010/2011 in fünf Klassen getestet werden. Im Laufe dieses Zeitraumes sollten die Schüler/innen bei der Bearbeitung der einzelnen Themenbereiche beobachtet werden.

Im September 2010 wurde ein Fragebogen an alle beteiligten Lehrkräfte ausgegeben, der die Zielsetzungen im Rahmen des persönlichen Geometrieunterrichts und der Einstellung und Erwartungen hinsichtlich des Einsatzes von Computern im Geometrieunterricht abbilden sollte (vgl. Fragebogen im Anhang). In einer Fortbildungsveranstaltung für die teilnehmenden Lehrer/innen zu Beginn des Schuljahres 2010/2011 wurde die Arbeit mit der Lernumgebung von den Lehrpersonen simuliert und die Implementierungsmöglichkeiten in den persönlichen Unterricht diskutiert. Am Ende der Veranstaltung erhielten alle Lehrkräfte die erforderlichen Unterlagen und Medien. Weiters wurde die Art und Weise der kontinuierlichen Betreuung und Begleitung der Lehrer/innen festgelegt. Der Testzeitraum wurde bis Mitte Juni 2011 anberaumt, wobei ein Treffen (Erfahrungsaustausch) am Ende des Wintersemesters vereinbart wurde.

Vorrangiges Ziel dieser zweiten Testphase bestand darin, die Lernumgebung dahingehend zu überprüfen, ob ein eigenständiges Arbeiten seitens der Kinder möglich ist. Die Lehrpersonen waren angehalten, die Rolle einer Begleiterin / eines Begleiters einzunehmen, um zu sehen, ob die Lernumgebung die erforderlichen Rahmenbedingungen gewährleistet, damit ein selbstständiger Lernprozess stattfinden kann. Weiters sollten sie etwaige Schwachstellen festhalten, um möglichst rasch konkrete Verbesserungen einarbeiten zu können. Die Analyse der computergestützten Lernumgebung erfolgte auf Basis einer formativen Evaluierung (vgl. Scriven 1967, o.S. zit. nach Döring 2010, S. 261; Niegmann 2001, S. 159f), wodurch während der Testphase kurzfristig auf bestimmte Beobachtungen mit entsprechenden Interventionen reagiert werden konnte. Durch ein regelmäßiges „update“ der Lernumgebung würde es möglich sein, die Wirksamkeit und Brauchbarkeit der Änderungen zeitnah im schulischen Kontext zu überprüfen. Diese Maßnahme erwies sich als sinnvoll, da die Lehrer/innen während der ersten Erprobungen in den Klassen erkennen mussten, dass die Interpretation der Fachsprache, d.h. das Wissen der Bedeutungen der einzelnen Fachbegriffe, großteils nicht vorhanden war. Als Maßnahme wurden die Erklärungsseiten

ergänzend eingefügt. Außerdem wurden die dynamischen Konstruktionsabläufe durch einen Fortschrittsbalken erweitert, um den Kindern mehr Übersicht im Konstruktionsablauf zu ermöglichen.

Um die Effektivität der einzelnen Maßnahmen eruieren zu können, erhielten die Schüler/innen im Laufe der Testphase Protokollblätter (siehe Abbildung 93 bzw. im Anhang), die sie während der Er- bzw. Bearbeitung der jeweiligen Themengebiete ausfüllen sollten. Zielsetzung bei der Gestaltung des Protokollblattes war es, Aufschluss darüber zu erhalten, welche Informationselemente aus dem Angebot von den Kindern genutzt wurden und Rückmeldung zu erhalten, ob diese für sie hilfreich waren, in dem Sinne, dass sie die Konstruktion weiter fortführen können. Der Begriff „Verständlichkeit“ ist in diesem Zusammenhang so zu verstehen, ob die erhaltenen Informationen / Erklärungen über den jeweiligen Begriff hilfreich waren, sodass sie nach Aufrufen der Erklärungsseiten den Konstruktionsprozess eigenständig fortsetzen konnten.

Die Fragestellungen hinsichtlich der Betrachtung des Videos vor Beginn der eigenen Konstruktion (siehe Abbildung 93) nehmen eine Art Sonderstellung ein. Sie beziehen sich einerseits auf die Situation vor Betrachten des Videos („Ich wollte wissen, wie die Figur konstruiert wird.“) und andererseits auf die Situation nach Betrachten des Videos („Ich kann jetzt die Figur selbst konstruieren. Ich brauche keine Hilfe mehr.“ / „Ich kann die Figur noch nicht selbst konstruieren. Ich brauche noch Hilfe.“). Um noch deutlicher den möglichen „Mehrwert“ (durch Betrachten des Videos) herausfiltern zu können, wäre es – bei einer weiteren Erprobung – aufschlussreich, die Fragestellungen in zwei zeitliche Situationen zu splitten:

Interessante Fragen *vor Betrachten* des Videos:

- Ich konnte die Figur vollständig konstruieren.
- Ich konnte die Figur teilweise konstruieren, einige Teilschritte fehlen mir aber noch.
- Ich konnte die Figur nicht selbstständig kontrollieren. Ich brauche noch Hilfe.

Zielführende Fragen *nach Betrachten* des Videos könnten sein:

- Mit dem Video konnte ich meine Konstruktion kontrollieren.
- Nach Betrachten des Videos konnte ich die fehlenden Konstruktionsschritte eigenständig durchführen.
- Nach Betrachten des Videos konnte ich die Figur selbstständig konstruieren.

Bei der Konzeption des Protokollblattes war stets die kindgerechte Gestaltung im Zentrum der Überlegungen. Dies bedeutet, dass die Einfachheit der Fragestellungen bzw. die Komplexität des gesamten Fragebogens gegeben sein musste. Die Schüler/innen sollten die Protokollblätter parallel zu den eigentlichen Aufgabenstellungen ausfüllen und durften nicht zu sehr von der eigentlichen Konstruktion abgelenkt werden. Dieser Gestaltungsaspekt sollte auch bei einer Modifizierung stets berücksichtigt werden.

Protokollblatt von: _____ ausgefüllt
 am: _____

Thema der Konstruktionsaufgabe: (Kreuze bitte an!)

<input type="checkbox"/> Quadrat mit Geometriedreieck	<input type="checkbox"/> Rechteck mit Geometriedreieck
<input type="checkbox"/> Quadrat mit Geometriedreieck und Zirkel	<input type="checkbox"/> Rechteck mit Geometriedreieck und Zirkel
<input type="checkbox"/> Quadrat mit Lineal und Zirkel	<input type="checkbox"/> Rechteck mit Lineal und Zirkel
<input type="checkbox"/> Quadrat mit Lineal und Zirkel (Diagonale)	

Das ist meine

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
----	----	----	----	----	----	----

 Konstruktionsaufgabe.
 (Kreuze bitte an!)



	Lies dir bitte die Sätze aufmerksam durch!	Kreuze bitte an:
	Ich habe mir das Video der Konstruktion angesehen .	Kreuze bitte an, warum du dir das Video angesehen hast! <input type="checkbox"/> Ich wollte wissen, wie die Figur konstruiert wird. <input type="checkbox"/> Ich kann jetzt die Figur selbst konstruieren. Ich brauche keine Hilfe mehr. <input type="checkbox"/> Ich kann die Figur noch nicht selbst konstruieren. Ich brauche noch Hilfe.
	Ich habe die Beschreibungen für die einzelnen Konstruktionsschritte gelesen .	Die Beschreibungen waren für mich verständlich. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ich habe mir die Beschreibungen für die einzelnen Konstruktionsschritte	Die Hinweise waren für mich verständlich. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Abbildung 93: Protokollblatt (Auszug)

Die Schüler/innen sollten am Ende der Testphase noch die Möglichkeit erhalten, ihre Erfahrungen mitzuteilen. Anhand des Abschlussfragebogens (siehe Anhang) wurden die Lernenden gebeten, Auskunft bezüglich der Bedienerfreundlichkeit, der angebotenen Unterstützungen, der Verwendung traditioneller Zeichengeräte vs. Computer zu geben. Außerdem wurden sie gefragt, in welchem Ausmaß die selbstständige Erarbeitung unterschiedlicher geometrischer Problemstellungen (Konstruktionen) mit der computergestützten Lernumgebung möglich ist.

Im Juni 2011 erhielten die Lehrer/innen einen weiteren Fragebogen (vgl. dazu Fragebogen im Anhang), der, nach einer einjährigen Testphase, die Einstellung hinsichtlich des Einsatzes von Computern im Geometrieunterricht – unter Verwendung der entwickelten Lernumgebung – darstellen sollte. Um die beiden Fragebögen personenbezogen vergleichen zu können und so eine

eventuelle Einstellungsänderung feststellen zu können, wurden die Fragebögen in Form von Codierungen oder namentlich (je nach Wunsch der jeweiligen Lehrkraft) definiert.

6.2.2 Auswahlkriterien der Klassen bzw. Lehrer/innen und vorbereitende Maßnahmen

Für diese Erprobung wurden fünf Klassen ausgewählt, deren Lehrer/innen sich bereit erklärten, im Rahmen ihrer Unterrichtsarbeit die Handreichungen über das ganze Schuljahr zu testen. Auswahlkriterien waren wiederum Schulklassen der Grundstufe II und Lehrer/innen, die keine speziellen Vorerfahrungen im Umgang mit Computer im Sinne der Eigenkompetenz als auch hinsichtlich der Implementierung im Geometrieunterricht (lt. eigenen Aussagen) aufweisen. Letztere Aspekte erschienen besonders wichtig, da eine der Zielsetzungen bei der Entwicklung der Handreichungen darin bestand, eine computerunterstützte Lernumgebung zu gestalten, bei deren Verwendung im Unterricht keine besonderen computertechnischen Vorkenntnisse erforderlich sein müssen. Es waren vier reine Jahrgangsklassen und eine Klasse, in der sowohl Kinder der dritten als auch der vierten Schulstufe unterrichtet wurden, an der Testung beteiligt (vgl. Tabelle 13). Die Einbindung einer wenig gegliederten Klasse erscheint bezüglich der Umsetzung der Lernumgebung hinsichtlich der inneren Differenzierung von Bedeutung.

Volksschulen	Anzahl der Schüler/innen
Volksschule Großhöflein (3. Klasse)	16
Volksschule Großhöflein (4. Klasse)	18
Volksschule Horitschon (4. Klasse)	13
Übungsvolksschule der PH – Wolfgarten (4. Klasse)	14
Volksschule Neutal (3.+ 4. Klasse)	15

Tabelle 13: Teilnehmende Klassen – zweite Testphase

Die technische Ausstattung in den Versuchsklassen war mit mindestens vier Computern hinreichend gegeben. Für die Erprobung sollte die computerunterstützte Lernumgebung integrativ eingesetzt werden, sodass immer nur eine bestimmte Anzahl von Schülerinnen / Schülern an den Themen arbeiten konnte. Die einjährige Testphase sollte so wirklichkeitsgetreu wie möglich ablaufen. Ein Einsatz im Klassenverband ist auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung (vgl. Kapitel 2) hinsichtlich der für die Unterrichtstätigkeit zur Verfügung stehenden Computer unrealistisch.

6.2.3 Ergebnisse der Auswertungen der Protokollblätter (Schüler/innen)

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Auswertung der Protokollblätter aus fünf Klassen dargestellt. Die freien Antworten der Schüler/innen wurden inhaltlich zusammengefasst und sprachlich korrekt wiedergegeben.

	Ja	Nein	n
Ich habe mir das Video der Konstruktion angesehen. (vor der Konstruktion)	74,7 %	25,3 %	87
Ich habe mir das Video der Konstruktion angesehen. (nach der Konstruktion)	47,4 %	52,6 %	95

Tabelle 14: Betrachten der Videos vor bzw. nach der Konstruktion

Die Tabelle 14 zeigt, dass drei Viertel der Schüler/innen von der Möglichkeit Gebrauch machten, vor Beginn der Erarbeitung der Konstruktion die dynamische Darstellung des Konstruktionsablaufes zu betrachten und so einen Überblick über den Sachverhalt zu gewinnen. Lediglich ein Viertel der Kinder begannen gleich mit der schrittweisen Konstruktion der jeweiligen Figur.

Die Begründungen, warum sie sich die Videos angesehen haben, sind in der nachfolgenden Tabelle (vgl. Tabelle 15) ersichtlich. Knapp die Hälfte der Schüler/innen gab an, dass sie neugierig waren, wie die Konstruktion abläuft (Motivationsaspekt). Nach Betrachten des Videos fühlten sich fast 50 % der Schüler/innen in der Lage, die Konstruktion eigenständig durchzuführen. Nur ca. fünf von hundert Kindern benötigen noch Hilfe, um die Konstruktion sachgemäß durchführen zu können.

Ich wollte wissen, wie die Figur konstruiert wird.	47,7 %	n = 65
Ich kann jetzt die Figur selbst konstruieren. Ich brauche keine Hilfe mehr.	47,7 %	n = 65
Ich kann die Figur noch nicht selbst konstruieren. Ich brauche noch Hilfe.	4,6 %	n = 65

Tabelle 15: Begründungen für das Betrachten der Videos vor Konstruktionsbeginn

Nach Abschluss der Konstruktion ist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Gruppe, die das Video angesehen bzw. nicht angesehen hat, festzustellen (vgl. Tabelle 14).

Als persönliche Gründe gaben die Kinder folgende Aspekte an (vgl. Tabelle 16).

Begründungen (Häufigkeiten in Klammer)
<ul style="list-style-type: none"> • Weil es mich interessiert hat. (14) • Damit ich mich besser auskenne. (7) • Da kann man es schon ganz alleine machen. (6) • Weil ich wissen wollte, wie der Computer das erledigt. (5) • Weil ich kontrollieren wollte. (4) • Ich wollte noch einmal eine Zusammenfassung sehen. (1) • Weil ich mich nicht ausgekannt habe. Ich habe die Schritte zu schnell gelesen. (1)

Tabelle 16: Begründungen für das Betrachten der Videos nach durchgeführter Konstruktion

Aus obigen Antworten ist ersichtlich, dass sehr viele Kinder aus Interesse das Video nochmals angesehen haben. Ebenso werden die Festigung des neuen Inhaltes, die Kontrolle der eigenen Leistungen und der Wunsch, die Konstruktion allein machen zu können, als Hauptgründe genannt.

Im Rahmen der Erarbeitung der einzelnen Konstruktionsabläufe stehen den Kindern unterschiedliche Informationsquellen zur Verfügung. Sie können neben dem Betrachten der dynamischen Darstellungen (standardmäßig) die Informationen in Form von Textboxen lesen oder mittels Audiodatei anhören. Welche Wege der Informationsgewinnung die Schüler/innen bevorzugen, sind in der nachfolgenden Tabelle 17 zu sehen.

	Ja	Nein	n
Ich habe die Beschreibungen für die einzelnen Konstruktionsschritte gelesen.	94,4 %	5,6 %	90
Ich habe mir die Beschreibungen für die einzelnen Konstruktionsschritte angehört.	51,7 %	48,3 %	89

Tabelle 17: Wahl der Informationsdarbietung

Neun von zehn Kindern gaben an, die Texte zur Durchführung der Konstruktionsschritte gelesen zu haben; jedes zweite Kind macht von der Möglichkeit, die Konstruktionsschritte anzuhören, Gebrauch. Dieses Ergebnis zeigt, dass beide Varianten zur Informationsgewinnung von den Schülerinnen / Schülern unterschiedlich angenommen wurden. Aus der Tabelle 17 ist auch ersichtlich, dass manche Kinder beide Möglichkeiten der Informationsgewinnung genutzt haben.

Auf die Frage, ob die Texte (geschrieben oder gesprochen) für sie verständlich formuliert sind, antworteten die Schüler/innen folgendermaßen – vgl. Tabelle 18.

	Ja	Nein	n
Verständlichkeit des Textes.	96,2 %	3,8 %	78
Verständlichkeit des Gehörten.	85,7 %	14,3 %	42

Tabelle 18: Verständlichkeit der Informationsdarbietung

Beide Textgestaltungen wurden von den Kindern in großem Maße als positiv bewertet: Etwa 96 % der Kinder fanden die textliche Gestaltung in Printform als verständlich, nur ca. 4 % waren nicht dieser Meinung. Etwa 86 % der Schüler/innen, die sich die Audiodateien angehört hatten, waren der Ansicht, dass die Formulierungen klar und verständlich sind; für 14 % der Kinder war das Gehörte nicht nachvollziehbar.

Im Zuge der Erprobung wurden auf Grund von Beobachtungen kindgemäße Informationsseiten bezüglich der Erklärung verwendeter Fachbegriffe integriert. Bei der weiteren Bearbeitung war nun interessant, ob die Schüler/innen von diesen Seiten Gebrauch machten oder nicht.

	Ja	Nein	n
Ich habe auf den Begriff „Gerade“ geklickt.	54,4 %	45,6 %	90
Ich habe auf den Begriff „Strecke“ geklickt.	57,0 %	43,0 %	86
Ich habe auf den Begriff „rechter Winkel“ geklickt.	58,3 %	41,7 %	84
Ich habe auf den Begriff „Diagonale“ geklickt.	25,0 %	75,0 %	4
Ich habe auf den Begriff „Kreis“ geklickt.	46,5 %	53,5 %	43
Ich habe auf „Kontrolle der rechten Winkel“ geklickt.	57,1 %	42,9 %	84

Tabelle 19: Verwendung der Erklärungsseiten

Aus Tabelle 19 ist erkennbar, dass fast alle Informationsseiten für die entsprechenden Fachbegriffe von mehr als der Hälfte der Kinder verwendet wurden. Lediglich im Rahmen der Quadratkonstruktion über die gegebene Diagonallänge wird dieser Wert deutlich unterschritten. Dies liegt möglicherweise darin begründet, dass sich auch nur sehr wenige Schüler/innen mit dieser Problemstellung auseinandersetzten.

	Ja	Nein	n
Begriff „Gerade“	90,7 %	3,9 %	43
Begriff „Strecke“	93,2 %	6,8 %	44
Begriff „rechter Winkel“	93,2 %	6,8 %	44
Begriff „Diagonale“	100,0 %	0,0 %	1
Begriff „Kreis“	64,3 %	35,7 %	14
„Kontrolle der rechten Winkel“	97,4 %	2,6 %	38

Tabelle 20: Verständlichkeit der Erklärungsseiten

Nicht nur die Benutzung der Erklärungsseiten, sondern auch die Art der Erläuterungen und der angestrebte Informationsgewinn für die Schüler/innen waren Gegenstand der Untersuchung. In Tabelle 20 sind die Ergebnisse bezüglich der Verständlichkeit der Informationsseiten zusammengefasst. Die Werte zeigen, dass die Aufbereitung der Fachbegriffe für die Kinder in einem sehr hohen Maß adäquat gelungen ist. Fast alle Erklärungsseiten werden von neun Zehntel der Kinder als verständlich bewertet; nur ein Fachbegriff („Kreis“) wird bloß von drei Fünftel der Kinder positiv im Sinne der Erklärungen gesehen.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass sich alle Maßnahmen der Intervention nach der Testphase und im Laufe der einjährigen Erprobungsphase äußerst positiv hinsichtlich des selbstständigen Lernens ausgewirkt haben. Vor allem die Integration der Erklärungsseiten hatte zur Folge, dass die Schüler/innen bei Unkenntnis hinsichtlich der einzelnen Fachbegriffe ohne Hilfestellung der Lehrer/innen arbeiten konnten. Alle Elemente (Videos, Textboxen, Audiotexte, Erklärungsseiten) wurden von den Kindern angenommen und größtenteils positiv im Sinne der Verständlichkeit bewertet.

6.2.4 Ergebnisse der Auswertungen der Abschlussfragenbögen (Schüler/innen)

Am Ende der Erprobungsphase wurden die Kinder gebeten, einen Fragebogen auszufüllen, mit dem Ziel, die Bearbeitung unterschiedlicher Problemstellungen mit der computergestützten Lernumgebung zu reflektieren. Speziell die Arbeit mit dem Computer im Sinne eines Tutors war zentraler Punkt der Umfrage.

Vorangestellt war die Frage, inwieweit die Kinder im Vorfeld bereits mit Computer gearbeitet haben. In Tabelle 21 wird deutlich, dass fast alle Schüler/innen Vorerfahrungen im Umgang mit Computer besitzen. Lediglich zwei von hundert Kindern hatten diesbezüglich keine Vorkenntnisse.

	Ja	Nein	n
Hast du vor der Arbeit mit dem Programm Geolizi (Geometrix) schon mit dem Computer gearbeitet?	98,3 %	1,7 %	60

Tabelle 21: Erfahrungen im Umgang mit Computern

Ein Ziel bei der Gestaltung der computergestützten Lernumgebung bestand darin, die Lernumgebung so zu konzipieren, dass der Einsatz dieser im Rahmen der Erarbeitung neuer Aufgabenstellungen in einem selbstständigen Lernprozess möglich ist. Daher sind die Ergebnisse der Frage nach dem subjektiven Empfinden der Schüler/innen hinsichtlich des Schwierigkeitsgrades in Bezug auf die Arbeit mit dem Computer höchst interessant.

	Mir ist es sehr leicht gefallen.	Mir ist es leicht gefallen.	Mir ist es schwer gefallen.	Mir ist es sehr schwer gefallen.	n
Du hast mit Hilfe des Computers das Spiegeln von Punkten und Figuren und das Konstruieren von Quadraten und Rechtecken gelernt.	41,7 %	53,3 %	5,0 %	0,0 %	60

Tabelle 22: Persönliche Einschätzung der Arbeit mit der computergestützten Lernumgebung

Aus Tabelle 22 ist klar zu sehen, dass 95 % der Kinder die Arbeit „leicht“ bis „sehr leicht“ gefallen ist; nur 5 % der Schüler/innen gaben an, dass sie diese Form der Erarbeitung geometrischer Inhalte eher als „schwierig“ empfunden haben. Keinem Kind sind die Anforderungen „sehr schwer“ gefallen.

In der nachfolgenden Übersicht (vgl. Tabelle 23) sind jene Konstruktionen aufgelistet, die sich die Schüler/innen besonders gut einprägen konnten. Interessant dabei ist, dass die Arbeit mit dem Zirkel eine besondere Faszination bei den Kindern auslöst (26 Nennungen). Dieser Umstand konnte bereits während der ersten Testphase beobachtet werden.

Welche Konstruktion / Konstruktionen hast du dir gut einprägen können? (Häufigkeiten in Klammer)
<ul style="list-style-type: none"> • Spiegeln (ohne Angabe der Zeichengeräte) (18) • Rechteckskonstruktionen (ohne Angabe der Zeichengeräte) (11) • Quadratkonstruktionen (ohne Angabe der Zeichengeräte) (10) • Rechter Winkel mit Lineal und Zirkel (7) • Konstruktionen von Rechtecken mit Geometriedreieck (6) • Konstruktionen mit Lineal und Zirkel (5) • Konstruktionen mit Geometriedreieck (5) • Konstruktionen von Rechtecken mit Geodreieck und Zirkel (4) • Konstruktionen von Rechtecken mit Lineal und Zirkel (3) • Konstruktionen von Quadraten mit Geometriedreieck (3) • Konstruktionen von Quadraten mit Lineal und Zirkel (2) • Konstruktionen von Quadraten mit Geometriedreieck und Zirkel (2) • Konstruktionen mit Geometriedreieck und Zirkel (1) • Konstruktionen von Quadraten (bei gegebener Diagonale) mit Lineal und Zirkel (1) • Konstruktionen mit Geometriedreieck und Zirkel (1)

Tabelle 23: Persönlich bedeutsame Konstruktionen

Bei der Er- bzw. Bearbeitung der einzelnen Aufgabenstellungen werden im Rahmen der Lernumgebung unterschiedliche Aktivitäten und Medien angeboten. Parallel zum Arbeiten mit traditionellen Zeichengeräten stellt der Computer – zur Veranschaulichung der Durchführung der einzelnen Konstruktionsschritte mittels realistischer Abbildungen der Zeichengeräte und als Werkzeug zum Zeichnen der Figuren – für die Schüler/innen eine Basis für das selbsttätige Arbeiten dar. Aus Tabelle 24 ist zu erkennen, dass fünf von zehn Kindern durch den Computer Unterstützung beim Lernen erhalten haben; für vier von zehn Kindern war der Umgang mit den traditionellen Zeichengeräten maßgeblich beim Erlernen der Konstruktionen. Insgesamt kann man festhalten, dass dieses Ergebnis die Bedeutung der Kombination von klassischen Medien und dem Einsatz des Computers bezüglich der Erarbeitung von Konstruktionsabläufen hervorhebt. Weiters kann man erkennen, dass für sechs von zehn Kindern die Darstellungen am Computer eine entsprechende Unterstützung boten (durch Zeichnen am Computer und Ansehen der Videos).

	Das Konstruieren mit Lineal, Geometriedreieck und Zirkel.	Das Zeichnen am Computer.	Das Ansehen der Videos.	n
Was hat dich am meisten unterstützt?	41,7 %	53,3 %	5,0 %	60

Tabelle 24: Mediale Unterstützung

Im Rahmen der Befragung wurde weiters untersucht, ob Gemeinsamkeiten oder Unterschiede hinsichtlich der Themen beim Arbeiten mit Lineal, Geometriedreieck und Zirkel vs. dem Konstruieren

anhand dynamischer Arbeitsblätter bestehen. In Tabelle 25 sind die Ergebnisse ersichtlich. Wesentliche Unterschiede lassen sich nicht ablesen: Die Rechtecks- und Quadratkonstruktionen rangieren jeweils an den beiden obersten Positionen; die Darstellung von Kreisen hat im Umgang mit dem Zirkel eine deutlich größere Häufigkeit als beim Zeichnen mit dem Computer. Die Nennungen bezüglich der weiteren Themen liefern keine Unterschiede in Bezug auf die Verwendung der jeweiligen Zeichengeräte.

Was zeichnest du gerne:	
Mit Lineal, Geometriedreieck und Zirkel? (Häufigkeiten in Klammer)	Am Computer? (Häufigkeiten in Klammer)
<ul style="list-style-type: none"> • Rechtecke (27) • Quadrat (20) • Kreise (19) • Haus (6) • Linien (6) • Rechter Winkel (4) • Formen mit vielen Ecken (3) • Dreieck (2) • Mandalas (2) • Stern (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rechteck (18) • Quadrat (24) • Kreise (6) • Haus (5) • Linien (4) • Rechter Winkel (2) • Vierecke (2) • Muster (10)

Tabelle 25: Vergleichsweise Darstellung: Konstruktionen mit traditionellen Zeichengeräten und mit dem Computer

Am Ende der Befragung sollten die Kinder angeben, mit welchen Werkzeugen sie lieber Konstruktionsaufgaben lösen möchten. Die Ergebnisse aus Tabelle 26 zeigen eine fast gleichmäßige Verteilung zwischen traditionellen Zeichengeräten und der Arbeit am Computer.

	Mit Lineal, Geometriedrei- eck und Zirkel?	Am Computer?	n
Du hast die Konstruktionen mit Lineal, Geometriedreieck, Zirkel und am Computer durchgeführt. Konstruierst du jetzt lieber:	51,7 %	48,3 %	60

Tabelle 26: Persönliche Einschätzung der Medienwahl

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die Kombination traditioneller Zeichengeräte und der Einsatz neuer Medien für die Bearbeitung geometrischer Konstruktionsabläufe eine wesentliche Grundlage für die Schüler/innen hinsichtlich der eigenständigen Bearbeitung der Themen darstellt. Etwa die Hälfte der Kinder gibt an, dass sie bei der Erarbeitung durch das Hantieren mit den

Zeichengeräten unterstützt wird; die andere Hälfte empfand die Hilfestellung durch die Verwendung des Computers als förderlich (vgl. Tabelle 24).

Fast 95 % der Schüler/innen gaben an, dass ihnen die selbstständige Erarbeitung neuer Inhalte mittels Computerunterstützung (ohne wesentliche Hilfestellungen durch die Lehrpersonen) „leicht“ bzw. „sehr leicht“ gefallen ist (vgl. Tabelle 22).

Durch gezieltes Ausnutzen der Möglichkeiten der neuen Medien (zB dynamische Darstellungen von Abläufen) und durch Kombination mit „hands-on“ Medien für einen handlungsorientierten Lernprozess kann die Basis in Form einer entsprechend gestalteten multimedialen Lernumgebung geschaffen werden, sodass Schüler/innen auf differenzierte Weise eigenständig geometrische Inhalte erarbeiten können.

6.2.5 Ergebnisse der Auswertung der Fragebögen (Lehrer/innen)

Die gewonnenen Daten sind unter dem Aspekt der persönlichen Lernbiographien der einzelnen Lehrer/innen zu sehen und werden nachfolgend in vergleichender Weise – Einstellungen und Aussagen vor bzw. nach der Testphase – ausgewertet.

Bezüglich der persönlichen Einstellung zu einem computerbasierten Lernprozess im Rahmen des Geometrieunterrichts zeigten die Lehrer/innen bereits zu Beginn der Erprobungsphase eine positive Einstellung (vgl. Tabelle 27). Alle Personen gaben an, dass sie darin einen „hohen Stellenwert“ bzw. einen „sehr hohen Stellenwert“ sehen. Nach der intensiven Arbeit im Rahmen der Lernumgebung ist zusätzlich eine Erhöhung der Nennungen in der Kategorie „Sehr hoher Stellenwert“ festzustellen. War zu Beginn eine Lehrperson der Meinung, dass ein computergestützter Lernprozess für sie einen „Hohen Stellenwert“ einnimmt, so waren am Ende der Arbeit drei Lehrpersonen dieser Meinung.

Welchen Stellenwert hat der computergestützte Lernprozess im Bereich der Geometrie für Sie?					
	Sehr hohen Stellenwert	Hohen Stellenwert	Geringen Stellenwert	Keinen Stellenwert	n
Zu Beginn der Erprobungsphase	1	4	0	0	5
Am Ende der Erprobungsphase	3	2	0	0	5

Tabelle 27: Persönliche Einschätzung – computerunterstützter Lernprozess

Hinsichtlich der Einschätzung, ob die Verwendung von Computern das Experimentieren im Rahmen des Geometrieunterrichts positiv beeinflusst, herrschte unter den Lehrerinnen/Lehrern eine positive Grundstimmung. Drei Lehrer/innen stimmten völlig zu und zwei Lehrpersonen stimmten dieser Meinung eher zu; dies war das Bild zu Beginn der Erprobungsphase. Nach der einjährigen Arbeit mit den Handreichungen stimmten alle fünf Lehrer/innen völlig zu, dass durch den Einsatz von

Computern die Schüler/innen geometrische Sachverhalte auf experimentelle Weise lösen können. In diesem Zusammenhang ist eine tendenzielle, positive Veränderung hinsichtlich der Einstellung erkennbar (vgl. Tabelle 28).

Durch den Einsatz von Computern im Geometrieunterricht können/könnten die Schüler/innen geometrische Sachverhalte auf experimentelle Weise lösen.					
	Stimme völlig zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	n
Zu Beginn der Erprobungsphase	3	2	0	0	5
Am Ende der Erprobungsphase	5	0	0	0	5

Tabelle 28: Persönliche Einschätzung – Computer und Experimentieren

Obwohl die Lehrer/innen positive Haltungen hinsichtlich der Verwendung von Computern im Geometrieunterricht äußern, hat niemand von Ihnen im Vorfeld dieses technische Medium im Geometrieunterricht eingesetzt (vgl. Tabelle 29).

	Ja	Nein	n
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	0	5	5

Tabelle 29: Computereinsatz – zu Beginn der Erprobungsphase

Als Begründungen nannten die Lehrkräfte folgende Aspekte (geclustert). Die Häufigkeiten sind in Klammer angegeben:

- Mangelndes Vorwissen (4)
- Fehlende Motivation (2)
- Fehlende Handreichungen (2)

In diesen Äußerungen wird vorrangig eine mangelnde Eigenkompetenz der Lehrer/innen als Ursache angeführt.

In den beiden nachfolgenden Tabellen (vgl. Tabelle 30 und Tabelle 31) werden die persönlichen Einschätzungen und Erwartungen differenzierter betrachtet. Die Tabelle 30 zeigt überblicksartig die Meinungen der Lehrer/innen zu Beginn der Erprobungsphase, in der Tabelle 31 die Einschätzungen nach der Arbeit mit der Lernumgebung.

	Stimme völlig zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	n
Ich habe das Gefühl, dass ich die Ziele des Lehrplans (für den Geometrieunterricht) mit Hilfe der neuen Medien (Computer) besser erreichen kann / könnte als ohne.	3	2	0	0	5
Ich fühle mich den didaktischen Anforderungen gewachsen.	2	3	0	0	5
Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des theoretischen Hintergrundwissens gewachsen.	2	2	1	0	5
Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen.	2	2	1	0	5
Ich erwarte, dass die Schüler/innen durch den Einsatz des Computers im Unterricht mehr Motivation zeigen.	5	0	0	0	5
Ich erwarte, dass die Schüler/innen durch den Einsatz des Computers im Unterricht ein erhöhtes Fachwissen erhalten.	5	0	0	0	5

Tabelle 30: Persönliche Einschätzungen – zu Beginn der Erprobungsphase

	Stimme völlig zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	n
Ich habe das Gefühl, dass ich die Ziele des Lehrplans mit Hilfe der neuen Medien (Computer) besser erreichen kann als ohne.	4	1	0	0	5
Ich fühle mich den didaktischen Anforderungen gewachsen.	3	2	0	0	5
Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des theoretischen Hintergrundwissens gewachsen.	3	2	0	0	5
Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen.	4	1	0	0	5
Mein persönlicher Eindruck ist, dass die Schüler/innen durch den Einsatz des Computers im Unterricht mehr Motivation zeigen.	4	1	0	0	5
Mein persönlicher Eindruck ist, dass die Schüler/innen durch den Einsatz des Computers im Unterricht ein erhöhtes Fachwissen erhalten.	4	1	0	0	5

Tabelle 31: Persönliche Einschätzungen – am Ende der Erprobungsphase

Betrachtet man die beiden Tabellen, so sind ähnliche Ergebnisse erkennbar. Die zu Beginn geäußerten Einschätzungen bezüglich der Fragestellungen bzw. Aussagen werden auch nach der Erprobungsphase bestätigt. Es kommt nur zu geringen tendenziellen Verschiebungen zwischen den Bereichen „Stimme völlig zu“ und „Stimme eher zu“. Auffälligste Veränderung zeigen die Antworten in den Bereichen des „theoretischen Hintergrundwissens“ und „praktischen Eigenkönnens“. In beiden Bereichen wurde vor der Arbeit mit der Lernumgebung jeweils von einer Lehrperson mit „Stimme eher nicht zu“ eingestuft. Nach der intensiven Auseinandersetzung wurden beide Bereiche positiver bewertet.

Von Interesse war auch, welche Themenbereiche von den Lehrkräften, respektive von den Kindern, während der Erprobungsphase bearbeitet wurden. Vier Lehrer/innen gaben im Rahmen der

Befragung Auskunft darüber, welche Teilbereiche sie mit den Kindern behandelten. Die Aussagen in Tabelle 32 geben dazu einen Überblick.

Spiegelbildliche Figuren	
Spiegeln am Geobrett	3
Konstruktionen mit Geometriedreieck	2
Konstruktionen mit Geometriedreieck und Zirkel	2
Konstruktion – rechter Winkel	
Mit Lineal und Zirkel	4
Konstruktionen - Quadrat	
Mit Geometriedreieck	4
Mit Geometriedreieck und Zirkel	4
Mit Lineal und Zirkel (mit gegebener Seitenlänge)	3
Mit Lineal und Zirkel (mit gegebener Länge der Diagonalen)	3
Konstruktionen - Rechteck	
Mit Geometriedreieck	4
Mit Geometriedreieck und Zirkel	4
Mit Lineal und Zirkel	4

Tabelle 32: Bearbeitete Themenbereiche

Wie in obiger Tabelle (vgl. Tabelle 32) zu sehen ist, wurden sieben Themenbereiche von allen Lehrkräften, drei Themen von drei Lehrpersonen und zwei Inhalte von zwei Kolleginnen / Kollegen behandelt. Es wurden somit alle Inhalte der Lernumgebung erprobt, sodass die Aussagen aus der Befragung auf einer fundierten Basis erfolgen.

Die Einschätzung seitens der Lehrkräfte, bei welchen Inhalten die Wissensentwicklung der Kinder durch den Einsatz des Computers besonders unterstützt werden konnte, wurde wie Tabelle 33 zeigt, folgendermaßen beurteilt:

Spiegelbildliche Figuren	
Spiegeln am Geobrett	2
Konstruktionen mit Geometriedreieck	2
Konstruktionen mit Geometriedreieck und Zirkel	1
Konstruktion – rechter Winkel	
Mit Lineal und Zirkel	3
Konstruktionen - Quadrat	
Mit Geometriedreieck	3
Mit Geometriedreieck und Zirkel	3
Mit Lineal und Zirkel (mit gegebener Seitenlänge)	2
Mit Lineal und Zirkel (mit gegebener Länge der Diagonalen)	2
Konstruktionen - Rechteck	
Mit Geometriedreieck	3
Mit Geometriedreieck und Zirkel	3
Mit Lineal und Zirkel	2

Tabelle 33: Wissensentwicklung - bearbeitete Themenbereiche

In dieser Übersicht ist zu erkennen, wie durch die Auseinandersetzung mit jedem Themenbereich der Lernumgebung die Wissensentwicklung der Kinder gefördert wird.

Auf die Frage, ob die Erwartungen bezüglich der Arbeit mit den Handreichungen erfüllt wurden, bestätigten vier von vier Lehrer/innen dies mit „ja“ (vgl. Tabelle 34).

	Ja	Nein	n
Wurden die Erwartungen, die Sie an die Arbeit mit den Handreichungen gestellt haben, erfüllt?	4	0	4

Tabelle 34: Erfüllung der Erwartungen

Als Begründungen nannten die Lehrpersonen folgende Aspekte (geclustert). Die Häufigkeiten sind in Klammer angegeben:

- Selbstständiges Arbeiten wird durch unterschiedliche „Hilfestellungen“ ermöglicht (5)
- Strukturierter und kindgemäßer Aufbau der einzelnen Themenbereiche (3)

Die Frage, ob die Lehrpersonen zukünftig – auf Grund der Erfahrungen des letzten Jahres – Computer in ihrem Geometrieunterricht inklusive der Handreichungen einsetzen würden, beantworteten alle vier Lehrer/innen mit „Ja“ (vgl. Tabelle 35). Dies zeigt eine eindeutige Änderung in der Einstellung der Lehrkräfte, da zu Beginn der Testphase keine Lehrperson den Computer im Geometrieunterricht eingesetzt hatte (vgl. dazu Tabelle 29).

	Ja	Nein	n
Werden Sie auf Grund der Erfahrungen bei der Erprobung der Handreichungen den Computer (inkl. der Handreichungen) zukünftig im Geometrieunterricht (intensiver) einsetzen?	4	0	4

Tabelle 35: Computereinsatz – am Ende der Erprobungsphase

Als Begründungen nannten die Lehrer/innen folgende Aspekte (geclustert). Die Häufigkeiten sind in Klammer angegeben:

- Individuelles, eigenständiges Arbeiten wird ermöglicht (6)
- Motivierende Gestaltung durch unterschiedlichen Medieneinsatz (3)
- Freude geweckt, geometrische Themen im Unterricht zu forcieren (3)
- Intensive Auseinandersetzung mit geometrischen Aufgabenstellungen möglich; Schulung der Problemlösefähigkeit (2)

Wie aus den Antworten der Lehrpersonen hervorgeht, wurden die anfänglich geäußerten Gründe für den Nichteinsatz von Computern im Unterricht (fehlende Motivation und unzureichende Materialien) in eine positive Richtung gewendet. Die Lernumgebung wird als Unterstützung für die Lehrperson gesehen und ermöglicht innere Differenzierung und die Förderung allgemein mathematischer Zielsetzungen. Ebenso wird die Möglichkeit, eigenständig zu arbeiten, als Grund für einen zukünftig verstärkten Einsatz von Computern im Geometrieunterricht genannt.

Als Resümee der Evaluation nach einer Erprobungsphase während eines ganzen Schuljahres kann man schlussendlich festhalten, dass die Arbeit mit der konzipierten computerbasierten Lernumgebung von den Lehrerinnen / Lehrern, die bis dato keinen Computer im Rahmen ihres Geometrieunterrichts einsetzen, als interessante und schüler/innengerechte Möglichkeit zur Behandlung geometrischer Inhalte bewertet wird. Die vielfältigen Aktivitäten und die Einbeziehung vieler Sinneskanäle ermöglichen einen individualisierten und differenzierten Lernprozess, bei dem die Schüler/innen in selbstständiger Weise neue Inhalte erarbeiten können. Eine Lehrerin schreibt in diesem Zusammenhang:

„Da der Computer meiner Meinung nach im Unterricht heutzutage nicht mehr wegzudenken ist, finde ich das Programm „Geolizi“ als Unterstützung in den Lernphasen im Geometrieunterricht phantastisch. Abschließend möchte ich sagen, dass die Arbeit mit diesem Programm für mich sehr bereichernd war. Die Lehrerin / der Lehrer wird nach anfänglichen Erklärungen und Aufgaben selbst entlastet, weil die Kinder den Stoff mit Hilfe des Programm selbstständig erarbeiten und ihre Aufgaben erledigen.“

Die Arbeit mit der Lernumgebung hat bei den Lehrpersonen eine neue Sichtweise von Geometrieunterricht hervorgerufen, wodurch in Zukunft ein didaktisch begründeter Computereinsatz verstärkt erfolgen könnte. Von den Möglichkeiten hinsichtlich der

Unterrichtsgestaltung, die durch den Einsatz von Computern entstehen, waren die Lehrer/innen positiv beeindruckt.

Die computergestützte Lernumgebung „Geolizi“ wird von einer anderen Kollegin folgendermaßen charakterisiert:

Gut aufgebaut

Einfache Bedienung

Offenes Lernen

Leicht verständlich

Interessant

Zeitgemäß

Informativ

7 Resümee und Ausblick

Wie in der Einleitung beschrieben, standen zwei Zielsetzungen im Zentrum dieser Arbeit. Zu Beginn sollte der Einsatz des Computers im Geometrieunterricht der Grundschule in einer landesweiten Befragung erhoben und mögliche Faktoren herausgefunden werden, die einen Einsatz des Mediums begünstigen.

Als Resümee der Untersuchung kann festgehalten werden, dass die technischen Rahmenbedingungen für einen integrativen Einsatz von Computern im Unterricht in den Volksschulen des Landes gegeben sind. Fast alle Schulen sind mit Computer ausgestattet. Aus den vorliegenden Daten kann abgelesen werden, dass die Anzahl an Computern in einer Klasse nicht ausschlaggebend ist, in welcher Intensität diese im Rahmen des Unterrichts eingesetzt werden. Weiters wurde festgestellt, dass knapp ein Drittel der Lehrer/innen den Computer im Rahmen ihres Geometrieunterrichts verwenden. Bei der Suche nach Faktoren, die die Nutzung bzw. Nichtnutzung des Computers beeinflussen, konnte herausgefunden werden, dass die beiden Faktoren „didaktische Eigenkompetenz“ sowie das „Vorhandensein der praktischen Eigenkompetenz“ der Lehrkräfte im Umgang mit Computern einen wesentlichen Einfluss darauf haben, ob Computer im Geometrieunterricht eingesetzt werden oder nicht. Auf Grund dieses Befundes könnte zukünftig in diesen beiden Bereichen konkrete Fortbildungsveranstaltungen angeboten werden, sofern der Wunsch vorhanden ist, Computer intensiver im Geometrieunterricht einzusetzen.

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass ein Bedarf an geeigneten Computeranwendungen für den Bereich Geometrie gegeben ist. Zielsetzung dieser Arbeit war, eine computerunterstützte Lernumgebung zu entwickeln und im schulischen Kontext zu erproben. Diese sollte ein Hilfsmittel für die Lehrer/innen darstellen, mit dem Fokus, durch Hervorkehren der medientypischen Merkmale des Computers, die Kompetenzen der Schüler/innen im Bereich der Geometrie zu fördern und die Häufigkeit des Einsatzes des Mediums zu steigern. Ebenso sollte die Handhabung für die Lehrpersonen einfach gestaltet sein, damit eine Akzeptanz seitens der Lehrer/innen gegeben ist, was wiederum als notwendige Voraussetzung für eine entsprechende Verwendung im Unterricht ist.

Nach der Entwicklung der multimedialen Lernumgebung „Geolizi“ wurde diese in mehreren Klassen in einem „Pretest“ erprobt. Danach erfolgte eine Erprobungsphase während eines ganzen Schuljahres in weiteren Klassen. Auf Grund der Ergebnisse der Lehrer/innenbefragung kann eine positive Einstellung zu der Arbeit mit der Lernumgebung „Geolizi“ abgeleitet werden: Die angebotenen Medien besitzen hohen Anreizcharakter, sodass die Schüler/innen bei der Bearbeitung der Aufgaben diese intensiv einsetzten. Weiters hoben die Lehrpersonen die klare und übersichtliche Gestaltung der einzelnen Themenbereiche sowie die problemlose Handhabung der

Computeranwendungen hervor. Durch die unterschiedlichen Aufgaben zu den jeweiligen Teilgebieten wurden die Kinder angeregt, sich tiefgehend mit den jeweiligen Problemstellungen auseinanderzusetzen. Dabei arbeiteten die Schüler/innen größtenteils sehr selbstständig. Anhand der Ergebnisse der Arbeiten (vgl. Abbildung 94 und Abbildung 95) kann man erkennen, dass die Lernenden in der Lage waren, sich Wissen und Fertigkeiten anzueignen und praktisch umzusetzen.

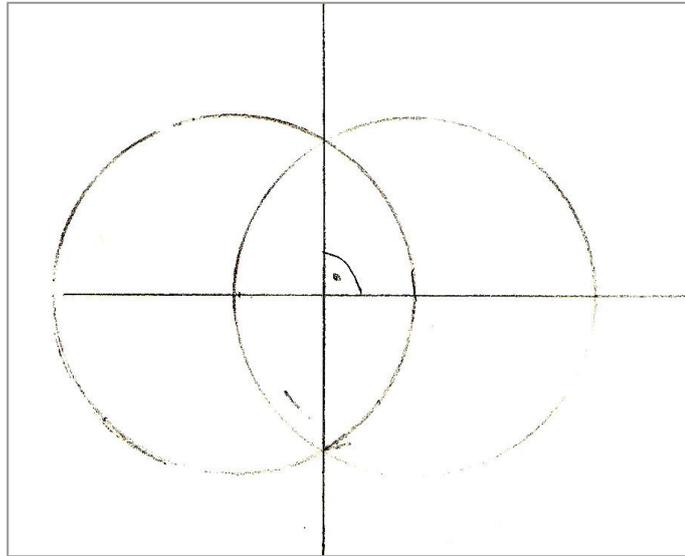


Abbildung 94: Schülerarbeit - Konstruktion eines rechten Winkels mittels Lineal und Zirkel

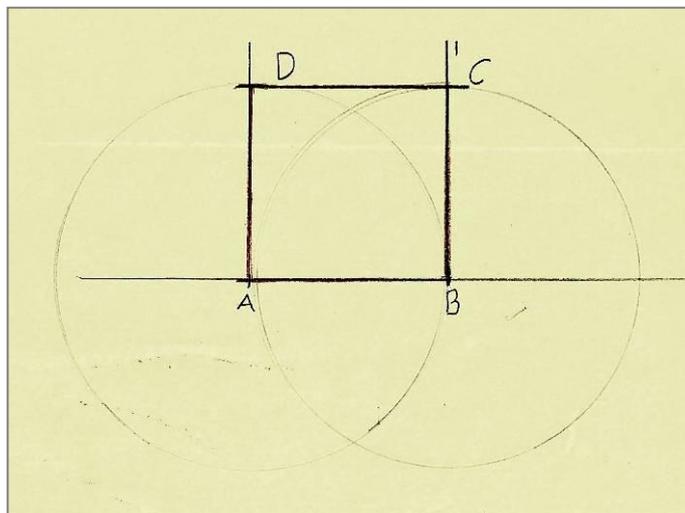


Abbildung 95: Schülerarbeit - Quadratkonstruktion mittels Geometriedreieck und Zirkel

Während der einjährigen Erprobungsphase konstruierten die Schüler/innen sehr häufig direkt am Computer. Das beigelegte Anleitsheft für die Arbeit mit den interaktiven Arbeitsblättern sowie die Symbolkarten für die Beschreibungen der Ikonen stellten eine wichtige Hilfe dar. In Abbildung 96 ist eine Arbeit einer Schülerin exemplarisch dargestellt.

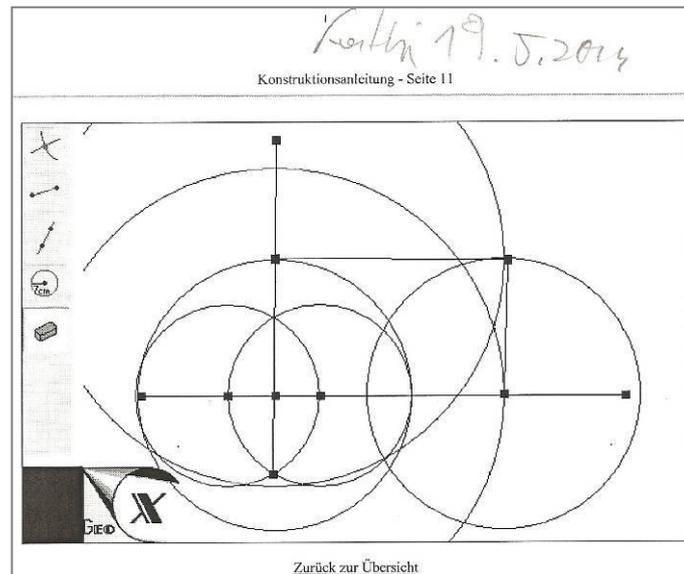


Abbildung 96: Rechteckskonstruktion mittels Computeranwendung

Sowohl die Beobachtungen der Kinder als auch die Ergebnisse der Schüler/innenbefragung zeigen, dass die Kinder größtenteils keine Probleme bei der Handhabung des Computers bzw. beim Erarbeiten der Konstruktionsgänge mittels traditioneller Zeichengeräte bzw. der Verwendung interaktiver Arbeitsblätter hatten. Die einzelnen Elemente (animierte Darstellungen realer Zeichengeräte, Videos, Textboxen, auditive Erläuterungen, Erklärungsseiten zu Fachbegriffen etc.) bildeten die Grundlagen für das selbstständige Auseinandersetzen mit den geometrischen Aufgabenstellungen. Ob und in welcher Intensität die Schüler/innen auf diese Elemente zurückgriffen, wurde anhand eines Protokollblattes untersucht. Ebenso wurde mit diesem Instrument untersucht, ob die angebotenen Informationselemente tatsächlich eine Hilfe für die Kinder darstellten. Die Ergebnisse zeigen, dass alle Elemente von den Kindern in unterschiedlicher Intensität genutzt wurden und die Erläuterungen für sie verständlich waren (vgl. Tabelle 17 bzw. Tabelle 18).

Soll im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten diesbezüglich eine Untersuchung für eine größere Schüler/innengruppe durchgeführt werden, könnte das Protokollblatt auch webbasiert zur Verfügung gestellt werden. Eine Möglichkeit bietet zB das Programm „Grafstat“, welches kostenfrei im Internet heruntergeladen werden kann, zB unter: <http://www.grafstat.de/bezugsquellen.htm>. Ein wesentlicher Unterschied zur vorliegenden Printform besteht allerdings darin, dass bei Verwendung dieses Programms keine Grafiken integriert werden können. Dadurch entspricht das Layout weniger einer kindgemäßen Optik (vgl. Abbildung 97). Auf der Basis einer HTML-Programmierung wäre eine webbasierte Form, die dem Layout der vorliegenden Printversion ähnlich ist, möglich. Durch

Einbinden in eine Datenbank wäre eine Speicherung und einfache bzw. rasche Auswertung der Daten möglich.

Fragebogen: Protokollblatt

1. Protokollblatt von:

2. Ausgefüllt am:

3. Thema:

<input type="radio"/> Quadrat mit Geometriedreieck	<input type="radio"/> Rechteck mit Geometriedreieck
<input type="radio"/> Quadrat mit Geometriedreieck und Zirkel	<input type="radio"/> Rechteck mit Geometriedreieck und Zirkel
<input type="radio"/> Quadrat mit Lineal und Zirkel	<input type="radio"/> Rechteck mit Lineal und Zirkel
<input type="radio"/> Quadrat mit Lineal und Zirkel (Diagonale)	

4. Ich habe mir das Video der Konstruktion angesehen.

<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> Ich kann die Figur noch nicht selbst konstruieren. Ich brauche noch Hilfe.
<input type="checkbox"/> Ich wollte wissen wie die Figur konstruiert wird.	<input type="checkbox"/> nein
<input type="checkbox"/> Ich kann jetzt die Figur selbst konstruieren. Ich brauche keine Hilfe mehr.	

5. Ich habe die Beschreibungen für die einzelnen Konstruktionsschritte gelesen.

<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
--------------------------	----------------------------

6. Die Beschreibungen waren für mich verständlich.

<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
--------------------------	----------------------------

Abbildung 97: Protokollblatt (Auszug) - erzeugt mit dem Programm „Grafstat“

Weitere Forschungsvorhaben könnten auf Grund der bisher gewonnenen Erkenntnisse in zwei Richtungen erfolgen. Zum einen wäre interessant zu erproben, ob die Schüler/innen bei der Verwendung geeigneter Tablet-PCs ein direktes Zeichnen mit Hilfe eines entsprechenden Stiftes an der Bildschirmoberfläche dem Arbeiten mit der Maus vorziehen bzw. ob ihnen das Arbeiten am Tablet-PC leichter fällt, da es dem Arbeiten mit dem Bleistift im Heft sehr ähnlich ist.

In einem zweiten Ansatz könnte die Gestaltung der Bildschirmoberfläche näher analysiert werden. Dabei wäre interessant, wie intensiv und auf welche Weise die Kinder die einzelnen Elemente wahrnehmen. In Anlehnung an die Augenbewegungsuntersuchung von Merschmeyer-Brüwer (2009, S. 111ff) könnte mit einer so genannten Kopfhelmkamera die Testung durchgeführt werden. Damit wäre es möglich, die Pfade der Augenbewegung zu verfolgen und mögliche Fixationspunkte zu lokalisieren. Aus diesen Ergebnissen könnten u.U. Rückschlüsse auf die Gestaltung der Bildschirmoberfläche gezogen werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass die Möglichkeiten einer Verzahnung realer und digitaler Unterrichtsmittel bezüglich der Gestaltung einer multimedialen Lernumgebung stets eine Frage der didaktischen Aufbereitung der Inhalte und nicht eine Frage der Technik ist. Insbesondere

durch die Kombination von nicht-digitalen Medien und digitalen Darstellungen entsteht eine wechselseitige Verbindung zwischen enaktivem und ikonischem Umgang mit den Materialien. Anhand der entwickelten Lernumgebung „Geolizi“ konnte dargestellt werden, dass die Einbindung des Computers in den Geometrieunterricht der Grundschule neue Perspektiven bezüglich der Unterrichtsgestaltung ermöglicht und die Förderung der Schüler/innen im Sinne einer Aneignungsdidaktik erfolgen kann. Die Testphasen bestätigen, dass auch Lehrer/innen, die keine speziellen Computerkompetenzen besitzen, mit den eingebetteten Computeranwendungen problemlos arbeiten können. Daher kann die Arbeit mit dieser Lernumgebung ein wichtiger Beitrag zur Erziehung zur Selbstständigkeit geleistet werden. Aufgrund des modularen Aufbaus der Computeranwendungen ist eine Abstimmung auf die jeweilige Schüler/innengruppe durch die Lehrperson sowie eine Adaptierung auf andere Inhalte möglich, wodurch dem Anspruch nach einem individualisierten Lernprozess im Sinne der neuen Lernkultur – unter Einbindung der neuen Medien – Rechnung getragen werden kann.

Literatur

- Aebli, H. (2001): Zwölf Grundformen des Lehrens. 11. Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Ballstaedt, St.-P. (1997): Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Bauling, V. (2003): Die Sitzordnung. In: Förderschulmagazin. Heft 2, S. 7-8.
- Barzel, B. & von Saint-George, G. (2003): Organisationsformen des Lernens mit neuen Medien. In: Timo Leuders (Hrsg.): Mathematik-Didaktik. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 234-245.
- Bauer, W. (1997): Multimedia in der Schule? In: Ludwig J. Issing & Paul Klimsa (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia. 2. Aufl. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union, S. 378-399.
- Becker, G. E. (1998): Handlungsorientierte Didaktik. 6. Aufl. Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Besuden, H. (2006): Raumvorstellung als Ziel. Geeignete Aufgaben für den Geometrieunterricht. In: Grundschulmagazin, Heft 5, S. 23-28.
- Blalock, H. M. (1979): Social Statistics. New York [u.a.]: McGraw-Hill Book Company.
- Blömeke, S. (2003): Lehren und Lernen mit neuen Medien - Forschungsstand und Forschungsperspektiven. In: Unterrichtswissenschaft, 31. Jg., Heft 1, S. 57-82.
- Brunner, E. et al. (2007): Zahlenreise 4. Erarbeitungsteil, 7. Aufl. Linz: Veritas-Verlag.
- Brünken, R., Steinbacher, S. & Leutner, D. (2000): Räumliches Vorstellungsvermögen mit Multimedia. In: Detlev Leutner & Roland Brünken (Hrsg.): Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung. Münster: Waxmann, S. 37-46.
- Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich. Jg. 2009, Teil II, Anlage, ausgegeben am 2. Jänner 2009.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2001): Grundsatzlerlass Medienerziehung. Erlass des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur, 20.11.2001. GZ 48223/14-Präs. 10/01, Rundschreiben Nr. 64/01 vom 20. November 2001.
- Bugram, U. & Lukarsch, S. (2000): Handelnd lernen mit dem Geobrett. In: Grundschulmagazin, Heft 3, S. 23-26.
- Diekmann, A. (2002): Empirische Sozialforschung. 9. Aufl. Hamburg: Rowohlt.
- Döring, N. (2000): Computerunterstützter Unterricht. In: Rudolf Apflauer & Anton Reiter (Hrsg.): Schule online. Das Handbuch zum Bildungsmedium Internet. Wien: Public-Voice-Report-Verl., S. 116-131.
- Döring, N. (2010): Planung und Durchführung von Evaluationsstudien. In: Heinz Hollring & Bernhard Schmitz (Hrsg.): Handbuch Statistik, Methoden und Evaluation. Band 13, Göttingen [u.a.]: Hogrefe, S. 261-272.
- Driescher, E. (2010): Selbstständigkeit stärken und herausfordern. In: Schulmagazin 5-10, Heft 7-8, S. 7-10.

-
- Dürager, A. & Paus-Hasebrink, I. (2009): Neue Medien – neue Herausforderungen. In: Medienjournal, Heft 3, S. 43-56.
- Eder, J. & Reiter, A. (Hrsg.) (2002): Computereinsatz an österreichischen Grundschulen. gestern, heute, morgen. Innsbruck: Studien-Verlag.
- Eichler, K.-P. (2005): Zum Geometrieunterricht in der Grundschule. In: Grundschulunterricht, Heft 11, S. 2-6.
- Eichler, K.-P. (2011): Die dritte Dimension. In: Grundschule, Heft 1, S. 24-27.
- Elschenbroich, H.-J. & Seebach, G. (2007): Geometrie erkunden. In: mathematik lehren, Heft 144, S. 4-8.
- Franke, M. (2007): Didaktik der Geometrie in der Grundschule. 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verlag.
- Frostig, M., Horne, D. & Miller, A.-M. (1979): Visuelle Wahrnehmungsförderung. Anweisungsheft. Hannover: Schroedel.
- Gallin, P. & Ruf, U. (1998): Sprache und Mathematik in der Schule. Auf eigenen Wegen zur Fachkompetenz. Seelze: Kallmeyer.
- Gastberger, H. et al. (2004): Mathematik. In: Kommentar zum Lehrplan der Volksschule. Wien: Österreichischer Bundesverlag, S. 486-560.
- Gerber, A. (2007): Expertenkommentar zu 1.1: Die Leistungen der Schüler/innen in Mathematik. In: Birgit Suchan, Christina Wallner-Paschon & Claudia Schreiner (Hrsg.): TIMSS 2007 Mathematik & Naturwissenschaft in der Grundschule. Österreichischer Expertenbericht. Graz: Leykam, S. 27-31.
- Gernand, C., Körner, A. Ruhr, St. & Schreiber, Chr. (2001): Achsensymmetrie mit dem Geobrett. In: Sache-Wort-Zahl, Heft 39, S. 50-57.
- Granzer, D. (2003): Computer in der Schule. In: Grundschule, Heft 1, S. 8-12.
- Graumann, G. (2002): Mathematikunterricht in der Grundschule. Bad Heilbrunn/Obb: Klinkhardt.
- Grosser, N. & Koth, M. (2008): Alles klar! 4. Teil A, Linz: Veritas-Verlag.
- Hahn, Chr. (2004): Schulbuch braucht Schule – braucht Schule Schulbuch? Eine etwas andere Schulbuchanalyse (nach 35 Jahren Erfahrung mit Schulbuch). In: Erziehung und Unterricht, 145. Jg., Heft 3-4, S. 272-281.
- Hartmann, J. & Reiss, K. (2000): Auswirkungen der Bearbeitung räumlich-geometrischer Aufgaben auf das Raumvorstellungsvermögen. In: Detlev Leutner & Roland Brünken (Hrsg.): Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung. Münster: Waxmann, S. 85-93.
- Hasemann, K. (2007): Anfangsunterricht Mathematik. 2. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akad. Verlag.
- Heintz, G. (2003): Selbstständiges Lernen in einer medialen Lernumgebung. In: Timo Leuders (Hrsg.): Mathematik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 1. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 246-262.

-
- Hengartner, E., Hirt, U. & Wälti, B. (2006): Mehr Unterrichtserfolg mit Lernumgebungen. In: Grundschulmagazin, Heft 4, S. 23-26.
- Heyden, K.-H. & Lorenz, W. (1999): Lernen mit dem Computer in der Grundschule. Lernen mit neuen Medien, Einrichten von Medienecken, Unterrichtsbeispiele und Projektideen für die Klassen 1 - 4. 2. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Hirt, U., Wälti, B. & Wollring, B. (2008): Lernumgebungen für den Mathematikunterricht in der Grundschule: Begriffsklärung und Positionierung. In: Ueli Hirt & Beat Wälti (Hrsg.): Lernumgebungen im Mathematikunterricht. Seelze-Velber: Kallmeyer, S. 12-37.
- Hole, V. (1998): Erfolgreicher Mathematikunterricht mit dem Computer. Donauwörth: Auer.
- Hoppe-Graff, S. & Kim, Hye-On (2002): Die Bedeutung der Medien für die Entwicklung von Kindern und Jugendlichen. In: Rolf Oerter & Leo Montada (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. 5. Aufl. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union S. 907-922.
- Jank, W. & Meyer, H. (1991): Didaktische Modelle. Frankfurt am Main: Cornelsen Scriptor.
- Jansen, P. (2010): Das A und O selbstständigen Lernens. In: Schulmagazin 5-10, Heft 7-8, S. 11-14.
- Jansen, P. (2011): Geometrie mit System. In: Grundschule, Heft 1, S. 6-8.
- Kimmel-Groß, J. (2001): Lernen mit neuen Medien (3). In: Sache-Wort-Zahl, 29. Jg., Heft 36, S. 49-54.
- Kohler, B. (2001): Problemorientiert lehren und lernen. In: Herbert Schwetz, Manuela Zeyringer & Anton Reiter (Hrsg.): Konstruktives Lernen mit neuen Medien. Innsbruck [u.a.]: Studien-Verlag, S. 101-118.
- Kowarsch, A. (2002): Zur Didaktik des Computereinsatzes in der Grundschule. In: Johann Eder & Anton Reiter (Hrsg.): Computereinsatz an österreichischen Grundschulen. Gestern, heute, morgen. Innsbruck: Studien-Verlag, S. 45-67.
- Krapp, A. & Weidenmann, B. (2001): Pädagogische Psychologie. 4. Aufl. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Krauthausen, G. & Volker, H. (Hrsg.) (1994): Computereinsatz in der Grundschule? Fragen der didaktischen Legitimierung und der Software-Gestaltung. Stuttgart [u.a.]: Klett-Schulbuchverlag.
- Krauthausen, G. & Scherer, P. (2004): Einführung in die Mathematikdidaktik. 2. Aufl. München: Elsevier Spektrum; Spektrum Akad. Verlag.
- Krauthausen, G. (2008): Vorwort. In: Ueli Hirt & Beat Wälti (Hrsg.): Lernumgebungen im Mathematikunterricht. Seelze-Velber: Kallmeyer, S. 6-7.
- Krauthausen, G. & Lorenz, J. H. (2008): Computereinsatz im Mathematikunterricht. In: Gerd Walther, Marja van den Heuvel-Panhuizen, Dietlinde Granzer & Olaf Köller (Hrsg.): Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret. Berlin: Cornelsen, S. 162-183.
- Kron, F. W. & Sofos, A. (2003): Mediendidaktik. Neue Medien in Lehr- und Lernprozessen. München: E. Reinhardt, GmbH & CoKG.

Kürschner, Chr. & Schnotz, W. (2007): Konstruktion mentaler Repräsentationen bei der Verarbeitung von Text und Bildern. In: Unterrichtswissenschaft, 35. Jg., Heft 1. S.48-67.

Lauter, J. (1995a): Fundament der Grundschulmathematik. 2. Aufl. Donauwörth: Auer.

Lauter, J. (1995b): Methodik der Grundschulmathematik. 7. Aufl. Donauwörth: Auer.

Lehner-Wieternik, A. (2007): Instruktionsdesigns und computerbasierte Lehr- und Lernarrangements. In: Franz Radits (Hrsg.): Muster und Musterwechsel in der Lehrer- und Lehrerinnenausbildung. Wien: Lit Verlag, S. 127-136.

Lehrplan der Volksschule (2009): Graz: Leykam.

Leuders, T. (Hg.) (2003): Mathematik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 1. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor.

Leuders, T., Ludwig, M. & Oldenburg, R. (2006): Experimentieren im Geometrieunterricht. In: Timo Leuders, Matthias Ludwig & Reinhard Oldenburg (Hrsg.): Experimentieren im Geometrieunterricht. Herbsttagung 2006 des GDM-Arbeitskreises Geometrie. Hildesheim, Berlin: Franzbecker, S. 1-10.

Lexikon der Mathematik (2002): Lexikon der Mathematik in sechs Bänden. Band 5. Heidelberg, Berlin: Spektrum, Akademischer Verlag.

Liebig, S. (2002): Entdeckendes forschendes genetisches Lernen. In: Michael Aepkers & Sabine Liebig (Hrsg.): Entdeckendes forschendes genetisches Lernen. Band 4, Basiswissen Pädagogik. Unterrichtskonzepte und –techniken (herausgegeben von Manfred Bönsch & Astrid Kaiser). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren. S. 4-16.

Lohaus, A., Schumann-Hengsteler, R. & Kessler, T. (1999): Räumliches Denken im Kindesalter. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.

Lorenz, J. H. (1992): Anschauung und Veranschaulichungsmittel im Mathematikunterricht. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.

Lorenz, J. H. (1994): Kognitionspsychologische Grundlagen des Lernens mit dem Computer in der Grundschule. In: Günter Krauthausen & Volker Hermann (Hrsg.): Computereinsatz in der Grundschule? Fragen der didaktischen Legitimierung und der Software-Gestaltung. Stuttgart [u.a.]: Klett-Schulbuchverlag. S. 14-29.

Lorenz, J. H. (2011): Was muss jedes Kind können? In: Grundschule, Heft 1, S. 9-13.

Lück, W. (1996): Verändertes Lernen: eigenaktiv, konstruktiv und kommunikativ. In: Computer und Unterricht, Heft 23, S. 5-9.

Ludwig, M. & Oldenburg, R. (2007): Lernen durch Experimentieren. In: mathematik lehren, Heft 141, S. 4-11.

Maier, P. H. (1996): Ist das räumliche Vorstellungsvermögen trainierbar? In: Grundschule, Heft 3, S. 9-11.

Maier, P. H. (1999): Raumgeometrie mit Raumvorstellung -Thesen zur Neustrukturierung des Geometrieunterrichts. In: Der Mathematikunterricht, 45. Jg., Heft 3, S. 4-18.

- Mann, M. (2006): Experimentieren mit Dynamischen Geometrie Systemen. In: Timo Leuders, Matthias Ludwig & Reinhard Oldenburg (Hrsg.): Experimentieren im Geometrieunterricht. Herbsttagung 2006 des GDM-Arbeitskreises Geometrie. Hildesheim, Berlin: Franzbecker, S. 147-163.
- Martial, I. & Ladenthin, V. (2002): Medien im Unterricht. Hohengehren: Schneider.
- Merschmeyer-Brüwer, C. (2009): Räumliche Anschauung entwickeln und geometrische Strukturen bilden – Eine Lernumgebung zur prozessorientierten Förderung. In: In: Andrea Peter-Koop, Georg Lilitakis & Brigitte Spindeler (Hrsg.): Lernumgebungen – Ein Weg zum kompetenzorientierten Mathematikunterricht in der Grundschule. Offenburg: Mildenerger, S. 100-126.
- Meyer, H. (1987): Unterrichtsmethoden. Bd. 2, Frankfurt/Main: Cornelsen Scriptor.
- Mietzel, G. (2007): Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens. 8. Aufl. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Mitschka, A., Strehl, R. & Hollmann, E. (2003): Einführung in die Geometrie. Hildesheim, Berlin: Franzbecker.
- Moser, H. (2003): Computer an der Grundschule. In: Grundschule, Heft 1, S. 18-20.
- Niegemann, H. M. (2001): Neue Lernmedien. Konzipieren, entwickeln, einsetzen. Bern [u.a.]: Huber.
- Niegemann, H. M. (1995): Computerunterstützte Instruktion in Schule, Aus- und Weiterbildung. Frankfurt/Main: Lang.
- Niehaus, E. (2004): Neurophysiologisches Verständnis mathematischer Lernprozesse und neuroinformatische Methoden am Beispiel arithmetischer Lernprogramme für die Grundschule. Habilitation, Westfälischen Wilhelms–Universität Münster.
- Ott, B. (2000): Grundlagen des beruflichen Lernens und Lehrens. Ganzheitliches Lernen in der beruflichen Bildung. 2. Aufl. Berlin: Cornelsen.
- Owens, K. & Outhred, L. (2006): The complexity of learning geometry and measurement. In: Angel Gutiérrez & Paolo Boere (Hrsg.): Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education. Rotterdam: Sense Publishers, S. 83-115.
- Peschke, R. (2001): Lernen mit neuen Medien (4). In: Sache-Wort-Zahl, 29. Jg., Heft 37, S. 55-58.
- Peterßen, W. H. (2000): Handbuch Unterrichtsplanung. 9. Aufl. München: Oldenbourg.
- Radatz, H. & Rickmeyer, K. (1991): Handbuch für den Geometrieunterricht an Grundschulen. Hannover: Schroedel.
- Radatz, H., Schipper, W., Ebeling, A. & Dröge, R. (1996): Handbuch für den Mathematikunterricht - 1. Schuljahr. Hannover: Schroedel.
- Radatz, H., Schipper, W., Ebeling, A. & Dröge, R. (1999): Handbuch für den Mathematikunterricht - 3. Schuljahr. Hannover: Schroedel.
- Radatz, H. & Rickmeyer, K. (1991): Handbuch für den Geometrieunterricht an Grundschulen. Hannover: Schroedel.

- Rasch, R. (2006): Anregende Lernumgebungen im Mathematikunterricht. In: Grundschulunterricht, Heft 7-8, S. 2-3.
- Reiss, K. (2010): Wissen, Können und der Erwerb von Kompetenzen. In: Schulmagazin 5-10, Heft 5, S. 7-10.
- Reiter, A. (2001): Neue Medien - ein Garant für neues Lernen? In: Herbert Schwetz, Manuela Zeyringer & Anton Reiter (Hrsg.): Konstruktives Lernen mit neuen Medien. Innsbruck [u.a.]: Studien-Verlag, S. 21-32.
- Reiter, M. (2003): DELTA-Flex – Designerstudie einer innovativen Lernumgebung für Schülergruppen. Projektarbeit, Donau-Universität Krems.
- Rohrbach, Chr. (2008): Dynamische Geometrie per Applets. In: Die neue Schulpraxis, Heft 10, S. 44-55.
- Roth, J. (2006): Experimentelle Geometrie und Projektarbeit am Beispiel "Einparken". In: Timo Leuders, Matthias Ludwig & Reinhard Oldenburg (Hrsg.): Experimentieren im Geometrieunterricht. Herbsttagung 2006 des GDM-Arbeitskreises Geometrie. Hildesheim, Berlin: Franzbecker, S. 109-128.
- Rost, D. H. (2008): Multiple Intelligenzen, multiple Irritationen. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, Heft 22, S. 97-112.
- Ruwisch, S. (2006): Komponenten des Raumvorstellungsvermögens. Aufgabenstellungen zur Anbahnung und Vertiefung. In: Grundschulmagazin, Heft 5, S. 13-16.
- Sanns, W. & Schuchmann, M. (2000): Lineare und loglineare Modelle. München: Oldenbourg.
- Scheidl, G., Grimus, M. & Reiter, A. (Hrsg.) (2000): Neue Medien in der Grundschule. Wien: Ueberreuter.
- Schipper, W., Dröge, R. & Ebeling, A. (2000): Handbuch für den Mathematikunterricht - 4. Schuljahr. Hannover: Schroedel.
- Schneider, P. (2007): Die Leistungen der Schüler/innen in Mathematik. In: Birgit Suchan, Christina Wallner-Paschon & Claudia Schreiner (Hrsg.): TIMSS 2007 Mathematik & Naturwissenschaft in der Grundschule. Österreichischer Expertenbericht. Graz: Leykam, S. 16-26.
- Schnotz, W. (2001): Wissenserwerb mit Multimedia. In: Unterrichtswissenschaft, Heft 4, S. 292-318.
- Schütte, S. (Hrsg.) et al. (2007): Die Matheprofis 4. Linz: Veritas-Verlag.
- Schwetz, H. (2001): Neues Lernen für die Informationsgesellschaft In: Herbert Schwetz, Manuela Zeyringer & Anton Reiter (Hrsg.): Konstruktives Lernen mit neuen Medien. Innsbruck [u.a.]: Studien-Verlag, S. 35-52.
- Segerer, K. M. (1992): Raumvorstellung im Mathematikunterricht. In: Grundschulmagazin, Heft 11, S. 7-8.
- Senkbeil, M. & Wittwer, J. (2010): Wann unterstützt die Computernutzung im Unterricht die mathematische Kompetenzentwicklung? Ergebnisse der Messwiederholungsstudie PISA-I-Plus 2003. In: Unterrichtswissenschaft, 38. Jg., Heft 2, S. 152-172.

- Spannagel, Chr. & Kortenkamp, U. (2006): Prozesse beim Lernen mit DGS: Aufzeichnung, Wiedergabe und Analyse. In: Timo Leuders, Matthias Ludwig & Reinhard Oldenburg (Hrsg.): Experimentieren im Geometrieunterricht. Herbsttagung 2006 des GDM-Arbeitskreises Geometrie. Hildesheim, Berlin: Franzbecker, S. 57-74.
- Stadtfeld, P. (2004): Allgemeine Didaktik und neue Medien. Der Einfluss der neuen Medien auf didaktische Theorie und Praxis. Bad Heilbrunn/Obb: Klinkhardt.
- Stocker, G. (Hrsg.) (1997): Schulen ans Netz. Innovative Projekte in Österreich. Wien: Hödler-Pichler-Tempsky.
- Ulm, V. (2005): Mathematikunterricht für individuelle Lernwege öffnen. 2. Aufl. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Ulm, V. (Hrsg.) (2008): Gute Aufgaben Mathematik. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Uttendorfer-Marek, I. (1981): Unterrichtspsychogramme - Aus dem Schulalltag dreier Klassen. In: Angelika C. Wagner (Hrsg.), Susanne Maier, Ingrid Uttendorf-Marek & Renate H. Weidle: Unterrichtspsychogramme. Was in den Köpfen von Lehrern und Schülern vorgeht. Reinbek bei Hamburg, Rowohlt Taschenbuchverlag GmbH, S. 51-131.
- Vettiger, H. (Hrsg.) et al. (1998): Unterricht planen durchführen auswerten lernen. Hannover: Schroedel.
- Vollstädt, W. (2002): Lernen mit neuen Medien. In: Pädagogik, Heft 10, S. 32-35.
- Wagner, A. C. (1981): Praktische Konsequenzen - Anwendung des Nachträglich Lauten Denkens. In: Angelika C. Wagner (Hrsg.), Susanne Maier, Ingrid Uttendorf-Marek & Renate H. Weidle: Unterrichtspsychogramme. Was in den Köpfen von Lehrern und Schülern vorgeht. Reinbek bei Hamburg, Rowohlt Taschenbuchverlag GmbH, S. 339-354.
- Weigand, H.-G. & Weth, Th. (2002): Computer im Mathematikunterricht. Neue Wege zu alten Zielen. Heidelberg [u.a.]: Spektrum, Akad. Verlag.
- Weinhäupl, W. & Neuhauser, M. (2009): Ich hab's 4. Arbeitsbuch. Salzburg: Ivo Haas.
- Wittmann, E. (1981): Grundfragen des Mathematikunterrichts. 6. Aufl. Braunschweig [u.a.]: Vieweg.
- Wollring, B. (2009): Zur Kennzeichnung von Lernumgebungen für den Mathematikunterricht in der Grundschule. In: Andrea Peter-Koop, Georg Lilitakis & Brigitte Spindeler (Hrsg.): Lernumgebungen – Ein Weg zum kompetenzorientierten Mathematikunterricht in der Grundschule. Offenburg: Mildenerger, S. 9-23.
- Woolfolk, A. & Schönplflug, U. (2008): Pädagogische Psychologie. 10. Aufl., [1., dt. Ausg., Übers. der 10. Aufl. der amerikan. Orig.-Ausg.]. München: Pearson Studium.
- Zech, F. (1998): Grundkurs Mathematikdidaktik. 9. Aufl. Weinheim [u.a.]: Beltz.

Internetbeiträge

Andress, H.-J., Hagens, J. A. & Kühnel, St. (1997): Analyse von Tabellen und kategorialen Daten. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. [online].

http://books.google.at/books?id=zoqYRNgbSEcC&pg=PA58&lpg=PA58&dq=GSK-Ansatzes&source=bl&ots=VCT35gT3bS&sig=dOFXlq_GE5BXLZGvi7RqlckcXy4&hl=de&ei=1prHTryoI9GZhQeq_MXrDw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CCsQ6AEwAg#v=onepage&q=GSK-Ansatzes&f=false [abgefragt am 23.11.2011].

Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989): Situated Cognition and the Culture of Learning. Educational Researcher. S. 32-41. [online].

<http://comminfo.rutgers.edu/~tefko/Courses/612/Articles/BrownCollinsDuguid.pdf> [abgefragt am 23.10.2011].

Glück, J., Kaufmann, H., Dünser, A. & Steinbügl, K. (o.J.): Geometrie und Raumvorstellung – Psychologische Perspektiven. S. 1-13. [online].

http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/ibdg_paper04_final.pdf [abgefragt am 14.8.2011].

Hischer, H. (2002): Mathematikunterricht und Neue Medien — oder: Bildung ist das Paradies! S. 1-23. [online].

<http://hischer.de/uds/forsch/preprints/hischer/Preprint67.pdf> [abgefragt am 14.8.2011].

Klieme, E. Lipowsky, F., Rakoczy, K. & Ratzka, N. (2006): Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. S. 127-146. [online].

<http://ebookbrowse.com/klieme-lipowsky-rakoczy-ratzka-qualit%C3%A4tsdimensionen-und-wirksamkeit-von-mathematikunterricht-pdf-d93177048> [abgefragt am 14.8.2011].

Little, Chr. (2008): Interactive geometry in the classroom: old barriers and new opportunities. S. 49-54. [online].

<http://www.bsrlm.org.uk/IPs/ip28-2/BSRLM-IP-28-2-09.pdf> [abgefragt am 14.8.2011].

Pohl, K. (2010): Wie verdeutlicht sich das operative Prinzip im Geometrieunterricht der Grundschule? S. 1-7. [online].

http://www.pikas.tu-dortmund.de/upload/Material/Haus_7_-_Gute_-_Aufgaben/IM/Informationstexte/H7_IM_Operatives_Prinzip.pdf [abgefragt am 14.8.2011].

Stern, E., Felbrich, A. & Schneider, M. (2006): Mathematiklernen. S. 461-469. [online].

http://www.ifvll.ethz.ch/people/sterne/Stern_Mathematiklernen_2006.pdf [abgefragt am 14.8.2011].

TIMSS 2007 Fragebogen Lehrer Österreich. [online].

<http://www.bifie.at/sites/default/files/items/timss2007-fragebogen-lehrer.pdf> [abgefragt am 14.8.2011].

Unruh, Th. (o.J.): Guter Unterricht. Lernen mit Computer und Internet. o.S. [online].

<http://www.guterunterricht.de/guterunterricht.de/Computer.html> [angefragt am 3.7.2011].

Yegambaram, P. & Naidoo, R. (o.J.): Better learning of geometry with computer. o.S. [online].

http://atcm.mathandtech.org/EP2009/papers_full/2812009_17080.pdf [abgefragt am 14.8.2011].

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Computernutzung in Abhängigkeit der Variablen.....	41
Abbildung 2: Zeichnen eines Quadrats – Schema 1.....	46
Abbildung 3: Zeichnen eines Quadrats – Schema 2.....	46
Abbildung 4: Zeichnen eines Quadrats und eines Rechtecks.....	47
Abbildung 5: Zeichnen eines Rechtecks.....	47
Abbildung 6: Räumliche Fähigkeiten – Visuelle Wahrnehmung.....	50
Abbildung 7: Visuomotorische Koordination.....	51
Abbildung 8: Figur-Grund-Wahrnehmung.....	51
Abbildung 9: Wahrnehmungskonstanz.....	52
Abbildung 10: Räumliche Wahrnehmung.....	52
Abbildung 11: Wahrnehmung der Raumlage.....	53
Abbildung 12: Geobrett aus Holz bzw. Plexiglas und Arbeitsblatt.....	54
Abbildung 13: Gardners multiple Intelligenzen.....	56
Abbildung 14: Räumliche Fähigkeiten – Räumliches Vorstellungsvermögen.....	58
Abbildung 15: Testaufgabe zum Teilbereich „räumliche Wahrnehmung“.....	58
Abbildung 16: Testaufgabe zum Teilbereich „räumliche Beziehungen“.....	59
Abbildung 17: Testaufgabe zum Teilbereich „mentale Rotation“.....	59
Abbildung 18: Testaufgabe zum Teilbereich „Veranschaulichung“.....	59
Abbildung 19: Testaufgabe zum Teilbereich „räumliche Orientierung“.....	60
Abbildung 20: Räumliche Fähigkeiten – Räumliches Denken.....	61
Abbildung 21: Grundformen räumlicher Beziehungen.....	62
Abbildung 22: Aspekte des Geometrieunterrichts.....	66
Abbildung 23: Didaktisch-methodisches Konzept zur Gestaltung des Geometrieunterrichts.....	69
Abbildung 24: Vier Komponenten einer Lernumgebung.....	71
Abbildung 25: Lernumgebung und Unterrichtserfolg.....	72
Abbildung 26: Fragen der Didaktik.....	76

Abbildung 27: Prinzip der Repräsentationsebenen	78
Abbildung 28: Methodische Zielsetzungen	83
Abbildung 29: DELTA-Flex mit zentraler Strom- und Internetanbindung	86
Abbildung 30: Beispiele für die Gestaltung von Medienecken	87
Abbildung 31: Informationsverarbeitung nach der generativen Methode.....	90
Abbildung 32: Zugmodusfunktion	92
Abbildung 33: Menüleiste EUKLID DynaGeo	94
Abbildung 34: Erstellung der Angabe	94
Abbildung 35: Ur- und Bildfigur mit unterschiedlichen Punktdarstellungen	95
Abbildung 36: Exportmöglichkeiten der erstellten Datei.....	95
Abbildung 37: Mögliche Einstellungen vor dem Export der Datei.....	96
Abbildung 38: Verfügbare Befehle.....	96
Abbildung 39: Dynamisches Arbeitsblatt – Themenbereich „Spiegelung“	97
Abbildung 40: Konstruktion - dynamisches Arbeitsblatt	98
Abbildung 41: Aspekte beim Einsatz einer DGS	99
Abbildung 42: Entwicklungsschema	100
Abbildung 43: Punktsymmetrie	106
Abbildung 44: Achsensymmetrie.....	106
Abbildung 45: Geradenspiegelung.....	107
Abbildung 46: Grundeigenschaft der Symmetrieachse	107
Abbildung 47: Spiegelbildliche Figuren mit unterschiedlicher Lage der Spiegelachse	109
Abbildung 48: Spiegelbilder 1.....	109
Abbildung 49: Spiegelbilder 2.....	110
Abbildung 50: Geobrett und Punktraster (Protokollblatt)	111
Abbildung 51: Geobrett mit Punktdarstellung und selbst gefertigter Spiegel.....	111
Abbildung 52: Geobretter mit Achsenkreuz.....	112
Abbildung 53: Geobretter mit Achsenkreuz und Protokollblatt.....	112

Abbildung 54: Geobrett mit Punktdarstellung auf der Spiegelachse	113
Abbildung 55: Linien- und Punktraster	113
Abbildung 56: Rechteck.....	114
Abbildung 57: Rechteck mit Umkreis.....	115
Abbildung 58: Quadrat.....	115
Abbildung 59: Quadrat mit Um- und Inkreis.....	116
Abbildung 60: Lineal mit versetzter Skalierung.....	117
Abbildung 61: Zirkel mit Arretierungsfunktion und einfachem Verstellmechanismus.....	118
Abbildung 62: Buchauszug – Zirkel – Muster	119
Abbildung 63: Inhalt der CD mit Startdatei	128
Abbildung 64: Themenübersicht	128
Abbildung 65: Allgemeine Hintergrundinformationen	129
Abbildung 66: Spezielle Hintergrundinformationen für den Themenbereich	129
Abbildung 67: Ausschnitt – Quelltext („mouseover – Funktion“)	130
Abbildung 68: Geolizi	131
Abbildung 69: Beispielseite – spiegelbildliche Figuren	132
Abbildung 70: Ergebnissicherung im Forschungsheft.....	132
Abbildung 71: Beispielseite – digitales Arbeitsblatt	133
Abbildung 72: Schüler/innenantworten – bezogen auf die Forschungsfrage: „Welchen Abstand haben spiegelbildliche Punkte von der Spiegelachse?“.....	134
Abbildung 73: Seite mit Video-Link.....	135
Abbildung 74: Segmentierte Darstellung des dynamischen Zeichenvorganges.....	136
Abbildung 75: Zusammenfassung und Wahlmöglichkeiten	136
Abbildung 76: Screen mit Aufgabenstellung und Video-Link.....	137
Abbildung 77: Darstellung realer Zeichengeräte und Platzangabe für die Trägergerade.....	138
Abbildung 78: Screen mit Konstruktionsanleitung, Fortschrittsbalken, Hypertext und interaktiven Schaltflächen	139
Abbildung 79: Erklärung – Begriff „Strecke“	140

Abbildung 80: Screen mit Wahlmöglichkeiten	141
Abbildung 81: Schüler/innenkonstruktionen	141
Abbildung 82: Interaktives Arbeitsblatt mit entsprechenden Hinweisen	142
Abbildung 83: Symbolkarten mit Setzleiste	143
Abbildung 84: Auszug aus dem Konstruktionsheft	143
Abbildung 85: Konstruieren am Computer unter Zuhilfenahme des Konstruktionsheftes	144
Abbildung 86: Ausdruck – Quadratkonstruktion	145
Abbildung 87: Quadratkonstruktion – Screens Teil 1	146
Abbildung 88: Quadratkonstruktion – Screens Teil 2	147
Abbildung 89: Quadratkonstruktion – Erklärungsseiten.....	148
Abbildung 90: Kombination – „hands-on“ Medien und Computereinsatz	153
Abbildung 91: Konstruktionen mit dem Zirkel	155
Abbildung 92: Konstruieren mit dem Computer	157
Abbildung 93: Protokollblatt (Auszug)	160
Abbildung 94: Schülerarbeit - Konstruktion eines rechten Winkels mittels Lineal und Zirkel	177
Abbildung 95: Schülerarbeit - Quadratkonstruktion mittels Geometriedreieck und Zirkel.....	177
Abbildung 96: Rechteckskonstruktion mittels Computeranwendung	178
Abbildung 97: Protokollblatt (Auszug) - erzeugt mit dem Programm „Grafstat“	179

Verzeichnis der Grafiken

Grafik 1: Zusammenhang – Ausbildungssituation und Computernutzung	29
Grafik 2: Zusammenhang – Anzahl der verfügbaren Computer und Computernutzung	30
Grafik 3: Zusammenhang – praktisches Eigenkönnen und Computernutzung	31
Grafik 4: Zusammenhang – didaktische Kompetenz und Computernutzung.....	32
Grafik 5: Zusammenhang – Einschätzung „Geometrieunterricht und Computereinsatz“ und Computernutzung	34
Grafik 6: Zusammenhang – Stellenwert „Schulung der Problemlösefähigkeit“ und Computernutzung	35
Grafik 7: Zusammenhang – Stellenwert „Experimentieren“ und Computernutzung	37
Grafik 8: Einfluss der Variablen auf die Computernutzung	42

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Variablenübersicht 1	22
Tabelle 2: Variablenübersicht 2	22
Tabelle 3: Variablenübersicht 3	22
Tabelle 4: Variablenübersicht 4	22
Tabelle 5: Variablenübersicht 5	23
Tabelle 6: Variablenübersicht 6	23
Tabelle 7: Deskriptiv-statistische Untersuchung bivariater Zusammenhänge in Abhängigkeit vom Typ der Variablen.....	24
Tabelle 8: Assoziationen zwischen den Variablen (Yule's Q)	39
Tabelle 9: Deskriptive Darstellung des Einflusses der Variablen	40
Tabelle 10: Faktor- und Responsevariablen	41
Tabelle 11: Überprüfung des Einflusses der Variablen auf die Computernutzung	41
Tabelle 12: Teilnehmende Klassen – erste Testphase	151
Tabelle 13: Teilnehmende Klassen – zweite Testphase	161
Tabelle 14: Betrachten der Videos vor bzw. nach der Konstruktion	162
Tabelle 15: Begründungen für das Betrachten der Videos vor Konstruktionsbeginn	162
Tabelle 16: Begründungen für das Betrachten der Videos nach durchgeführter Konstruktion.....	163
Tabelle 17: Wahl der Informationsdarbietung	163
Tabelle 18: Verständlichkeit der Informationsdarbietung	164
Tabelle 19: Verwendung der Erklärungsseiten.....	164
Tabelle 20: Verständlichkeit der Erklärungsseiten	165
Tabelle 21: Erfahrungen im Umgang mit Computern.....	166
Tabelle 22: Persönliche Einschätzung der Arbeit mit der computergestützten Lernumgebung	166
Tabelle 23: Persönlich bedeutsame Konstruktionen	167
Tabelle 24: Mediale Unterstützung	167
Tabelle 25: Vergleichsweise Darstellung: Konstruktionen mit traditionellen Zeichengeräten und mit dem Computer.....	168

Tabelle 26: Persönliche Einschätzung der Medienwahl.....	168
Tabelle 27: Persönliche Einschätzung – computerunterstützter Lernprozess	169
Tabelle 28: Persönliche Einschätzung – Computer und Experimentieren	170
Tabelle 29: Computereinsatz – zu Beginn der Erprobungsphase.....	170
Tabelle 30: Persönliche Einschätzungen – zu Beginn der Erprobungsphase	171
Tabelle 31: Persönliche Einschätzungen – am Ende der Erprobungsphase.....	171
Tabelle 32: Bearbeitete Themenbereiche.....	172
Tabelle 33: Wissensentwicklung - bearbeitete Themenbereiche	173
Tabelle 34: Erfüllung der Erwartungen	173
Tabelle 35: Computereinsatz – am Ende der Erprobungsphase	174

Anhang

Im Anhang sind nachfolgende Unterlagen in der angeführten Reihenfolge beigelegt:

- Fragebogen: „Neue Medien im Geometrieunterricht“ für Lehrerinnen und Lehrer an burgenländischen Volksschulen
- Statistische Berechnungen
- Handout: Hinweise für notwendige Installationen am Computer (allgemeine Hinweise)
- Handout: Hinweise zum Starten der CD und Öffnen der Konstruktionen
- Handout: Geometrieheft – Experimentier- und Forschungsaufgaben zum Thema: Spiegelbildliche Figuren
- Handout: Konstruieren am Computer (Konstruktionsanleitungen)
- Handout: Hilfreiche Funktionen – rechte Maustaste
- Symbolkarten: Schüler/innenadäquate Erklärungen der einzelnen Schaltflächen (für die Arbeit mit den interaktiven Arbeitsblättern)
- Protokollblatt: Dokumentation der Arbeit mit dem Computer (für Schüler/innen)
- Fragebogen für Schülerinnen und Schüler
- Fragebogen 1: „Mein (Geometrie)Unterricht im Focus“ – Expertinnengruppe: Erprobung der Handreichungen
- Fragebogen 2: „Neue Medien im Geometrieunterricht“ – Expertinnengruppe: Erprobung der Handreichungen

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Dissertation selbst verfasst und dazu keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet, die Autorenschaft eines Textes nicht angemaßt und wissenschaftliche Texte oder Daten nicht unbefugt verwertet habe. Weiters erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit an keiner anderen Institution von mir als Prüfungsarbeit eingereicht wurde.

Eisenstadt, im Dezember 2011

Markus Reiter

Persönliche Information

Familienstand: verheiratet, zwei Töchter

- Staatsangehörigkeit: Österreich
- Alter: 48
- Geburtsort: Wien
- Eltern: Herbert und Helene Reiter



Berufserfahrung

1987 – 1993

Vollbeschäftigter Lehrer an mehreren Hauptschulen in Wien (Fächerkombination Mathematik, Bildnerische Erziehung und Geometrisch Zeichnen).

1993 – 2007

Professor für Fachdidaktik an der Stiftung Pädagogische Akademie Burgenland mit den Arbeitsschwerpunkten: Fachdidaktik Mathematik und Fachdidaktik Sachunterricht; weiters tätig im Bereich der Mediendidaktik, Mediengestaltung und Präsentationstechniken. Mitgestaltung und Weiterentwicklung der Schulpraktischen Studien. Mitarbeit im organisatorischen Bereich (Weiterentwicklung und Neugestaltung der Studienpläne im HS und VS Bereich); Mitgestaltung und Wartung der Homepage; Tätigkeit im Bereich der PR-Arbeit.

Ab 2007 - laufend

Professor für Fachdidaktik an der Pädagogischen Hochschule Burgenland mit den Arbeitsschwerpunkten: Fachdidaktik Mathematik und Fachdidaktik Sachunterricht; weiters tätig im Bereich der Mediendidaktik, Mediengestaltung und Präsentationstechniken. Intensive Mitarbeit im Bereich „neue Medien“ und Mediendidaktik.

Mitgestaltung und Weiterentwicklung der Schulpraktischen Studien. Mitarbeit im organisatorischen Bereich (Konzeption und Weiterentwicklung diverser Curricula); Mitwirkung im Bereich der PR-Arbeit.

1997 – 2008

Pädagogischer Mitarbeiter im Bildungszentrum des ÖRK: Konzeption, Gestaltung und Durchführung von Seminaren; Mitarbeit im E-Learning Bereich).

2005

Mitorganisator des 8. Europäischen Chemielehrerkongresses in Eisenstadt / Österreich; Konzeption, Organisation und Durchführung des MINI-Kongresses (für Schüler/innen der Volksschulen) im Rahmen des 8. Europäischen Chemielehrerkongresses.

Ab 2010

Mitglied der AG PriMaMedien („Lernen, Lehren und Forschen mit neuen Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe“)

Prof., MAS, MSc

- Das Tätigkeitsfeld an der Pädagogischen Hochschule erstreckt sich im Rahmen der Ausbildung über die Bereiche der Fachwissenschaft / Fachdidaktik Mathematik und Sachunterricht, Mediendidaktik und Schulpraktischen Studien bzw. in der Fort- und Weiterbildung.

Ausbildung	1970 – 1974	Besuch der Volksschule (Wien und Eisenstadt)
	1974 – 1980	BG und BRG Eisenstadt
	1980 – 1982	ORG der Diözese Eisenstadt
	1982 – 1983	TU Wien (Studienrichtung „Maschinenbau“)
	1983 – 1986	Stiftung Pädagogische Akademie Burgenland Ausbildung zum Hauptschullehrer (M, BE, GZ) (mit Auszeichnung bestanden)
	1993 – 1995	Ausbildung zum Volksschullehrer
	2001 – 2003	Studium an der Donauuniversität Krems: Learning & Teaching New Media Abschluss - Sommersemester 2003: Akademischer Medienexperte
	2003 – 2004	Upgrade Masterausbildungen (MAS und MSc) im Bereich Medienpädagogik; Abschluss - Wintersemester 2003: Master of Advanced Studies (MAS) und Master of Science (MSc) (mit Auszeichnung bestanden)
	2005	Nachdiplomierung: Diplompädagoge
	Ab 2008	Studium an der Universität Koblenz-Landau, Campus Landau: Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften; Promotionsstudium

Patente und Veröffentlichungen Industrielle Produktion des konzipierten und veröffentlichten Arbeitstisches für Schüler (DELTA-Flex).

Veröffentlichungen:

Reiter, M. (1996): Geometrie zum Anfassen. Medienpaket für den Geometrieunterricht an Grundschulen. Quickfit: Kufstein.

Reiter, M. & Pachinger, J. (2002): Mathematik erleben und darüber reden ... In: Klement, K., Lobendanz, A. & Teml, H. (Hrsg.): Schulpraktische Studien. Innsbruck [u.a.]: Studienverlag, S. 183-194.

Reiter, M. (2008): Implementierungsmöglichkeiten von Notebooks in den Mathematikunterricht der Grundschule – eine didaktische Reflexion. In: Blaschitz, E. & Seibt, M. (Hrsg): Medienbildung in Österreich. LitVerlag GmbH, S. 301-311.

Reiter, M. (2012): Parkettierungen: Forschen und Experimentieren mit dem Computer. In: Grundschulunterricht Mathematik, Heft 1/2012 (in press).

Vortragstätigkeiten:

2009 Lehrauftrag – Universität Koblenz-Landau, Campus Landau zum Thema: „Praktische Geometrie in der Grundschule“

2010 GDM Tagung in Freiburg (Sektionsvortrag)

Wehrdienst 1986 – 1987 Stbkp Milkdo Burgenland

Wintersemester 2009/2010

Fragebogen

„Neue Medien im Geometrieunterricht“

für Lehrerinnen und Lehrer an burgenländischen Volksschulen

Markus Reiter

Liebe Kolleginnen! Liebe Kollegen!



Erlauben Sie mir, dass ich mich kurz vorstelle.

Ich heiße Markus Reiter, Jahrgang 1963, Absolvent der Stiftung Pädagogische Akademie Burgenland und der Donau-Universität Krems.

Seit 1993 unterrichte ich an der Pädagogischen Hochschule Burgenland (vormals Stiftung Pädagogische Akademie Burgenland) und beschäftige mich vorrangig mit dem Bereich Fachdidaktik Mathematik.

Ich studiere derzeit an der Universität Koblenz/Landau mit dem Schwerpunkt Fachdidaktik Mathematik. Im Rahmen dieses Studiums erstelle ich nun, betreut von Univ.-Prof. Dr. Renate Rasch, Leiterin des Lehrstuhles für Didaktik Mathematik an der Universität Koblenz-Landau, Campus Landau, eine wissenschaftliche Arbeit, die sich mit der Frage beschäftigt, inwieweit neue Medien (Computer) im Geometrieunterricht Eingang gefunden haben. Ebenso sollen Faktoren wie persönliche Einstellung, Sichtweise von Geometrieunterricht, Ausstattung der Schule etc. bezüglich des Einsatzes bzw. Nichteinsatzes neuer Medien im Geometrieunterricht erhoben werden.

Bezüglich der Fort- und Weiterbildung wird auch der Frage nachgegangen, ob es einen Bedarf einer qualitativen Fortbildung in diesem Bereich gibt bzw. geben soll.

An dieser Stelle möchte ich Sie um Ihre Mithilfe, Ihre wertvollen Erfahrungen – und – um ca. 20 Minuten Ihrer Zeit bitten.

Die Unterlagen, die Sie nun in Händen halten, holen in Form eines Fragebogens, bei dem die Antworten großteils nur angekreuzt werden müssen, alle notwendigen Informationen ein.

Als **Entschädigung für Ihre Mühe** würde ich Ihnen gerne Informationen über die Ergebnisse und eine Handreichung zukommen lassen, die Sie als Grundlage für den Computereinsatz im Geometrieunterricht verwenden könnten – falls Sie dies wünschen, bitte ich Sie, mir ein Mail zu senden.

Ich bedanke mich jetzt schon sehr herzlich für Ihre Mitarbeit und dafür, dass Sie mich bei meiner Forschungsarbeit unterstützen!

Mit freundlichen Grüßen

Markus Reiter

Zur Handhabung:

Die Fragen im ersten Teil („Rahmenbedingungen für die Unterrichtsarbeit und persönliche Einstellung ...“) beziehen sich auf die Arbeit in der Schule und auf Ihre persönliche Einstellung hinsichtlich des Einsatzes von Computern im Unterricht.

Die Fragen im zweiten Teil („Über meinen Mathematikunterricht ...“) beziehen sich den Mathematikunterricht, respektive auf den Geometrieunterricht – bezogen auf die 4. Schulstufe.

Ich bitte Sie, bei der Beantwortung der einzelnen Fragen stets den Focus auf die Arbeit in dieser Schulstufe zu legen. (Anmerkung: Wenn Sie derzeit keine 4. Schulstufe unterrichten, so bitte ich Sie, die Fragen auf Grund Ihrer Erfahrungen zu beantworten.)

Einige Fragen beziehen sich auf die Verwendung des Computers im Geometrieunterricht. Ich ersuche Sie – auch wenn Sie keinen / keine Computer im Geometrieunterricht einsetzen – die übrigen Fragen zu beantworten und den Fragebogen zur Verfügung zu stellen. Je höher die Rücklaufquote, desto präziser kann die Auswertung erfolgen.

Der Fragebogen wird maschinengestützt eingelesen. Daher ist es notwendig, dass Sie den Fragebogen mit einem Kugelschreiber ausfüllen (bitte keine Füllfeder verwenden) und dass Sie die Kästchen exakt ankreuzen: ✕

Nachdem Sie den Fragebogen ausgefüllt haben, geben Sie ihn bitte in den beiliegenden Umschlag und senden ihn an mich persönlich. So wird Ihre Anonymität gewahrt.

Die Informationen werden selbstverständlich vertraulich behandelt! Die Untersuchung erfolgt vollkommen anonym. Die erhobenen Daten werden nur in ihrer Gesamtheit ausgewertet. Rückschlüsse auf Einzelpersonen oder Schulen erfolgen nicht!

**Ich bitte um Rücksendung des Fragebogens (Poststempel) bis:
22. 1. 2010**

Danke!

9

Welchen Stellenwert haben nachstehende Ziele / Inhalte im **Geometrieunterricht** für Sie?

Bitte in jeder Zeile nur **ein** Kästchen ankreuzen.

	<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> Sehr hohen Stellenwert Hohen Stellenwert Geringen Stellenwert Keinen Stellenwert </div>			
Aktives und entdeckendes Lernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Handlungsorientiertes Lernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schulung der Problemlösefähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umwelterschließung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entwicklung einer Raumvorstellung und der räumlichen Orientierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erwerb von Wissen über grundlegende Begriffe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vernetzung geometrischer und arithmetischer Inhalte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Experimentieren im Geometrieunterricht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10

Sowohl Lehrer/innen als auch Schüler/innen steuern Lernprozesse.

Ist das Lernen in Ihrem **Geometrieunterricht** mehr lehrer- oder lernergesteuert?

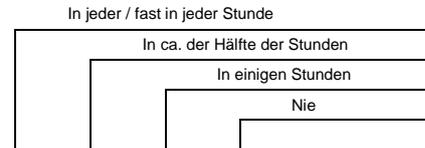
Bitte in jeder Zeile nur **ein** Kästchen ankreuzen.

	<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> In jeder / fast in jeder Stunde In ca. der Hälfte der Stunden In einigen Stunden Nie </div>			
Ich gebe dieselben Lernziele für alle Schüler/innen explizit an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erarbeite die Aufgaben zentral an der Tafel bzw. im Sitzkreis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich überprüfe, ob der Stoff verstanden wurde, indem ich Fragen stelle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schüler/innen arbeiten in kleinen Gruppen, um eine gemeinsame Lösung im Sinne des entdeckenden Lernens eines Problems oder einer Aufgabe zu finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich gebe unterschiedliche Aufgaben an Schüler/innen, die Lernschwierigkeiten haben, und/oder an diejenigen, die schneller vorankommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich gebe nur die Initialzündung zum Lernen und Unterrichtsinhalte werden vorwiegend von den Schüler/innen erschlossen und eigenständig geübt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11

Wenn Sie **Geometrie unterrichten** und/oder **geometrische Aufgaben** mit den Schüler/innen behandeln, wie oft verwenden Sie folgende Medien?

Bitte in jeder Zeile nur **ein** Kästchen ankreuzen.

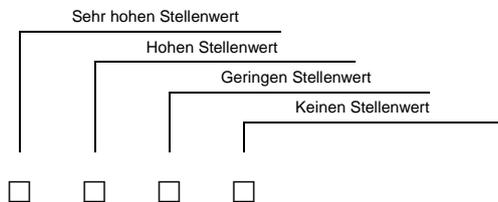


Lehrbücher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitsblätter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materialien für einen handlungsorientierten Unterricht (z.B.: Plättchen, Würfel)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zeichengeräte (Bleistift, Lineal, Geodreieck und Hefte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computerprogramme zur Geometrie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Online - Programme im Internet (Webseiten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12

Welchen Stellenwert hat der computergestützte Lernprozess im Bereich der **Geometrie** für Sie?

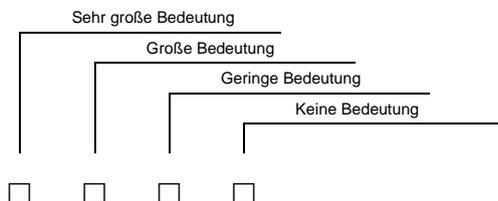
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.



13

Welche Bedeutung hat der didaktisch begründete Einsatz des Computers bei der Planung Ihres **Geometrieunterrichts**?

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.



14

In welcher Schulstufe / welchen Schulstufen halten Sie einen Computereinsatz im **Geometrieunterricht** für pädagogisch wertvoll?

1. Schulstufe

2. Schulstufe

3. Schulstufe

4. Schulstufe

15

Setzen Sie Computer im **Geometrieunterricht** ein?

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

ja

nein

In diesem Fall bitte weiter bei Frage 18!

16

In welchen Unterrichtsphasen setzten Sie den Computer im **Geometrieunterricht** ein?

Einstiegsphase

Erarbeitungsphase

Phase der Übung und Anwendung

17

Welche Software verwenden Sie vorrangig bei der Behandlung **geometrischer Inhalte**?

23

Wie viele Jahre (einschließlich des laufenden Schuljahres) sind Sie schon als Lehrerin/Lehrer tätig?

	Jahre
--	-------

24

Wie intensiv haben Sie sich im Rahmen Ihrer Ausbildung / Ihres Studiums mit den folgenden Gebieten beschäftigt?
Bitte in jeder Zeile nur **ein** Kästchen ankreuzen.

	War ein Schwerpunkt		
	Einblick in das Gebiet		Überhaupt nicht
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Allgemeine Pädagogik / Erziehungswissenschaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lernpsychologie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Allgemeine Didaktik / Unterrichtswissenschaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Didaktik der Arithmetik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Didaktik der Geometrie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Medienpädagogik / Didaktik im Umgang mit neuen Medien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

25

Wie viele Stunden haben Sie in den vergangenen zwei Jahren insgesamt bei berufsbegleitenden Fortbildungsseminaren oder Workshops verbracht, die unmittelbar mit Mathematikdidaktik bzw. Didaktik der Geometrie zu tun hatten?
Bitte in jeder Spalte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Mathematikdidaktik
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

<input type="checkbox"/>	Mehr als 35 Stunden
<input type="checkbox"/>	16–35 Stunden
<input type="checkbox"/>	6–15 Stunden
<input type="checkbox"/>	Weniger als 6 Stunden
<input type="checkbox"/>	Keine

Didaktik der Geometrie
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

<input type="checkbox"/>

26

Wie oft nutzen Sie den Computer – nach dem Unterricht – für private Zwecke?
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

- Jeden Tag oder fast jeden Tag
- 1- bis 2-mal pro Woche
- 1- bis 2-mal pro Monat
- Nie oder fast nie

27

Wie oft arbeiten Sie mit dem Computer in Bezug auf Ihre schulische Tätigkeit (z.B.: Vor- und Nachbereitung), nach dem Unterricht?
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

- Jeden Tag oder fast jeden Tag
- 1- bis 2-mal pro Woche
- 1- bis 2-mal pro Monat
- Nie oder fast nie

28

Ich finde, dass beim Einsatz des Computers im Geometrieunterricht ein erhöhtes geometrisches Fachwissen der Lehrperson notwendig ist.
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

- Stimme ich völlig zu
- Stimme ich eher zu
- Stimme ich eher nicht zu
- Stimme ich nicht zu

29

Ich finde, dass beim Einsatz des Computers im Geometrieunterricht ein erhöhtes didaktisches Fachwissen der Lehrperson notwendig ist.

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

	Stimme ich völlig zu	Stimme ich eher zu	Stimme ich eher nicht zu	Stimme ich nicht zu
<input type="checkbox"/>				

30

Inwieweit treffen nachstehende Aussagen für Sie zu, wenn Sie daran denken, den Computer im Geometrieunterricht einzusetzen?

Bitte in jeder Zeile nur **ein** Kästchen ankreuzen.

	Stimme ich völlig zu	Stimme ich eher zu	Stimme ich eher nicht zu	Stimme ich nicht zu
<input type="checkbox"/>				

Ich habe das Gefühl, dass ich die Ziele des Lehrplans mit Hilfe der neuen Medien (Computer) besser erreichen kann als ohne.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Ich fühle mich den didaktischen Anforderungen gewachsen.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des theoretischen Hintergrundwissens gewachsen.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Mein persönlicher Eindruck ist, dass die Schüler/innen durch den Einsatz des Computers im Unterricht mehr Motivation zeigen.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Mein persönlicher Eindruck ist, dass die Schüler/innen durch den Einsatz des Computers im Unterricht ein erhöhtes Fachwissen erhalten.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Neue Medien sind Anlass für mich, entsprechende Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen zu besuchen.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Sofern Sie Interesse an den Ergebnissen und der Handreichung haben, senden Sie mir bitte ein E-Mail. Ich sammle diese und werde Ihnen die gewünschten Unterlagen – sobald die Ergebnisse vorliegen – zur Verfügung stellen.

Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe!

Kontakt: E-Mail: m.reiter@bkf.at oder markus.reiter@ph-burgenland.at



Statistische Berechnungen

Kreuztabelle zu Grafik 1

Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein? * Medienpädagogik / Didaktik im Umgang mit neuen Medien in der Ausbildung.				
		Medienpädagogik / Didaktik im Umgang mit neuen Medien in der Ausbildung.		Gesamt
		Nein	Ja	
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	72,9 %	71,0 %	71,5 %
	Ja	27,1 %	29,0 %	28,5 %
Gesamt		100,0 %	100,0 %	100,0 %

Kreuztabelle zu Grafik 2

Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein? * Anzahl der Computer, die von den Schülerinnen / Schülern für Unterrichtszwecke genutzt werden können.							
		Anzahl der Computer, die von den Schülerinnen / Schülern für Unterrichtszwecke genutzt werden können.					Gesamt
		Ein Computer	Zwei Computer	Drei Computer	Vier Computer	Mehr als vier Computer	
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	86,7 %	66,7 %	73,2 %	66,7 %	61,9 %	70,7 %
	Ja	13,3 %	33,3 %	26,8 %	33,3 %	38,1 %	29,3 %
Gesamt		100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Kreuztabelle zu Grafik 3

Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein? * Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen.				
		Ich fühle mich den Anforderungen hinsichtlich des praktischen Eigenkönnens gewachsen.		Gesamt
		Nein	Ja	
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	90,9 %	66,9 %	71,3 %
	Ja	9,1 %	33,1 %	28,7 %
Gesamt		100,0 %	100,0 %	100,0 %

Kreuztabelle zu Grafik 4

Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein? * Ich fühle mich den didaktischen Anforderungen gewachsen.				
		Ich fühle mich den didaktischen Anforderungen gewachsen.		Gesamt
		Nein	Ja	
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	89,7 %	67,0 %	71,3 %
	Ja	10,3 %	33,0 %	28,7 %
Gesamt		100,0 %	100,0 %	100,0 %

Kreuztabelle zu Grafik 5

Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein? * Ich finde, dass sich Geometrieunterricht sehr gut eignet / eignen würde, die Verwendung des Computers in die Lernprozesse zu integrieren.

		Ich finde, dass sich Geometrieunterricht sehr gut eignet / eignen würde, die Verwendung des Computers in die Lernprozesse zu integrieren.		Gesamt
		Nein	Ja	
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	84,9 %	65,5 %	72,5 %
	Ja	15,1 %	34,5 %	27,5 %
Gesamt		100,0 %	100,0 %	100,0 %

Kreuztabelle zu Grafik 6

Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein? * Stellenwert der Schulung der Problemlösefähigkeit im Geometrieunterricht.

		Stellenwert der Schulung der Problemlösefähigkeit im Geometrieunterricht.		Gesamt
		Geringen Stellenwert	Hohen Stellenwert	
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	84,0 %	71,3 %	72,2 %
	Ja	16,0 %	28,7 %	27,8 %
Gesamt		100,0 %	100,0 %	100,0 %

Kreuztabelle zu Grafik 7

Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein? * Stellenwert des Experimentierens im Geometrieunterricht.

		Stellenwert des Experimentierens im Geometrieunterricht.		Gesamt
		Geringen Stellenwert	Hohen Stellenwert	
Setzen Sie Computer im Geometrieunterricht ein?	Nein	90,0 %	69,3 %	72,2 %
	Ja	10,0 %	30,7 %	27,8 %
Gesamt		100,0 %	100,0 %	100,0 %

Allgemeine Hinweise

Um die PC-Anwendungen starten zu können, ist es Voraussetzung, dass Sie den **Windows Internet Explorer** als Standardbrowser festgelegt und das Programm **Adobe Flash Player** installiert haben.



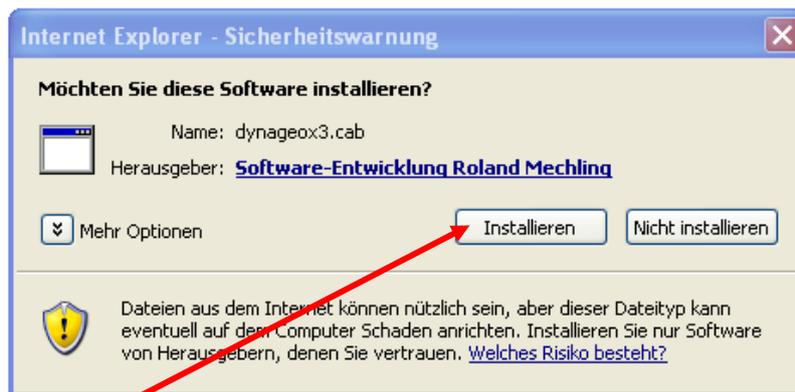
Adobe Flash Player

Download unter: <http://get.adobe.com/de/flashplayer/>



Bei der erstmaligen Verwendung der CD müssen Sie eine Internetverbindung herstellen, damit Sie die erforderliche cab-Datei (siehe unten) herunterladen können. In weiterer Folge ist die Internetverbindung nicht mehr erforderlich.

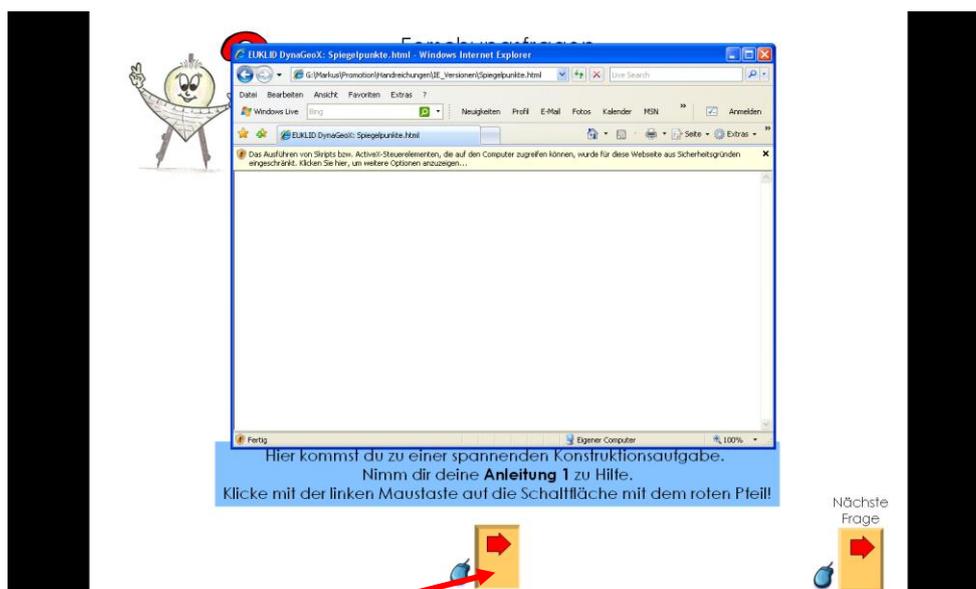
Beim erstmaligen Start kann folgende Abfrage erscheinen:



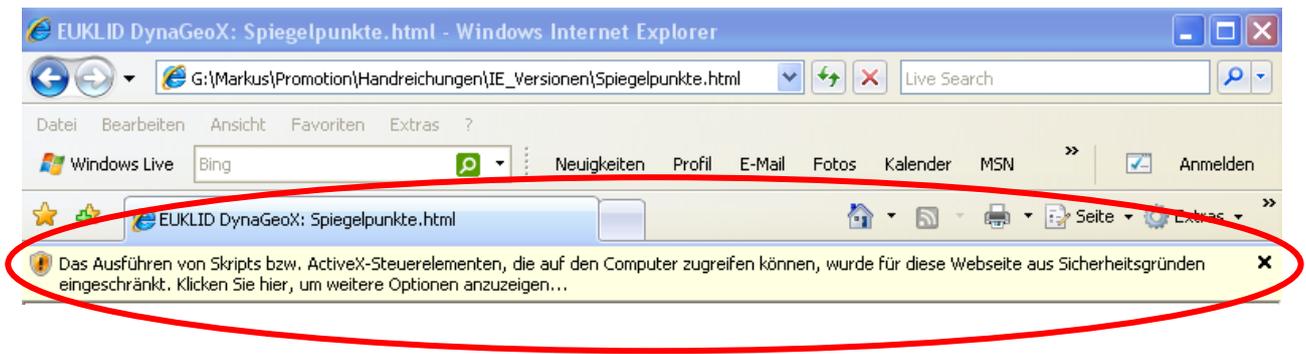
Klicken Sie bitte auf „**Installieren**“. Es handelt sich um eine gesicherte Installation einer „cab-Datei“.

Hinweise zu möglichen Sicherheitseinstellungen

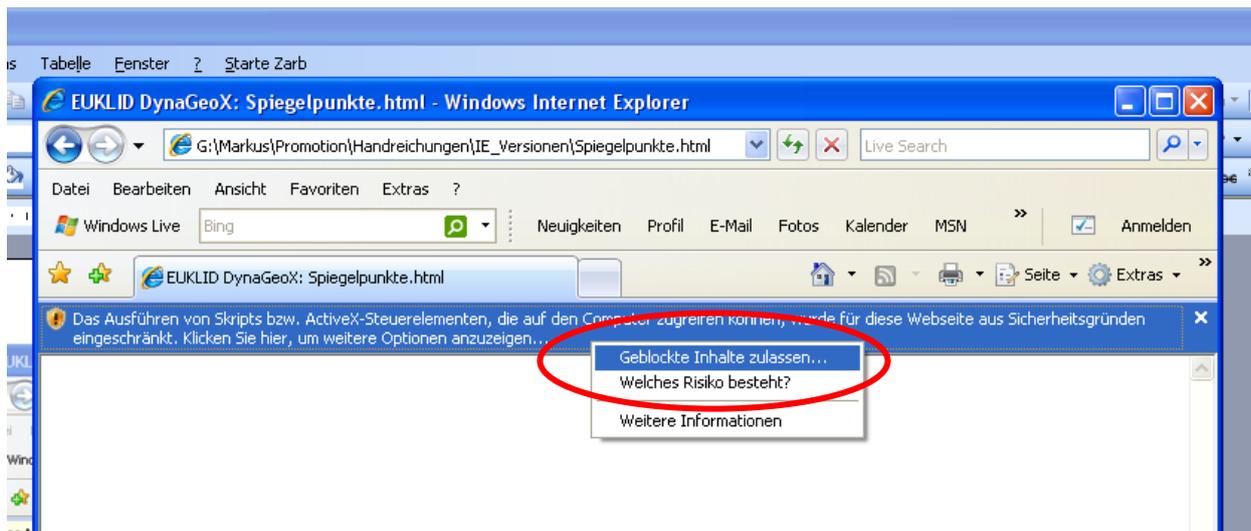
Entsprechend vieler Sicherheitseinstellungen an den Computern werden möglicherweise nachfolgende Sicherheitsabfragen erscheinen. Sie können ruhigen Gewissens die Zulassung bestätigen!



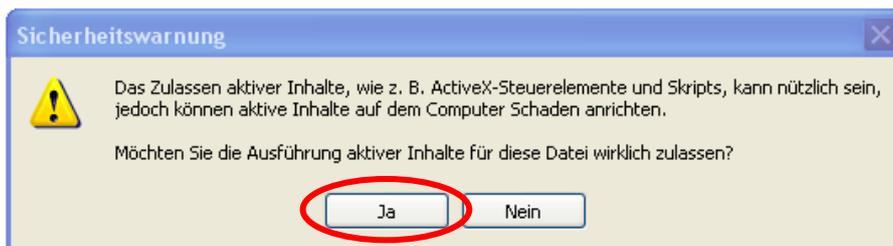
Nach Betätigung der **Schaltfläche** erscheint möglicherweise folgender Hinweis – siehe nächste Seite:



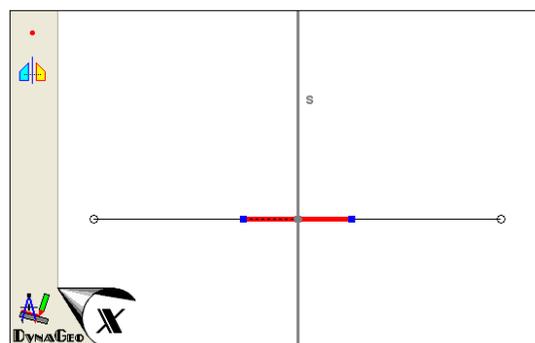
Klicken Sie anschließend mit der linken Maustaste auf den Hinweis. Dann erscheint folgendes Fenster:



Bestätigen Sie diese Meldung mit der linken Maustaste. Danach erscheint eine nochmalige Abfrage. Auch diese können Sie bedenkenlos mit „Ja“ bestätigen.



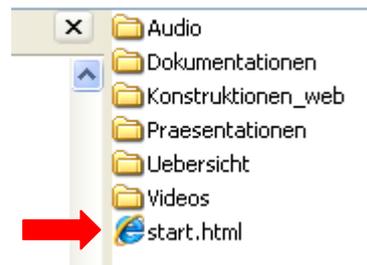
Danach öffnet sich das interaktive Arbeitsblatt (html-Dokument) und Sie können die Konstruktionen durchführen. Zum Beispiel:



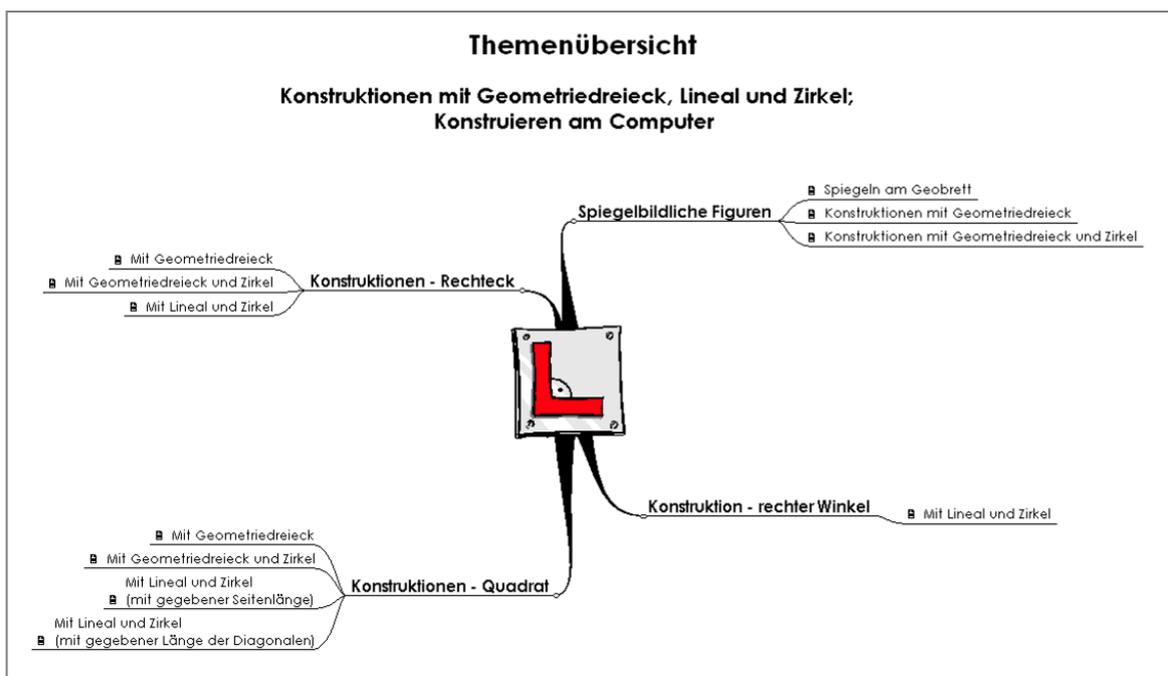
Starten der CD und Öffnen der Konstruktionen

Du öffnest den Explorer. Danach siehst du das Laufwerk, in dem die CD eingelegt ist. Der Name der CD lautet: **Geolizi**.

Mit einem Klick (mit der linken Maustaste) auf den Namen erscheinen die einzelnen Ordner der CD (Inhaltsverzeichnis) und eine Datei: start.html.



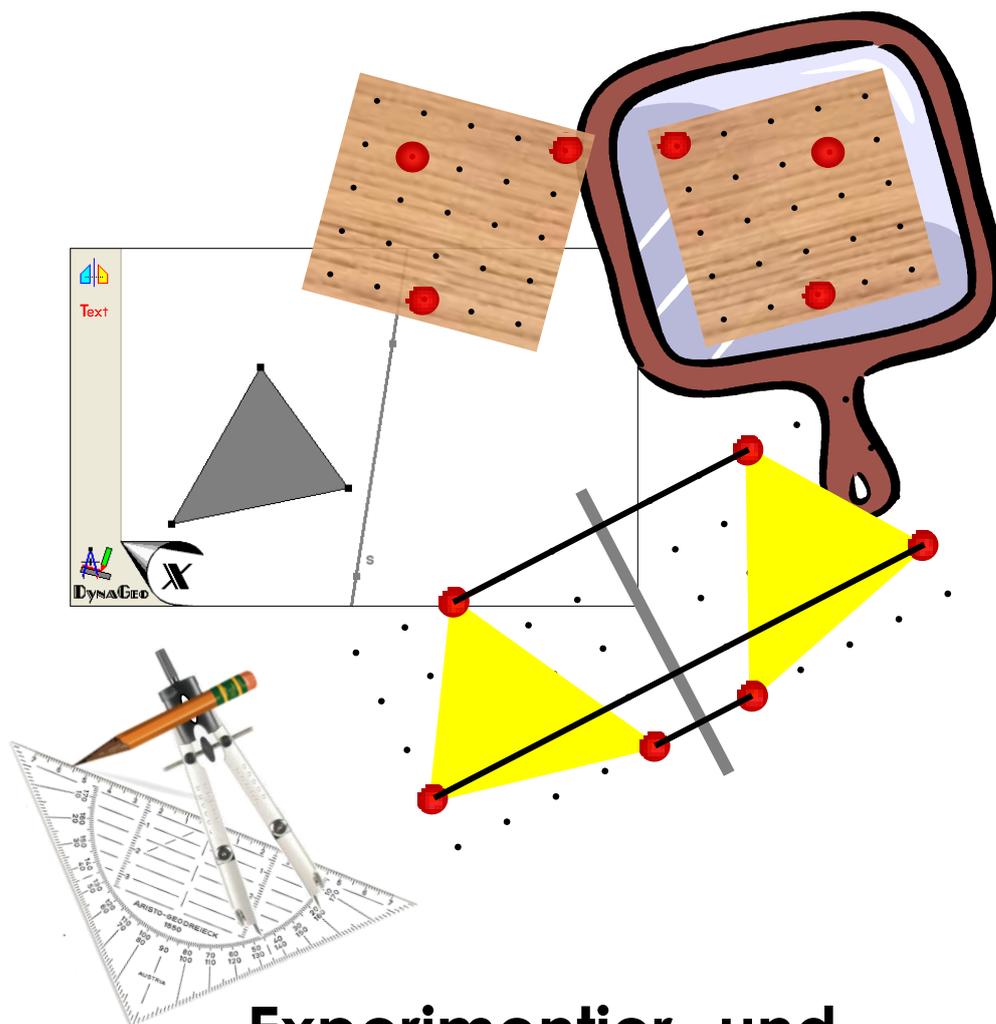
Öffne die Datei **start.html** mit einem Doppelklick (mit der linken Maustaste) und folgendes Fenster erscheint:



Wenn du den Mauszeiger über das Symbol in der Mitte oder über die Hauptüberschriften bewegst, erhältst du erste Informationen und Erklärungen über das Programm Geolizi.

Lies dir die Texte genau durch und wähle jene Konstruktionen / Aufgabenstellungen aus, die du durchführen möchtest. Dazu klickst du (mit der linken Maustaste) auf das entsprechende Thema. Danach öffnet sich die jeweilige Datei und du kannst mit dem Konstruieren beginnen.

Wenn du eine Konstruktion beendet hast, klickst du auf den Link: **„Zurück zur Übersicht“**. So gelangst so wieder zu Übersichtsseite.



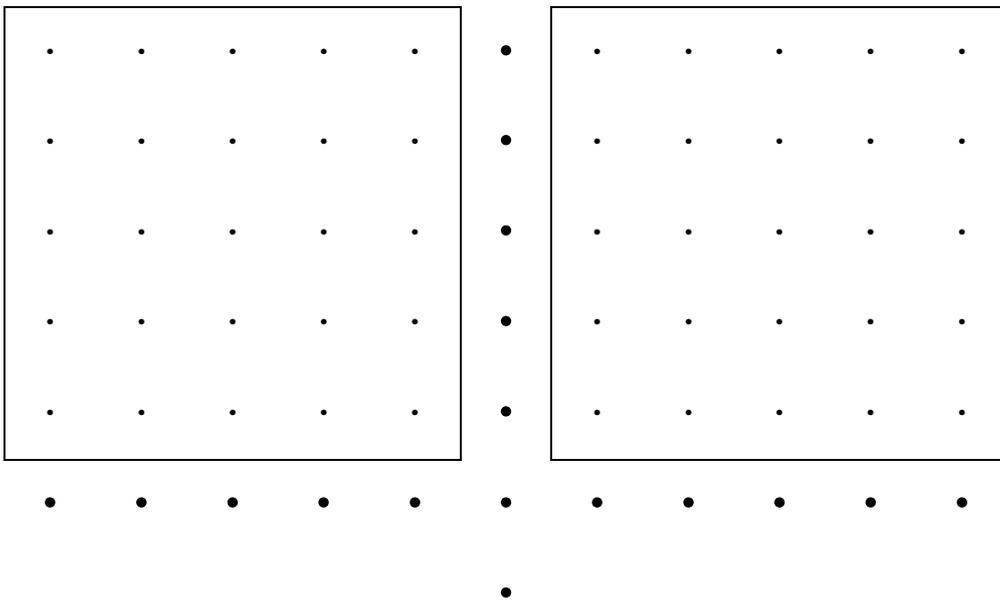
**Experimentier- und
Forschungsaufgaben
zum Thema:
Spiegelbildliche Figuren**

Dieses Forschungsheft gehört:

Spiegelbildliche Figuren

Aufgabe 6

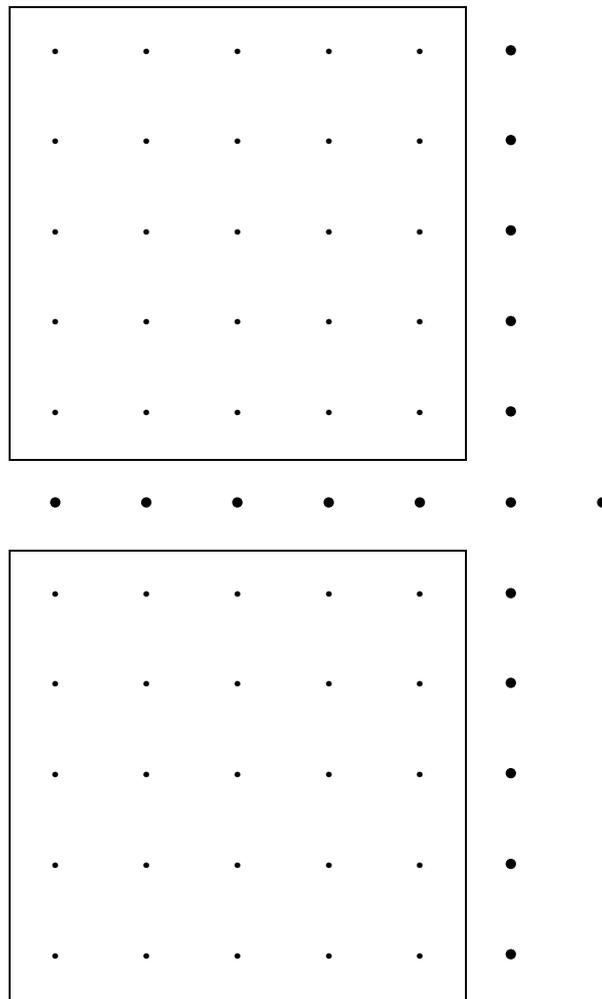
Bevor du mit der Spiegelaufgabe beginnst,
zeichne mit einem Farbstift die Spiegelachse ein!



Spiegelbildliche Figuren

Aufgabe 7

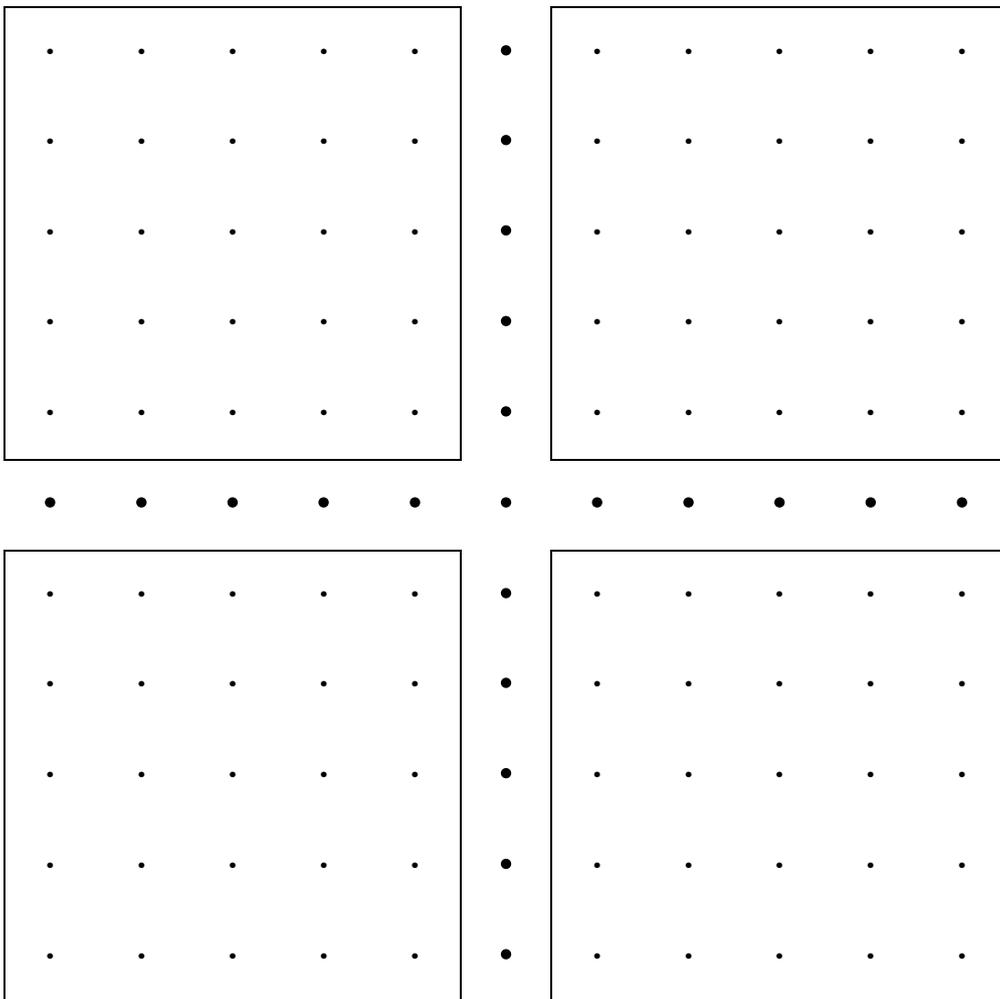
Bevor du mit der Spiegelaufgabe beginnst,
zeichne mit einem Farbstift die Spiegelachse ein!



Spiegelbildliche Figuren

Aufgabe 8

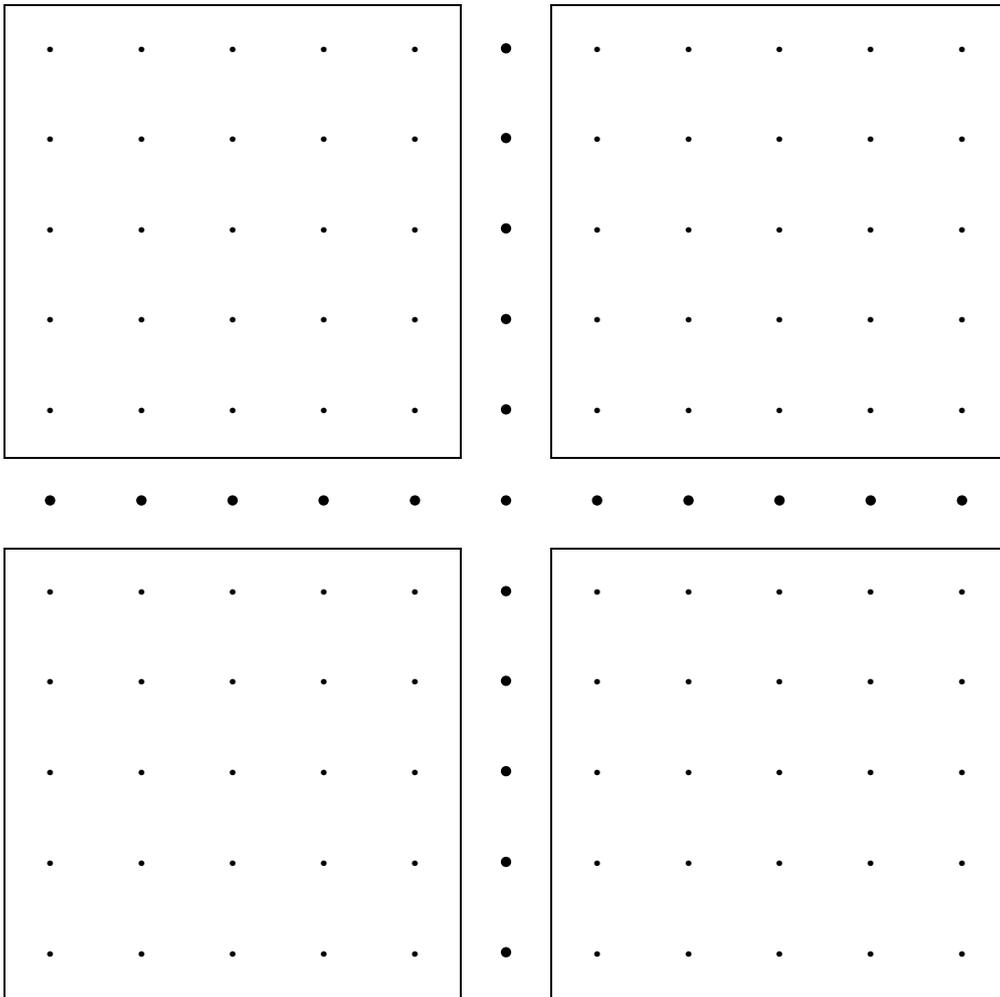
Bevor du mit der Spiegelaufgabe beginnst,
zeichne mit einem Farbstift die Spiegelachse ein!



Spiegelbildliche Figuren

Aufgabe 9

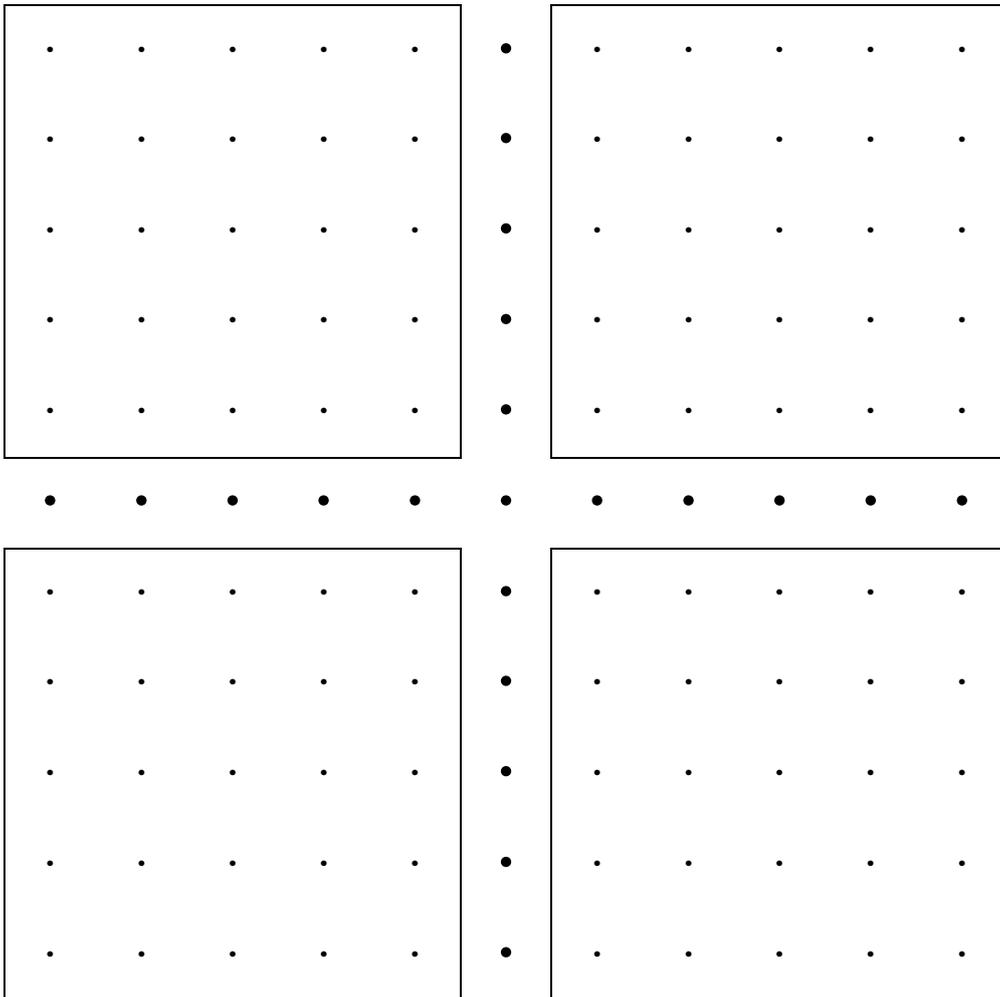
Bevor du mit der Spiegelaufgabe beginnst,
zeichne mit einem Farbstift die Spiegelachse ein!



Spiegelbildliche Figuren

Aufgabe 10

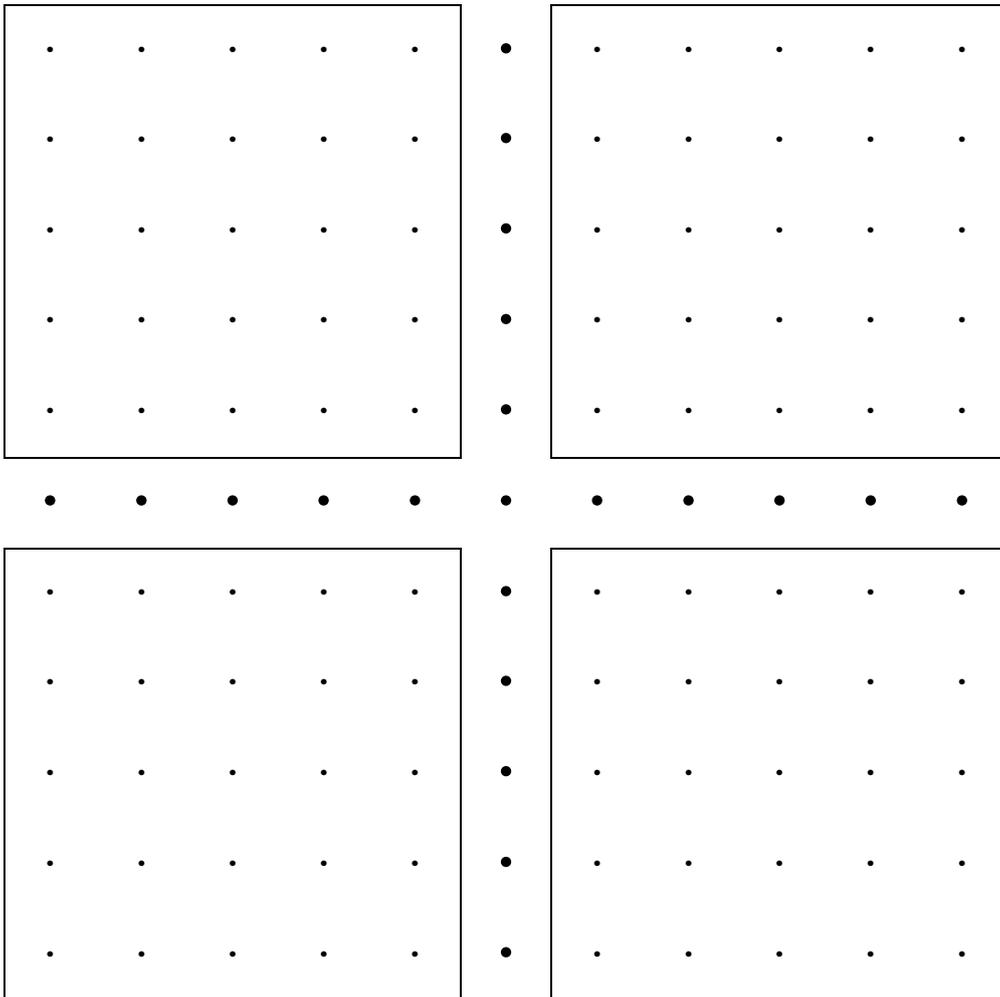
Bevor du mit der Spiegelaufgabe beginnst,
zeichne mit einem Farbstift die Spiegelachse ein!



Spiegelbildliche Figuren

Aufgabe 11

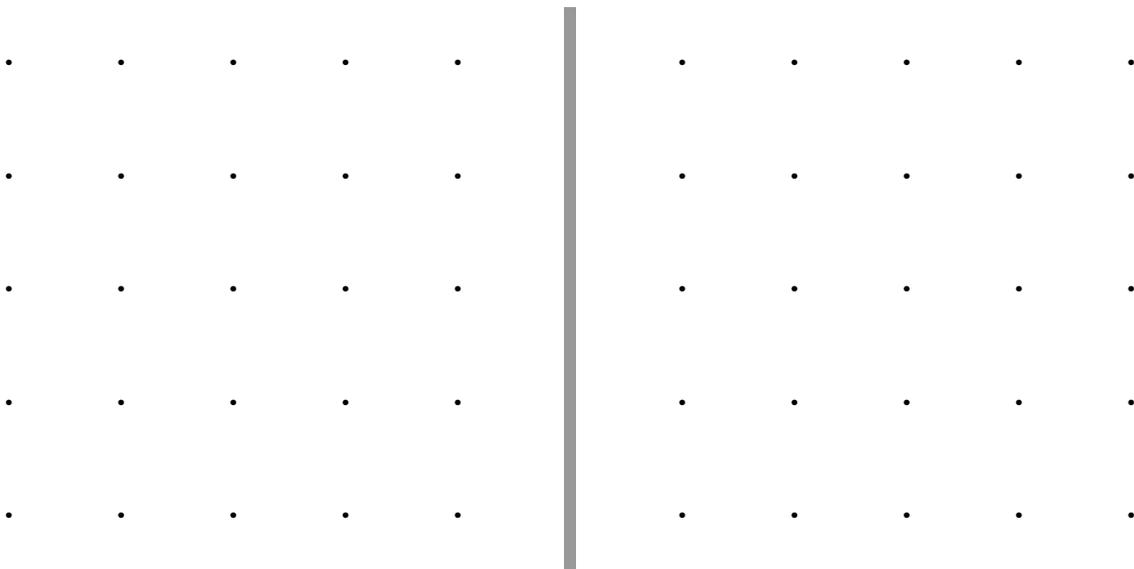
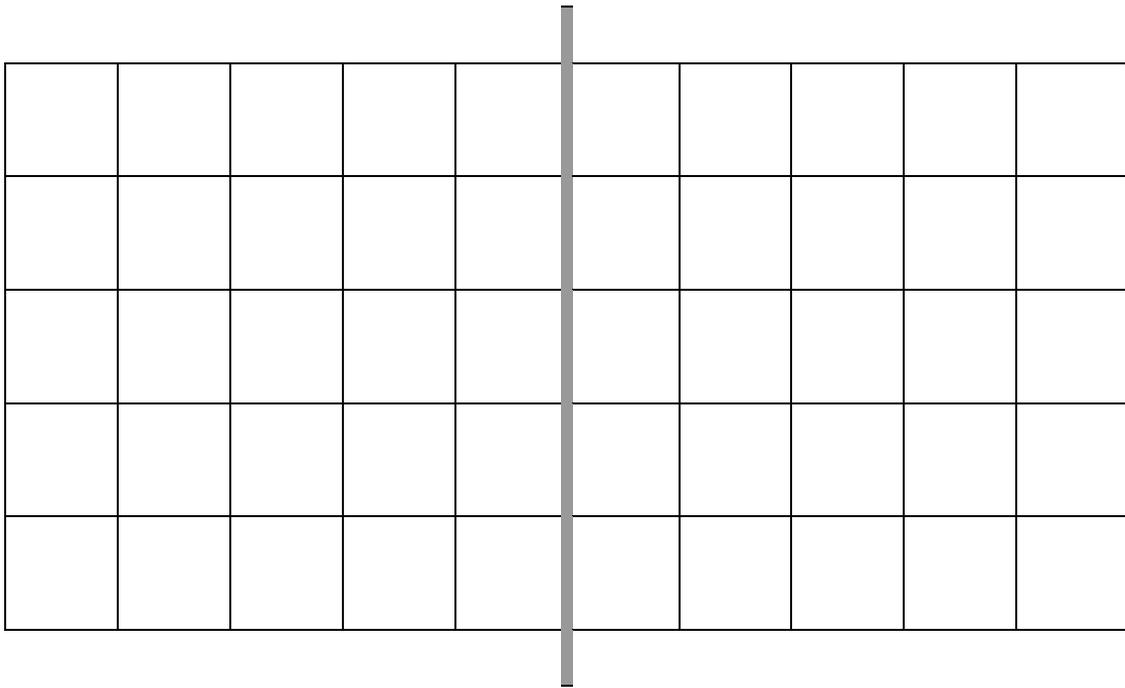
Bevor du mit der Spiegelaufgabe beginnst,
zeichne mit einem Farbstift die Spiegelachse ein!



Spiegelbildliche Figuren

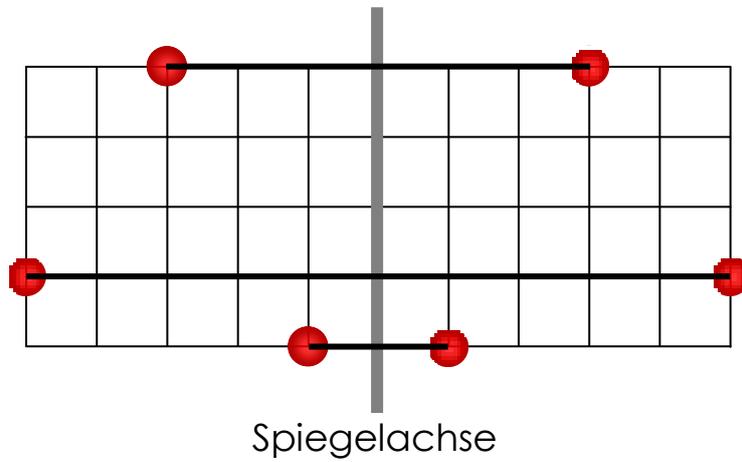
Aufgabe 12

Zeichne die Figur in beide Raster ein!

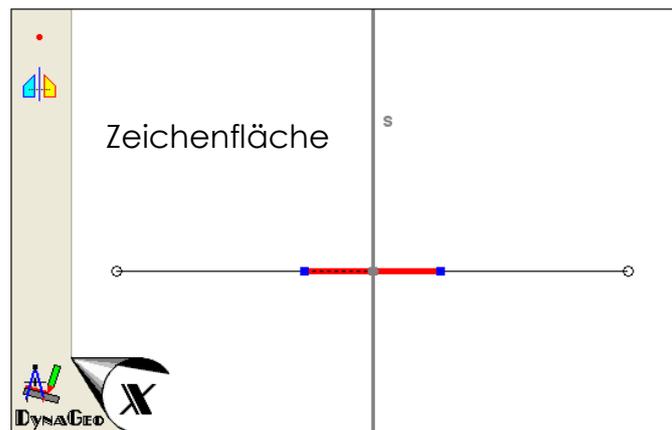


Forschungsfrage 1

Welchen Abstand haben spiegelbildliche Punkte von der Spiegelachse?



Anleitung 1



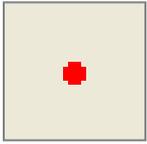
Klicke zuerst mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche.

Aufgabe 1:

Klicke mit der linken Maustaste auf den rechten Punkt, halte die Maustaste gedrückt und verschiebe den Punkt.

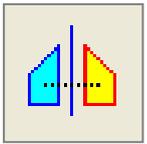
Aufgabe 2: Zeichne spiegelbildliche Punkte.

Erklärungen der Symbole für das Zeichnen am Computer:



Mit dieser Schaltfläche kannst du einen Punkt zeichnen.

Drücke diese Schaltfläche und klicke in die Zeichenfläche. Nun hast du einen Punkt erzeugt.



Mit dieser Schaltfläche kannst du deinen Punkt spiegeln.

Klicke auf diese Schaltfläche, anschließend auf deinen gezeichneten Punkt und zum Schluss klickst du noch auf die Spiegelachse (s).

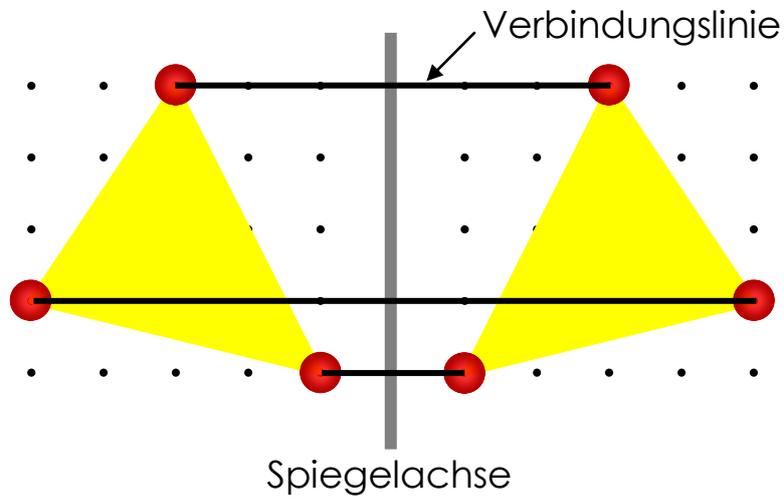
Nun kannst du wieder den Punkt mit gedrückter linker Maustaste verschieben. Beobachte den Spiegelpunkt!



Deine Antwort zur Forschungsfrage 1:

Forschungsfrage 2

Welche Lage haben die Verbindungslinien zur Spiegelachse?



Deine Antwort zur Forschungsfrage 2:



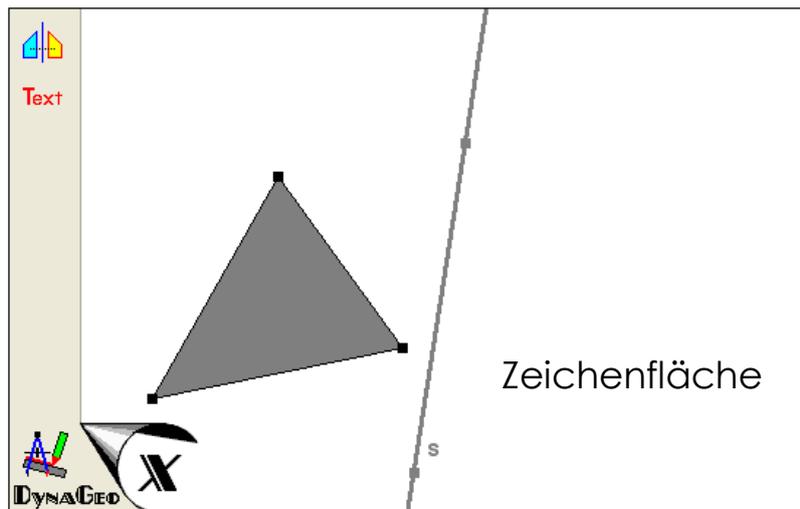
Forschungsfrage 3

Welche Lage haben die Verbindungslinien zueinander?

Deine Antwort zur Forschungsfrage 3:



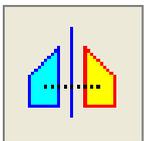
Anleitung 2:



Klicke zuerst mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche.

Aufgabe 3: Spiegle das Dreieck an der Spiegelachse (s).

Erklärungen der Symbole für das Zeichnen am Computer:



Mit dieser Schaltfläche kannst du das Dreieck spiegeln.

Klicke auf diese Schaltfläche, anschließend auf das Dreieck und zum Schluss klickst du noch auf die Spiegelachse (s).

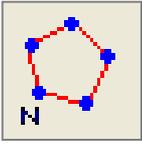


Mit dieser Schaltfläche kannst du einen Text schreiben.

Klicke auf diese Schaltfläche und klicke anschließend in die Zeichenfläche – eine Textbox öffnet sich.
Nun kannst du deinen Namen schreiben.

Nun kannst du die Punkte der Grundfigur (graues Dreieck) verschieben, indem du mit gedrückter linker Maustaste die einzelnen Punkte des Dreiecks verschiebst. Du kannst auch die Lage der Spiegelachse ändern! Beobachte beide Dreiecke!

Aufgabe 4:
**Zeichne ein Dreieck oder Viereck und
spiegle die Figur an der Spiegelachse s.**



Mit dieser Schaltfläche kannst du ein Dreieck oder Viereck zeichnen.

Klicke auf diese Schaltfläche und zeichne anschließend die Eckpunkte deiner Figur.



Mit dieser Schaltfläche kannst du Objekte löschen.

Klicke auf diese Schaltfläche und anschließend auf das Objekt, welches du löschen möchtest.

Nun kannst du die Punkte der Grundfigur verschieben, indem du mit gedrückter linker Maustaste die einzelnen Punkte der Figur verschiebst. Du kannst auch die Lage der Spiegelachse ändern! Beobachte beide Figuren!

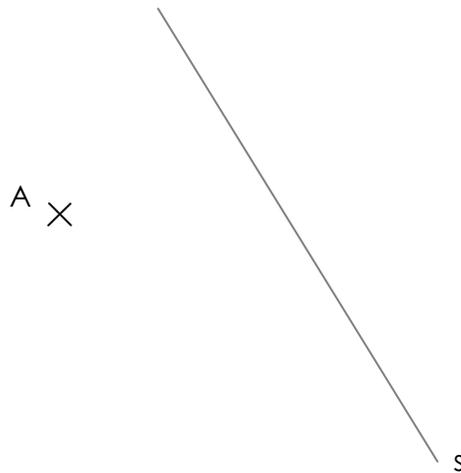


Konstruktionen mit Geometriedreieck



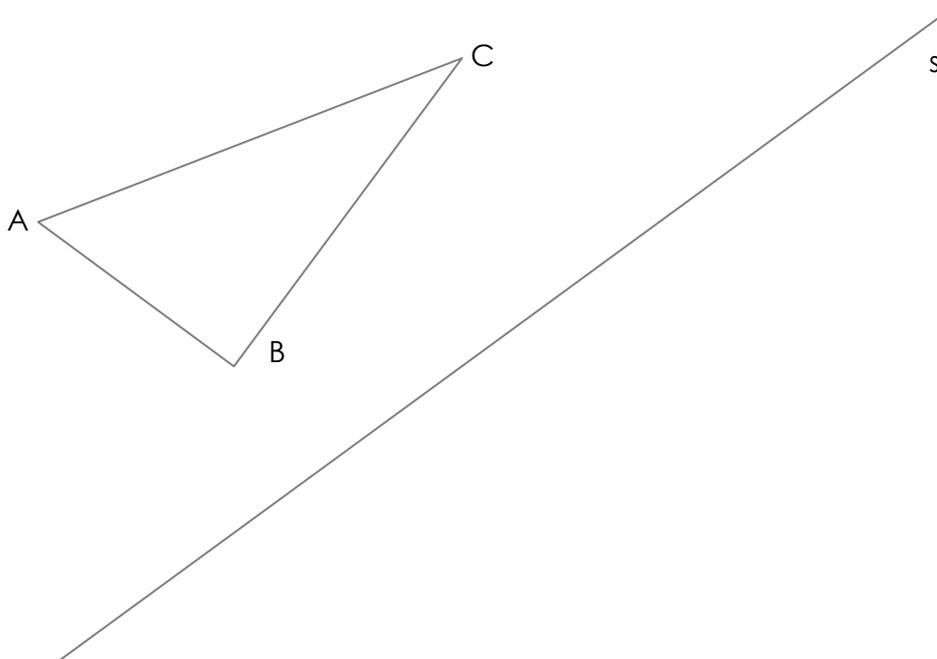
Aufgabe 1:

Spiegle den Punkt A an der Spiegelachse (s).
Zeichne die Verbindungslinie zwischen den Punkten ein.
Zeichne zwei weitere Punkte, beschrifte die Punkte und spiegle sie an der Spiegelachse.
Zeichne die Verbindungslinien zwischen den Punkten ein.



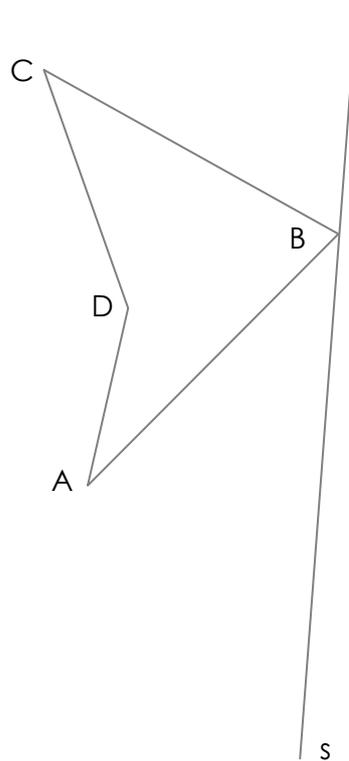
Aufgabe 2:

Spiegle das Dreieck ABC an der Spiegelachse (s).
Zeichne die Verbindungslinien zwischen den Punkten ein.



Aufgabe 3:

Spiegle das Viereck ABCD an der Spiegelachse (s).
Zeichne die Verbindungslinie zwischen den Punkten ein.



Aufgabe 4:

Erfinde eine Spiegelaufgabe!
Gestalte eine Figur und zeichne eine Linie, an der die Figur
gespiegelt werden soll.

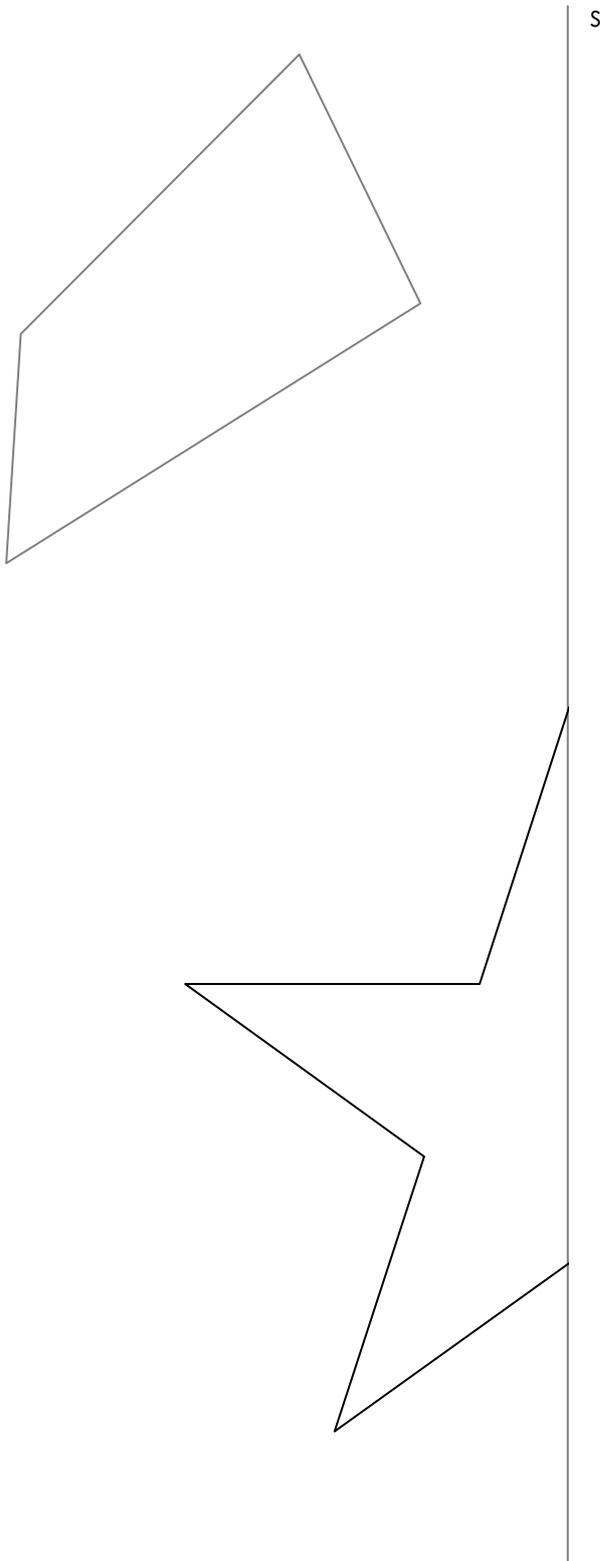


Konstruktionen mit Geometriedreieck und Zirkel



Aufgabe 1:

Spiegle die Figuren an der Spiegelachse (s).



Aufgabe 2:

Erfinde eine Spiegelaufgabe!

Gestalte eine Figur und zeichne eine Linie, an der die Figur gespiegelt werden soll.

Konstruieren am Computer

Konstruktionsanleitungen



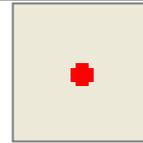
Zeichne spiegelbildliche Punkte und erforsche die Eigenschaften.

Bevor du mit der Zeichnung beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

Zeichne einen Punkt.

Zusatz: Beschrifte den Punkt zum Beispiel mit: A

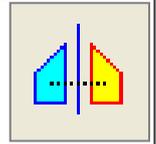
Merke: Punkte werden immer mit Großbuchstaben beschriftet.



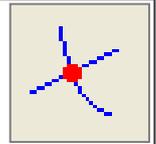
Rechte
Maustaste



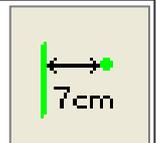
Spiegle den Punkt A an der Spiegelachse.



Die Verbindungslinie schneidet die Spiegelachse in einem Punkt.
Kennzeichne diesen Schnittpunkt.



Miss den Abstand des Punktes A von der Spiegelachse (Schnittpunkt);
miss auch den Abstand des Spiegelpunktes von der Spiegelachse (Schnittpunkt).



Eine Forschungsaufgabe für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?



Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.

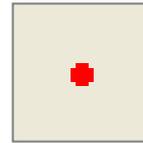
Konstruiere spiegelbildliche Punkte und erforsche die Eigenschaften.

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

Zeichne einen Punkt.

Zusatz: Beschrifte den Punkt zum Beispiel mit: A

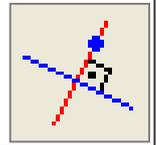
Merke: Punkte werden immer mit Großbuchstaben beschriftet.



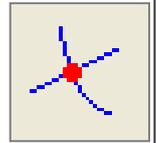
Rechte
Maustaste



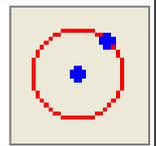
Zeichne eine Gerade im rechten Winkel (zur Spiegelachse) durch den Punkt A.



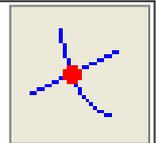
Die Gerade schneidet die Spiegelachse in einem Punkt.
Kennzeichne diesen Schnittpunkt.



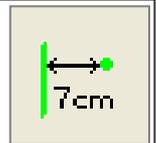
Zeichne einen Kreis durch den Punkt A; der Mittelpunkt ist der Schnittpunkt.



Die Kreislinie schneidet die Gerade in einem weiteren Punkt.
Kennzeichne diesen Schnittpunkt.



Miss den Abstand des Punktes A von der Spiegelachse (Schnittpunkt);
miss auch den Abstand des Spiegelpunktes von der Spiegelachse (Schnittpunkt).



Eine Forschungsaufgabe für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

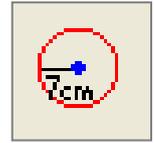
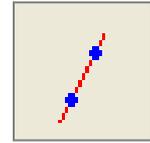


Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.

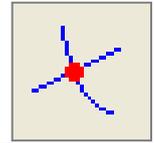
Konstruiere zwei gerade Linien, die senkrecht zueinander stehen.

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

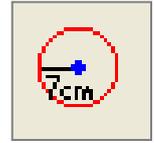
Zeichne eine Gerade.
Zeichne in einem Punkt der Geraden einen Kreis mit beliebigem Radius
(zum Beispiel: $r = 2 \text{ cm}$).



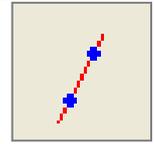
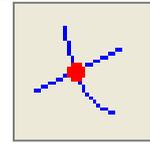
Die Kreislinie schneidet die Gerade in zwei Punkten.
Kennzeichne diese Schnittpunkte.



Zeichne einen Kreis mit demselben Radius (wie zuvor);
ein Schnittpunkt ist der Mittelpunkt.



Die beiden Kreislinien schneiden einander in zwei Punkten.
Kennzeichne diese Schnittpunkte.
Zeichne durch diese beiden Punkte eine Gerade.



Wenn du möchtest, kannst du noch die beiden Geraden
mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.

Rechte
Maustaste 

Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.



Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

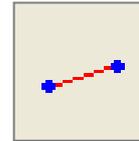
Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

Konstruiere ein Quadrat ABCD.
Von diesem Quadrat ist die Länge der Seite gegeben: $s = 7 \text{ cm}$

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

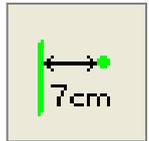
Zeichne eine Strecke (mit beliebiger Länge).

Zusatz: Beschrifte die Punkte mit A und B.

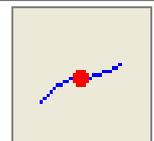
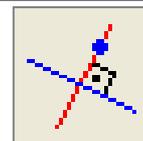


Rechte Maustaste 

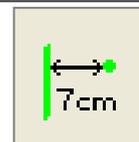
Miss die Länge der Strecke. Verschiebe einen Punkt so, dass die entsprechende Länge (= Länge des Quadrats) $s = 7 \text{ cm}$ dargestellt wird.



Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt A.
 Zeichne auf dieser Geraden einen Punkt.

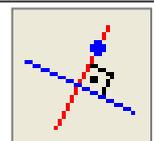


Miss den Abstand des Punktes vom Punkt A. Verschiebe den Punkt so, dass die entsprechende Länge (= Breite des Quadrats) $s = 7 \text{ cm}$ dargestellt wird. Zusatz: Beschrifte den neuen Punkt mit D

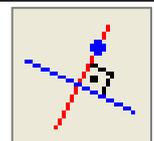


Rechte Maustaste 

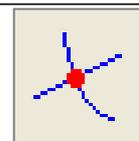
Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt D.



Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt B.

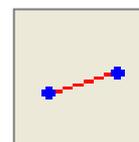


Die beiden Geraden schneiden einander.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte diesen Punkt mit C.



Rechte Maustaste 

Zusatz:
 Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Quadrats mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.
 Hinweis: Zuvor musst du noch die Seiten des Vierecks zeichnen!



Rechte Maustaste 

Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.



Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

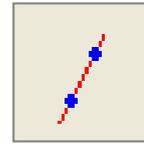
Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

Konstruiere ein Quadrat ABCD.
Von diesem Quadrat ist die Länge der Seite gegeben: $s = 5 \text{ cm}$

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

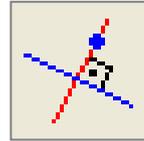
Zeichne eine Gerade.

Zusatz: Beschrifte den linken Punkt mit A.

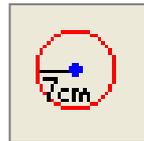


Rechte Maustaste 

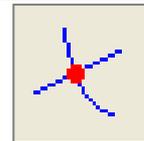
Zeichne durch den Punkt A eine Gerade im rechten Winkel.



Zeichne einen Kreis mit der Länge einer Seite des Quadrats ($s = 5 \text{ cm}$) als Radius.
 A ist der Mittelpunkt.

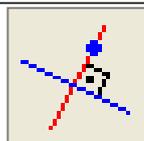


Die Kreislinie schneidet die Geraden in (mind.) zwei Schnittpunkten.
 Kennzeichne diese Schnittpunkte.
 Zusatz: Beschrifte diese Punkte mit B und D.

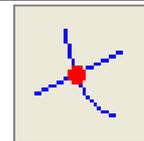


Rechte Maustaste 

Zeichne zwei Geraden im rechten Winkel durch die Punkte B und D.

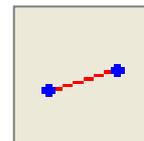


Die beiden Geraden schneiden einander.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte diesen Punkt mit C.



Rechte Maustaste 

Zusatz:
 Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Quadrats mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.
 Hinweis: Zuvor musst du noch die Seiten des Vierecks zeichnen!



Rechte Maustaste 

Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.



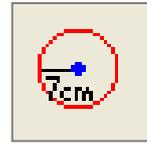
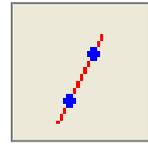
Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

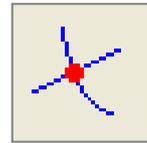
Konstruiere ein Quadrat ABCD.
Von diesem Quadrat ist die Länge der Seite gegeben: $s = 5 \text{ cm}$

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

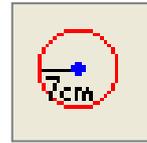
Zeichne eine Gerade.
 Zeichne in einem Punkt der Geraden einen Kreis
 mit beliebigem Radius (zum Beispiel: $r = 2 \text{ cm}$).



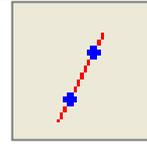
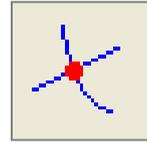
Die Kreislinie schneidet die Gerade in zwei Punkten.
 Kennzeichne diese Schnittpunkte.



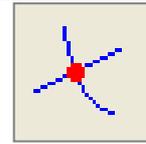
Zeichne einen Kreis mit demselben Radius (wie zuvor);
 ein Schnittpunkt ist der Mittelpunkt.



Die beiden Kreislinien schneiden einander in zwei Punkten.
 Kennzeichne diese Schnittpunkte.
 Zeichne durch diese beiden Punkte eine Gerade.



Die beiden Geraden schneiden einander in einem Punkt.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte den Punkt mit A.

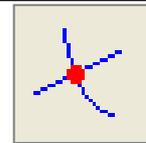


Rechte
 Maustaste 

Zeichne einen Kreis mit der Länge der Quadratseite ($s = 5 \text{ cm}$) als Radius;
 A ist der Mittelpunkt.

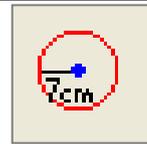


Die Kreislinie schneidet die Geraden in (mind.) zwei Schnittpunkten.
 Kennzeichne diese Punkte.
 Zusatz: Beschrifte die beiden Punkte mit B und D.

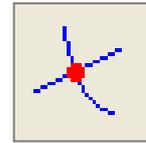


Rechte
 Maustaste 

Zeichne zwei Kreise mit der Länge der Quadratseite ($s = 5 \text{ cm}$);
 B und D sind jeweils die Mittelpunkte.

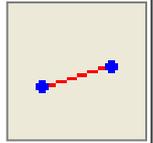


Die beiden Kreislinien schneiden einander.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte den Punkt mit C.



Rechte
 Maustaste 

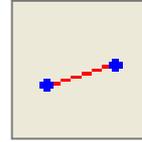
Verbinde die Punkte D und C; verbinde auch die Punkte B und C.



Zusatz:

Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Quadrats mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.

Hinweis: Zuvor musst du noch die Seiten des Vierecks zeichnen!



Rechte
Maustaste



Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.



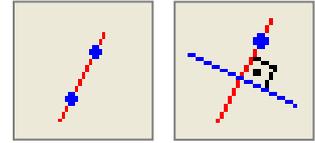
Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

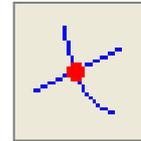
Konstruiere ein Quadrat ABCD.
Von diesem Quadrat ist die Länge der Diagonale gegeben: $d = 10\text{ cm}$

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

Zeichne eine Gerade.
Zeichne in einem Punkt der Geraden eine Gerade im rechten Winkel.

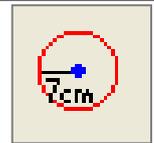


Die beiden Geraden schneiden einander in einem Punkt.
Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
Zusatz: Beschrifte den Punkt mit M.

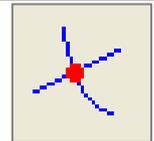


Rechte
Maustaste 

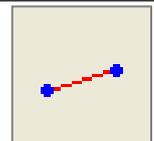
Zeichne einen Kreis mit dem Radius der halben Länge der Diagonalen ($d = 10\text{ cm}$);
M ist der Mittelpunkt.



Der Kreis schneidet die beiden Geraden in vier Punkten.
Kennzeichne diese Schnittpunkte.
Zusatz: Beschrifte die Punkte mit A, B, C, und D.



Verbinde die Punkte A, B, C, und D.



Zusatz:
Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Quadrats
mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.

Rechte
Maustaste 

Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.



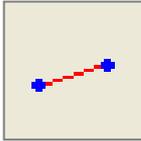
Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

Konstruiere ein Rechteck ABCD.
Von diesem Rechteck sind die Länge und die Breite gegeben:
 $l = 7 \text{ cm}$; $b = 4 \text{ cm}$

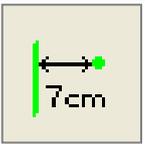
Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

Zeichne eine Strecke (mit beliebiger Länge).
 Zusatz: Beschrifte die Punkte mit A und B.

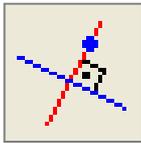
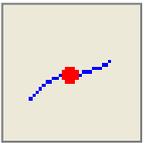


Rechte
Maustaste 

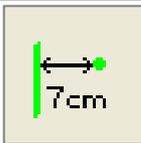
Miss die Länge der Strecke. Verschiebe einen Punkt so, dass die entsprechende Länge (= Länge des Rechtecks) $l = 7 \text{ cm}$ dargestellt wird.



Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt A.
 Zeichne auf dieser Geraden einen Punkt.

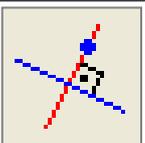



Miss den Abstand des Punktes vom Punkt A. Verschiebe den Punkt so, dass die entsprechende Länge (= Breite des Rechtecks) $b = 4 \text{ cm}$ dargestellt wird. Zusatz: Beschrifte den neuen Punkt mit D.

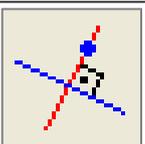


Rechte
Maustaste 

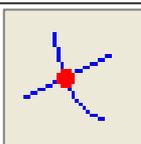
Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt D.



Zeichne eine Gerade im rechten Winkel durch den Punkt B.

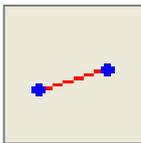


Die beiden Geraden schneiden einander.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte diesen Punkt mit C.



Rechte
Maustaste 

Zusatz:
 Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Rechtecks mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.
 Hinweis: Zuvor musst du noch die Seiten des Vierecks zeichnen!



Rechte
Maustaste 

Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.

! Beobachte genau! Was fällt dir auf? !

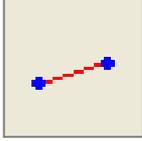
Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.

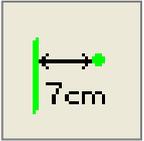
Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

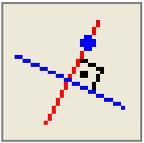
Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

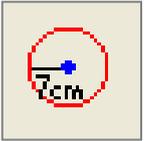
Konstruiere ein Rechteck ABCD.
Von diesem Rechteck sind die Länge und die Breite gegeben:
 $l = 7 \text{ cm}$; $b = 2 \text{ cm}$

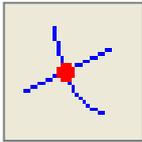
Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

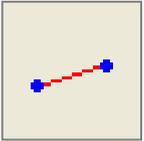
<p>Zeichne eine Strecke (mit beliebiger Länge).</p> <p>Zusatz: Beschrifte die Punkte mit A und B.</p>		<p>Rechte Maustaste </p>
---	---	---

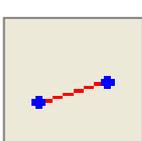
<p>Miss die Länge der Strecke. Verschiebe einen Punkt so, dass die entsprechende Länge (= Länge des Rechtecks) $l = 7 \text{ cm}$ dargestellt wird.</p>	
--	---

<p>Zeichne zwei Geraden im rechten Winkel durch die Punkte A und B.</p>	
---	---

<p>Zeichne zwei Kreise; als Radius nimmst du die Breite des Rechtecks ($b = 2 \text{ cm}$). A und B sind jeweils die Mittelpunkte.</p>	
---	--

<p>Die beiden Kreislinien schneiden die senkrechten Geraden in (mind.) Zwei Schnittpunkten. Kennzeichne diese Schnittpunkte.</p> <p>Zusatz: Beschrifte diese Punkte C und D.</p>		<p>Rechte Maustaste </p>
--	---	---

<p>Verbinde die Punkte D und C.</p>	
-------------------------------------	---

<p>Zusatz:</p> <p>Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Rechtecks mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.</p> <p>Hinweis: Zuvor musst du noch die Seiten des Vierecks zeichnen!</p>		<p>Rechte Maustaste </p>
--	---	---

Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.



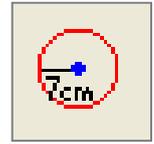
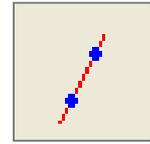
Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

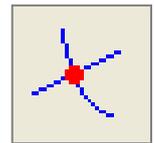
Konstruiere ein Rechteck ABCD.
Von diesem Rechteck sind die Länge und die Breite gegeben:
 $l = 7 \text{ cm}$; $b = 4 \text{ cm}$

Bevor du mit der Konstruktion beginnst, klicke mit der linken Maustaste in die Zeichenfläche!

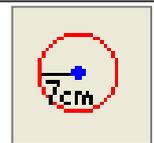
Zeichne eine Gerade.
 Zeichne in einem Punkt einen Kreis mit beliebigem Radius
 (zum Beispiel: $r = 2 \text{ cm}$).



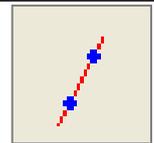
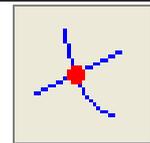
Die Kreislinie schneidet die Gerade in zwei Punkten.
 Kennzeichne diese Schnittpunkte.



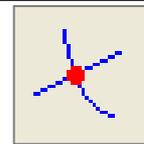
Zeichne einen Kreis mit demselben Radius (wie zuvor);
 ein Schnittpunkt ist der Mittelpunkt.



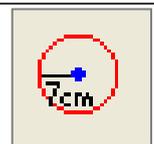
Die beiden Kreislinien schneiden einander in zwei Punkten.
 Kennzeichne diese Schnittpunkte.
 Zeichne durch diese beiden Punkte eine Gerade.



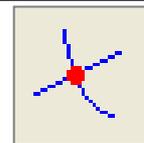
Die beiden Geraden schneiden einander in einem Punkt.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte den Punkt mit A.



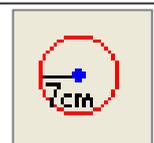
Zeichne einen Kreis mit der Länge des Rechtecks ($l = 7 \text{ cm}$);
 A ist der Mittelpunkt.



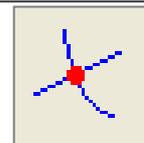
Die Kreislinie schneidet die waagrechte Gerade (mind.) in einem Punkt.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte den Punkt mit B.



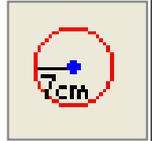
Zeichne einen Kreis mit der Breite des Rechtecks ($b = 4 \text{ cm}$);
 A ist der Mittelpunkt.



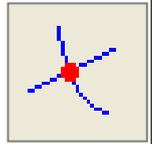
Die Kreislinie schneidet die senkrechte Gerade (mind.) in einem Punkt.
 Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
 Zusatz: Beschrifte den Punkt mit D.



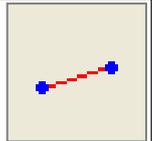
Zeichne einen Kreis mit der Länge des Rechtecks ($l = 7 \text{ cm}$) und einen Kreis mit der Breite des Rechtecks ($b = 4 \text{ cm}$);
B und D sind jeweils die Mittelpunkte.



Die beiden Kreislinien schneiden einander in einem Punkt.
Kennzeichne diesen Schnittpunkt.
Zusatz: Beschrifte den Punkt mit C.



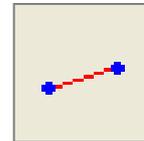
Verbinde die Punkte D und C; verbinde auch die Punkte B und C.



Zusatz:

Wenn du möchtest, kannst du noch die Seiten des Rechtecks mit einer stärkeren Linie und mit Farbe hervorheben.

Hinweis: Zuvor musst du noch die Seiten des Vierecks zeichnen!



Rechte
Maustaste



Zwei Forschungsaufgaben für dich:

Du kannst alle Punkte, die als ■ dargestellt sind, mit gedrückter (linker) Maustaste verschieben.



Beobachte genau! Was fällt dir auf?

Schreibe deine Erkenntnisse in dein Heft.



Überlege, ob du die Konstruktion noch auf eine andere Weise durchführen kannst!

Schreibe deinen Vorschlag in dein Heft.

Hilfreiche Funktionen - rechte Maustaste



Klicke mit der rechten Maustaste auf einen **Punkt** ...

Verbergen
Benennen...

Farbe...
Punktform...

An Linie binden...

Spurpunkt setzen

Hier kannst du die Farbe des Punktes ändern.

Hier kannst du die Form des Punktes ändern.

Hier kannst du einen Punkt „löschen“.

Hier kannst du einen Punkt benennen – z. B: A

Klicke mit der rechten Maustaste auf eine **Gerade, Strecke, Figur** ...

Verbergen
Benennen...

Farbe...
Linienart...

Hier kannst du die gesamte Konstruktion löschen.

Klicke mit der rechten Maustaste in die **Zeichenfläche** ...

Zeichnung zurücksetzen
Zeichnung speichern unter...

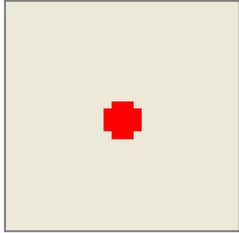
Objekt löschen
Letzte Löschung widerrufen
Alle verborgenen Objekte anzeigen

Zeichnung vergrößern
Zeichnung verkleinern

Logo verkleinern
Über...

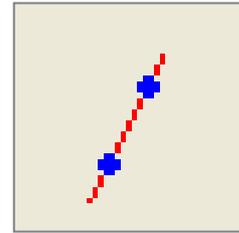
Hier kannst du die gesamte Konstruktion löschen.

Hier kannst du ein Objekt löschen.



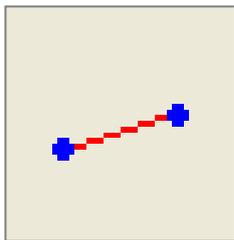
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
Punkte zeichnen.

Drücke diese Schaltfläche
und klicke in die
Zeichenfläche. Nun hast du
einen Punkt erzeugt.



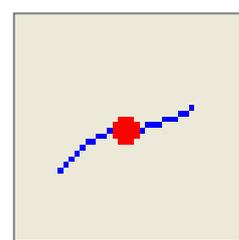
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
Geraden zeichnen.

Klicke auf die Schaltfläche;
anschließend klickst du in die
Zeichenfläche und
an einer anderen Stelle
wieder. Eine Gerade ist
gezeichnet.



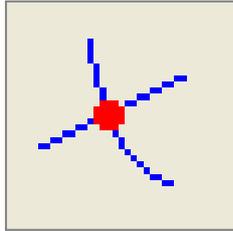
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
Strecken zeichnen.

Klicke auf die Schaltfläche;
anschließend klickst du in die
Zeichenfläche und an einer
anderen Stelle wieder. Eine
Strecke ist gezeichnet.



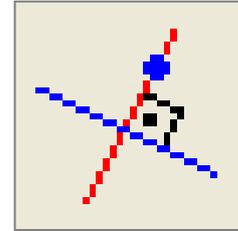
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**einen Punkt auf einer Linie
zeichnen.**

Klicke auf die Schaltfläche
und anschließend auf die
Stelle, wo ein Punkt
gezeichnet werden soll.



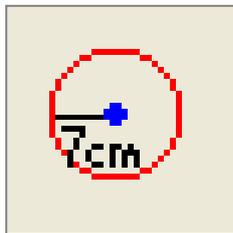
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**einen Schnittpunkt zweier
Linien festlegen.**

Drücke diese Schaltfläche
und klicke danach auf die
beiden Linien. Der
Schnittpunkt wird markiert.



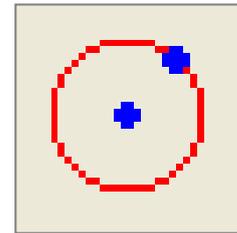
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**eine senkrechte Gerade
zeichnen.**

Drücke diese Schaltfläche,
anschließend klicke auf den
gewünschten Punkt und
danach auf die Gerade, auf
die eine senkrechte Gerade
gezeichnet werden soll.



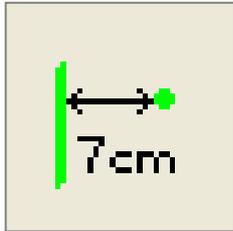
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**einen Kreis mit einem
bestimmten Radius zeichnen.**

Dazu musst du den Radius
(in cm) mit den Zifferntasten
eintragen und anschließend
auf den Mittelpunkt klicken.



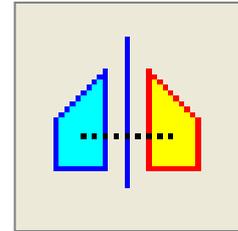
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**einen Kreis durch einen
bestimmten Punkt zeichnen.**

Dazu musst du den
Mittelpunkt und einen Punkt
anklicken.
Achte auf die richtige
Reihenfolge!



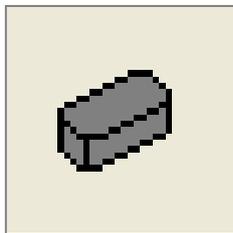
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**den Abstand zweier Punkte
ermitteln.**

Klicke auf die Schaltfläche;
anschließend klickst du auf
die beiden Punkte. In der
Zeichenfläche wird der
Abstand angezeigt.



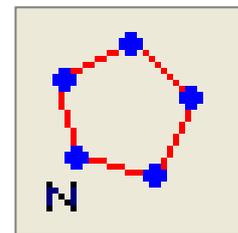
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**einen Punkt oder eine Figur
spiegeln.**

Klicke auf diese Schaltfläche,
anschließend auf einen
Punkt oder auf eine Figur und
danach klickst du auf die
Spiegelachse.



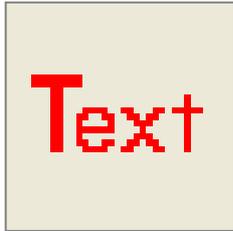
Mit dieser Schaltfläche
kannst du
Objekte löschen.

Klicke auf diese Schaltfläche
und anschließend auf das
Objekt, welches du löschen
möchtest.



Mit dieser Schaltfläche
kannst du
**ein Dreieck, ein Viereck,
ein Fünfeck oder ein Vieleck
zeichnen.**

Klicke auf diese Schaltfläche
und zeichne anschließend
die Eckpunkte deiner Figur.



Mit dieser Schaltfläche
kannst du
einen Text schreiben.

Klicke auf diese Schaltfläche
und klicke anschließend in
die Zeichenfläche – eine
Textbox öffnet sich.
Nun kannst du deinen
Namen schreiben.

Thema der Konstruktionsaufgabe: (Kreuze bitte an!)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Quadrat mit Geometriedreieck | <input type="checkbox"/> Rechteck mit Geometriedreieck |
| <input type="checkbox"/> Quadrat mit Geometriedreieck und Zirkel | <input type="checkbox"/> Rechteck mit Geometriedreieck und Zirkel |
| <input type="checkbox"/> Quadrat mit Lineal und Zirkel | <input type="checkbox"/> Rechteck mit Lineal und Zirkel |
| <input type="checkbox"/> Quadrat mit Lineal und Zirkel (Diagonale) | |



Das ist meine

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
----	----	----	----	----	----	----

 Konstruktionsaufgabe.
 (Kreuze bitte an!)

	Lies dir bitte die Sätze aufmerksam durch!	Kreuze bitte an:
	Ich habe mir das Video der Konstruktion angesehen .	Kreuze bitte an, warum du dir das Video angesehen hast! <input type="checkbox"/> Ich wollte wissen, wie die Figur konstruiert wird. <input type="checkbox"/> Ich kann jetzt die Figur selbst konstruieren. Ich brauche keine Hilfe mehr. <input type="checkbox"/> Ich kann die Figur noch nicht selbst konstruieren. Ich brauche noch Hilfe.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe die Beschreibungen für die einzelnen Konstruktionsschritte gelesen .	<input type="checkbox"/> Die Beschreibungen waren für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe mir die Beschreibungen für die einzelnen Konstruktionsschritte angehört .	<input type="checkbox"/> Die Hinweise waren für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe auf den Begriff „ Gerade “ geklickt.	<input type="checkbox"/> Die Erklärung war für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe auf den Begriff „ Strecke “ geklickt.	<input type="checkbox"/> Die Erklärung war für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe auf den Begriff „ rechter Winkel “ geklickt.	<input type="checkbox"/> Die Erklärung war für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe auf den Begriff „ Diagonale “ geklickt.	<input type="checkbox"/> Die Erklärung war für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe auf den Begriff „ Kreis “ geklickt.	<input type="checkbox"/> Die Erklärung war für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
Kontrolle	Ich habe auf „ Kontrolle der rechten Winkel “ geklickt.	<input type="checkbox"/> Die Erklärung war für mich verständlich.
		<input type="checkbox"/>
	Ich habe mir das Video der Konstruktion angesehen .	Warum hast du dir das Video angesehen? Schreibe bitte auf!
		<input type="checkbox"/>

Danke für deine Mithilfe!

Liebe Geometrieexpertinnen! Liebe Geometrieexperten!

Du hast dich in den letzten Monaten sehr intensiv mit dem Programm Geolizi beschäftigt.
Zum Abschluss habe ich noch ein paar Fragen an dich.



Ich bitte dich, dass du dir die Fragen genau durchliest und dann beantwortest.
Deine Meinung ist mir besonders wichtig!



Frage 1:

Hast du vor der Arbeit mit dem Programm Geolizi (Geometrix) schon mit dem Computer gearbeitet?

Kreuze bitte an!

Ja 	Nein 
---	--



Frage 2:

Du hast mit Hilfe des Computers das Spiegeln von Punkten und Figuren und das Konstruieren von Quadraten und Rechtecken gelernt.

Wie hast du das Erarbeiten der Konstruktionen mit dem Computer erlebt?

Kreuze bitte an!

Mir ist es sehr leicht gefallen. 	Mir ist es leicht gefallen. 	Mir ist es schwer gefallen. 	Mir ist es sehr schwer gefallen. 
---	--	---	---



Frage 3:

Welche Konstruktion / Konstruktionen hast du dir gut einprägen können?

Schreibe bitte auf!

? Frage 4:
Was hat dich am meisten unterstützt?

Kreuze bitte an!

Das Konstruieren mit Lineal, Geometriedreieck und Zirkel.	Das Zeichnen am Computer.	Das Ansehen der Videos.
		

? Frage 5:
Was zeichnest du gerne mit Lineal, Geometriedreieck und Zirkel?

Schreibe bitte auf!

? Frage 6:
Was zeichnest du gerne am Computer?

Schreibe bitte auf!

? Frage 7:
Du hast die Konstruktionen mit Lineal, Geometriedreieck, Zirkel und am Computer durchgeführt.
Konstruierst du jetzt lieber:

Kreuze bitte an!

Mit Lineal, Geometriedreieck und Zirkel?	Am Computer?
	

Danke für deine Mithilfe!

Wintersemester 2010/2011

Fragebogen 1

„Mein (Geometrie)Unterricht im Focus“

Markus Reiter

Focus: Mein Geometrieunterricht ...

4

Welche Vorhaben / Schritte planen Sie, um die **Experimentierfähigkeit** bei den Schüler/innen im **Geometrieunterricht** aufzubauen bzw. zu fördern?

Keine Maßnahmen

5

Welche Vorhaben / Schritte planen Sie, um die **Problemlösefähigkeit** im **Geometrieunterricht** bei den Schüler/innen aufzubauen bzw. zu fördern?

Keine Maßnahmen

6

Welche Vorhaben / Schritte planen Sie, um die **Selbstständigkeit** im **Geometrieunterricht** bei der Behandlung geometrischer Aufgabenstellungen bei den Schüler/innen aufzubauen bzw. zu fördern?

Keine Maßnahmen

7

Welche Vorhaben / Schritte planen Sie, um das **soziale Lernen** im **Geometrieunterricht** bei den Schüler/innen zu fördern?

Keine Maßnahmen

8

Welche **differenzierende Maßnahmen** sind bei der Gestaltung Ihres **Geometrieunterrichts** von Bedeutung?

Keine Maßnahmen

9

Welchen Stellenwert hat der **computergestützte Lernprozess** im Bereich des **Geometrieunterrichts** - hinsichtlich der zu erreichenden Lernziele - für Sie?

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Sehr hohen Stellenwert

Hohen Stellenwert

Geringen Stellenwert

Noch keinen Stellenwert

10

Ich finde, dass sich **Geometrieunterricht** sehr gut eignet / eignen würde, die **Verwendung des Computers** in die Lernprozesse zu integrieren.

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe!

Dieser Fragebogen wurde ausgefüllt von: _____

(Hinweis: Es kann auch eine Codierung eingesetzt werden;
diese muss auch beim zweiten Fragebogen verwendet werden – bitte merken und/oder notieren!)

Sommersemester 2011

Fragebogen 2

„Neue Medien im Geometrieunterricht“

Expertinnengruppe: Erprobung der Handreichungen

Markus Reiter

1

Durch den Einsatz der Handreichungen kann die **Experimentierfähigkeit** bei den Schüler/innen aufgebaut und gefördert werden.

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

2

Durch den Einsatz der Handreichungen kann die **Problemlösefähigkeit** bei den Schüler/innen aufgebaut und gefördert werden.

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

3

Durch den Einsatz der Handreichungen kann die **Selbstständigkeit** bei der Behandlung geometrischer Aufgabenstellungen bei den Schüler/innen aufgebaut und gefördert werden.

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

4

Durch den Einsatz der Handreichungen kann das **soziale Lernen** bei den Schüler/innen gefördert werden.

Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

5

Durch den Einsatz der Handreichungen kann die Forderung nach **Differenzierung** im Unterricht umgesetzt werden.
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

6

Durch den Einsatz der Handreichungen können **unterschiedliche Lerntypen** angesprochen werden.
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

7

Wie sehr deckt sich folgende Aussage mit Ihrer persönlichen Einstellung?
Der **Einsatz von Computern** im Unterricht ist eine wichtige Komponente eines zeitgemäßen Grundschulunterrichts.
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Stimme ich völlig zu

Stimme ich eher zu

Stimme ich eher nicht zu

Stimme ich nicht zu

8

Welchen Stellenwert hat der **computergestützte Lernprozess** im Bereich der **Geometrie** für Sie?
Bitte nur **ein** Kästchen ankreuzen.

Sehr hohen Stellenwert

Hohen Stellenwert

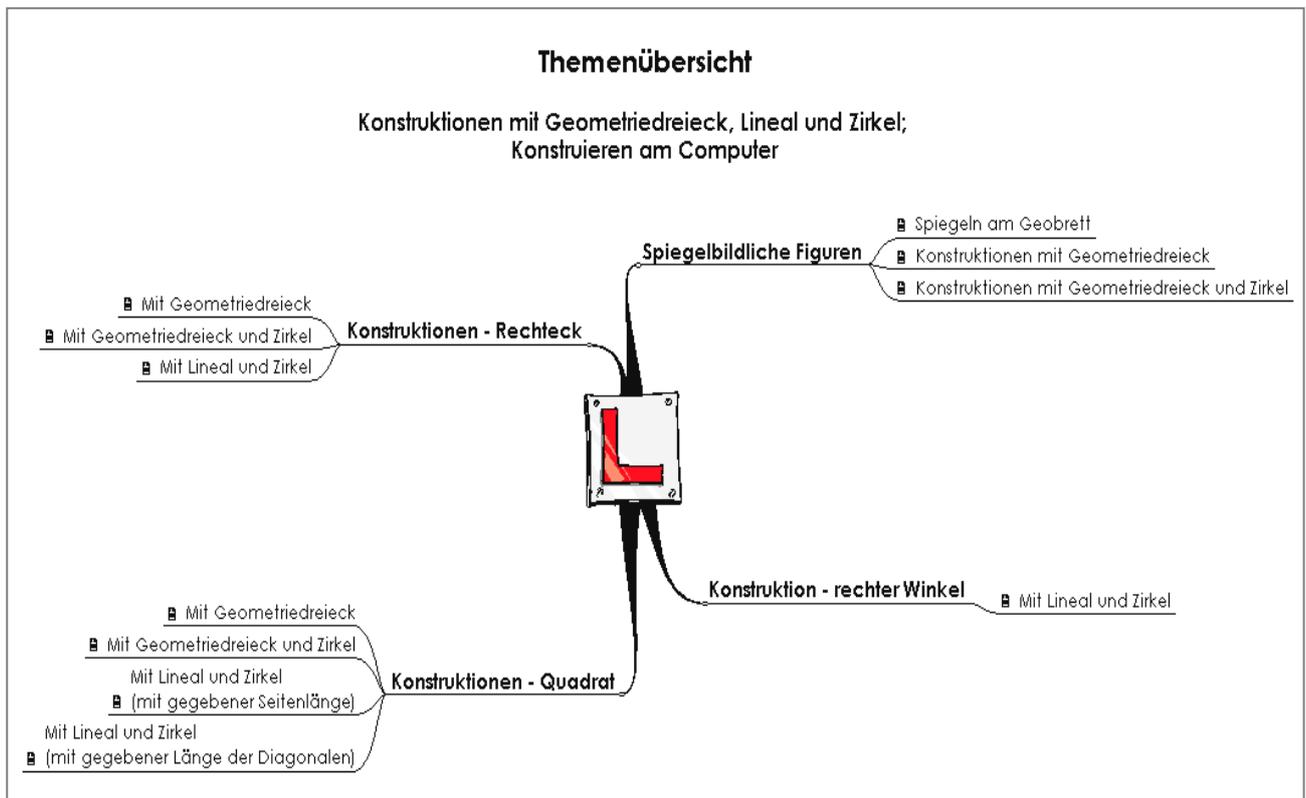
Geringen Stellenwert

Keinen Stellenwert

12

Welche **Themenbereiche** wurden von den Schüler/innen im Laufe der Testphase **bearbeitet**?

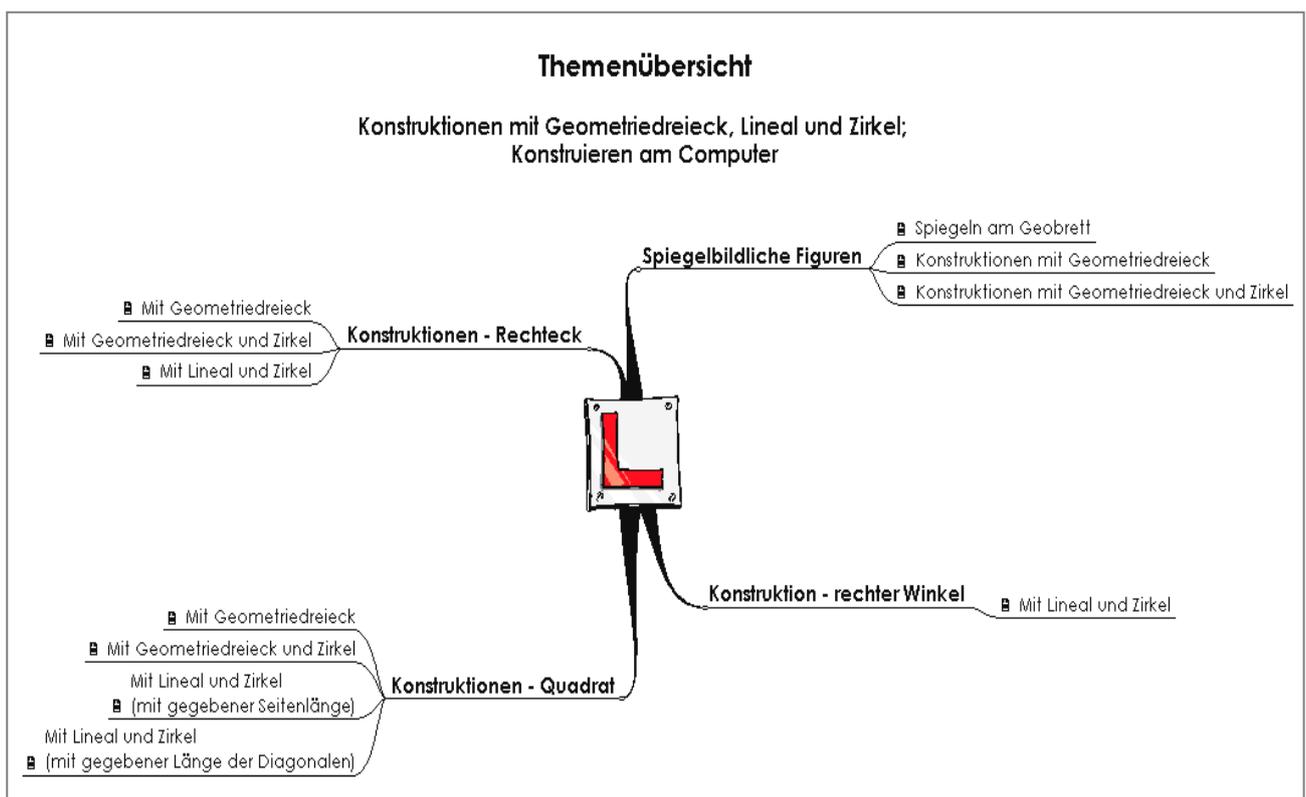
Bitte **kreuzen Sie an**.



13

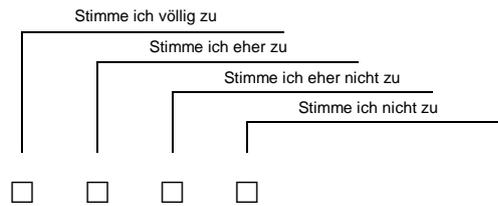
Bei welchen **Themen/Inhalten** konnte die **Wissensentwicklung** der Kinder durch den **Einsatz des Computers** **besonders unterstützt** werden?

Bitte **kreuzen Sie an**.



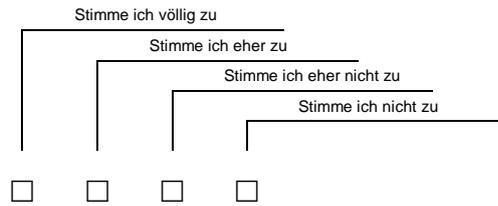
14

Die Gestaltung der Handreichungen stellt eine **bedienerfreundliche Lernumgebung für die Lehrkraft** dar.



15

Die Gestaltung der Handreichungen stellt eine **bedienerfreundliche Lernumgebung für die Schüler/innen** dar.



16

Werden Sie auf Grund der Erfahrungen bei der Erprobung der Handreichungen den **Computer (inkl. der Handeichungen) zukünftig im Geometrieunterricht (intensiver) einsetzen?**

ja nein

Wenn „ja“: Geben Sie bitte Gründe dafür an.

Ich kann / möchte keine Gründe angeben.

Wenn „ja“: In welcher / welchen Unterrichtsphasen werden sie den Computer (inkl. der Handeichungen) im Geometrieunterricht einsetzen?

Einstiegsphase

Erarbeitungsphase

Phase der Übung und Anwendung

Wenn „nein“: Geben Sie bitte Gründe dafür an.

Ich kann / möchte keine Gründe angeben.

17

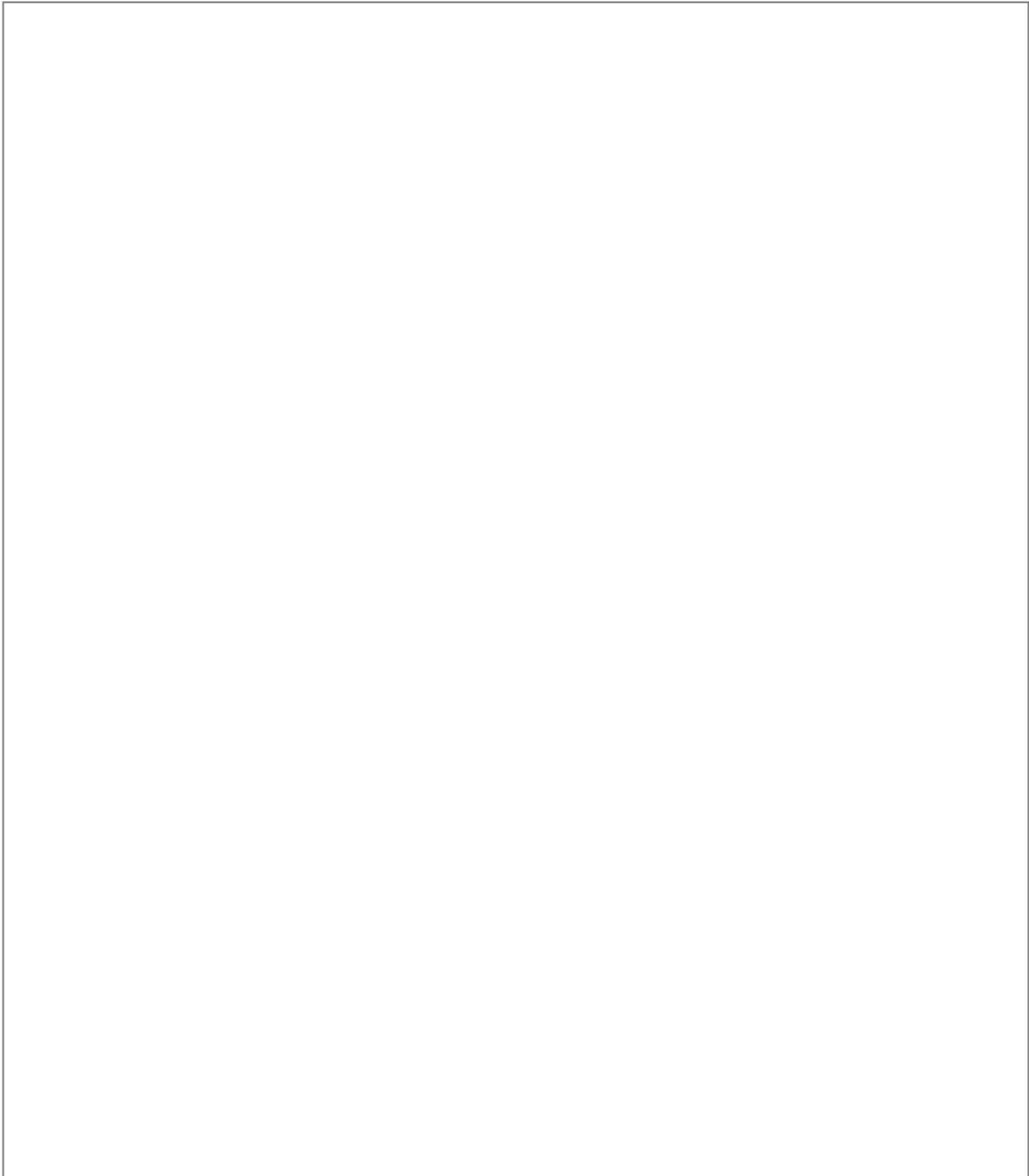
Wurden die **Erwartungen**, die Sie in die Arbeit mit den **Handreichungen** gestellt haben, erfüllt?

	Völlig			
	└───	Großteils		
	└───┬───	Zu einem geringen Teil		
	└───┬───┬───	Gar nicht		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Könnten Sie bitte Ihre Antwort kurz erläutern?

18

Was ich noch anmerken möchte ...



Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe!

Dieser Fragebogen wurde ausgefüllt von: _____