

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Fachbereich 10 Mathematik und Informatik
Institut für Didaktik der Mathematik und Informatik

>> BARRIEREN FÜR DEN EINSATZ VON DYNAMISCHER
GEOMETRIESOFTWARE. EINE STUDIE ZU
SICHTWEISEN VON MATHEMATIKLEHRERINNEN UND -
LEHRERN AN REALSCHULEN IN NIEDERSACHSEN.<<

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines
Master of Education mit dem Schwerpunkt Haupt- und
Realschule, sowie den entsprechenden Klassenstufen der
Gesamtschule

Vorgelegt von:
Nina Bekehermes
Sommersemester 2012

Themensteller: Herr Prof. Dr. Marco Thomas
Zweitgutachter: Herr Dr. Hans-Joachim Gorski

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis	7
1. Einleitung	8
1.1 Aufbau der Arbeit.....	10
2. Fragestellung und Zielsetzung	13
2.1 Zu Grunde gelegte Hypothesen	16
3. Erste Annäherung an die Implementationsproblematik	18
3.1 Das Implementationsmodell nach Altrichter und Wiesinger	19
3.2 Das Implementationsmodell nach Reinmann-Rothmeier und Mandl	20
4. Theoretische Hintergründe zu DGS.....	22
4.1 Grundlegende definitorische und funktionale Klärung	22
4.1.1 Dynamische Geometriesoftware	22
4.1.2 Zugmodus und Ortslinienfunktion.....	24
4.1.3 Modulares Konstruieren	26
4.2 Verankerung von DGS im mathematischen Teilgebiet der Geometrie.....	27
4.3 Entwicklungsgeschichtliche Einordnung.....	28
4.3.1 Dynamisierung der Geometrie.....	28
4.3.1.1 Exkurs: Unterscheidung von stetigen und deterministischen DGS	30
4.3.2 Softwaretechnische Genese	31
4.4 DGS als Werkzeug	32
5. Grundlagen der Forderung nach Beschäftigung mit DGS.....	34
5.1 Curriculare Einbettung von DGS in den niedersächsischen Mathematikunterricht ...	34
5.2 Mathematikunterricht und Allgemeinbildung.....	36
5.2.1 Das Allgemeinbildungskonzept nach Heymann.....	37
5.2.2 Die drei Grunderfahrungen des Mathematikunterrichts nach Winter	38
6. Forschungsstand.....	40
7. Eigene Untersuchung zu Barrieren des DGS-Einsatzes aus der Perspektive der Lehrkräfte an niedersächsischen Realschulen	45
7.1 Anlage, Durchführung und Methoden der eigenen Studie	45
7.1.2 Untersuchungsdesign	45
7.1.2 Stichprobe.....	46
7.1.4 Messinstrument.....	48
7.1.4 Pretest	50

7.1.5 Datenerhebung	51
7.2 Ergebnisse.....	52
7.2.1 Zum Einsatz Dynamischer Geometriesoftware.....	53
7.2.2 Zur Sinnhaftigkeit Dynamischer Geometriesoftware	59
7.2.3 Zu Implementationshindernissen für Dynamische Geometriesoftware	65
7.3 Interpretation und Diskussion.....	72
7.3.1 Verifikation oder Falsifikation der zu Grunde gelegten Hypothesen.....	72
7.3.2 Gegenüberstellung mit dem präsentierten Forschungsstand.....	74
7.3.3 Weiterführende Betrachtungen.....	75
7.3.4 Einschätzung der Testgüte.....	78
7.3.5 Anmerkungen zur Repräsentativität und Ausfallquote	78
8. Schluss.....	82
Anhang	85
Anhang I: Online-Fragebogen.....	85
Anhang II: Email von Herrn Albrecht MdL vom 11.04.2012.....	91
Anhang III: Abbildungs- und Tabellenteil.....	92
Daten-CD	115
Eidesstattliche Erklärung.....	116

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Forschungsrahmen des Projekts GIS-I.....	15
Abbildung 2: Implementationsmodell nach Reinmann-Rothmeier und Mandl.....	21
Abbildung 3: Verwendete Software im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht .	40
Abbildung 4: Anzahl der an der eigenen Schule verfügbaren sowie anderweitig bereits verwendeten DGS aus Perspektive der teilnehmenden Lehrkräfte (n=136)	54
Abbildung 5: Durchschnittlicher Einsatz von DGS, aufgeteilt nach Geschlecht in Prozent vom Gesamtergebnis (n=204).....	56
Abbildung 6: Durchschnittlicher Anteil an Schülerinnen der näher beschriebenen Klassen entsprechend der quantitativen Nutzung von DGS durch den Lehrkörper (n=195)....	58
Abbildung 7: Einschätzung des Mehrwerts für das mathematische Verständnis der SuS (links) bzw. des Sinns für den Mathematikunterricht an Realschulen (rechts), aufgeteilt nach Geschlecht in Prozent vom Gesamtergebnis (n=178 bzw. n=184)	61
Abbildung 8: Einschätzung der Sinnhaftigkeit für die Realschule, aufgeteilt nach dem Besuch von Lehrveranstaltungen zu DGS im Studium in Prozent für jede x-Achsen- Kategorie (n=184)	63
Abbildung 9: Mittelwerte der durch die Faktorenanalyse ermittelten Subskalen (n ₁ =135, n ₂ =166, n ₃ =139, n ₄ =118, n ₅ =185, n ₆ =124, n ₇ =166)	69
Abbildung 10: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Kenntnis des Probanden, ob DGS an der eigenen Schule verfügbar ist	71
Abbildung 11: Verteilung der Schulen der Befragungsgruppe DGS60 (grün) sowie des Pretests (gelb) über die vier Regionalabteilungen Niedersachsens.....	80
Abbildung 12: Einschätzung des Mehrwertes für das mathematische Verständnis, entsprechend der Anzahl besuchter Veranstaltungen zum Komplex „Neue Medien im Mathematikunterricht“ in Prozent für jede x-Achsen-Kategorie (n=64)	92
Abbildung 13: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Nutzung von DGS	92
Abbildung 14: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Einschätzung des Mehrwertes für das mathematische Verständnis	93
Abbildung 15: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Einschätzung der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes für die Realschule	93
Abbildung 16: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Bewertung des Förderbedarfs	94
Abbildung 17: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen.....	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einflussfaktoren bei der Implementation von Innovationen nach Herbert Altrichter und Sophie Wiesinger.....	19
Tabelle 2: Erwartete Kompetenzen mit Bezug zu DGS der niedersächsischen Kerncurricula für die Hauptschule, die Realschule und das Gymnasium.....	35
Tabelle 3: Rangfolge der Verzichtsgründe 2002 und 2006 anteilig zur Gesamtzahl der Nennungen	42
Tabelle 4: Zusammensetzung der Lehrerschaft mit der Lehrbefähigung für das Fach Mathematik in Realschulzweigen verschiedener Schulorganisationsformen	47
Tabelle 5: Von den Probanden für den DGS-Einsatz verwendete Hardware in Prozent....	58
Tabelle 6: Platzierung der Einzelitems bei der Bewertung der Implementationsbarrieren durch niedersächsische Mathematiklehrkräfte an Realschulen (gesamt) (n=206).....	66
Tabelle 7: Kreuztabelle der Variablen Alter und Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS (n=207).....	95
Tabelle 8: Kreuztabelle der Variablen Geschlecht und Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS (n=206).....	95
Tabelle 9: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS (n=205)	96
Tabelle 10: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und Geschlecht (n=204)	96
Tabelle 11: Kreuztabelle der Variablen Nutzer/Nicht-Nutzer von DGS und Kenntnis um DGS-einsetzende Kollegen (n=173).....	97
Tabelle 12: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und Aus- und Weiterbildung (n=204).....	98
Tabelle 13: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und unterrichtete Klassenstufen (n=202)	99
Tabelle 14: Kreuztabelle der Variablen Geschlecht und dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen (n=202)	99
Tabelle 15: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und der Einschätzung des Mehrwertes für das mathematische Verständnis (n=178).....	100
Tabelle 16: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen (n=201)	101
Tabelle 17: Kreuztabelle der Variablen Wissen ob Kollegen DGS einsetzen und der Einschätzung der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes für die Realschule (n=158)....	101

Tabelle 18: Kreuztabelle der Variablen Wissen ob Kollegen DGS einsetzen und dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen (n=169)	102
Tabelle 19: Kreuztabelle der Variablen Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS und der Einschätzung der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes für die Realschule (n=185)	102
Tabelle 20: Reihenfolge der Einzelitems entsprechend der Befragungsgruppen	103
Tabelle 21: Deskriptive Auswertung der Implementationsbarrieren (gesamt).....	103
Tabelle 22: Zuweisung der Einzelitems entsprechend der Faktorenanalyse	104

Abkürzungsverzeichnis

bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CAD	computer-aided design
CAM	computer-aided manufacturing
CAS	Computer-Algebra-System
DGS	Dynamische Geometrie-Software
DRGS	Dynamische Raumgeometrie-Software
evtl.	eventuell
et al.	et alii
Kap.	Kapitel
KMK	Kultusministerkonferenz
Nds. MK	Niedersächsisches Kultusministerium
NiBiS	Niedersächsischer Bildungsserver
NSchG	Niedersächsisches Schulgesetz
s.a.	siehe auch
sog.	sogenannt
TKP	Tabellenkalkulationsprogramm
u.a.	unter anderem
urspr.	ursprünglich
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

„Computer, wie wir sie heute kennen, sind ohne Mathematik undenkbar – sie wären ohne Mathematik nicht entstanden und könnten ohne Mathematik auch nicht weiterentwickelt werden. Allerdings ist die umgekehrte Richtung ‚Mathematik ohne Computer‘ sehr wohl denkbar“

(BARZEL ET AL. 2005a, S. 26).

1. Einleitung

Neben Lesen, Schreiben und Rechnen wird der Umgang mit dem Computer heutzutage immer stärker als Kulturtechnik diskutiert. Nicht nur für die Charakterisierung eines allgemein gebildeten Menschen an sich, sondern auch als Grundlage für ein erfolgreiches Erwerbsleben nimmt er derweil eine zentrale Rolle ein (SENKBEIL/WITTWER 2007). Da es die Aufgabe der Schule ist, die Persönlichkeit ihrer Schülerinnen und Schüler¹ weiterzuentwickeln, sodass sie u. a. dazu befähigt werden, „sich im Berufsleben zu behaupten und das soziale Leben verantwortlich mitzugestalten“ (NDS. MK 2012, NSchG § 2), ist diese gefordert, auch dem Anspruch auf Ausbildung von Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Verwendung des Computers nachzukommen. So finden einzelne Werkzeuge wie bspw. Dynamische Geometriesoftware (DGS) ihr Pendant in industriell genutzten Programmen wie CAD oder CAM (Computer Aided Design bzw. Manufacturing). Ein diesbezüglich ernst zu nehmendes Interesse kann trotz früherer Möglichkeiten allerdings erst seit knapp einer Dekade konstatiert werden (vgl. VOLLRATH/ROTH 2012). Unterdessen muss auch im OECD-Vergleich festgestellt werden, dass in Deutschland der Rechner bis dato im Schulunterricht eher unterrepräsentiert ist und der Schlussrang seit der ersten PISA-Erhebung von 2000 nicht verlassen wurde (SENKBEIL/WITTWER 2007, JORDANOVA-DUDA 2011).

Ein ähnliches Bild zeigt sich im Speziellen bis dato für den Einsatz von DGS im Mathematikunterricht, wobei sich dieser Trend zum einen anhand diverser persönlicher Rückmeldungen von Schulen festmachen lässt. Andererseits unterstützt Dr. Volker Hole eine solche These in einer Befragung aus dem Jahre 1996 insbesondere für Haupt- sowie Realschulen und erklärt den dortigen Einsatz als „methodisch-didaktisch zu wenig erschlossen“ (HOLE 1998, S. 26 f.), während praktische Vorschläge eher für das Gymnasium publiziert würden. Dr. Andreas Kittel führt indes die Tatsache, dass nur wenige Lehrkräfte für seine „Untersuchung zum Einsatz von DGS in der Sekundarstufe I“ bereit seien, als kennzeichnend für eine nach wie vor geringe Implementation in den Mathematikunterricht an (KITTEL 2009, S. 30). In Gänze darf weiterhin festgestellt werden, dass

¹ Im Folgenden wird aus Gründen der leichteren Lesbarkeit die maskuline Form im Sinne der Gleichbehandlung geschlechtsneutral verwendet. In Kontexten, welchen eine explizite geschlechtsspezifische Differenzierung zu Grunde gelegt wird, findet eine gesonderte Kennzeichnung statt.

bisweilen eher der Frage nachgegangen wurde: „Was können *Lehrende* alles mit einer DGS machen?“ – sodass der Nutzen des DGS-Einsatzes als weitreichend verdeutlicht verzeichnet werden kann – statt zu fragen: „Was tatsächlich machen *Lernende* mit einer DGS? [Hervorhebung im Original]“ (HÖLZL 1997, S. 37), wobei Letzteres – zumindest in quantitativer Hinsicht – nicht sehr zufriedenstellend beantwortet werden dürfte. So finden sich weitere Anmerkungen in Bezug auf die Ermangelung eines tatsächlichen Einsatzes von Medien generell und DGS im Speziellen z.B. bei BARZEL/WEIGAND 2008, GREEFRATH ET AL. 2010, KITTEL 2011 und KORTENKAMP 2012.

Ministerialdirigentin Barbara Mathea bemerkt diesbezüglich: „Die Weiterentwicklung von Unterricht kann nur gelingen, wenn Innovationsprozesse **auf der Ebene der Schule** in Gang gesetzt und **von Lehrerinnen und Lehrern** getragen werden (**Entwicklung ,von unten’**)“ [Hervorhebung im Original] (MATHEA 2006, S. 1). Eine entsprechende Umsetzung im Unterricht liegt indessen in erster Linie in der Hand des einzelnen Lehrkörpers. Annahmen über deren Hintergründe im Hinblick auf einen beschränkten oder mitunter nicht vorhandenen Einsatz von DGS reichen zum Teil von mangelhafter Ausstattung über einen nicht erkennbaren Mehrwert bis hin zu einer negativen individuellen Einstellung, wobei sich nur wenige Autoren wirklich auf umfassende empirische Erkenntnisse stützen und manche Erklärungen mittels expliziter Forschungsergebnisse auch widerlegt werden können. Grundlagenforschung über die derzeitige Situation innerhalb der Schulen ist jedoch maßgeblich entscheidend, sollen passgenaue Implementationsstrategien entwickelt werden. Somit findet sich hier ein Forschungsdesiderat, welches darauf ausgelegt ist, die Motive für eine bisweilen unzulängliche Verwendung von DGS aus der Perspektive der Lehrer im Einzelnen zu untersuchen, um darüber hinaus Anhaltspunkte zu erhalten, wie und ob die Integration der Software forciert werden kann und sollte. Ganz im Sinne Peter Druckers, welcher in Bezug auf Unternehmensentwicklung nahelegt: „*Wenn Du wissen willst, was in Deinem Unternehmen verbessert werden kann, frage Deine Mitarbeiter!*“ (DOPPLER/LAUTERBURG 2008, S. 76).

Die ursächliche Idee der Beschäftigung mit der Nutzung von DGS entspringt zunächst einem persönlichen Interesse der Verfasserin. Die Unkenntnis einer Schülerin der Real-schule während einer Nachhilfestunde sowie die eigene Schullaufbahn ohne den Einsatz dieser Software trotz Zugangs mittels des verpflichtend eingeführten TI Voyage 200 (inkl. *Cabri Géomètre* und *The Geometer’s Sketchpad*) kennzeichnen den Keim des Forschungswunsches. Eine Rückbesinnung darauf erfolgte erst durch eine DGS-Übung, welche optional an der Universität Münster angeboten wurde. Bei einer sporadischen

Umfrage unter bekannten Schülerinnen und Schülern konnte in summa kein Einsatz von DGS identifiziert werden, was mitunter auch auf den generellen Bedeutungsverlust des Geometrieunterrichts zurückzuführen ist. Dabei kann die Software nicht ausschließlich in diesem Teilgebiet der Mathematik Verwendung finden, jedoch im Umkehrschluss möglicherweise das Potenzial bieten, diesen Rücklauf einzudämmen oder reformatorisch deren Wert sogar wieder zu steigern (vgl. ELSCHENBROICH ET AL. 2001b).

1.1 Aufbau der Arbeit

Zunächst einmal soll im nachfolgenden Kapitel 2 die zu Grunde liegende Fragestellung näher beleuchtet werden, um zu verdeutlichen, was überhaupt den Sinn und Zweck des dargelegten Vorhabens ausmacht. Dabei kristallisiert sich eine Auflistung von Hypothesen heraus (Kap. 2.1), welche durch die folgende Untersuchung Bestätigung finden mögen. Danach wird der Bereich der Implementationsforschung kurz angeschnitten (Kap. 3). Um eine theoretische Basis zu schaffen, stützt sich die Darlegung an dieser Stelle insbesondere auf die Implementationsmodelle von Herbert Altrichter und Sophie Wiesinger, sowie Gabi Reinmann-Rothmeier und Heinz Mandl (Kap. 3.1 - 3.2).

Im Anschluss daran wird u.a. im Rahmen einer definitorischen und funktionalen Grundsatzlegung in Kapitel 4.1 der Dynamischen Geometriesoftware größeres Augenmerk geschenkt, inklusive einer separaten Betrachtung der einzelnen ihr per Definition zugeschriebenen Funktionen. Die beiden Abschnitte 4.2 und 4.3 nehmen Bezug auf die Genese von DGS. Zum Ersten wird versucht, selbige in der Geometrie als Teilgebiet der Mathematik – für die es in erster Linie prädestiniert ist – zu verorten, während weiterhin der Blick auf die Dynamisierung eben jener gerichtet wird. Hier soll ebenfalls gekennzeichnet werden, was genau unter *Dynamischer Geometrie* überhaupt zu verstehen ist, wobei ein knapper Exkurs auf die Ausspezifizierung zwischen stetigen und deterministischen DGS auf Basis der von Jean-Marie Laborde für solche Software festgelegten Prinzipien eingeht. Im Kontrast zur konzeptionellen Entwicklung von DGS wird abschließend die technische Umsetzung näher beleuchtet, welche sich maßgeblich in einer Anordnung von drei Phasen bewegt. Aufgrund der häufigen Charakterisierung als solche fügt sich diesem Kapitel eine Passage zur Titulierung von DGS als *Werkzeug* an (Kap. 4.4).

In dem sich anschließenden Kapitel 5 soll der Frage nachgegangen werden, warum sich ein Mathematikunterricht in Realschulklassen überhaupt mit DGS beschäftigen sollte. Diesbezüglich findet zunächst eine Einordnung der Nutzung einer solchen in den

Niedersächsischen Lehrplan statt (Kap. 5.1). Augenscheinlich erweist sich hier die Integration in den Sekundarbereich I für alle Schulformen als bedeutungsvoll. Zum anderen wird im Teil 5.2 das Verhältnis von Allgemeinbildung und Mathematikunterricht analysiert. Dabei sollen insbesondere das Konzept von Hans Werner Heymann (Kap. 5.2.1) und die drei Grunderfahrungen für den Mathematikunterricht von Heinrich Winter (Kap. 5.2.2) präsentiert werden, welchen mittels der Verwendung von DGS zu erheblichen Teilen nachgekommen werden kann.

Im Anschluss daran wird der derzeitige Forschungsstand näher beleuchtet (Kap. 6). Zunächst richtet sich der Blick an dieser Stelle kurz auf eine Untersuchung welche den quantitativen Einsatz von DGS gegenüber anderen Programmen in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern vergleicht. Darauf aufbauend kommen zwei Studien zu Hindernissen für den Computereinsatz im Mathematikunterricht zur Darstellung, an welche sich die Betrachtung einer ähnlichen, aber umfangreicheren Untersuchung von Jürgen Bofinger mit differenzierterem Blick für verschiedene Fächer und Schulformen in Bayern anschließt. Für den expliziten Einsatz von DGS konnte bisweilen lediglich eine Publikation ausfindig gemacht werden, wobei sich Andreas Kittel allerdings auf den Bereich der Hauptschule konzentriert.

Dem speziellen Forschungsvorhaben widmet sich der folgende Abschnitt 7. Hier werden zunächst das gewählte Untersuchungsdesign, die Stichprobe und das erstellte Messinstrument (Kap. 7.1.1 - 7.1.3) näher beschrieben, um in eine Darstellung des Pretests (Kap. 7.1.4) sowie des Prozedere der Hauptdatenerhebung (Kap. 7.1.5) zu münden. Darauf folgt die Wiedergabe der gewonnenen Ergebnisse, im Wesentlichen in einer Eingrenzung auf drei Bereiche. Zunächst wird das Augenmerk vor allem auf den quantitativen Einsatz von DGS gerichtet (Kap. 7.2.1), welchem sich ein Abschnitt zur Einschätzung deren Sinnhaftigkeit von Seiten der befragten Lehrkräfte anfügt (Kap. 7.2.2). Dies mündet in eine Betrachtung der Implementationshindernisse (Kap. 7.2.3), welche einzeln von den Probanden im Hinblick auf ihre Zustimmung bewertet wurden und in Form einer Faktorenanalyse zu Kategorien zusammengefasst werden, die die Grobkonstellation der Barrieren wiedergeben sollen, um übergreifende Aussagen zu erhalten. Abschließend werden diese Ergebnisse in Kapitel 7.3 zum Gegenstand der Interpretation bzw. Diskussion gemacht. Dabei sollen zunächst die in Kapitel 2.1 zusammengestellten Hypothesen auf ihren Wahrheitsgehalt hin überprüft (Kap. 7.3.1) und dem unter 6 präsentierten Forschungsstand gegenübergestellt werden (Kap. 7.3.2). Hinzu kommen zusammenfassende Betrachtungen, welche weitere Auffälligkeiten der Untersuchung in

den Blick nehmen und ansatzweise versuchen, besondere Anhaltspunkte zu identifizieren, wo Implementationsstrategien anzusetzen haben, um die Integration von DGS zu unterstützen (Kap. 7.3.3). Im Anschluss wird die Messung im Hinblick auf ihre Güte entsprechend der klassischen Testtheorie begutachtet (Kap. 7.3.4), sowie bzgl. ihrer Repräsentativität und Übertragbarkeit auf andere Bundesgebiete oder Regionen sowie die möglichen Ausfälle bewertet (Kap. 7.3.5).

Abschließend finden sich in Kapitel 8 einige letzte Überlegungen, gefolgt von dem Anhang u.a. inklusive des Originalfragebogens und eines Tabellenteils sowie den Literaturhinweisen. Überdies sind eine CD mit der vorliegenden Arbeit zuzüglich der erhobenen Daten und eine eidesstattliche Erklärung beigefügt.

„Für die Forschung und Lehre ist die Frage der Anwendung von Theorien und somit der Umsetzung von Forschungsergebnissen im Alltag von großer Bedeutung. Wenn wir es genau betrachten, so heißt dies vor allem, dass Sie später die Anwender von Theorien [...] sein sollen“

(SLOANE ET AL. 1998, S. 321).

2. Fragestellung und Zielsetzung

„Neue Technologien und neue Medien (gemeint ist meist: Computer) bieten für den Mathematikunterricht – mehr noch als für die meisten anderen Schulfächer – die Chance zu einer grundlegenden inhaltlichen und methodischen Reform. Sie ermöglichen eine Entlastung von Routinearbeiten und bahnen daher exploratives und kreatives arbeiten, ebenso wie die Behandlung realistischer Anwendungssituationen und das Vernetzen von Inhalten“ (LEUDERS 2003a, S. 199). Auch wenn DGS im Gegensatz zu anderen Werkzeugen, wie bspw. Computer-Algebra-Systemen (CAS), mit Ausnahme des Ersetzens des händischen Zeichnens, nicht das Potenzial besitzen, vormalige Lernziele des Mathematikunterrichts selbstständig zu übernehmen (WEIGAND/WETH 2002), so erweisen sie sich doch als nützliche Hilfsmittel, um die Erreichung sämtlicher von HOLLAND aufgestellter Inhalts- und Prozessziele (2007, S. 16 ff.) – welche in vergleichbarer Weise auch bei WEIGAND/WETH (2002), KADUNZ/STRÄßER (2007) und WEIGAND ET AL. (2009) zu finden sind – für den Geometrieunterricht in der Sekundarstufe I voranzutreiben. Dabei lässt sich ihre Stärke, insbesondere in Bezug auf das Entdecken und Mathematisieren, auch in anderen Bereichen der Mathematik (z.B. Algebra oder Analysis) fortsetzen. Für eine Intensivierung der Möglichkeiten des DGS-Einsatzes vergleiche neben den bereits angeführten Autoren auch HÖLZL 1999, GAWLICK 2000, SCHUMANN 2001, HATTERMANN/STRÄßER 2006, KITTEL 2007/2009, BARZEL/WEIGAND 2008 oder ELSCHENBROICH 2003.

Im Allgemeinen erscheint die Konzentration auf eine Schulform und ein Bundesland hinsichtlich der Grundlegung der Forschungsaufgabe als Masterarbeit in Anbetracht des Umfangs als notwendig. Kittel beanstandet insbesondere die Vernachlässigung von DGS an der Hauptschule und ermittelt dortige Motive (vgl. Kapitel 6; KITTEL 2007, 2011). Für die vorliegende Arbeit wurde daher bewusst die Realschule als Zielperspektive gewählt, da das Gymnasium in der DGS-spezifischen Literatur als bisweilen primär berücksichtigt charakterisiert wird und die Stichprobe unter Integrierten Gesamt- oder freien Waldorfschulen (89 Schulen) (NIBIS 2012) zu gering ausfallen könnte. Die Entscheidung zwischen Haupt- und Realschule wurde zum großen Teil auch durch die gegenwärtige Reform des niedersächsischen Schulsystems und die Einführung der Oberschule bedingt. Für den

Realschulbereich findet sich die größte Anzahl sowohl an Schulen als auch an Schülern im weiterführenden Bildungsbereich nach den Gymnasien, sodass die Befragung hier auf eine möglichst große Datenbasis zurückgreifen, aber auch ein Großteil der niedersächsischen Schüler voraussichtlich von den Ergebnissen dieser Untersuchung profitieren kann.

Als übergreifendes Ziel dieser Arbeit kann daher die Implementation von DGS in den Mathematikunterricht von niedersächsischen Realschulklassen tituliert werden. Dazu muss grundlegend erst einmal Kenntnis über die gegenwärtige Situation bestehen. Augenscheinlich zeichnet sich hier kein positives Bild für die Verwendung ab, was durch die Untersuchung zumindest ansatzweise in quantitativer Hinsicht Bestätigung finden soll; eine ausdifferenzierte Betrachtung entspricht jedoch nicht dem Sinn dieser Arbeit. Stattdessen sind vorrangig die Ursachen eines bisweilen nur geringen Einsatzes zu generieren. Dabei wird sich hier auf den Standpunkt der einzelnen Lehrkräfte gestützt, da diese maßgeblich darüber bestimmen, ob DGS schlussendlich Eingang in den Unterricht findet oder eben nicht, und einzelne andere Implementationsinstanzen wie z.B. die Einführung in die nationalen Bildungsstandards bzw. den Kernlehrplan für Niedersachsen oder aber die Verfügbarkeit von frei zugänglicher Software bereits überwunden werden konnten. Die Untersuchung dient somit zum einen der Informationsgewinnung, andererseits besteht die Absicht, das Thema *Dynamische Geometrie* generell in den Köpfen der Lehrkräfte präsent zu halten, eine Anregung zum Hinterfragen des eigenen Unterrichts zu geben und somit im Idealfall allein schon durch das Aufmerksam machen auf diese eine Beschäftigung mit ihr überhaupt anzuregen.

Zentrale Fragestellung

Was steht dem Einsatz von Dynamischer Geometriesoftware im Mathematikunterricht aus der Perspektive niedersächsischer Realschullehrkräfte im Weg?

Die vorliegende Arbeit lässt sich in eine Projektkonstruktion eingliedern, welche dem Forschungsrahmen des Projekts GIS-I für den Einsatz von Geoinformationssystemen (vgl. Abbildung 1) nachempfunden werden kann (Teilstudie II A). Das bedeutet, anhand der hier dargestellten grundlegenden Ergebnisse dürfte versucht werden, Taktiken zu entwickeln, auf deren Basis die Implementation von DGS in den Mathematikunterricht der Realschule vorangetrieben wird. Gerahmt werden sollte das Ganze durch umfassende Grundlagen erhebungen zum definitiven Gebrauch von DGS, was – u.a. eben auch in dieser Studie – nur begrenzt und in bislang verhältnismäßig kleinem Umfang quantitativ eruiert wurde.

Dieselben dienen schlussendlich auch als Fundament für die Evaluierung der zuvor entwickelten Maßnahmen, um deren Wirksamkeit und eventuell zu überarbeitende Defizite offenzulegen.

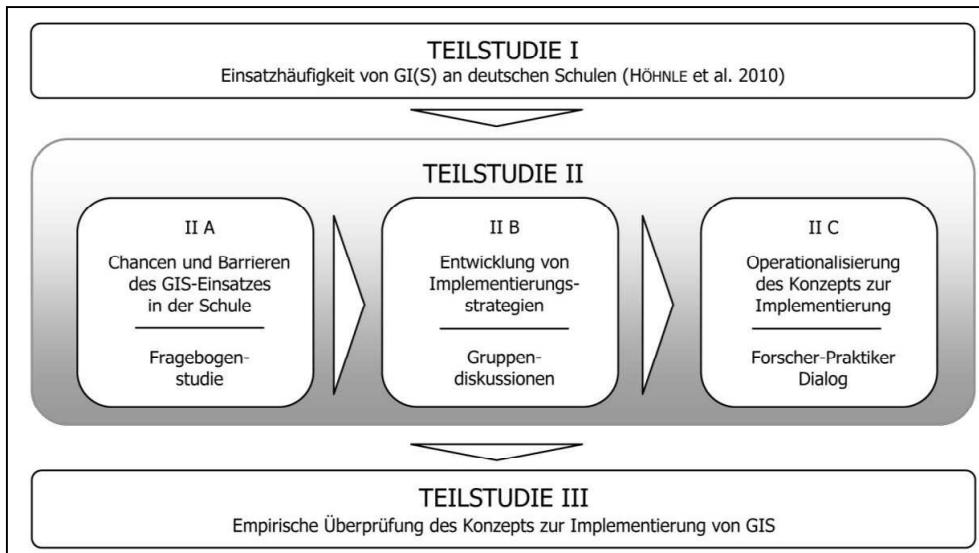


Abbildung 1: Forschungsrahmen des Projekts GIS-I

(Quelle: HÖHNLE ET AL. 2012, S. 51)

Es wird davon ausgegangen, dass sich die Begründungen vorrangig in drei größeren Bereichen abspielen. Zum einen wird angenommen, dass in erster Linie die äußereren Voraussetzungen an der Schule sich aus Sicht der Lehrer maßgeblich auf die Verwendung von DGS auswirken, während spezifische Motive innerhalb der Software zurückstehen. Laut der D21 Bildungsstudie *Digitale Medien in der Schule* finden „mobile“ elektronische Geräte häufiger Anklang als „stationäre“ (INITIATIVE D21 2011) und es wird von verschiedenen Autoren für eine ständige Verfügbarkeit des Werkzeuges plädiert, sodass der Schüler selbstständig über die Anwendung entscheiden kann (BARZEL 2003; ELSCHENBROICH 2005a). Zudem darf konstatiert werden, dass gut mit neuen Technologien ausgestattete schulische Einrichtungen vermehrt über engagierte Lehrkräfte verfügen, was wiederum auch positive Effekte auf die Mathematikleistungen der Schüler haben kann (KITTEL 2009). Aussagen über die derzeitige Ausstattung an niedersächsischen Realschulen können allerdings nur sehr bedingt getroffen werden, da nach Informationen des Niedersächsischen Kultusministeriums im Zuge des Konjunkturpakets II diesbezüglich einige Investitionen getätigt worden sind und eine weitreichende Erfassung erst im Laufe dieses Jahres geplant sei.

Nichtsdestotrotz wird „[...] das Potenzial eines neuen Werkzeugs aber nur dann im Unterricht wirklich genutzt, wenn der Lehrer vom Mehrwert im Hinblick auf das Erreichen

der Ziele des Unterrichts überzeugt ist“ (WEIGAND/WETH 2002, S. 6). Eine solch positive Bewertung wird bei minimaler Information über das Programm vorausgesetzt, kann in ihrer Intensität jedoch durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Die Verfasserin nimmt an, dass dies für das Wissen um Kollegen, welche DGS nutzen, der Fall ist und ebenso für die Quantität von Aus- oder Weiterbildungsveranstaltungen mit Bezug zum Themenkomplex *Neue Medien im Mathematikunterricht* sowie den Umstand, ob die Lehrkraft dort auch mittels praktischer Arbeit in Kontakt zu DGS gekommen ist.

Schlussendlich erscheint auch das Geschlecht für den Einsatz von DGS entscheidend zu sein. Die These, dass Lehrerinnen DGS quantitativ weniger einsetzen, als ihre männlichen Kollegen, röhrt aus dem Anschluss an einige Untersuchungen u. a. im Bereich der Naturwissenschaften. So beschreiben ROSEN/WEIL (1995), SCHOLL/PRASSE (2001) und PIETZNER (2009), dass männliche Lehrkräfte in den Naturwissenschaften den Computer wesentlich häufiger einsetzen als weibliche. Hinzu kommt, dass verschiedene Studien eine erhebliche Computeraffinität zu Ungunsten der Schülerinnen verzeichnen (SCHOLL/PRASSE 2001, MPFS 2011a; b), was zum Großteil – ohne hier pauschalisieren zu wollen – auch für die Mathematik konstatiert wird (vgl. NIEDERDRENK-FELGNER 2005). Diesbezüglich wird unter der Tendenz einer Vermeidung negativer Kopplungseffekte davon ausgegangen, dass in Klassen, welche überdurchschnittlich mit Schülerinnen besetzt sind, DGS eher weniger Verwendung findet. Im Umkehrschluss scheint ein Mathematikkollegium, welches hauptsächlich mit männlichen Lehrern besetzt ist, positive Effekte auf die quantitative Verwendung erzielen zu können.

2.1 Zu Grunde gelegte Hypothesen

Zusammenfassend liegen der vorliegenden Untersuchung die folgenden Annahmen zu Grunde, welche im Laufe derer Bestätigung finden sollen:

1. Niedersächsische Realschullehrerinnen und -lehrer empfinden die äußeren Rahmenbedingungen innerhalb der Schule als primär ausschlaggebend für den Nichteinsatz Dynamischer Geometriesoftware.
 - a. Wenn DGS eingesetzt wird, so erfolgt dies umso öfter, je flexibler und individueller die einzelnen Schülerinnen und Schüler auf das Werkzeug zurückgreifen können.

- b. Beweggründe, die innerhalb der Software liegen, werden eher weniger benannt.
 - c. Der Großteil der Lehrer fasst den DGS-Einsatz als sinnvoll auf.
- 2. Die Bewertung der Sinnhaftigkeit des Einsatzes Dynamischer Geometriesoftware durch die Lehrkräfte hängt ab von der Kenntnis über DGS-einsetzende Kollegen an der eigenen Schule, der Anzahl der vom Lehrkörper besuchten Veranstaltungen der institutionellen Aus- und Weiterbildung im Kontext *Neue Medien im Mathematikunterricht* sowie der dortigen praktischen Arbeit mit der Software.
- 3. Die Differenz zwischen Verwendung und Vernachlässigung Dynamischer Geometriesoftware verläuft entlang geschlechtsspezifischen Grenzen.
 - a. Weibliche Lehrkräfte setzen das Werkzeug weniger häufig ein als männliche.
 - b. Lehrerinnen und Lehrer innerhalb eines überproportional männlich besetzten Mathematikkollegiums gehören vermehrt zur Gruppe der DGS-Nutzer.
 - c. In Klassen mit unverhältnismäßig hohem Anteil an Schülern wird das Werkzeug eher eingesetzt als bei schülerinnendominierten Klassen.

„Successful curriculum change involves inevitably transformation of teachers' behaviour, skills, motivation, conceptions and beliefs about management, teaching and learning“
(CHENG 1994, S. 32).

3. Erste Annäherung an die Implementationsproblematik²

Unter dem Schlagwort *Implementation* lässt sich der Vorgang verstehen, „wenn eine Neuerung an einem angezielten sozialen Ort (Schule, Organisation) aufgenommen und in den dafür vorgesehenen Situationen nach und nach als Standardpraktik übernommen wird“ (ALTRICHTER/WIESINGER 2004, S. 220). EULER/SLOANE sprechen auch von der „Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die gesellschaftliche Praxis“ (1998, S. 312). Im Wesentlichen lassen sich diesbezüglich zwei Richtungen beschreiben, wie solche Eingang in den Unterricht finden können: Erstens eine Übernahme der vorgefertigten Innovation, „programmierte Strategie“ oder „fidelity approach“ genannt, auf der anderen Seite der adaptiv-evolutionäre Ansatz, welcher eine Veränderung und Anpassung während des Implementationsprozesses impliziert (ALTRICHTER/WIESINGER 2004).

Nach Einschätzung der Autorin kann die Einführung von DGS tendenziell eher der letzteren Strategie zugeordnet werden, auch unter der Prämisse, dass diese deutlicher für umfangreichere Neuheiten zutage tritt. Zwar wird der Einsatz per Kerncurriculum in Niedersachsen vorgeschrieben (Nds. MK 2006a), jedoch verbleibt die exakte Umsetzung in der pädagogischen Freiheit des Lehrkörpers. Außerdem kann das Programm selbst entsprechend der persönlichen Intention angepasst werden bzw. es wird auch in Rückbezug auf die Anforderungen der Lehrer von Seiten der Entwickler fortlaufend modifiziert. An dieser Stelle sei demnach gemäß REINMANN-ROTHMEIER/MANDL die Implementation definiert als ein

“komplexer (d.h. unter vielfachen Bedingungen und Wechselwirkungen stehender) Prozess (d.h. er erstreckt sich in der Zeit) des *Lernens auf verschiedenen Ebenen* (d.h. individuelle Lernprozesse werden von Gruppenlernprozessen und organisationalem Lernen ergänzt, da nach einer Veränderung relevanter Strukturen, Prozesse und Kulturen strebt); der zu (partiell) neuen *Kompetenzen, Einstellungen, Praktiken und Identitäten* der AkteurInnen und neuen *Strukturen* der betroffenen Organisation führt, und in dem sich Phasen der *Forschung, Entwicklung und „Anwendung“* nicht streng unterscheiden lassen“ [Hervorhebung im Original] (Altrichter/Wiesinger 2005, S.7).

² Titel entnommen aus Kremer 2003, S.7

Infolgedessen soll an dieser Stelle auch nur erwähnt werden, dass es sich diverse Autoren (z.B. SONNTAG/STEGMAIER/JUNGMANN 1998; FULLAN 1991) zur Aufgabe gemacht haben, den Implementationsprozess in eine Abfolge von Phasen zu gliedern, welche laut REINMANN/VOHLE (2004, S.235) in der Regel aus Initiierung oder Vorbereitung, Umsetzung oder Anwendung, Evaluation und Institutionalisierung bestehen (vgl. auch KREMER 2003). Häufig findet diese Entwicklung jedoch – mitunter trotz positiver Bewertung der Neuerung – lediglich minimal oder sogar überhaupt nicht statt. Dem Unterfangen, diese Situation zu erklären, stellt sich die Forschung insbesondere auf zwei Gebieten, zum einen dem der Politik und andererseits eben in Bezug auf Curriculaeinführung und Bildung (REINMANN /VOHLE 2004).

3.1 Das Implementationsmodell nach Altrichter und Wiesinger

Als zweite Hauptform von Implementationsmodellen lassen sich dazu verschiedene Kataloge identifizieren, z.B. von THOMAS 1994, EULER/SLOANE 1998 oder GRÄSEL/PARCMANN 2004, welche eine Zusammenstellung von Faktoren darstellen, die maßgeblich Einfluss nehmen auf den Implementationsvorgang. Basierend auf FULLAN (1991) findet sich im Folgenden eine diesbezügliche Aufstellung von ALTRICHTER/WIESINGER. Eine nähere Betrachtung würde jedoch für die zum Teil auch selbsterklärenden Gesichtspunkte an dieser Stelle zu weit führen, sodass für Einzelheiten bei den beiden genannten Autoren nachgeschlagen werden möge (ALTRICHTER/WIESINGER 2004, S. 222 ff.; 2005, S. 5 ff.).

Tabelle 1: Einflussfaktoren bei der Implementation von Innovationen nach Herbert Altrichter und Sophie Wiesinger
(Quelle: ALTRICHTER/WIESINGER 2005, S. 5)

<p>A. Charakteristika der Innovation selbst</p> <ul style="list-style-type: none">• (wahrgenommenes oder gefühltes) Bedürfnis• Klarheit (der Ziele und Mittel)• Komplexität• Qualität, kontextuelle Passung und Praktikabilität <p>B. Charakteristika des lokalen Kontextes</p> <ul style="list-style-type: none">• regionale Verwaltung (z.B. Schulbezirk)<ul style="list-style-type: none">- <i>Geschichte: positive/negative Erfahrungen mit Innovationen</i>- <i>adäquate Unterstützung und Begleitung von Innovationen</i>- <i>aktives Wissen und Verständnis bzgl. der Innovation</i>• Charakteristika des engeren lokalen Umfeldes (z.B. Gemeinde)

- Stabilität/ Veränderlichkeit des Kontextes

C. Organisation

C1. AkteurlInnen

- Leitung der Organisation (z.B. Schulleiter/in und ev. Schulleitungsteam; Projektleitung, Steuergruppe)
 - *Ausmaß des commitments zur Innovation*
 - *Fähigkeit, Ressourcen zu beschaffen*
 - *Schutz vor äußerer Einmischung*
 - *Anerkennung und Ermutigung für das Personal*
 - *Anpassung der Standardverfahrensweisen*
- Kompetenzen und Einstellungen der LehrerInnen
 - *Partizipation bei der Entscheidungsfindung*
 - *Qualität der kollegialen Beziehungen*
- Kompetenzen und Einstellungen der SchülerInnen und anderer Betroffener

C2. Charakteristika der Organisation

- Kompatibilität der Ziele der Innovation mit den strategischen Zielen der Organisation
- organisationale Strukturen und Prozesse
- Anreizsysteme und Karrieremuster
- Charakteristika des bestehenden Curriculums und der Leistungsbeurteilungsverfahren
- Organisationskultur

D. Politik, Zentralverwaltung und externe Agenturen

- Qualität der Beziehungen zwischen zentralen und lokalen AkteurlInnen
- Ressourcenunterstützung und Fortbildung

3.2 Das Implementationsmodell nach Reinmann-Rothmeier und Mandl

In vergleichbarer Weise, jedoch recht schlicht, aber daher eventuell praktikabler gehalten und speziell für die Implementation neuer Medien postulieren REINMANN-ROTHMEIER/MANDL sechs zu beobachtende Faktoren: die Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Einstellungen der Lehrenden, die Lernvoraussetzungen der Lernenden, die curricularen Vorgaben, die Leistungsbewertung (*Assessment*), die Leitung von Seiten der Schule, Hochschule oder Unternehmen sowie schlussendlich das Umfeld, welches sich aus Eltern, Politikern, Unternehmern etc. zusammensetzt (REINMANN-ROTHMEIER/MANDL 1998, S. 307 f.). Dabei hängt eine erfolgreiche Implementierung von der Kombination all dieser Faktoren ab (FULLAN 1994, S. 2846). Eine Innovation darf somit nicht einfach dem aktuellen Status hinzugaddiert, sondern muss auch im Hinblick auf die Beeinflussung weiterer Faktoren

betrachtet werden, sodass diese im Endeffekt systemisch in Beziehung miteinander stehen.

Ebenfalls in Form ihres Implementationsmodells zusammengefasst (Abbildung 2) zeigen die beiden genannten Autoren, dass, um eine Implementation zu fördern, alle beteiligten Personenzirkel ausreichend Kenntnis über die Neuerung besitzen müssen und deren Wert zuzustimmen haben. Auf der anderen Seite muss aber auch der Bedarf einer Reform realisiert werden, inklusive Partizipation bei der Ausgestaltung und anschließender Evaluation. „Nur dann, wenn letztlich auch eine neue Lernkultur angestrebt wird, können aus einzelnen Aktivitäten von heute innovative Entwicklungen für morgen werden“ (REINMANN-ROTHMEIER/MANDL 1998, S. 309).

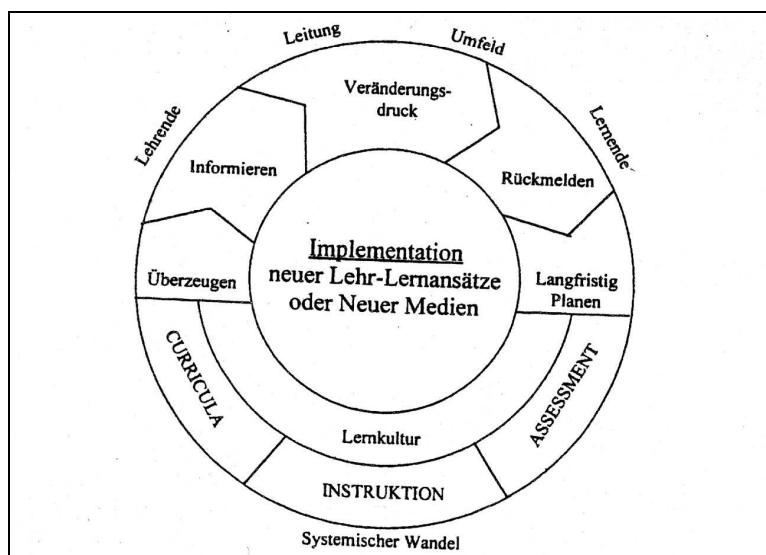


Abbildung 2: Implementationsmodell nach Reinmann-Rothmeier und Mandl

(Quelle: REINMANN-ROTHMEIER/MANDL 1998, S. 309)

Trotz des systemischen Ansatzes konzentriert sich die vorliegende Darlegung auf die Befragung von Lehrenden, versucht jedoch die anderen Aspekte aus der Perspektive derselbigen mit einfließen zu lassen, zumal in mehreren Forschungsarbeiten indes augenscheinlich wird, „dass Veränderungen umso eher umgesetzt werden, je stärker sie von den Lehrkräften akzeptiert werden und je mehr die Maßnahmen als nützlich, sinnvoll, realisierbar, wichtig usw. beurteilt werden“ (GRÄSEL/PARCHMANN 2004, S. 203). Bezüglich der Priorisierung der angeführten Faktoren gibt das dargestellte Modell jedoch keinen Aufschluss (KREMER 2003).

„Der Einsatz von Dynamischer Geometrie-Software (DGS) ist die dritte technologische Revolution im Lehren und Lernen von Mathematik nach dem Siegeszug des Taschenrechners und der zunehmenden Verbreitung von Computeralgebrasystemen“
(ELSCHENBROICH ET AL. 2001b, S. 13).

4. Theoretische Hintergründe zu DGS

4.1 Grundlegende definitorische und funktionale Klärung

4.1.1 Dynamische Geometriesoftware

Der aus dem Angloamerikanischen (*Dynamic Geometry Software*) abgeleitete Begriff *Dynamische Geometriesoftware* (vgl. HÖLZL 1997, S. 34) bezeichnet eine Gruppe von Softwareprogrammen, denen „[...] gemeinsam ist [...], daß sie

- eine euklidisch geprägte Schulgeometrie und deren traditionelle Werkzeuge auf *dynamische* Weise modellieren („Zugmodus“),
- eine Sequenz von Konstruktionsbefehlen zu *einem* neuen Befehl zusammenfassen können („Makro“),
- auf Wunsch die *Bahnbewegung* von Punkten visualisieren, die in Abhängigkeit zu anderen Punkten stehen („Ortslinie“)“ [Hervorhebung im Original]

[GRAUMANN ET AL. 1996; S. 197].

Obige Definition ist nach KADUNZ/STRÄßER (2007, S. 237) in der Mathematikdidaktik allgemein anerkannt und findet sich in ähnlicher Weise auch bei WEIGAND 1997, WEIGAND/WETH 2002 und HOLLAND 2007. Für einen etwas detaillierteren Blick auf die drei konstituierenden Eigenschaften von DGS sei auch auf Kapitel 4.1.2 - 4.1.3 verwiesen. COLLET/HISCHER hingegen stellen nur den Zugmodus sowie die Ortslinienfunktion als charakteristisch heraus, da sie davon ausgehen, dass die Erstellung von Makros eine Eigenschaft jeglicher guten Anwendungssoftware sei und daher „für DGS *nicht* typisch“ [Hervorhebung im Original] (HISCHER 2003b; COLLET/HISCHER 2007). So gelten die Versionen GEONExT 1.51 und GeoGebra 2.7.0.1 trotz fehlender Makrofunktion allerdings zu den DGS (vgl. HATTERMANN/STRÄßER 2006), wobei GeoGebra diese Option mittlerweile auch implementiert hat³. Unter Berufung auf den didaktischen Wert dieser Funktion und die breite Anerkennung derselbigen schließt sich diese Arbeit daher an sich auch der obigen Definition von GRAUMANN ET AL. an. Hingewiesen sei allerdings noch auf die Tatsache,

³ Aktuelle Version: 4.0.34.0

dass andere Programmformen wie Dynamische Raumgeometrie- oder Dynamische Mathematiksoftware⁴ auch die Eigenschaften von zweidimensionaler DGS aufweisen (KNAPP 2010).

Für derart beschriebene Programme taucht in der englischen Sprache auch der Begriff *Dynamic Geometry Environments* (DGE) auf, während im Deutschen – insbesondere auch in der Anfangszeit – parallel zur Algebra von *Geometriesystemen* gesprochen wird (vgl. GRAUMANN ET AL. 1996, S. 197; HOLLAND 1997, S. 49). Aufgrund des Umstandes, dass *Dynamic Geometry* als Warenzeichen geschützt ist, umschreiben viele Entwickler diese Programme mit *interaktive Geometriesoftware*, *Computerprogramm zur beweglichen Geometrie* bzw. *Wissensbasiertes Geometriesystem*⁵. Bei Programmen mit erweitertem Funktionsumfang, die Algebra- oder Analysisfenster integrieren, wird zumeist bereits von *Dynamischer Mathematiksoftware*⁶ gesprochen (VOLLRATH/ROTH 2012). Dabei präferieren einige Autoren auch ohne Blick auf die Rechtsverhältnisse die Begriffe *beweglich*, *kinetisch* oder *interaktiv* (HISCHER 2003a, KORTENKAMP 1999).

Weniger über die Begrifflichkeit an sich als über die Schreibweise mokiert sich Wilfried Herget, wenn er die „Dynamische Geometriesoftware“ mit einem „ofenfrischen Brezelverkäufer“ vergleicht, wobei es schließlich nicht die Software sei, die dynamisch wäre, sondern „Es ist die Geometrie, die dynamisch wird, dank der Software“; er plädiert somit für eine „Dynamische-Geometrie-Software“ (HERGET 2011, S. 64). Trotz dieses Einwandes wird in vorliegender Arbeit an der sich in der Literatur eingebürgerten Form festgehalten.

Angesichts der eher einheitlichen Definition von DGS soll bei dieser Gelegenheit vermerkt werden, dass sich tatsächlich der Diskurs, ob mit derlei Programmen eine andere Art von Geometrie betrieben würde, als mit Papier und Bleistift nach wie vor in vollem Gange befindet. Zum einen gründe sich die Entwicklung von DGS auf die bessere Erreichung von traditionellen Zielen des Geometriunterrichts (HOLLAND 1997), sodass die Geometrie an sich die Gleiche bleibe. Andererseits sei der Entwickler einer Software zu Designentscheidungen gezwungen, die außerhalb der Logik der euklidischen Geometrie liegen, sodass das Produkt dieses Prozesses dieselbe folglich ebenfalls nicht in Reinform

⁴ Unter *Dynamischer Raumgeometriesoftware* werden Anwendungen verstanden, welche den Darstellungs- bereich von DGS um eine dritte Dimension erweitern, während als *Dynamische Mathematiksoftware* solche Programme gekennzeichnet werden, die die Funktionalität von DGS mit der von Computeralgebra- systemen und Tabellenkalkulationsprogrammen vereinen.

⁵ *Cinderella*: www.cinderella.de, *EUKLID DynaGeo*: www.dynageo.de bzw. *Geolog*: <http://www.uni-giessen.de/~gcp3/Geolog/geolog.html>

⁶ *Geonet/GEONExT*: <http://geonext.uni-bayreuth.de> sowie *GeoGebra*: www.geogebra.org

repräsentieren könne (HÖLZL 1999). Ein ausführliches Nachzeichnen der einzelnen Positionen würde den Rahmen dieser Arbeit überbeanspruchen und kann als nicht ausreichend zielführend charakterisiert werden, um hier weiterverfolgt zu werden. Entsprechende Ausführungen finden sich u.a. bei GRAUMANN ET AL. (1996), HOLLAND (1997) oder HÖLZL (1999).

Einen in Deutschland höheren Bekanntheitsgrad erlangt haben vor allem die Programme *Cabri-Géomètre*, *Cinderella*, *EUKLID DynaGeo*, *GeoGebra*, *Geolog*, *The Geometer's Sketchpad*, *Geonet* bzw. *GEONExT* sowie *Zirkel und Lineal* (vgl. HÖLZL 1999; WEIGAND/WETH 2002; HATTERMANN/STRÄSSER 2006; KADUNZ/STRÄSSER 2007; KITTEL 2007; ELSCHENBROICH 2011; HATTERMANN 2011), wobei *EUKLID DynaGeo* bisweilen noch die weiteste Verbreitung an deutschen Schulen findet. Den Antrieb zur Erstellung von DGS bildete explizit der unterrichtliche Einsatz, wobei dynamische CAD-Systeme aus der Industrie Modell standen. Im Gegensatz dazu wurden andere Werkzeuge wie CAS und TKP erst nachträglich für den schulischen Einsatz zugänglich gemacht (KITTEL 2007).

Neben den euklidischen Werkzeugen und den Funktionen des Geodreiecks (markiertes Lineal, Winkelmesser) verfügen diese Programme in unterschiedlichem Maße über vorinstallierte Makros (WEIGAND/WETH 2002). Zum „Standardrepertoire“ zählen WEIGAND ET AL. (2009, S. 77) dabei Befehle zum Konstruieren des Mittelpunktes einer Strecke, einer Mittelsenkrechten, der Parallele zu einer Geraden durch einen Punkt, des Lotes auf eine Gerade durch einen Punkt, einer Winkelhalbierenden sowie zur Durchführung von Achsenspiegelungen, Drehungen oder Verschiebungen.

4.1.2 Zugmodus und Ortslinienfunktion

Grundlegend für die Dynamik der mittels DGS behandelten Geometrie ist der sog. Zugmodus. Dieser bedingt, dass via Maus, Cursor, Touchpen oder Finger – je nach Hardware – die Lage eines Punktes variiert werden kann („ziehen“) und die Software die Konstruktion des Ausgangspunktes für die neuen Koordinaten augenblicklich nachvollzieht. Das bedeutet, dass auch die Positionen aller von diesem Punkt abhängigen Objekte entsprechend den anfänglichen Konstruktionsvorschriften neu ermittelt werden. Aufgrund des hohen Tempos dieses Prozesses ergibt sich für den Nutzer den Anschein, die Objekte würden sich stetig bewegen (WEIGAND/WETH 2002; HOLLAND 2007). Unterstützung findet dieser in dem zweiten Charakteristikum: Die „Ortslinien- oder Spurfunktion erlaubt die Aufzeichnung des Weges eines oder mehrerer Punkte, welche sich direkt oder indirekt

mithilfe des Zugmodus bewegen“ (HATTERMANN 2011, S. 25). Allerdings muss bei dieser Gelegenheit zwischen der „[...] tatsächliche[n], graphische[n] Darstellung des geometrischen Objekts“ und dem „durch den Text, der es definiert“ charakterisierten „geometrischen Objekt“ differenziert werden (STRÄßer 2001, S. 184 nach PARZYSZ 1988, S. 80). STRÄßer setzt diese beiden Aspekte in Beziehung, sodass „Eine geometrische Zeichnung [...] die materielle Repräsentation einer idealen geometrischen Figur [sei], die allein durch ihr Relationengefüge ausgezeichnet ist“ (HÖLZL 2000, S. 95). Eine bestimmte Figur steht demnach für eine Klasse von Zeichnungen, die alle der exakt gleichen Konstruktionsvorschrift folgen und die aus Elementen der Menge aller Zeichnungen besteht. Um diese Vorstellung aufrechtzuerhalten, müssen die Konstruktionen in der DGS – nachdrücklicher als per Bleistift, Papier und Geodreieck – der euklidischen Geometrie folgen, ansonsten kann eine Zeichnung Element einer anderen Klasse sein, als dies augenscheinlich dem Bildschirm nach der Fall ist (WEIGAND/WETH 2002). Einen solchen Missstand aufdecken zu können kann im Folgenden als ein Potenzial des Zugmodus angeführt werden.

Als wesentlich lassen sich derer zwei benennen, die von HÖLZL (2000, S. 95) als *Test-* und *Suchmodus* deklariert werden, die aber auch verschiedene andere Mathematikdidaktiker anmerken (vgl. WEIGAND/WETH 2002; HOLLAND 2007; KADUNZ/STRÄßer 2007). Zum einen ist damit die Überprüfung von Zeichnungen gemeint, also ob Konstruktionen korrekt umgesetzt worden sind und alle geometrischen Wechselbeziehungen bewahrt werden (sog. „Invarianzprobe“). Dabei verifiziert oder falsifiziert die beobachtete Veränderung der Zeichnung die im Vorfeld aufgestellte Hypothese des Nutzers. Andererseits kann eine Betrachtung auch ohne vorherige Vermutungen erfolgen, sodass sich an dieser Stelle auf die „Suche nach geometrischen Invarianten“ (KADUNZ/STRÄßer 2007, S. 239) begeben wird. Das Augenmerk wird demnach just auf diejenigen Details der Zeichnung gelegt, die sich nicht verändern, wodurch Kenntnisse über weitere geometrische Eigenschaften der Figur generiert werden können (ELSCHENBROICH 2003).

Unter Verweis auf LABORDE (1993) beschreibt HÖLZL (2000), dass sich die Fassung der soeben dargestellten Stärken des Zugmodus nach drei nicht exakt zu separierenden Niveaus staffeln lässt. Zunächst wird dieses Tool lediglich als „Zeichenwerkzeug“ – inklusive einer Möglichkeit, die Zeichnung im Nachhinein noch variieren zu können – „verkannt“ (elementare Stufe). Der Nutzer strebt in erster Linie nach einer adäquaten Erstellung einer Figur innerhalb des Programms. Die Funktion als Testmodus findet erst auf der mittleren Stufe Verwendung, allerdings noch vermehrt, „um die *Bewegungs-*

eigenschaften der Zeichnung zu studieren und nicht die *relationalen Eigenschaften einer Figur*“ [Hervorhebung im Original] (HÖLZL 2000, S. 96). Eine angemessene Vorstellung von *Zeichnung*, *Figur* und *Zugmodus* markiert erst die dritte Stufe, auf der auch eine detailliertere Betrachtung stattfindet.

4.1.3 Modulares Konstruieren

Im Gegensatz zu Papier-und-Bleistift-Konstruktionen lassen sich in einer DGS mehrere Konstruktionsbefehle in einem sog. Makro abspeichern, womit in erster Linie sowohl Zeitökonomie als auch Übersichtlichkeit und Verständnis Rechnung getragen wird. Die Möglichkeit der Makroerstellung ist somit der Idee des modularen Konstruierens in besonderer Weise zuträglich. „Ein Werkzeug, welches die Realisierung mentaler Großschritte ermöglicht, bezeichnet man [entsprechend] als *Modul*“ [Hervorhebung im Original] (WEIGAND/WETH 2002, S. 162).

Der Nutzer ist nicht mehr dazu gezwungen, jegliche Konstruktion – auch höheren Niveaus – aus einer Aneinanderreihung von Grundkonstruktionen aufzubauen, was für die Zirkel- und Linealgeometrie nur in Ansätzen durch die Einführung des Geodreiecks realisiert werden konnte (WEIGAND/WETH 2002). Stattdessen besteht die Möglichkeit, nach dessen einmaliger, prototypischer Erstellung das Makro auf Zeichnungsobjekte beliebig oft anzuwenden, ohne dass sämtliche Einzelschritte auf dem Zeichenblatt zutage treten, wodurch sich der Nutzer „besser auf die wesentlichen Gedanken einer Konstruktionsidee konzentrieren“ kann (WEIGAND/WETH 2002, S. 163; vgl. auch HATTERMANN 2011). Während dies mit Papier und Bleistift vorwiegend nur in Form der Konstruktionsbeschreibung denkbar ist, so stellt es für die digitale Erstellung einer Zeichnung an sich den Fall dar (HOLLAND 1997). Die Module einer Konstruktion können dementsprechend durchaus als „Black-Box“ fungieren, wenn der Nutzer sie ohne nähere Kenntnis der inneren Struktur verwendet. Dabei muss auf eine sinnvolle Benennung für die erstellten Makros geachtet werden, sodass hier der Nutzer indirekt zu expliziter mathematischer Ausdrucksweise gedrängt wird. Als problematisch darf an dieser Stelle allerdings angemerkt werden, dass durch die ausschließliche direkte Verwendung von Konstruktionen höheren Niveaus solche von niederm Rang schnell vergessen werden können (WETH 1992). Dient der Einsatz von Modulen alleinig der zeitlich verkürzten Herstellung einer Zeichnung, so spricht KADUNZ von quantitativer Perspektive, während eine qualitative Verwendung derselben impliziert, dass sie maßgeblich für den Aufbau von Konstruktionen sind, die wiederum Grundlage für

die Erforschung weiterer Begriffe bilden (KADUNZ 2003). Als Beispiel dafür dient ihm die Untersuchung von Abbildungen (u. a. Inversion am Kreis).

Im Kontrast zum Zugmodus und zur Ortslinienfunktion wird dem Gebrauch von Modulen in der Mathematikdidaktik verhältnismäßig wenig Aufmerksamkeit geschenkt (KADUNZ 2002). Dabei lassen sich diese nicht nur in Form von schneller, verständnisfördernder Erstellung von Zeichnungen (synthetische Aufgabe) für den Mathematikunterricht verwenden, sondern außerdem, wenn auch weniger augenscheinlich, in analytischer Hinsicht. Auf den ersten Blick erscheinen Module aufgrund ihrer wenig erkennbaren inneren Struktur nicht dazu geeignet, die Analyse von Konstruktionen bspw. im Hinblick auf Beweisführungen zu unterstützen. Insbesondere auch, weil dabei nach der Verwendung von entsprechenden geometrischen Sätzen innerhalb der Konstruktion gesucht wird, welche bei der Erstellung derselben im Allgemeinen spärlich verwendet werden und dementsprechend auch nicht in Form von Modulen auftauchen (KADUNZ 2002). Zum Trainieren von Analysefähigkeiten können dem Nutzer aber spezielle Figuren zugespielt werden, die derlei Sätze inkludieren. Somit können unter Rückgriff auf dieses Arsenal (vgl. auch KADUNZ/STRÄßER 2007) geometrische Konstruktionen erforscht und somit Grundlagen für Beweistätigkeiten gelegt werden, obwohl ein entsprechendes Modul innerhalb des Programms nicht existiert. Die Modulbildung findet eher im Kopf des Nutzers statt, während in synthetischer Perspektive ein erweiterbarer Fundus an namentlich gekennzeichneten Makros in der Software selbst hinterlegt wird (KADUNZ 2003).

4.2 Verankerung von DGS im mathematischen Teilgebiet der Geometrie

Gleich zu Beginn soll hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass DGS nicht ausschließlich für den Einsatz im Geometriunterricht prädestiniert ist. So kann sie z.B. auch den Analysisunterricht erheblich bereichern. Dennoch stellt sich – wie der Name schon sagt – deren Entwicklung als vorrangig durch und für die Geometrie bestimmt heraus. Etymologisch meint diese, aus dem Griechischen abgeleitet, zunächst einmal Erdmessung. Und eben dort hat sie nach Meinung vieler Wissenschaftler auch ihre Wurzeln (KADUNZ/STRÄßER 2007; WEIGAND ET AL. 2009). Diesbezüglich erweist sich Geometrie also in erster Linie als anwendungsbezogen. Im Kontrast dazu wurde dieser Lebensbezug in den Hintergrund gerückt, als u.a. Euklid im Griechenland der Antike versuchte, die Geometrie „als Netz von Aussagen aufzubauen, welches sich auf möglichst wenigen Grundtatsachen stützt“ (KADUNZ/STRÄßER 2007, S. 2). Er stellt dabei lediglich ein unbemaßtes Lineal sowie einen Zirkel als Konstruktionswerkzeuge zur Verfügung

(HATTERMANN 2011). Dessen Lehrwerk „Die Elemente“ wurde fast 2000 Jahre für das Lehren und Lernen von Geometrie eingesetzt und dient als eines der ersten Beispiele für die explizit wissenschaftliche Beschreibung eines Teilgebietes der heutigen Mathematik. Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass auch die deskriptive Geometrie (mit praktischem Bezug zur Lebenswelt) über die Jahrtausende hinweg nach wie vor ihre Berechtigung findet. Ganz im Gegenteil, kann sogar davon ausgegangen werden, dass sie mit dem Aufkommen immer neuer computerunterstützter Geometrieanwendungen noch weiter an Bedeutung für die Gesellschaft gewinnt (vgl. KADUNZ/STRÄßer 2007). Somit müssen für das Lernen von Geometrie in der Schule auch beide Perspektiven einbezogen werden, sodass den Schülern die Möglichkeit eines adäquaten Geometriebildes nicht vor- enthalten wird.

Dies erscheint in Anbetracht des seit Längerem zu beobachtenden rückläufigen Geometrieunterrichts – nicht allein in Deutschland – sowohl in Sachen Umfang als auch Qualität wesentlich als obligat (SCHUPP 1997, GAWLICK 2000). Bis dato stand dieser vorrangig unter der Prämisse formalen Beweisens und Konstruierens sowie arithmetischer Berechnungen mittels auswendig gelernter Formeln. Auch wenn diverse Versuche unternommen wurden, einen ausgeprägteren Bezug zur Lebenswelt der Schüler herzustellen, sei es durch Einführung der Abbildungsgeometrie oder entsprechende fachdidaktische Vorschläge für explizite Unterrichtssituationen, wie die Anfertigung von Modellen geometrischer Figuren (WETH 1992, BENDER 2001), muss konstatiert werden, dass derlei Reformen nur bedingt Früchte getragen haben. Dem DGS-Einsatz hingegen spricht SCHUPP sogar die Option der „Regeometrisierung“ zu, d.h. „mit geometrischen Phänomenen zu starten und – jedenfalls zunächst – auf geometrischen Pfaden zu experimentieren, zu beobachten, zu vermuten und zu sichern“ (SCHUPP 1997, S. 19), um so der Geometrie wieder einen höheren Stellenwert zukommen zu lassen.

4.3 Entwicklungsgeschichtliche Einordnung

4.3.1 Dynamisierung der Geometrie

Ab Mitte des 18. Jahrhunderts wurde begonnen, die oben beschriebene euklidische Geometrie aufgrund ihrer Starrheit zu kritisieren, insbesondere in Anbetracht der formalen Beweis- und Konstruktionsführungen, und den Blick eher auf eine bewegliche Perspektive zu lenken, was vor allen Dingen für das Lernen von Mathematik von großer Bedeutung war (KITTEL 2007, ELSCHENBROICH 2011). So schreibt Peter Treutlein (1911) bspw.: „Der Auffassung der Figuren als starre Gebilde kann und muß in verschiedener Weise entgegen

gearbeitet werden. Das eine hierzu Erforderliche ist das Beweglichmachen der Teile einer Figur ...“ (GAWLICK 2000, S. 11). Die erste ausdrückliche Verwendung von „Dynamischer Geometrie“, wenn auch mit abgewandelter Intention, schreibt ELSCHENBROICH (2011) Walther Lietzmann (1959) zu.

Eine wirkliche Reform des Mathematikunterrichts konnte sich jedoch nicht durchsetzen, da die Bewegung entweder per Kopfgeometrie imaginär betrieben werden musste, was viele Schüler überforderte oder mit Hilfsmitteln wie Gelenkapparaturen, Schablonen oder Geobrettern, die aufgrund der Kosten und des eingeschränkten Verwendungszwecks jedoch nur bedingt einsetzbar waren und wenn, dann auch nur in seltenen Fällen durch die Schüler selbst. Außerdem blieb das „methodische Unterrichtsskript“ davon unberücksichtigt (Elschenbroich 2011). An dieser Stelle setzt die Entwicklung von DGS ein (vgl. Kapitel 4.3.2). Als deren Basis definiert Jean-Marie Laborde *Dynamische Geometrie* als „die Analyse des ‚kontinuierlichen‘ Überganges von einer graphischen Darstellung einer Menge von Anforderungen, welche ein Figur festlegen, zu einer anderen graphischen Darstellung, die denselben Anforderungen genügt. Der Übergang von einer Darstellung zur anderen muss dabei gewisse Nebenbedingungen erfüllen und gewissen Prinzipien folgen“ (LABORDE 2001, S. 164). Allerdings ist anzumerken, dass die anderen Pioniere auf dem Gebiet der DGS, Steven Rasmussen und Nicholas Jackiw, diesen Begriff für sich beanspruchten, um die interaktive Bildsprache ihres Programms *The Geometer’s Sketchpad* zu beschreiben. *Dynamic Geometry* ist daher auch ein eingetragenes Warenzeichen der Key Curriculum Press, der Vertriebsfirma dieser Software (THE GEOMETER’S SKETCHPAD RESOURCE CENTER 2012a; 2012b).

Zu den Prinzipien für den in der obigen Definition beschriebenen Übergang zählt LABORDE (2001, S. 166 f.):

- Prinzip 0: Mathematische Konsistenz
- Prinzip 1: Direkte Manipulation
- Prinzip 2: Ergonomisches Verhalten
- Prinzip 3: Kontinuierliche Veränderung
- Prinzip 4: Reversibilität.

Das bedeutet: Wird eine Zeichnung mithilfe des Zugmodus verändert, so muss die neu entstandene Zeichnung alle Anforderungen erfüllen, die bereits an die Ausgangszeichnung gestellt wurden (Prinzip 0). Diese Veränderung innerhalb des Systems verläuft dabei synchron zur manuellen Eingabe durch den Nutzer, ebenso werden von einem Objekt

abhängige Objekte zeitgleich mit diesem verschoben (Direkte Manipulation). Prinzip zwei hingegen bezieht sich auf die Manipulation einzelner Komponenten einer Zeichnung, wobei diesbezüglich der Fall eintreten kann, dass mehrere Implementationen denkbar sind. Dabei sollte das System möglichst so reagieren, wie der Nutzer es annimmt – um seine bereits gewonnenen Einsichten nicht unnötig zu untergraben; außerdem ist es einer kontinuierlichen, stetigen Veränderung (Prinzip 3) zuträglich, sodass keine Sprünge während der Bewegung auftreten. Hinzu kommt, dass jegliche Manipulation umkehrbar sein sollte (Reversibilität), sodass eine variierte Zeichnung in ihren Ursprungszustand zurückversetzt werden kann (vgl. LABORDE 2001; KNAPP 2010).

4.3.1.1 Exkurs: Unterscheidung von stetigen und deterministischen DGS

Labordes Forderung an DGS, dass diese sowohl ohne Sprünge (Prinzip 3: Kontinuierliche Veränderung) auskommen sollen als auch bei gleicher Konstruktionsvorschrift und Basispunkt auswahl gleich reagieren, sodass auch nach wiederholter Betätigung des Zugmodus zu ein und derselben Zeichnung zurückgefunden werden kann (Prinzip 4: Reversibilität), erscheint zwar plausibel, kann allerdings bisweilen von keiner DGS nachgekommen werden. So springt z.B. ein markierter Schnittpunkt zweier gleich großer Kreise, sobald in GeoGebra ein Kreismittelpunkt durch den des anderen gezogen wird (LABS 2008).

Gawlick definiert diese beiden Eigenschaften (Stetigkeit und Determinismus) in formaler Hinsicht (vgl. GAWLICK 2001, S. 59), für die vorliegende Arbeit sollen jedoch die eher fassbaren Definitionen von LABS Genüge tun:

„Ein dynamisches Geometriesystem heißt kontinuierlich [stetig], wenn es das sogenannte Kontinuitätsprinzip verwirklicht: Kleine Änderungen in den Eingabepositionen der Punkte führen zu kleinen Änderungen in den Ausgabepositionen.“

„Ein dynamisches Geometriesystem heißt deterministisch, wenn es für eine feste Menge von Eingabepositionen der Punkte immer die gleichen Ausgabepositionen liefert“

(LABS 2008, S. 48 f.).

Die Unvereinbarkeit der Eigenschaften wird dabei u.a. von GAWLICK ausführlich belegt (GAWLICK 2001). So können *Cabri* und *EUKLID DynaGeo* als Beispiele eher deterministischer Software angefügt werden, während *Cinderella* als kontinuierlich einzustufen ist. Hinzu kommen einige Programme, die zwischen den Formen wechseln z.B. *GeoGebra* (LABS 2008, HATTERMANN 2011). KADUNZ/STRÄSSER gehen davon aus, dass keine der Varianten bislang als „für das Lehren und Lernen von Geometrie“ dienlicher dargestellt werden kann (KADUNZ/STRÄSSER 2007, S. 248). Jedoch sollte sich die Lehrkraft

dieser Differenzen bei der Auswahl der Software bewusst sein, um Reaktionen des Programms entsprechend einordnen zu können.

4.3.2 Softwaretechnische Genese

In Bezug auf die Genese von Computerwerkzeugen für den Geometrieunterricht können drei besonders bedeutsame Entwicklungsstationen angeführt werden. Als ein erster Vorreiter für heute eingesetzte DGS lässt sich die von Seymour Papert entwickelte Programmiersprache *LOGO* bezeichnen, welche als generell dem Mathematikunterricht zuträglich konzipiert wurde, „in dem spezielle Mikrowelten zu verschiedensten Themen erstellt werden können“ (BIEHLER 1992, S. 121). In puncto DGS spielt insbesondere dessen Graphikinstrument *Turtle* eine besondere Rolle, welches in Deutschland – etwas zeitversetzt – ab Mitte der Achtzigerjahre erörtert wird. Innerhalb dieses Programms lässt sich eine Schildkröte („Turtle“) mittels der Eingabe einer Richtung und einer Schrittanzahl auf einem Zeichenblatt bewegen, wobei jeder Schritt aus der Perspektive der jeweils aktuellen Position der Turtle erfolgt („intrinsisch“). Dabei werden Konstruktionen, entgegen der bisherigen euklidischen bzw. algebraischen Sichtweise, entlang einem Algorithmus aufgebaut. Infolgedessen können einige Elemente des bisherigen Geometrieunterrichts keine Anwendung mehr finden (z.B. der Begriff der Kongruenz), zum anderen werden Fehlvorstellungen gefördert wenn bspw. ein Kreis als regelmäßiges 360-Eck gezeichnet werden muss (GRAUMAN ET AL. 1996; HÖLZL 1999). Dem intrinsischen Geometriestil ist es dabei vorrangig geschuldet, dass es in Deutschland zu keiner verbreiteten Implementierung der Software in den Mathematikunterricht kam.

Für die nächste Etappe kann der *Geometric Supposer* von 1985 als ein Beispiel angeführt werden. Die Bedienung erfolgt hier statt über eine zu erlernende Programmiersprache via Auswahl innerhalb eines Menüs, welches, wie bei DGS, Operationen anbietet, die mittels Zirkel, Lineal oder Geodreieck gezeichnet oder auch bemessen respektive berechnet werden können (vgl. BIEHLER 1992). Allerdings wird die Untersuchung maßgeblich durch die Aufsplittung der Behandlung von Dreiecken, Vierecken und Kreisen mittels dreier einzelner Programme eingeschränkt. Dem Programm sei dennoch Aufmerksamkeit gezollt, da es als erste Software die Devise „*Variiere die geometrischen Objekte, nicht aber die Konstruktionsvorschrift*“ [Hervorhebung im Original] (HÖLZL 1999, S. 8) verwirklicht, indem an einem beliebigen Dreieck (bzw. Viereck oder Kreis) Konstruktionen wiederholt werden können, die im Vorhinein an einem Ausgangsdreieck exemplarisch vorgenommen wurden

- unter der Prämisse, dass dies noch nicht quasi-stetig, sondern mittels mehrmaligen Betätigens von Tasten zu arrangieren ist.

Die erste DGS wurde 1988 auf dem Internationalen Kongress für Mathematikdidaktik ICME in Budapest vorgestellt. Es handelt sich dabei um das 2-D-Programm *Cabri-Géomètre* (*Cahier de Brouillon Interactif pour l'apprentissage de la géométrie*) der Entwickler um Jean-Marie Laborde und Franck Bellemain (WEIGAND 1997; KNAPP 2010). Rolf Biehler kennzeichnet einen derartigen „Übergang von universell einsetzbaren höheren Programmiersprachen über relativ geschlossene Anwendersysteme – die zwar bedienungsfreundlich, aber nicht unbedingt benutzerfreundlich sind, da nur eingeschränkt verwendbar, – zu modernen flexiblen und adaptierbaren Anwendersystemen“ [Hervorhebung im Original] (BIEHLER 1992, S. 121) als auch für viele andere Gebiete charakteristisch.

Bisweilen können heute drei Entwicklungstendenzen identifiziert werden. So gleichen sich die verschiedenen Programme via Eingliederung konzeptioneller Neuerungen fremder DGS und Anpassung der Dateiformate – z.B. durch das Projekt Intergeo (KORTENKAMP 2012) – derzeit immer weiter an. Dies gilt in besonderer Weise für die Integration weiterer Optionen wie CAS oder TKP, sodass die Bezeichnung *Dynamische Mathematiksoftware* zutreffender wird, z.B. *GeoGebra* oder *FeliX* (KITTEL 2009). Schlussendlich rückt auch die Betrachtung des Raumes näher in das Blickfeld und die Erweiterung von Programmen um eine dritte Dimension wie bei *Archimedes 3D* oder *Cabri 3D* (sog. DRGS). Da es sich hier jedoch um eine neue Art von Software handelt, deren Funktionsumfang sich nicht ohne Weiteres auf das Maß eines regulären DGS reduzieren lässt, soll an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen werden (vgl. KNAPP 2010).

4.4 DGS als Werkzeug

Im bisher dargelegten Teil dieser Arbeit wurde des Öfteren von DGS als *Werkzeug* gesprochen. Diesem Begriff soll hier noch einmal kurz Aufmerksamkeit geschenkt werden. Zunächst werden Computerprogramme für den Unterricht von verschiedenen Autoren mit einem unterschiedlichen Grad an Differenziertheit klassifiziert. Die folgende Gliederung folgt dem Konzept von HOLE, der drei Hauptgruppen charakterisiert – Lernprogramme, Programmiersysteme und eben Werkzeugprogramme, welche hierarchisch weiter spezifiziert werden (vgl. HOLE 1998, S. 310 ff.). VOLLRATH/ROTH definieren Computerwerkzeuge als „Software, die flexibel für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden kann“

(VOLLRATH/ROTH 2012, S. 162), etwas präziser formulieren Bardo Herzig und Silke Grafe: „Als Werkzeuge werden solche Programme bezeichnet, die von vornherein themenneutral bzw. nicht an die inhaltliche Seite eines Themas gebunden sind, sondern dazu dienen, Texte, Bilder, Tonfolgen, Filme oder Simulationen zu gestalten, zu bearbeiten und weiterzugeben. [...] Werkzeuge eignen sich für Lehr-Lern-Prozesse, in denen das Recherchieren, das Systematisieren, das Bilden von Modellen und das Präsentieren sowie der Austausch von Informationen gefordert sind“ (HERZIG/GRAFE 2007, S. 13).

Aus mathematischer Sicht kann zwischen gegenständlichen, enaktiven (z.B. euklidische Werkzeuge, Geodreieck, Abakus, Taschenrechner, Computerprogramme wie DGS) und begrifflichen Werkzeugen unterschieden werden, wobei unter Letzteren z.B. Algorithmen, Sätze, Schreibweisen oder Diagramme zu verstehen sind (WEIGAND/WETH 2002). DGS kennzeichnet sich indes dadurch, dass sie im Gegensatz zu Vorläuferprogrammen für den Geometrieunterricht nicht mehr auf die „Veranschaulichung oder experimentelle Untersuchung spezieller geometrische Sachverhalte zugeschnitten“ ist und stattdessen „auf ein breitgefächertes Geometrielernen und -lehren“ abzielt (HÖLZL 1999, S. 10), wobei der Nutzer über die Anwendung deren einzelner Funktionen selbst entscheidet.

„Werkzeuge sind zum einen das Ergebnis menschlichen Erfindungsgeistes, zum anderen sind sie aber auch die Grundlage für neue Erkenntnisse und neue Denk- und Arbeitsweisen“ (WEIGAND/WETH 2002, S. 1). Sie dienen der Intensivierung menschlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten, können aber auch deren Ausbildung erst bedingen und finden sowohl im Geometrie-, als auch im Mathematikunterricht allgemein seit jeher Verwendung. HÖLZL spricht in Bezug auf DGS von „Verstärkung und Reorganisation“, wobei er einerseits hervorhebt, dass mittels der Software Konstruktionen kurzerhand exakt und zeitsparend erstellt werden können – verglichen mit dieser Tätigkeit per Bleistift und Papier, andererseits deren Funktionalität übertroffen wird, wenn insbesondere Zugmodus und Ortslinienfunktion eine weitreichendere Untersuchung der Konstruktion, die Darstellung weiterer Objekte oder neue Strategien des Problemlösens erlauben (HÖLZL 1999, S. 38 f.). SCHUMANN erörtert im gleichen Kontext „Reinforcement“ und „Enrichment“ als methodische Verstärkung, sowie inhaltliche Anreicherung (SCHUMANN 2001, S. 174). Infolgedessen rückt „nicht mehr der Vorgang des Konstruierens, das Herstellen, sondern die Manipulation und Untersuchung des Ergebnisses in den Mittelpunkt“ (GRAUMANN ET AL. 1996, S. 199).

„Jedes methodische Handeln kann letztlich nur verantwortlich genannt werden, wenn es nicht nur zum Erfüllen der momentan als dringlich erscheinenden Ziele beiträgt, sondern wenn es sich auch im Dienste übergeordneter Ziele versteht“
(HOLE 1998, S. 46).

5. Grundlagen der Forderung nach Beschäftigung mit DGS

5.1 Curriculare Einbettung von DGS in den niedersächsischen Mathematikunterricht

Festzuhalten ist, dass für die Grundschule keine direkte Forderung zur Verwendung jedweder Software gestellt, jedoch auf das eventuelle Potenzial einer solchen hingewiesen wird. Für die Sekundarstufe II zeigt sich ein ähnliches Bild, wenn keine Kompetenzen im Umgang mit DGS ausdrücklich verlangt werden, in einer Kommentierung zum Einsatz von Technologie, diese aber als den Aufbau derselben unterstützend hervorgehoben wird (Nds. MK 2006d; 2009).

Verpflichtend soll DGS in der Sekundarstufe I aller Schulformen zur Anwendung kommen. Der Mathematikunterricht der Integrierten Gesamtschule basiert allerdings bis zum 01.08.2012 noch auf Rahmenrichtlinien, welche die Implementation nicht näher beschreiben. Die Kerncurricula schildern Kompetenzen, die die Schüler am Ende von Doppeljahrgangsstufen erreicht haben sollten, wobei diejenigen bezüglich DGS jeweils zusätzlich zum Ende der Jahrgangsstufe 8 erwartet werden und für Haupt- und Realschulen identisch formuliert wurden (vgl. Tabelle 2). Kennzeichnend ist, dass dort die Nutzung im Gegensatz zum Gymnasium ohne weitere Spezifizierung, dafür aber im Kontext von ebener sowie Raumgeometrie erboten wird. Allen gemeinsam ist die Durchführung von Konstruktionsaufgaben mittels DGS, an der Seite der herkömmlichen Werkzeuge Zirkel und Geodreieck. Für die Realschule wird die DGS-Nutzung – wie auch für die Hauptschule – vorrangig damit begründet, dass „mathematischen Sachverhalten“ in anderer Weise begegnet, eine hohe Zahl von Beispielen generiert und somit mathematisches Verständnis auf eine breite Basis gestellt sowie funktionales Denken gefördert werden kann. Hinzu kommen Fortschritte in Bezug auf das Problemlösen, die Erkenntnisgewinnung als auch Kommunikations- und Präsentationsmöglichkeiten (Nds. MK 2006, S. 9/25).

Tabelle 2: Erwartete Kompetenzen mit Bezug zu DGS der niedersächsischen Kerncurricula
für die Hauptschule, die Realschule und das Gymnasium
(Quelle: Eigene Darstellung nach Nds. MK 2006a; 2006b; 2006c)

	Hauptschule	Realschule	Gymnasium
Prozessbezogener Kompetenzbereich „Symbolische, formale und technische Elemente“	SuS verwenden mathematische Werkzeuge -> SuS nutzen dynamische Geometriesoftware (Ebene und Raum)	SuS verwenden mathematische Werkzeuge -> SuS nutzen dynamische Geometriesoftware (Ebene und Raum)	Die SuS nutzen den eingeführten Taschenrechner und Geometriesoftware zur Darstellung und Erkundung mathematischer Zusammenhänge sowie zur Bestimmung von Ergebnissen.
Inhaltsbezogener Kompetenzbereich „Raum und Form“	SuS stellen ebene und räumliche Figuren dar und operieren in der Vorstellung mit ihnen -> SuS konstruieren geometrische Figuren mit Zirkel und Geodreieck sowie dynamischer Geometriesoftware	SuS stellen ebene und räumliche Figuren dar und operieren in der Vorstellung mit ihnen -> SuS konstruieren geometrische Figuren mit Zirkel und Geodreieck sowie dynamischer Geometriesoftware	Die SuS konstruieren mit Zirkel, Geodreieck und dynamischer Geometriesoftware, um ebene geometrische Figuren zu erstellen und zu reproduzieren.

Während in Niedersachsen der Großteil der Schüler demnach in den Kontakt mit der Software kommen sollte, wird dies in den von der Kultusministerkonferenz herausgegebenen Nationalen Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss, welche den Curricula an sich zu Grunde liegen, lediglich optional herausgestellt:

„Allgemeine mathematische Kompetenzen im Fach Mathematik [...]“

(K5) Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen

Dazu gehört: [...]

- mathematische Werkzeuge (wie Formelsammlungen, Taschenrechner, Software) sinnvoll und verständig einsetzen [...]

Inhaltsbezogene mathematische Kompetenzen geordnet nach Leidideen [...]“

(L3) Leitidee Raum und Form

Die Schülerinnen und Schüler [...]

- zeichnen und konstruieren geometrische Figuren unter Verwendung angemessener Hilfsmittel wie Zirkel, Lineal, Geodreieck *oder* [Hervorhebung durch die Autorin] dynamische Geometriesoftware“ [Hervorhebung im Original]

(KMK 2004, S.7 ff.).

Diesbezüglich muss auch konstatiert werden, dass die Implementation des DGS-Einsatzes in Schulen zur Erlangung eines mittleren Bildungsabschlusses im gesamten Bundesgebiet

unterschiedlich geregelt ist (vgl. auch ZITTERBART ET AL.). Nach aktuellem Stand ist jedoch die Nutzung – mit Ausnahme von Schleswig-Holstein – in jedem Bundesland im Lehrplan enthalten.

5.2 Mathematikunterricht und Allgemeinbildung

In Anlehnung an das von Branko Grünbaum beschriebene „Rule-of-the-tool“-Syndrom ist darauf zu achten, dass der Einsatz von DGS einen didaktischen Mehrwert für die Erreichung von Zielen im Mathematikunterricht bietet (vgl. SCHUPP 1997, HÖLZL 1999). Grünbaum betitelt derart die Gefahr, dass hauptsächlich solche Aufgaben bearbeitet würden, die sich für den Einsatz von DGS anbieten, wenn dessen Potenzial bei der Bewältigung sich erst einmal erkennbar gezeigt habe. Übertragen beherrsche folglich das Werkzeug die Unterrichtsziele. Es sind aber gerade diese, die die Verwendung von DGS determinieren und zu deren adäquater Realisierung die Software eingesetzt werden sollte. ELSCHENBROICH vermerkt diesbezüglich: „Zum Nachdenken über ihren unterrichtlichen Einsatz gehören deshalb nicht nur schöne Beispiele, was man damit anders oder überhaupt erst machen kann, sondern auch ein Nachdenken über einen didaktischen *Mehrwert* im Rahmen eines mathematischen Allgemeinbildungskonzepts und ein waches Auge für mögliche Fehlentwicklungen“ [Hervorhebung im Original] (Elschenbroich 2003, S. 212 f.). In Anbetracht dessen soll im Folgenden ein Blick auf die Zielsetzung des Mathematikunterrichts geworfen werden.

Der Mathematikunterricht hat sich im Laufe seiner Geschichte in unterschiedlicher Akzentuierung dem „Erlernen von mathematischen *Fertigkeiten für den praktischen Gebrauch* im täglichen Leben und Beruf“ [Hervorhebung im Original] (inhaltliche Bildung) und der „Mathematik als Schulung des Geistes und des Denkens, [...] als Grundlage des vernünftigen Argumentierens und [...] der Philosophie“ (formale Bildung) (WEIGAND/WETH 2002, S. 13) verpflichtet gesehen. Wolfgang Klafki beschreibt die Interdependenzen dieser beiden Aspekte und kennzeichnet eine allgemeine Bildung als das Ziel des schulischen Unterrichts, welche einerseits eine essenzielle Grundlage darstellt für das demokratische Zusammenleben von Menschen und die Wahrung von Menschenrechten, andererseits selbiges im Umkehrschluss überhaupt erst im Sinne von „Bildung für alle“ generiert wird (HEYMANN 1996, WINTER 2003). Darunter zu verstehen ist, „[...] ein geschichtlich vermitteltes Bewusstsein von zentralen Problemen der Gegenwart und [...] von der Zukunft zu gewinnen, Einsicht in die Mitverantwortlichkeit aller angesichts solcher Probleme und Bereitschaft, an ihrer Bewältigung mitzuwirken“ (KLAJKI 2007, S. 56). Diesbezüglich stehen

die einzelnen Schulfächer in der Verantwortung, ihre Teilhabe an der Ausbildung einer derartigen Allgemeinbildung zu rechtfertigen (VOLLRATH 2012).

5.2.1 Das Allgemeinbildungskonzept nach Heymann

Seit gut zwanzig Jahren wird das Konzept einer solchen auch in der Mathematikdidaktik diskutiert (HOLE 1998). So schreibt Hans Werner Heymann, u.a. von den sog. Schlüsselproblemen Klafkis beeinflusst, der allgemeinbildenden Schule folgende nicht starr abzugrenzenden Aufgaben zu: Lebensvorbereitung, Stiftung kultureller Kohärenz, Weltorientierung, Anleitung zum kritischen Vernunftgebrauch, Entfaltung von Verantwortungsbereitschaft, Einübung in Verständigung und Kooperation, Ich-Stärkung der Schüler (HEYMANN 1995, S. 19). Insbesondere für die Mathematik stellt sich die Frage der Rechtfertigung ihrer Teilhabe an der Allgemeinbildung: so würden laut Heymann (1995, S. 20) sieben Jahre Unterricht in diesem Fach ausreichen, um für das tägliche Leben und Berufe ohne näheren Mathematikbezug gerüstet zu sein. Die Beschäftigung mit einem Großteil der schulmathematischen Inhalte erscheint für viele Schüler sinnfrei und realitätsfern, dem Anspruch auf Entwicklung der Persönlichkeit wird nur ungenügend nachgekommen (HOLE 1998). Um diesem Sachverhalt entgegenzuwirken, können die oben genannten Aufgaben, die der Entwicklung von Allgemeinbildung dienen sollen, heran gezogen werden.

Während die subjektive Bedeutung der Mathematik für das Leben des Einzelnen häufig überbewertet wird und dem Lernen derselben demzufolge nicht so viel Platz im Stundenplan eingeräumt werden sollte, so kehrt sich dies in objektiver Perspektive ins Gegenteil. Auch wenn dies für den Anwender zumeist im Verborgenen bleibt, ist doch die Mathematik verantwortlich für eine Vielzahl von – speziell technischen – Neuerungen und taucht im Alltagsleben vermehrt in Form von „Schätzen, Überschlagen, Interpretieren und Darstellen“ (HEYMANN 1995, S. 21) auf. Diese Fähigkeiten können, ebenso wie ein adäquater Umgang mit dem Computer, mittels des Einsatzes von DGS trainiert und der subjektive Wert möglichst gesteigert werden. Darüber hinaus darf Mathematik nicht isoliert von jeglicher übriger Kultur betrachtet werden; sie ist nur allgemeinbildend, wenn sie „als eine besondere Art des Denkens und Problemlösens von universeller Wirksamkeit erfahren werden kann“ (Heymann 1995, S. 21 f.). Derartige Zusammenhänge können entlang von zentralen Leitideen verdeutlicht werden, von denen Heymann die Folgenden benennt:

- Idee der Zahl
- Idee des Messens

- Idee des räumlichen Strukturierens
- Idee des funktionalen Zusammenhangs
- Idee des Algorithmus
- Idee des mathematischen Modellierens

(HEYMANN 1995, S. 22).

Den oben skizzierten objektiven Wert der Mathematik schätzen zu lernen kann als ein großer Teil zur Weltorientierung über das eigene Leben des Lerners hinaus gesehen werden. Hinzu kommt die Fähigkeit, sich dieser auch bedienen zu können, wenn ein Sachverhalt verstanden werden will, der sich in erster Linie nicht der Mathematik zuschreiben lässt. Unter Verwendung von Modellen kann DGS an dieser Stelle der Aktualität und Realitätsnähe von Nutzen sein (HOLE 1999). In Bezug auf das Modellieren bspw. ist eine reflektierte Differenzierung zwischen Modell und Realität auf Basis des individuellen Verstandes unerlässlich. Der Einsatz dessen kann jedoch nur gewährleistet sein, wenn die verwendete Mathematik wirklich verstanden worden ist, sodass HEYMANN hier eher um Qualität statt Quantität bittet. Auch die Arbeit mit einem DGS kann dieser kritischen Haltung förderlich sein, wenn es darum geht, sich nicht ausschließlich auf visuelle Lösungen zu verlassen, sondern Darstellungen zu hinterfragen und mathematisch zu analysieren.

Weniger inhaltlich als methodisch orientiert können die letzten drei Punkte des Heymannschen Allgemeinbildungskonzeptes angesehen werden. „Es ist eine Unterrichtskultur zu entwickeln, in der Raum ist für die subjektiven Sichtweisen der Schüler, für Umwege, alternative Deutungen, Ideenaustausch, spielerischer Umgang mit Mathematik, Fragen nach Sinn und Bedeutung sowie eigenverantwortliches Tun“ (HEYMANN 1995, S. 25). Dies kann dann der Fall sein, wenn der Schüler z.B. dazu befähigt wird, über einen adäquaten, möglicherweise arbeitsteiligen Einsatz von DGS selbst zu entscheiden.

5.2.2 Die drei Grunderfahrungen des Mathematikunterrichts nach Winter

Während HEYMANN von allgemeinen Bildungszielen auf den Mathematikunterricht schließt, geht Heinrich Winter davon aus, dass diese nur unter Rückbezug auf die Mathematik und ein entsprechendes Menschenbild überhaupt erst aufgestellt werden können (WEIGAND/WETH 2002). Unter Letzterem versteht er „ein schöpferisches, nachdenkendes, gestalterisches und sprechendes Wesen“, das die Gelegenheit erhalten soll, „schöpferisch tätig zu sein [...]; rationales Argumentieren zu üben [...] ; den praktischen Nutzen der

Mathematik zu erkennen [...]; formale Fähigkeiten zu erwerben [...]“ (WEIGAND/WETH 2002, S. 18 f.). Explizit drängt er auf die Begegnung mit folgenden drei Grunderfahrungen:

- (G1) „Erscheinungen der Welt um uns, die uns alle angehen oder angehen sollten, aus Natur, Gesellschaft und Kultur, in einer spezifischen Art wahrzunehmen und zu verstehen,
- (G2) mathematische Gegenstände und Sachverhalte, repräsentiert in Sprache, Symbolen, Bildern und Formeln, als geistige Schöpfungen, als eine deduktiv geordnete Welt eigener Art kennen zu lernen und zu begreifen,
- (G3) in der Auseinandersetzung mit Aufgaben Problemlösefähigkeiten, die über die Mathematik hinausgehen, (heuristische Fähigkeiten) zu erwerben“

(WINTER 2003, S. 7).

Kennzeichnend ist, dass mittels DGS alle drei Aspekte der Mathematik erlebt werden können. So dient sie einerseits der Bildung von mathematischen Modellen der realen Welt (G1), dem anschaulichen Lernen von Begriffen durch Erweiterung der Darstellungsmöglichkeiten insbesondere in dynamischer Perspektive sowie deren Genese (G2) und schließlich auch verschiedenen Methoden der Heuristik (G3) (vgl. HENN 2001). Dennoch darf in Anbetracht dessen nicht die Gefahr des gegenteiligen Effektes missachtet werden, welche aus einem „Unverständene[m] Umgang mit Werkzeugen und Abhängigkeit von diesen; Verzicht auf die Auseinandersetzung mit realen Situationen und Beeinflussung durch künstliche Lernumgebungen“ (HOLE 1998, S. 53) resultieren und laut HENN mit zahlreichen Unterrichtsbeobachtungen belegt werden kann.

„In vielen Forschungsprojekten, Aufgabensammlungen und Erfahrungsberichten aus dem Schulalltag wird gezeigt, wie der Einsatz von Dynamischen-Geometrie-Systeme (DGS) zum besseren Verstehen von geometrischen Zusammenhängen beitragen kann“

(KITTEL 2011, S. 31).

6. Forschungsstand

Dass der Einsatz von DGS einen Mehrwert für den Mathematikunterricht implizieren kann, haben bis dato verschiedene Studien gezeigt (vgl. u.a. HÖLZL 1999, SCHUMANN 2001, KITTEL 2009). Nicht umsonst betitelt HATTERMANN die DGS als „eines der meist untersuchten Forschungsthemen in der internationalen Mathematikdidaktik“ (HATTERMANN 2011, S. 23). Festzuhalten ist dennoch, dass es kaum gesicherte Aussagen darüber zu geben scheint, inwiefern DGS im Mathematikunterricht verschiedener Schulformen überhaupt zur Anwendung gebracht wird. Auf der Grundlage von 305 interviewten MINT-Lehrkräften⁷ von Schulen aus dem gesamten Bundesgebiet, welche die Möglichkeit des Abiturs anbieten, kann konstatiert werden, dass DGS dort zwar diejenige fachspezifische Software ist, welche am häufigsten nach den Standardprogrammen verwendet wird (Abbildung 3). Dennoch arbeitet nicht einmal ein Viertel der Lehrer mit diesen Programmen, wobei für niedere Schulabschlüsse ein eher noch geringerer Einsatz vermutet werden darf (vgl. HOLE 1998, KITTEL 2009).

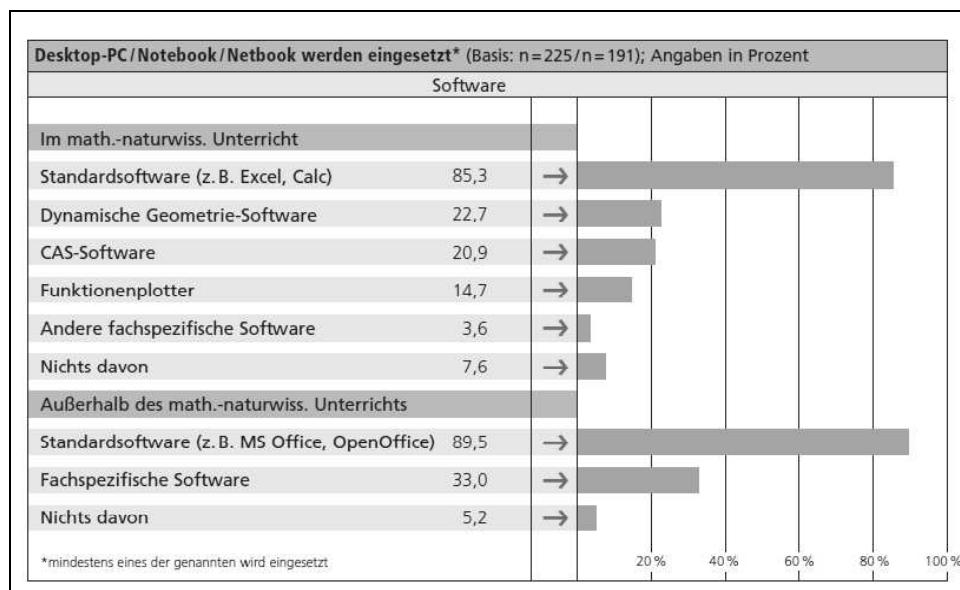


Abbildung 3: Verwendete Software im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht
(Quelle: INITIATIVE D21 2011, S. 12)

⁷ Lehrkräfte in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern

Seit der Entwicklung von DGS Ende der Achtzigerjahre können immer wieder vereinzelte Studien zurate gezogen werden, die den Einsatz von Computerprogrammen in der Schule untersuchen und dabei Wert darauf legen, herauszufinden, warum von diesen nicht quantitativ mehr Gebrauch gemacht wird. Ute Mehlhase (1992) bezieht sich in ihrer Untersuchung 1991 auf den Regierungsbezirk Arnsberg (NW) und rezipiert dort ohne nähere Aufgliederung aus 45 Lehrerinterviews, neben mangelnder Ausstattung und Lehreraus- und -fortbildung, die folgenden Gründe für den Nichteinsatz des Computers im Mathematikunterricht:

- „'Verdummung' der Schüler durch die Arbeit am Computer,
- Gefahren der ‚Computergläubigkeit‘,
- mangelnde Kommunikation und Interaktion bei Einzelarbeitsplätzen,
- Überfrachtung des sowieso schon zu umfangreichen Lehrplans“

(MEHLHASE 1992, S. 282).

Volker Hole integriert u.a. die von MEHLHASE angeführten Ursachen in einen standariserten Fragebogen und lässt sie im Schulamtsbezirk Schwäbisch Gmünd (BW) 1996 von 50 Lehrkräften, die den Computerraum an Haupt- und Realschulen beaufsichtigen, durch Intensitätsangabe der Zustimmung bewerten. Dabei konnte weder für CAS noch für DGS überhaupt eine Anwendung festgestellt werden, was darauf zurückgeführt wird, dass kaum Unterrichtsbeispiele für diese Schulformen zur Verfügung stünden, während auch ein verstärkter Computereinsatz allgemein zuallererst mit äußereren Gegebenheiten negiert wird (HOLE 1998). Für Realschullehrkräfte beinhalten diese in aufsteigender Reihenfolge die Ausstattung der Schulen, die mangelnde Ausbildung der LehrerInnen sowie vor allem ein zu knappes Zeitkontingent für den Mathematikunterricht. Als besonders markant anzumerken ist die Tatsache, dass bei MEHLHASE nur die Hälfte der Haupt- und Realschullehrer für einen verstärkten Einsatz des Computers plädiert und sich dieser Anteil bei der Untersuchung von HOLE für die Realschule überhaupt nicht verändert hat.

Die bisher skizzierten Studien basieren auf äußerst kleinen Stichproben, bei einer eher eingeschränkten Betrachtung möglicher Einsatzbarrieren für den Computer im Mathematikunterricht (maximal sieben Auswahlitems bei HOLE). Jürgen Bofinger geht diesbezüglich weitaus differenzierter vor, wenn er in einer Befragung mit knapp 5600 Lehrerinnen und Lehrern in Bayern 2002, die er vier Jahre später mit einer unwesentlich kleineren Teilnehmerzahl wiederholt, 20 bzw. 26 mögliche Beweggründe vorgibt, aus denen drei respektive fünf Items nach Fächern aufgegliedert ausgewählt werden sollten (BOFINGER 2004, BOFINGER 2007). Von zentralem Stellenwert ist die Option des Vergleichens der

beiden Studien, welche für die übrigen Darstellungen aufgrund von Methodik und Bezugsrahmen nur unter Vorbehalt möglich ist. So können als Hauptgründe für den Nichteinsatz neuer Medien im Unterricht allgemein die Folgenden angegeben werden:

Tabelle 3: Rangfolge der Verzichtsgründe 2002 und 2006 anteilig zur Gesamtzahl der Nennungen
 (Quelle: BOFINGER 2007, S. 33)

Befragung 2002		Befragung 2006	
Wenig erkennbarer Mehrwert	30%	Zu hoher allgemeiner Zeitdruck	27%
Zu wenig Geräte	27%	Wenig erkennbarer Mehrwert	26%
Unpassende/fehlende Software	26%	Andere Methoden geeigneter	25%
Andere Methoden geeigneter	24%	Zu wenig Geräte	23%
Schulische Raumprobleme	22%	Schulische Raumprobleme	23%
Zu hoher Zeitbedarf für Medien	15%	Bewährter eigener Unterricht	23%
Lehrer-Schüler-Kontakt ist wichtiger	13%	Zu große Klassen	21%
Zu wenig technische Kenntnisse	11%	Unpassende/fehlende Software	20%
Überforderung/ Ablenkung der Schüler	11%	Zu wenig technische Kenntnisse	17%

Diese Aufstellung zeigt, dass die schulische Ausstattung, welche 2002 als maßgeblich ausschlaggebend für einen mangelnden Einsatz von Neuen Medien benannt wurde, binnen vier Jahren als weitaus positiver erlebt wird, während der ehemals markanteste Beweggrund, ein nicht erkannter Mehrwert, jedoch bestehen bleibt und neuerdings nur von einer „allgemeinen schulischen Zeit- und Arbeitsbelastung“ übertroffen wird. Augenscheinlich haben aufgrund derselben vor allem diejenigen Aufgaben das Nachsehen, denen gegenüber sich die Lehrkräfte als nicht so explizit verpflichtet sehen, wie eben auch der Einsatz des Computers (BOFINGER 2007). In Bezug auf die Schulform werden von Realschullehrkräften allerdings organisatorische Merkmale immer noch als vorrangig benannt. Hier zeigt sich, dass es einer detaillierten Aufschlüsselung bedarf, um eine Grundlage für eventuelle Förderkonzepte zu entwickeln.

Alarmierend ist die Tatsache, dass Mathematik insgesamt das Fach zu sein scheint, dass nach dem Sport- und musischen Fachunterricht am drittstärksten von jeglicher Verweigerung des Einsatzes Neuer Medien betroffen ist (vgl. BOFINGER 2007, S. 14). Und auch in der Gruppe der sehr häufigen Nutzer ist sie nur auf dem drittletzten Rang wiederzufinden, sodass behauptet werden kann, dass, werden Neue Medien im Mathematikunterricht eingesetzt werden, dann eher als Ausnahmen vom regulären Unterricht. Mittels einer Faktorenanalyse wurden sechs Gruppen von Hinderungsgründen extrahiert, wobei für den Mathematikunterricht der *Zweifel am Mehrwert* (26%) nach wie vor als zentral

herauszustellen ist und von *Ausstattungs-/Zugangsdefiziten* sowie *Zeit-/Organisationsdruck* (19 bzw. 18%) gefolgt wird (BOFINGER 2007, S. 151). In dieser Studie wurde außerdem die vorzufindende Medienausstattung erfragt und mit der Begründung des Nichteinsatzes in Beziehung gesetzt. Im Vergleich zu der Tatsache, dass der Einsatz kaum mit jener – unter Ausnahme von Schülerlaptops – korreliert, ist jedoch die Motivation der Nichtverwendung sehr wohl davon abhängig. Als eminent ist festzuhalten, dass gerade bei Verfügbarkeit von Schülerlaptops Ausstattung und Zugang am meisten bemängelt werden; zugrunde gelegt werden kann hier vermutlich, dass durch die Beschäftigung mit diesen Defizite erst nennenswerter zutage treten.

Bisweilen wurde nicht ausdifferenziert, was genau unter dem Schlagwort *Computer* Eingang in den Mathematikunterricht gefunden hat. Zwar kategorisiert BOFINGER dies in seiner Untersuchung, eine exakte Darstellung für DGS erfolgt allerdings nicht. Andreas KITTEL versucht in Form einer Voruntersuchung zu seiner Dissertation mittels Leitfaden-interviews zu ermitteln, warum Hauptschullehrkräfte DGS in ihrem Mathematikunterricht kaum zur Geltung bringen. Die Stichprobe von je zwei Lehrerinnen und Lehrern, die bereits mit dem Einsatz im Unterricht vertraut waren, kann jedoch nur als bedingt aussagetauglich angesehen werden. Dabei beschreibt er schon das Finden von zur Teilnahme bereiten Lehrkräften als sehr kompliziert und kristallisiert fünf Hauptmerkmale heraus, die den DGS-Einsatz negativ beeinflussen, welche aber nicht quantitativ bewertet werden (KITTEL 2007, S. 74 ff.).

Zum Ersten wird die „Kompetenz der Lehrer“ angeführt, welche durch Aus- und Fortbildungen in nur unbefriedigendem Maße aufgebaut werde, wobei auch das Engagement der Lehrer, sich näher mit der Software auseinanderzusetzen, zu wünschen übrig lasse. Hinzu kommen ungenügende äußere Rahmenbedingungen wie z.B. die Hard- und Softwareausstattung der Schule oder die Organisation von Arbeitszeiten im Computerraum. Auf der anderen Seite empfinden viele Lehrkörper geometrische Inhalte als nicht so bedeutsam, dass sich ein Computereinsatz – unter Umständen mit erhöhtem zeitlichem Einsatz sowohl des Lehrers als auch im Unterricht selbst – rechtfertigen lasse, sodass dieser primär für andere Unterrichtsthemen zum Tragen kommt, die als wichtiger erachtet werden, wobei auch die geforderten Prüfungsleistungen lediglich auf händische Fähigkeiten ausgelegt sind. Diesbezüglich zieht KITTEL vor allem Politik, Hochschulen und Kultusministerien zur Rechenschaft.

Des Weiteren wird angezweifelt, dass DGS überhaupt für verschiedenste Fragestellungen der Hauptschule genutzt werden kann, was auch dem geringen Repertoire an Publikationen für Schulformen mit niedrigeren Bildungsabschlüssen Augenschein verleiht, wobei diese Einstellung mit der persönlichen Kompetenz in Bezug auf DGS korreliert. Ebenso stehen viele Lehrer den Kompetenzen ihrer Schüler kritisch gegenüber, wenn – wiederum in Abhängigkeit vom Ausmaß persönlicher Erfahrungen – z.B. von einer höheren Ablenkung von mathematischen Zielen ausgegangen wird oder mangelnde Bedienfähigkeiten und insgesamt ein zu geringer Mehrwert unterstellt werden.

Sicherlich kann für den Medieneinsatz in der Schule allgemein noch eine Vielzahl weiterer Publikationen angegeben werden, ein derartiger Rundumblick ist aber mit dem Ziel dieser Arbeit nicht vereinbar. Die dargestellten Untersuchungen zeigen jedoch, dass ein Bedarf besteht, der eine vergleichbare Ermittlung auch in niedersächsischen Realschulen sinnvoll erscheinen lässt, vor allem mit dem Hintergrund einer weiteren Ausdifferenzierung, wenn speziell ein einzelnes Werkzeug im Mittelpunkt steht, was für DGS lediglich bei einer Quelle der Fall war.

„Mit dem Aufkommen neuer Technologien gingen stets überschäumende Euphorie, Begeisterung und hohe Erwartungen auf der einen Seite und abwartende Skepsis oder gar schroffe Ablehnung auf der anderen Seite einher“
(WEIGAND 1997, S. 4).

7. Eigene Untersuchung zu Barrieren des DGS-Einsatzes aus der Perspektive der Lehrkräfte an niedersächsischen Realschulen

7.1 Anlage, Durchführung und Methoden der eigenen Studie

7.1.2 Untersuchungsdesign

Die vorliegende Untersuchung kann in das Genre der Ex-post-facto- oder auch Korrelationsanordnungen eingegliedert werden. Damit sind in Abgrenzung zu Experimenten oder quasiexperimentellen Designs solche gemeint, „die Hypothesen prüfen, ohne die unabhängige Variable manipulieren zu können (bzw. zu wollen) und ohne eine Randomisierung der unabhängigen Variablen auf die Versuchspersonen vorzunehmen“ (SCHNELL ET AL. 2011, S. 220). Gruppen von Personen mit gleichen Merkmalsausprägungen können somit erst im Anschluss an die Untersuchung ausgemacht und miteinander verglichen werden (PAIER 2010). In zeitlicher Dimension wird dabei von einer Querschnittsstudie ausgegangen; das bedeutet, es handelt sich um eine einmalige abgeschlossene Erhebung, deren Untersuchungsstichprobe lediglich für diese zur Verfügung stehen muss.

Aufgrund der Konzeption als Teil einer Masterarbeit muss insbesondere darauf geachtet werden, dass eine Person allein die Bearbeitung übernehmen kann und Faktoren wie Zeit- oder Kostenaufwand im Rahmen bleiben, da keinerlei Sponsoren das Projekt finanziell unterstützen. Der Entscheidung für eine Vollerhebung (vgl. Kapitel 7.1.2) ist es vorrangig geschuldet, dass eine schriftliche Befragung der Grundgesamtheit erfolgt, welche zum kleinen Teil postalisch, in erster Linie aber internetbasiert als sog. „Web-Survey“ (vgl. SCHNELL ET AL. 2011) durchgeführt wird, wobei diese als „Programm auf einem Web-Server“ angeboten wird. Unter Zurkenntnisnahme des Hinweises, dass schriftliche Befragungen in der Regel einen geringeren Rücklauf erfahren als mündliche, kann Letztere in Anbetracht der zeitlichen Investition nicht als angemessen und erstrebenswert im Rahmen dieser Arbeit bewertet werden (SCHNELL ET AL. 2011).

Im Gegenteil darf davon ausgegangen werden, dass nicht nur die Praktikabilität für eine solche spricht, sondern dass die Probanden in Anbetracht der Anonymität auch aufrichtiger Auskunft geben, insbesondere wenn ein gewisses Unbehagen – auch seitens der Schulleitung – empfunden wird, weil der im Kerncurriculum für Realschulen festgeschriebene Einsatz von DGS möglicherweise nicht in ausreichendem Maße stattfindet. Außerdem steht die Entscheidung über Zeitpunkt und Ort der Teilnahme frei, sodass diese bspw. auch von zu Hause aus erledigt werden kann. Anzumerken ist jedoch, dass die Befragungssituation selbst nur bedingt zu kontrollieren sein dürfte, da aufgrund des Nicht-Vergebens von TAN-Nummern nicht zu identifizieren ist, dass es sich bei den Teilnehmern auch um die gewünschten handelt. Auf eine derartige Vergabe musste wegen fehlender Informationen über die endgültige Zusammensetzung der Untersuchungsgesamtheit verzichtet werden.

Diesbezüglich beschreibt GRÄF die Datenqualität bei Onlineumfragen jedoch als recht positiv, zumal sowohl Messfehler reduziert werden könnten als auch im Umkehrschluss die Genauigkeit sich erhöhen ließe (GRÄF 2010). Unter der Prämisse, dass evtl. medial eher inaktive Lehrkräfte ohne eigenen E-Mail-Account von dieser Befragung nicht erreicht werden könnten, muss angeführt werden, dass alle niedersächsischen Schulen über einen solchen verfügen und die Option der schriftlichen Zusendung der Unterlagen stets verdeutlicht wird. Außerdem ist dieser Zugangsweg nur für den Kontakt mit der Schule gewählt worden, sodass für die Beantwortung des eigentlichen Bogens lediglich ein internetfähiger Computer vornötigen ist, welcher sich in jeder Schule befinden dürfte. Der massive Kostenaufwand für eine komplette Zustellung der Befragung auf postalischem Weg ebenso wie eine doch erhebliche Nutzung von Papierressourcen, wird auch in Anbetracht der Bedeutung einer Befähigung der Schüler – und somit eben auch der Lehrer – zum Umgang mit dem Internet für nicht verhältnismäßig erachtet.

7.1.2 Stichprobe

Als Grundgesamtheit für die vorliegende Untersuchung können alle Lehrerinnen und Lehrer angegeben werden, die in niedersächsischen allgemeinbildenden Realschulklassen im zweiten Schulhalbjahr 2011/2012 Mathematik unterrichten. Das bedeutet, es wird weder danach unterschieden, ob jene die Lehrbefähigung für diese Schulform noch für das Fach Mathematik erlangt haben. Ferner sollen Beschäftigungsverhältnis und -umfang keinen Ausschlag für eine Differenzierung geben. Zur Gruppe der zu unterrichtenden Mathematikklassen werden all solche gezählt, die an selbstständigen Realschulen (RS) oder an

Haupt- und Realschulen (HRS) bzw. Kooperativen Gesamtschulen (KGS) im Realschulzweig anzutreffen sind. Dabei werden öffentliche Schulen nicht von solchen in freier Trägerschaft separiert. Im Rahmen einer Reform des niedersächsischen Schulsystems wurden zum Schuljahr 2011/2012 132 Oberschulen genehmigt, die ebenfalls in diese Untersuchung mit aufgenommen wurden, da es sich – mit einer Ausnahme – bei allen um ehemalige RS, HRS bzw. Grund-, Haupt- und Realschulen oder einen Zusammenschluss von eigenständigen Haupt- mit Realschulen handelt (DEFFNER 2012).

Leider kann die genaue Anzahl dieser Personengruppe nur geschätzt werden, da die zur Verfügung stehenden veröffentlichten statistischen Daten lediglich das Schuljahr 2010/2011 sowie den erworbenen Hochschulabschluss abbilden und sich nicht entsprechend der zu untersuchenden Schulform spezifizieren lassen (NDS. KM 2011). Nach persönlicher Information durch Herrn Joachim Albrecht MdL⁸ (vgl. Anhang II) als Mitglied des Kultusausschusses, darf zum aktuellen Zeitpunkt von der jeweils folgenden Anzahl an Lehrkräften ausgegangen werden, die für das Fach Mathematik ausgebildet sind.

Tabelle 4: Zusammensetzung der Lehrerschaft mit der Lehrbefähigung für das Fach Mathematik in Realschulzweigen verschiedener Schulorganisationsformen
 (Quelle: Eigene Darstellung)

	Lehrkräfte mit Mathematik als Fach	davon im Realschulzweig
Selbstständige Realschulen	1280	1280
Haupt- und Realschulen	1211	1100
Grund-, Haupt-, Realschulen	78	40
Oberschulen	1184	790
Kooperative Gesamtschulen	760	575
allgemeinbildende Schulen	17.318	3785

Dennoch können weiterhin keine Angaben über den tatsächlich stattfindenden Mathematikunterricht gemacht werden, sodass für die vorliegende Untersuchung von einer Grundgesamtheit von 3785 Personen ausgegangen wird, obwohl alle Lehrkräfte, welche Mathematik ohne entsprechende Fachausbildung, unterrichten in dieser Statistik nicht auftauchen. Somit muss diese Anzahl eher als minimal angesehen werden.

⁸ Mitglied des Landtages

Aufgrund der Tatsache, dass die Grundgesamtheit sehr wohl definiert ist, aber hier nicht explizit in Form einer Liste vorliegt, kann keine Zufallsstichprobe nach statistischen Mitteln gezogen werden. Um die Forschungsergebnisse nicht durch „willkürliche“ oder „bewusste Auswahl“ zu verfälschen, wird stattdessen eine Vollerhebung angestrebt, wobei der Feldzugang über die jeweiligen Schulen erfolgt (SCHNELL ET AL. 2011). Diese können im Einzelnen angegeben werden, verfügen jedoch über eine jeweils unterschiedliche Anzahl an Mathematiklehrkräften, sodass daraus die Grundgesamtheit nicht unmittelbar abgeleitet werden darf. Eine genaue Bezifferung wäre gleichwohl lediglich über eine separate Befragung der Schulleitungen möglich, auf die sowohl aus zeitlichen als auch methodischen Gründen an dieser Stelle verzichtet wurde. Dem niedersächsischen Bildungsserver zufolge gibt es derzeit eine Anzahl von 510 Schulen unter der Option „Realschule“, welche im Zuge der Einführung von Oberschulen auf 505 reduziert werden muss (NIBIS 2012). GRÄF beschreibt dieses Vorgehen als auf Listen basierend, da der Kontakt zum Feld über eine Liste von E-Mail-Adressen erfolgt, welche gleichzeitig die Grund-, als auch Auswahlgesamtheit bildet (vgl. GRÄF 2010).

Um die tendenzielle Reaktion auf eine derartige Untersuchung anzutesten, wurde in diesen Schulen zunächst per E-Mail oder Fax an die Schulleitung angefragt, ob generelles Interesse an der Unterstützung einer solchen Arbeit bestehe. Daraufhin konnte ein Rücklauf von 70 Schulen (13,9 %) entgegengenommen werden, von denen 57 eine Teilnahme zusicherten. Auch wenn die Zustimmung stets seitens der Schulleitung gewährt wurde – was in rechtlichem Sinne überhaupt Grundlage für die Befragung innerhalb einer niedersächsischen Schule ist – und dies keinen direkten Aufschluss über die letztendlichen Teilnehmerzahlen gibt, werden die Fragebögen dieser Schulen separiert, indem sie den Bogen über einen anderen Link erhalten als die restlichen Schulen. Somit soll ein Vergleich zwischen diesen beiden Gruppen ermöglicht werden. Das Gleiche gilt für sechs weitere Schulen, welche einer Teilnahme aufgrund des gänzlich fehlenden Einsatzes von DGS Skepsis entgegenbrachten⁹.

7.1.4 Messinstrument

Zur Datenerhebung dient ein standardisierter Fragebogen, der sowohl als Online- als auch als sechseitige Printversion zur Verfügung steht, wobei sich beide Ausführungen in ihrem Wortlaut entsprechen. Die Gestaltung erfolgte mit dem Programm Grafstat 4, mittels dessen sich auch die Onlineausgabe auf einem Web-Server hinterlegen lässt und die

⁹ Im Folgenden findet sich für die Gruppe der Teilnehmer von Schulen mit vorheriger Zusage das Kürzel „DGS60“, für solche von Schulen, welche keine DGS einsetzen, „keinDGS“ und für alle übrigen „DGS500“.

erhobenen Daten gesammelt werden können. Der Fragebogen selbst besteht aus vier Hauptteilen, in denen in der Regel die Auswahl von Einfach- oder Mehrfachantworten möglich ist, welche durch Skalen-, aber auch einige offene Antwortformate komplettiert werden.

Im Anschluss an einige einführende Worte werden die Probanden eingangs um Angaben zu ihrer Person und der geschlechterspezifischen Zusammensetzung des eigenen Mathematikkollegiums gebeten, was zur Heranführung an den Hauptteil der Befragung dient. Dieser wird durch acht Fragen zum Einsatz von DGS und dessen Sinnhaftigkeit eröffnet, welche in einer Gabelung münden, über die es dem Teil der Probanden, der noch nie mit DGS im Mathematikunterricht gearbeitet hat, freisteht, die sich anschließenden Ausführungen über denselben zu überspringen. Allen anderen wird die Möglichkeit geboten, bis zu drei Klassen mittels fünf Informationen näher zu spezifizieren, wobei ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass weitere Anmerkungen am Ende der Befragung bzw. auf der Rückseite des Printbogens eingetragen werden dürfen.

Das folgende Herzstück der Untersuchung richtet sich wieder an alle Teilnehmer, welche 26 eventuell zutreffende Implementationsbarrieren einzeln mittels einer fünfstufigen Likertähnlichen Skala bewerten sollen. Im Gegensatz zur Auswahl einer vorgegebenen Anzahl an Gründen aus der vorgegebenen Anreihung, wie dies in einigen anderen Untersuchungen der Fall ist (vgl. Kapitel 6), soll so ein ausdifferenzierteres Bild erhalten werden, welches die tatsächlichen Motive besser widerspiegelt. Die Angabe weiterer persönlicher Motive wird optional ermöglicht und zusätzlich soll der potenzielle Ausbau von DGS im Mathematikunterricht bewertet werden. Des Weiteren möchte die Untersuchende über die Aus- und Fortbildung in Bezug auf den Themenkomplex *Neue Medien im Mathematikunterricht* sowie eventuelle Fortbildungswünsche informiert werden. Im Hinblick auf die Einstellung zur zukünftigen Bedeutung von DGS wird außerdem nach einer eventuellen Empfehlung für Referendare gefragt, sich mit derselben zu beschäftigen. Zu guter Letzt wird der Bogen mittels einer Frage abgeschlossen, mit welcher es möglich sein soll, Hinweise auf die Motivation der teilnehmenden Probanden zu erhalten (mögliche Teilnahme bei ähnlicher Befragung zu CAS). Daran schließen sich noch eine Danksagung sowie eine Angabe für Anmerkungen jeglicher Art an.

Als Inspiration für die Konstruktion und Zusammenstellung der Fragen dienen zum Teil die Arbeiten von HOLE zum Computereinsatz im Mathematikunterricht (1998), BOFINGER zu Digitalen Medien im Fachunterricht (2007), PIETZNER in Bezug auf den Computer im

Chemieunterricht (2009, 2010) sowie die Veröffentlichung „Geoinformationssysteme (GIS) aus der Perspektive deutscher Geographielehrer“ von HÖHNLE ET AL. (2012). Insbesondere die Auflistung der Implementationsbarrieren basiert auf den Ausführungen von Problemen beim Umgang mit Computern bzw. DGS im Mathematikunterricht bei HOLE (1998), WEIGAND (2000, 2008), HISCHER (2003b), BARZEL ET AL. (2005a), ELSCHENBROICH (2005b) und LEUDERS (2003a), welche teilweise zusammengefasst sowie variiert wurden, um als Zieldimension urspr. 20 Items zu extrahieren, wobei diese um sechs weitere Positionen aufgestockt wurden. Die Intention, jegliche Facetten an möglichen Nachteilen von DGS in den Fragebogen zu integrieren, würde den angestrebten Rahmen von knapp zehn Minuten doch deutlich überschreiten. Daher wurden die Items aus häufig genannten Problemen und Nachteilen entwickelt und dabei zumindest eine gewisse Konzentration auf bildungspolitisch beeinflussbare Items gelegt, während technische Aspekte innerhalb der Software eher unberücksichtigt blieben. Welche Anforderungen an ein DGS minimal gestellt werden sollten, kann im „Dillinger Katalog“ als angemessen zusammengefasst erachtet werden (vgl. KORTENKAMP 2002).

7.1.4 Pretest

Für die Testung des Messinstruments mittels eines konventionellen Pretests wurden willkürlich die ersten drei Schulen, die ihre Unterstützung nach der generellen Anfrage zur Teilnahme an der Untersuchung zusagten, ausgewählt. Während von einer Schule fünf Printbögen zurückkamen, beantworteten von den weiteren beiden insgesamt nur zwei Lehrkräfte den Bogen online. Um statistische Berechnungen durchführen zu können, hätte es einer weitaus höheren Teilnehmerzahl bedurft, wobei an dieser Stelle die Verständlichkeit von Fragen und Antworten als im Vordergrund stehend angenommen wird. Dennoch sollte nach PAIER eine zweistellige Teilnehmerzahl nicht unterschritten werden (PAIER 2010), sodass aufgrund der unerwartet niedrigen Rücklaufquote, eine zweite Testrunde folgte, indem die beiden Schulen, welchen lediglich die Onlineteilnehmer zuzuordnen waren, ebenso wie diejenige Schule, die sich als letztes auf die Anfrage gemeldet hatte, noch einmal angeschrieben wurden. Zufälligerweise handelt es sich bei diesen auch um unterschiedliche Organisationsformen (eine Haupt- und Realschule, eine Realschule, eine Kooperative Gesamtschule, sowie eine Haupt- und Realschule in freier Trägerschaft), jedoch konnte eine gleichmäßige Verteilung auf die vier Regionalabteilungen der Landesschulbehörde nicht ganz erreicht werden.

Dabei wurden folgende Aspekte verändert: einerseits eine massive Kürzung der Itembatterie zu den Implementationsbarrieren. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit lag für den ersten Pretest bei ca. 16 Minuten, was von fast allen Antwortenden als eher zu lang charakterisiert wurde und als ein Manko zu beurteilen ist, sodass die Teilnahme aufgrund eines zu hohen Zeitaufwandes verweigert oder die Beantwortung – in erster Linie bei der Bewertung der Barrieren – abgebrochen wird. Da die Arbeit aber auf eine breite Basis gestellt werden soll, wurden 13 Items entfernt bzw. zusammengefasst und überarbeitet. Eine ebensolche Vereinigung erfolgte bei den Antwortformaten, sodass die Skala nur noch fünf statt sechs Ausprägungen anbietet und allein noch eine absolute Ablehnung angegeben werden kann; somit soll trotz der ungeraden Anzahl einer Tendenz zur Mitte entgegengewirkt werden. Um sowohl die spätere Auswertung, als auch den Ausfüllungprozess selbst zu erleichtern, wurde das Ausmaß an offenen Fragen über einige Umformulierungen reduziert. Dies gilt insbesondere für die ausführliche Beschreibung der Verwendung der Software im Bereich *Zum Einsatz von DGS* sowie den Abschnitt *Zur Aus- und Fortbildung*. Diese erfuhren außerdem eine Überarbeitung, um den zu untersuchenden Hypothesen besser gerecht werden zu können.

Die Fragebogenversion des wiederholten Testlaufs konnte dabei fast ohne Beanstandungen für die Untersuchung verwendet werden. Dies gilt auch für die technische Umsetzung, sodass Probleme bei der Erreichung des Fragebogens während der Hauptuntersuchung aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs nicht vorauszusehen waren. Einzig zwei Barriereitems wurden noch zusätzlich wieder eingefügt. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit von knapp neun Minuten wird von den Lehrkräften nahezu einstimmig als genau richtig klassifiziert. Außerdem konnten keinerlei missverständliche oder fehlende Angaben identifiziert werden.

7.1.5 Datenerhebung

Die Befragungsunterlagen wurden unmittelbar nach den Osterferien Mitte April 2012 an alle niedersächsischen Schulen mit Realschulzweig versendet, abzüglich der vier Schulen, die bereits an dem Pretest teilnahmen. Dazu erhielten wiederum die Schulleitungen ein E-Mail-Anschreiben inklusive eines Links zur Homepage, auf der die Befragung zu finden war, mit dem Vermerk, dass auf Wunsch auch eine Printversion des Bogens zur Verfügung gestellt würde. Für die Schulen, die ihre Teilnahme schon bestätigt hatten, wurde ein separater Link eingefügt und derjenigen Person in einem personalisierten Anschreiben übermittelt, welche auch auf die an sie herangetragene Bitte zur Teilnahme reagiert hatte.

Eine Schule bat dabei um Zusendung der Unterlagen per Post, diesem Wunsch wurde nachgekommen. Die Zweifel an der Sinnhaftigkeit einer Teilnahme bei generellem Nichteinsatz von DGS an einigen Schulen bilden die Grundlage für die Einrichtung eines weiteren Links, um auch diejenigen Schulen noch einmal anzuschreiben, welche ihre Teilnahme eben aus diesem Grund nicht zusicherten. Als Anlage erhielten alle Empfänger das Bestätigungsschreiben der Regionalabteilung Osnabrück der Niedersächsischen Landesschulbehörde (auf Daten-CD beigefügt), da die vorliegende Befragung dort der Genehmigungspflicht unterliegt (siehe RdErl. d. MK v. 5.12.2005 – 24-81 402 – VORIS 22410 –).

Planmäßig sollten die Befragungen dreieinhalb Wochen geöffnet bleiben, wobei diese Zeit auf Bitte einer Schule aufgrund von zeitlichen Überschneidungen noch einmal um zehn Tage ausgedehnt wurde. Nach Ablauf von zwei Wochen erfolgte eine Erinnerung mittels eines weiteren E-Mail-Schreibens an die einzelnen Schulen, inklusive Informationen über den derzeitigen Rücklauf sowie des Hinweises auf eine technische Störung, welche zum Ausfall des Fragebogens zu Beginn der Befragung – vermutlich aufgrund von Überlastung – geführt hatte, sodass ein neuer Versuch, diesen zu öffnen, erbeten wurde. Die erhobenen Antworten werden über das Programm Grafstat, welches auch für die Erstellung des Fragebogens verwendet wurde, auf einem Datensammelpunkt gespeichert und können von dort aus über selbiges nutzbar gemacht werden.

7.2 Ergebnisse

Nach Ablauf der zugestandenen Bearbeitungszeit konnten für die drei Gruppen DGS60, DGS500 und keinDGS folgende Teilnehmerzahlen registriert werden $n_{DGS60}=92$, $n_{DGS500}=110$ und $n_{keinDGS}=6$ ($n_{gesamt}=208$). Die Zusammenstellung der Ergebnisse erfolgt derweil unter Zurhilfenahme des Programms Grafstat4, außerdem wurden die erhobenen Daten in das Statistikprogramm SPSS20 übertragen, welches für die weitere Analyse Verwendung findet, ebenso wie für die Gestaltung der angeführten Tabellen und Abbildungen.

Die folgenden Darstellungen basieren darauf, dass stets versucht wird, Zusammenhänge zwischen zwei Variablen aufzuzeigen. Je nach deren Skalierung kommen für die Beobachtung ein einfacher Chi²-Unabhängigkeitstest nach Pearson, ein t-Test bzw. eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) oder der nichtparametrische Mann-Whitney U-respektive Kruskal-Wallis H-Test zum Einsatz. Der t-Test, sowohl für abhängige, als auch

unabhängige Stichproben, zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Mittelwerte einer metrisch skalierten Variablen entsprechend einer zweiten unabhängigen miteinander verglichen werden. Der Begutachtung mehrerer Mittelwerte dient dabei die einfaktorielle ANOVA, welche die Wahrscheinlichkeit dafür angibt, dass mindestens zwei von diesen sich signifikant unterscheiden. Im Gegensatz dazu beziehen die verwendeten Chi²-Werte die gesamte Verteilung mit ein und die nichtparametrischen Tests – für die die abhängige Variable mindestens ordinal skaliert sein muss – stützen sich auf den Vergleich von Rangziffern, können sonst jedoch parallel zu t-Test und ANOVA gesehen werden (vgl. JANSSEN/LAATZ 2010).

Alle Testungen basieren darauf, dass als Nullhypothese H_0 angenommen wird, dass es sich bei den zu prüfenden Variablen um voneinander unabhängige handelt bzw. keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die zentrale Tendenz zu finden sind. Für H_1 wäre somit ein Zusammenhang zwischen ihnen gegeben respektive eine Signifikanz der Differenz. SPSS gibt dabei jeweils Auskunft über die Wahrscheinlichkeit, mit der von H_0 als zutreffend ausgegangen werden darf. Da ein Signifikanzniveau von 95% angelegt wird, kann bei Wahrscheinlichkeiten von $p < 0,05$ H_0 begründet verworfen werden. Schließlich ist noch anzumerken, dass wenn möglich ein paarweiser Ausschluss fehlender Werte gewählt wurde, um die Stichprobengröße nicht über die Maßen einzuschränken. Dies muss bei der Betrachtung jedoch stets Berücksichtigung finden.

Aufgrund der eindeutigen Tendenz, der geringen Ausdifferenzierung der erhaltenen Antworten (ca. 70% „sehr gerne“ und 30% „meistens gerne“) sowie keinerlei nennenswerter Zusammenhänge mit anderen Variablen wird die persönliche Neigung zum Unterrichten von Mathematik im Folgenden keiner näheren Analyse unterzogen.

7.2.1 Zum Einsatz Dynamischer Geometriesoftware

Lediglich 66,8% der Probanden geben an, DGS an ihrer Schule vorzufinden, während fast 1/5 dies abstreitet und 13,9% über das Vorhandensein keinerlei Kenntnis besitzen. Durch Prüfung der Unabhängigkeit dieser Angaben mit weiteren erhobenen Variablen konnte herausgefunden werden, dass das Wissen um vorliegende DGS sowohl mit dem Alter als auch dem Geschlecht der Probanden korreliert¹⁰. Unter Ausnahme der Kategorie 50-59 nimmt die Angabe vorliegender DGS mit dem Alter zu, während der Anteil, der diesen abstreitet, relativ konstant bleibt (Anhang, Tabelle 7). Jüngere Lehrkräfte wissen

¹⁰ Alter – Verfügbarkeit von DGS: n=207, ANOVA: p=0,01; Geschlecht – Verfügbarkeit von DGS: n=206, Chi²=7,344, p=0,025

tendenziell eher nicht, ob entsprechende Software verfügbar ist. Indes trifft dies auch vermehrt für die Gruppe der Frauen zu, welche in dieser Kategorie einen Anteil von 72,4% ausmachen. Währenddessen unterscheiden sich die Geschlechter in Bezug auf die Zustimmung zur Präsenz oder Abwesenheit von DGS nur um grob zehn Prozentpunkte, einmal zugunsten der männlichen Kollegen, andererseits zu deren Ungunsten (vgl. Anhang, Tabelle 8).

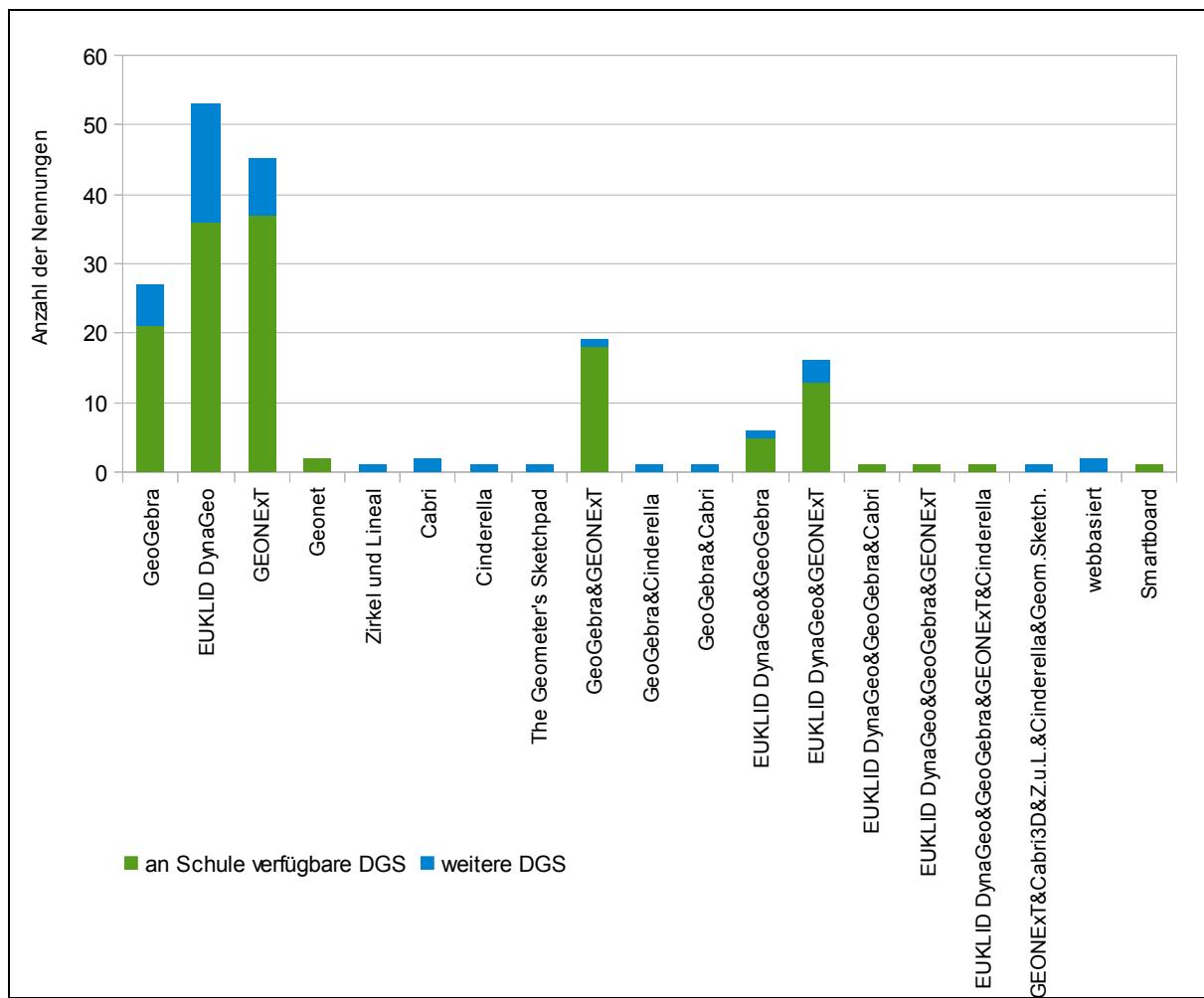


Abbildung 4: Anzahl der an der eigenen Schule verfügbaren sowie anderweitig bereits verwendeten DGS aus Perspektive der teilnehmenden Lehrkräfte (n=136)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die obige Abbildung 4 zeigt, welche Programme diesbezüglich vorzufinden sind bzw. mit welcher Software zusätzlich Erfahrungen gesammelt wurden. Werden alle Nennungen zusammengefasst, so ergibt sich mit großem Abstand ein Spitzenreitertrio von *GEONExT*, *EUKLID DynaGeo* und *GeoGebra*, welche zu knapp 70% allein oder als Kombination von zwei der drei (ca. 23%) genannt werden. Deutlich wird hier auch, dass eine außerschulische Beschäftigung vorrangig genau mit den Programmen erfolgt, welche andere

Teilnehmer als an ihrer Schule verfügbar deklarieren, sodass die Angabe, dass einzig etwa 35% derjenigen, welche mindestens eine DGS an ihrer Schule vorfinden, bisweilen auch schon mit weiteren Programmen gearbeitet haben, relativiert werden muss. Kennzeichnend ist zudem, dass lediglich ein Befragter auch eine DRGS (*Cabri 3D*) angeführt hat, wobei diese singuläre Nennung wahrscheinlich nicht allein auf das explizite Verständnis der Definition von DGS zurückzuführen ist. Da zum Teil auch anderweitige Programmtypen wie Funktionsplotter oder CAS angegeben werden – demnach eher zu viele Programme gegenüber den wahrlich nachgefragten –, wird davon ausgegangen, dass tatsächlich die Zahl der Teilnehmer, welche Kenntnisse über diese haben, sehr gering ausfällt.

In Korrelation mit der Kenntnis um die Verfügbarkeit von DGS an der eigenen Schule¹¹ muss festgestellt werden, dass über 40% der Probanden diese Software schlichtweg gar nicht einsetzen. Von jenen weiß wiederum etwa ein Drittel noch nicht einmal, ob es diese überhaupt vorfindet, während knapp 40% Besagtes abstreiten (vgl. Anhang, Tabelle 9). Für die weiteren Darstellungen wurden die Optionen *mehrmals* und *einmal pro Woche* für die Einordnung der persönlichen DGS-Verwendung aufgrund der geringen Zustimmung und der hohen Ausdifferenzierung der Antwortmöglichkeiten zusammengefasst als *mind. einmal pro Woche* (2,9% der Teilnehmer). Mindestens einmal je Monat verwenden eine DGS nur 16,1% der Probanden.

Dabei scheint einzig und allein das Geschlecht¹² signifikant für den Einsatz ausschlaggebend zu sein, wenngleich der Zusammenhang als eher schwach bis mittel einzustufen ist (Cramers V: 0,271). So sind 64,7% derjenigen, die DGS überhaupt nicht nutzen, weiblich, während unter den Nutzern – unabhängig vom quantitativen Umfang – lediglich 42,1% Frauen sind (Anhang, Tabelle 10). Neben der Kategorie *nie* ist einzig im Rahmen von 7- bis 12-maliger Nutzung pro Schuljahr der Anteil an weiblichen Lehrkräften je um etwa zehn Prozentpunkte größer als der der männlichen, wobei der Median für Erstere bei *nie*, für Letztere bei *3-6 mal pro Schuljahr* liegt. Für die Gruppe der Frauen lässt sich auch unter den Nutzerinnen eine Neigung zu geringerer Quantität feststellen, während die Verteilung der Männer einen weiteren Höhepunkt für eine 2- bis 3-malige Verwendung pro Monat aufweist (Abbildung 5). Werden nur die Teilnehmer mit in die Betrachtung aufgenommen, welche DGS in irgendeiner Weise nutzen, so lässt sich allerdings keine signifikante Abhängigkeit zwischen Geschlecht und Quantität mehr beobachten¹³.

¹¹ DGS-Einsatz – Verfügbarkeit von DGS: n=205, H-Test: Chi²=81,012, p=0,00

¹² DGS-Einsatz – Geschlecht: n=204, U=3949,5, p=0,002

¹³ DGS-Einsatz – Geschlecht (Proband ist Nutzer): n=119, U=1624,5, p=0,579

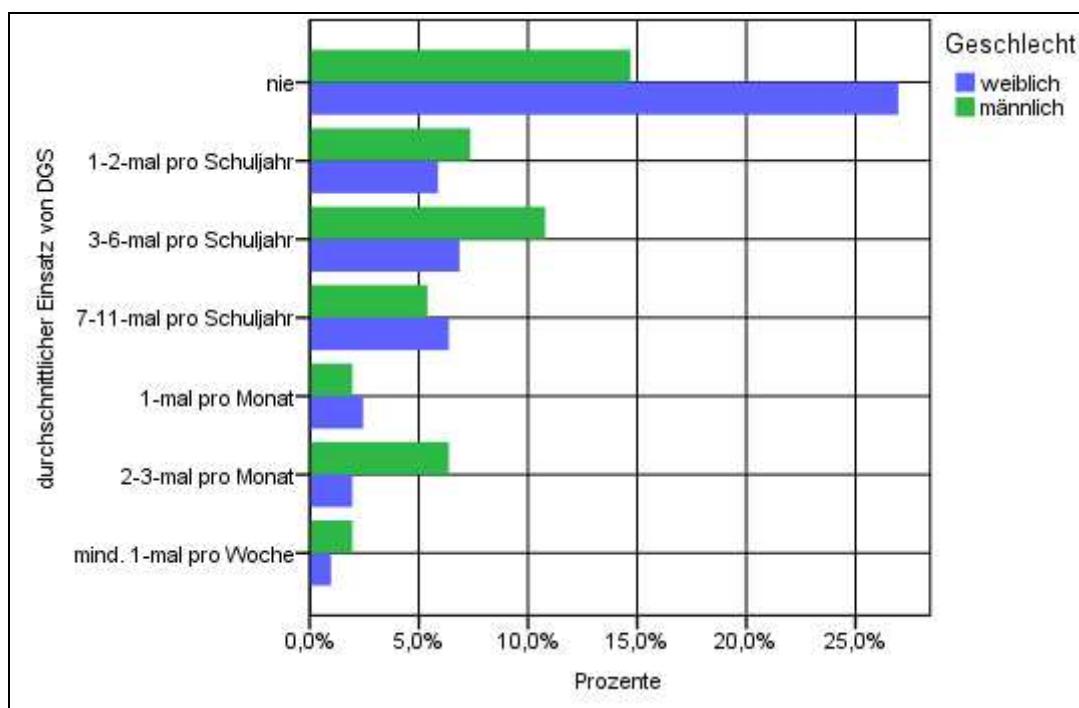


Abbildung 5: Durchschnittlicher Einsatz von DGS, aufgeteilt nach Geschlecht in Prozent vom Gesamtergebnis (n=204)
 (Quelle: Eigene Darstellung)

Des Weiteren kann konstatiert werden, dass die DGS-Nutzung mit der Anzahl der bekannterweise DGS-einsetzenden Kollegen zusammenhängt¹⁴. So gehören knapp 73% derjenigen, denen kein solcher geläufig ist, zur Gruppe der Nicht-Nutzer. Für alle anderen Nennungen (1 bis 9, 28 oder 36 Personen) überwiegt immer der Anteil der Nutzer, was insbesondere für eine Anzahl über sechs (90%-Perzentil) gilt, da kein Nicht-Nutzer über Kenntnis von mehr als eben diesen verfügt (Anhang, Tabelle 11). Durchschnittlich weiß ein befragter Lehrer, dass 2,84 (SD 3,93) Kollegen – im Mittel 1,42 (SD 1,88) Frauen und 1,45 (SD 2,24) Männer – eine DGS einsetzen, wobei diese Daten, dem Geschlecht der Kollegen entsprechend aufgeteilt, das Abhängigkeitsverhältnis jeweils beibehalten¹⁵. Generell sinkt die Zahl der Probanden mit der Höhe der Anzahl kontinuierlich, sobald Lehrer und Lehrerinnen einzeln betrachtet werden.

Ein solches Bild ist ebenfalls zu notieren, wenn die Aus- und Weiterbildung der Lehrer in den Blick genommen wird, z.B. in Anbetracht einer positiven Antwort in puncto

¹⁴ Einsetzende Kollegen (gesamt) – DGS-Einsatz: n=172, ANOVA: p=0,00

¹⁵ Eins. Kollegen (weiblich) – DGS-Einsatz: n=173, ANOVA: p=0,00; eins. Kollegen (männlich) – DGS-Einsatz: n=175, ANOVA: p=0,00

Weiterbildungsmaßnahmen zum Bereich *Neue Medien im Mathematikunterricht*¹⁶. Auffällig ist jedoch, dass 47,6% bzw. 58,8% derjenigen, die im Studium respektive Referendariat mit diesem Kontext in Kontakt gekommen sind, DGS nie anwenden, während ca. 70% der Teilnehmer von Weiterbildungsmaßnahmen dieses tun. Ein derart positiver Einfluss muss auch für die Kombination von Veranstaltungen in mindestens zwei verschiedenen Berufsabschnitten konstatiert werden, da hier etwa 83% die Software nutzen (vgl. Anhang, Tabelle 12). Insgesamt kann gesagt werden, dass je seltener von DGS Gebrauch gemacht wird, desto eher der Teilnehmer keinerlei Angebote in Bezug auf das oben beschriebene Gebiet wahrgenommen hat. Dabei hängen die mengenmäßige DGS-Verwendung und die Anzahl besuchter Veranstaltungen nicht zusammen. Nähere Betrachtung finden sollten allerdings die Inhalte der Letzteren. So zeigt sich eine Abhängigkeit zwischen dem quantitativen Einsatz von DGS und der Tatsache des Besuchs von Veranstaltungen dieses Bereichs, in denen die Teilnehmer praktisch mit der Software gearbeitet haben¹⁷, welche sich für andere Themenkomplexe nicht belegen lässt.

In Anbetracht des Unterrichts in verschiedenen Klassenstufen findet sich für Lehrkräfte, die in den Jahrgängen 7 und 8 tätig sind – genau die Klassen, für die die Software im Kerncurriculum angeführt wird (vgl. NDS. MK 2006a) – ein leicht niedrigerer Anteil, der derlei Programme nie nutzt (30,7% der Nicht-Nutzer). Trotz fehlender statistischer Abhängigkeiten gilt tendenziell: Je höher die Klassenstufen sind, in denen Unterricht übernommen wird, desto eher wird DGS in irgendeiner Weise eingesetzt (Anhang, Tabelle 13). Dies zeigt sich auch bei den näheren Beschreibungen, wenn DGS in diesem Schuljahr bereits eingesetzt wurde bzw. dies noch in Planung steht. Insgesamt werden diese 195-mal (n=115) angeführt, wobei ca. 30% zwei Nennungen und gut 10% drei tätigen, aber 60% dieser Mehrfachangaben von männlichen Probanden stammen. Das arithmetische Mittel des Anteils an Schülerinnen liegt diesbezüglich bei 40,44%, sodass festgehalten werden darf, dass die dort dargestellten Klassen eher männlich geprägt sind, da der Mädchenanteil in niedersächsischen Realschulen in etwa bei 48% einzuordnen ist (vgl. NDS. MK 2011). Auch wenn keinerlei signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden konnte, so ist augenscheinlich, dass die Probanden, welche den beiden Kategorien für den DGS-Einsatz mit der höchsten Frequenz zuzuordnen sind – neben der Option *3-6-mal pro Schuljahr* –, im Mittel die niedrigsten Mädchenanteile in den charakterisierten Klassen erwähnen (Abbildung 6).

¹⁶ DGS-Einsatz – Besuch von Weiterbildungen: n=204, U=2921,5, p=0,00

¹⁷ DGS-Einsatz – Veranstaltungen mit praktischer Arbeit: n=118, U=1224,5, p=0,005

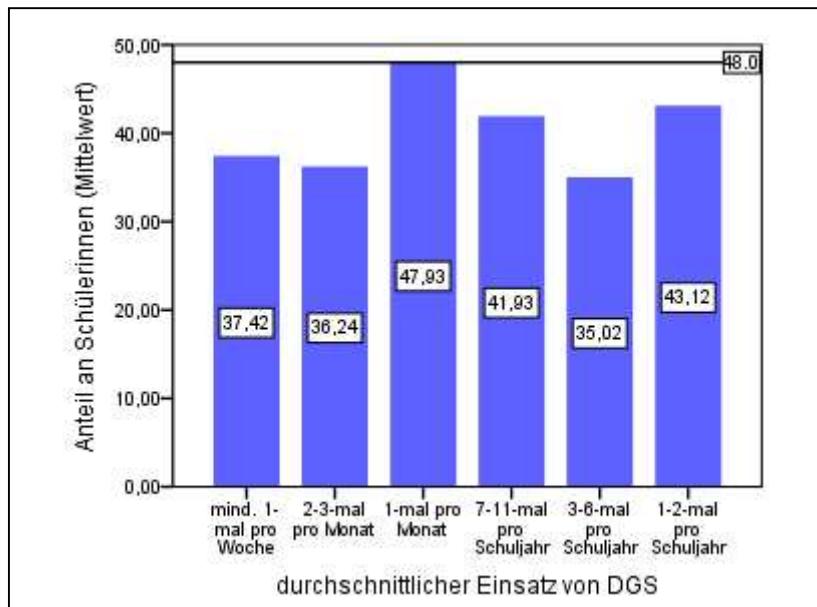


Abbildung 6: Durchschnittlicher Anteil an Schülerinnen der näher beschriebenen Klassen entsprechend der quantitativen Nutzung von DGS durch den Lehrkörper (n=195)
 (Quelle: Eigene Darstellung)

Der weiteren Analyse der dargelegten Daten über den expliziten DGS-Unterricht kann entnommen werden, dass durchschnittlich 2,77 (SD 4,78) Personen an einem Gerät arbeiten, wobei fast 90% der Teilnehmer eine Anzahl von 1 oder 2 Schülern angeben. Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei Werten >7 um die Lerngruppenstärke handelt und diese somit zu einer Option zusammengefasst wird. Für den Einsatz von DGS lässt sich an dieser Stelle ein signifikanter Zusammenhang feststellen¹⁸. So arbeiten bspw. die Schüler bei den Lehrern, welche mindestens einmal pro Woche zum DGS greifen, allesamt an einem einzelnen Gerät, während die Tendenz bei geringerer Quantität eher zu einer Doppelbelegung geht. Statistisch gesehen entscheidet auch die Tatsache, auf welchem Gerät DGS verwendet wird, über deren Einsatz¹⁹.

Tabelle 5: Von den Probanden für den DGS-Einsatz verwendete Hardware in Prozent
 (Quelle: Eigene Darstellung)

„Hardware“	Anteil in %
PC-Raum	88,2%
Whiteboard	46,7%
Desktop-PC	23,7%
Note-/Netbook	18,7%
Tablet	2,6%
Taschenrechner	0,5%

¹⁸ Anzahl der SuS pro Gerät – DGS-Einsatz: n=182, H-Test: Chi²=24,448, p=0,00

¹⁹ DGS-Einsatz – „Hardware“: n=190, H-Test: Chi²=42,257 p=0,001

Tabelle 5 zeigt, mit welcher „Hardware“ die Probanden anteilmäßig arbeiten, wobei 40% der Befragten alleinig den PC-Raum, 30% diesen in Kombination mit einem Whiteboard nutzen, während alle anderen Zusammenstellungen über einen Anteil von 3,9% nicht hinauskommen. Die Nutzung des Computerraums und/oder Desktop-PCs geschieht dabei vorrangig bei eher weniger häufiger Nutzung.

Findet eine kombinierte Betrachtung des quantitativen Einsatzes von DGS mit der eingesetzten „Hardware“ und der anzahlmäßigen Belegung dieser mit Schülern statt, so verliert sich jedweder Zusammenhang. Die gleiche Situation zeigt sich für die verbindlich eingeführten Geräte in den einzelnen Klassen. Während 65,8% der Teilnehmer einen Taschenrechner (Grafikrechner: 1,7%) in ihrer Lerngruppe vorfinden, können auf einen Tablet 2,8% und 7,3% auf ein Note- oder Netbook zurückgreifen. Konsequenterweise arbeiten bei nahezu 100% der beiden letztgenannten ein oder zwei Schüler an einem Gerät.

7.2.2 Zur Sinnhaftigkeit Dynamischer Geometriesoftware

Die Frage nach der Einschätzung der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes im Mathematikunterricht von niedersächsischen Realschulklassen setzt sich für die vorliegende Untersuchung aus mehreren Komponenten zusammen: zum einen daraus, ob durch diesen ein Mehrwert für das mathematische Verständnis der SuS gesehen, und andererseits, ob er für den Mathematikunterricht in der Realschule als sinnvoll erachtet wird. Hinzu kommt die Wertung, ob der Gebrauch von DGS überhaupt weiter gefördert werden sollte und eine Empfehlung an einen jungen Referendar ausgesprochen würde, sich mit derlei Programmen zu beschäftigen. Alle vier Elemente der Sinnhaftigkeit korrelieren untereinander. Die Wahrscheinlichkeit für eine Unabhängigkeit beträgt jeweils sowohl beim Chi²- als auch beim Kruskal-Wallis-Test $p=0,000$ ²⁰ und darf dahingehend verneint werden.

Die Begründungen in Bezug auf das Referendariat lassen darauf schließen, dass eine positive Antwort (über $\frac{3}{4}$ aller Probanden) in der Regel aufgrund einer Einschätzung der Sinnhaftigkeit für das spätere Berufsleben der SuS und den zukünftigen Mathematikunterricht geschieht, wobei insbesondere Bezug genommen wird auf Erkenntnissteigerung, Veranschaulichung, Zeitersparnis und Binnendifferenzierung. Hinzu kommen massiv auch

²⁰ Mehrwert – sinnvoll für RS: n=177, Chi²=495,094; H-Test: Chi²=128,268; Mehrwert – Förderung: n=175, Chi²=177,292; H-Test: Chi²=56,361; Mehrwert – Empfehlung Referendar: n=176, Chi²=89,251; H-Test: Chi²=43,694; sinnvoll für RS – Förderung: n=181, Chi²=172,147; H-Test: Chi²= 68,257; sinnvoll für RS-Empfehlung Referendar: n=182, Chi²=71,31; H-Test: Chi²=46,17; Förderung – Empfehlung Referendar: n=195, Chi²=77,622; H-Test: Chi²=32,12

motivationale Aspekte, obwohl auch Gründe wie die Vorgabe durch das Curriculum, die eigene Unkenntnis oder die Option, sich selbst ein Urteil über diese Software bilden zu können, des Häufigeren Nennung finden. Die sieben Ablehnungen werden jeweils damit gerechtfertigt, dass sich der Lehrer damit selbst nicht auskenne oder im Referendariat keine Zeit sein würde, sich mit der Software auseinander zusetzen. Das schlägt sich vorrangig auch für die Antwortoption *weiß nicht* nieder, wobei hier auch auf eine Passung mit der Lerngruppe, den organisatorischen Bedingungen und der jeweiligen Persönlichkeit des Referendars aufmerksam gemacht wird. Lediglich drei Teilnehmer dieser beiden Gruppen schätzen DGS auch bzgl. des Mehrwertes ein, wenn dem händischen Zeichnen eine höhere Präferenz zugesprochen wird bzw. der Sinn einer Anwendung dem Lehrer nicht deutlich ist. Die arithmetischen Mittel der weiteren drei Skalen (Mehrwert: mean 2,33/SD 0,86, sinnvoll für RS: mean 2,14/SD 0,92; Förderung: mean 2,27/SD 0,94) lassen ebenfalls darauf schließen, dass die Probanden der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes zustimmen. So wählen zwischen 85,4% bis 87% von diesen eine der drei Kategorien aus, welche eine Zustimmung suggerieren.

Kennzeichnend ist, dass auch hier weder das Alter noch der erworbene Hochschulabschluss, aber sehr wohl die Variable Geschlecht einen erheblichen Einfluss auf die Einschätzungen zu haben scheint²¹. Wiederum sind es vorrangig die männlichen Probanden, welche den Sinngehalt einer Verwendung von DGS durchschnittlich als höher einschätzen. Die arithmetischen Mittel liegen bei den Skalen der Frauen allesamt um 13 bis 22% über denen der Männer. Auffällig in Bezug auf eine Anregung zur Einarbeitung in die Software ist, dass nur ca. 70% der Frauen hier mit Ja stimmen, während 26% keine explizite Entscheidung treffen. Für die Lehrer liegen diese Anteile bei etwa 86% und 11% (siehe Anhang, Tabelle 14). Das bedeutet, dass abermals über 70% derjenigen, die der Kategorie *weiß nicht* angehören, Lehrerinnen sind. Die Verteilung der beiden Skalen zum Mehrwert für das mathematische Verständnis sowie die Bewertung für den Unterricht in der Realschule erweisen sich als praktisch analog (vgl. Abbildung 7). Männliche Lehrer beziehen verhältnismäßig eindeutiger Stellung vor allem in puncto Zustimmung, aber auch bei deren Negation – alle *stimme nicht zu*-Antworten kamen von Männern. Indes neigen die Kolleginnen eher zu einer der beiden vageren Kategorien, sowie der Angabe ihrer fehlenden Informiertheit. Im Großen und Ganzen zeigt sich dies in ähnlicher Weise auch für die Bewertung der zukünftigen Förderung des DGS-Gebrauchs. Ein markanter Unterschied bildet sich jedoch für die Option einfacher Befürwortung ab, welche minimal

²¹ Mehrwert – Geschlecht: n=178, U=3024, p=0,004; sinnvoll für RS – Geschlecht: n=184, U=3553,5, p=0,049; Förderung – Geschlecht: n=198; U=4142, p=0,049; Empfehlung Referendar – Geschlecht: n=202, Chi²=7,479, p=0,24

von den Frauen dominiert wird, sodass der Unterschied der Mittelwerte für diese Variable prozentual auch den niedrigsten Unterschied aufweist. Indes macht es den Eindruck, als habe die Konstellation von Frauen und Männern innerhalb des Mathematikkollegiums keinerlei Auswirkungen auf die Einschätzung des Sinngehalts von DGS.

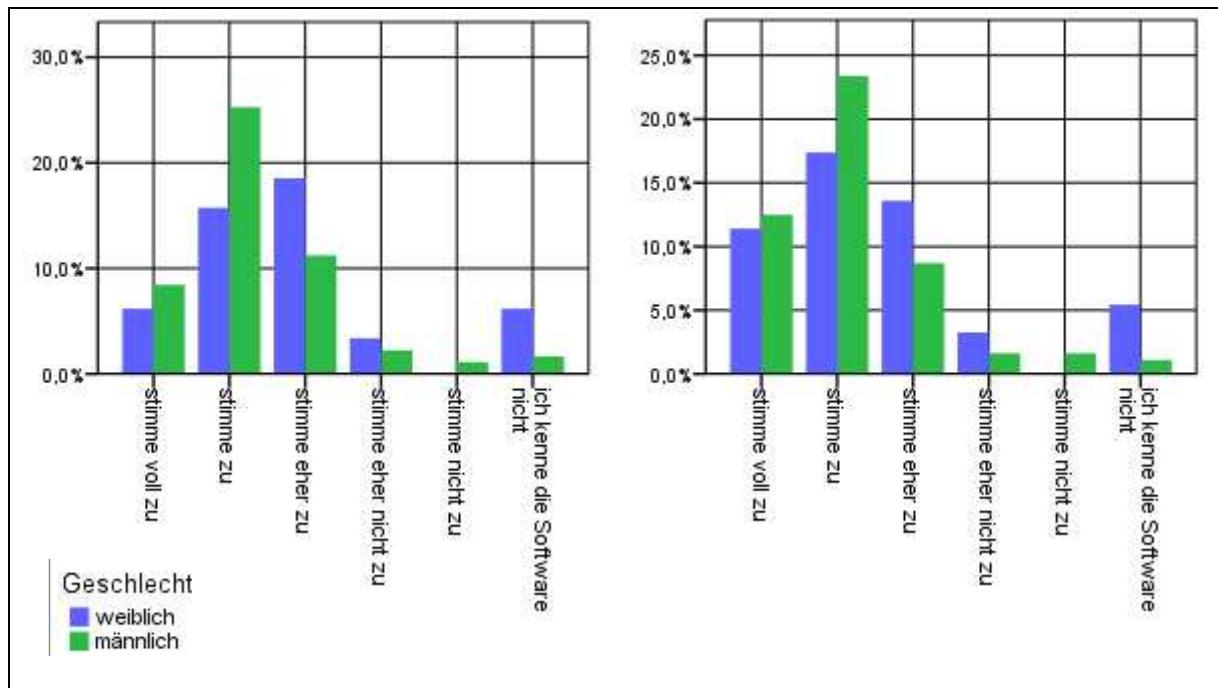


Abbildung 7: Einschätzung des Mehrwerts für das mathematische Verständnis der SuS (links) bzw. des Sinns für den Mathematikunterricht an Realschulen (rechts), aufgeteilt nach Geschlecht in Prozent vom Gesamtergebnis (n=178 bzw. n=184)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Weitere markante Zusammenhänge erweisen sich mit dem quantitativen Einsatz von DGS bzw. der Frage, ob diese Programme generell verwendet werden. Diesbezüglich würde die Nullhypothese jeweils mit einer Wahrscheinlichkeit von $p=0,000$ unzulänglicherweise verworfen²² und ist daher abzulehnen. Als übergreifende Tendenz wird erkennbar, dass je weniger dem Mehrwert von DGS-Verwendung zugestimmt wird, desto eher der Teilnehmer zur Gruppe derjenigen gehört, welche die Software nicht nutzen. Von einem stetigen Anstieg darf nach diesen Ergebnissen jedoch nicht ausgegangen werden, da es an einzelnen Stellen zu minimalen Abweichungen kommt (vgl. Anhang, Tabelle 15). Dies gilt in ähnlicher Weise auch für die Bewertung in puncto Realschulunterricht.

²² Mehrwert – DGS-Einsatz: n=178, H-Test: Chi²=44,419; sinnvoll für RS – DGS-Einsatz: n=184, H-Test: Chi²=56,001; Förderung – DGS-Einsatz: n=197, H-Test: Chi²=25,182; DGS-Einsatz – Empfehlung an Referendar: n=201, H-Test: Chi²=32,791; Mehrwert – Nutzer/Nicht-Nutzer: n=179, U=1671; sinnvoll für RS – Nutzer/Nicht-Nutzer: n=185, U=1604,5; Förderung – Nutzer/Nicht-Nutzer: n=199, U=3094,5; Nutzer/Nicht-Nutzer – Empfehlung an Referendar: n=201, Chi²=43,87

Für die Förderung zeigt sich diesbezüglich eine Inkonsistenz, wenn bei der Kategorie *stimme voll zu* der Anteil der Nutzer zwar überwiegt, jedoch deutlich unterhalb der nächst folgenden Antwortmöglichkeit zurückbleibt (66% zu 80% innerhalb der jeweiligen Option). Hier wird deutlich, dass auch trotz oder gerade aufgrund des Nicht-Einsetzens die Frage der weiteren Förderung eher positiv beantwortet wird, was sich auch anhand der zusammengefassten Werte für die drei zustimmenden Antworten erkennen lässt, welche für diese Komponente unter den Nicht-Nutzern den höchsten Wert (71,7%) verzeichnen. Das Gleiche gilt auch für die Empfehlung, sich mit DGS zu beschäftigen, da über die Hälfte der Nicht-Nutzer an dieser Stelle mit Ja stimmt. Allerdings gibt es auch nicht einen Nutzer, der diese Frage mit Nein beantwortet, und 37,3% von jenen zeigen keine eindeutige Präferenz, wobei dies knapp 80% innerhalb dieser Kategorie ergibt, sodass der Rest zwar Nutzer ist, sich aber dennoch nicht explizit zur weiteren Implementation bekennt. Wird auch die Quantität des Einsatzes mit in den Blick genommen, so ist auffällig, dass die Anzahl der Möglichkeit *weiß nicht* ab einer maximal einmal-pro-monatigen Anwendung von DGS mit der Reduktion der Verwendung stetig sinkt (Anhang, Tabelle 16). Die Neigung, nicht eindeutig Position zu beziehen, steigt für den Mehrwert mit der Reduktion der Verwendung von DGS, unter Ausnahme der Option *7-11-mal pro Schuljahr* auch für die Beurteilung im Hinblick auf die Realschule, sowie tendenziell für die Förderung.

Im Hinblick auf die DGS-einsetzenden Kollegen kann im Gegensatz zum Einsatz nur von signifikanten Unterschieden ausgegangen werden, wenn betrachtet wird, ob jene vorhanden sind oder eben nicht. Dies gilt für die Komponenten Sinnhaftigkeit für die Realschule, Einschätzung des Förderbedarfs und die Empfehlung zu einer Beschäftigung mit der Software²³. Nach Geschlechtern getrennt bleiben die letzten beiden auch für die Kenntnis von männlichen Kollegen signifikant, während dies für Frauen nur bei der Anregung des Referendars der Fall ist²⁴. Nach Cramers V muss der Zusammenhang zwischen diesen Maßen allerdings als eher schwächer gekennzeichnet werden (0,172-0,233). Unter Duldung kleinerer Schwankungen wird festgehalten, dass die Einschätzungen für die Realschule und die weitere Förderung umso positiver ausfallen, je eher der Proband über Kollegen in Kenntnis gesetzt ist, welche derlei Programme verwenden. Für die Unkenntnis der Software bzw. die *weiß-nicht*-Option sind die Anteile an Teilnehmern, deren Kollegen augenscheinlich nicht mit DGS arbeiten, indes jeweils am größten (vgl. Anhang, Tabelle 17). In Bezug auf das Aussprechen einer Empfehlung gilt für

²³ Sinnvoll für RS – eins. Kollegen (ja/nein): n=158, U=1715,5, p=0,01; Förderung – eins. Kollegen (ja/nein): n=166, U=2009,5, p=0,01; Empfehlung an Referendar – eins. Kollegen (ja/nein): n=169, U=2325, p=0,019

²⁴ Förderung – eins. Kollegen männlich (ja/nein): n=169, U=2542,5, p=0,03; Empfehlung an Referendar – eins. Kollegen männlich (ja/nein): n=172, U=2823, p=0,035; Empfehlung an Referendar – eins. Kollegen weiblich (ja/nein): n=170, U=2793, p=0,008

alle drei Kombinationen von Kollegen, dass bei einer Verneinung dieser die meisten Teilnehmer anzutreffen sind (60 bis 80%), welche von keinem DGS-einsetzenden Kollegiumsmitglied wissen, während bei positiver Antwort mit ca. 20 bis 30%, die dies nicht tun, die Zahl am geringsten ausfällt (Anhang, Tabelle 18).

Ebenso muss auch der Bereich der Aus- und Weiterbildung etwas differenzierter betrachtet werden, um Zusammenhänge zu entdecken. So findet sich ein solcher zwischen dem Mehrwert und der Gesamtzahl von besuchten Veranstaltungen. Die Ausgabe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman weist einen solchen von -0,359 aus, d.h. es handelt sich an dieser Stelle um einen mittleren negativen Zusammenhang. Allerdings muss bedacht werden, dass die Skala des Mehrwertes die höchste Zustimmung beim Wert 1 aufweist, sodass umformuliert werden darf, dass je höher die Anzahl besuchter Veranstaltungen ist, desto höher auch der Mehrwert des Einsatzes von DGS für das mathematische Verständnis eingeschätzt wird (Anhang, Abbildung 12).

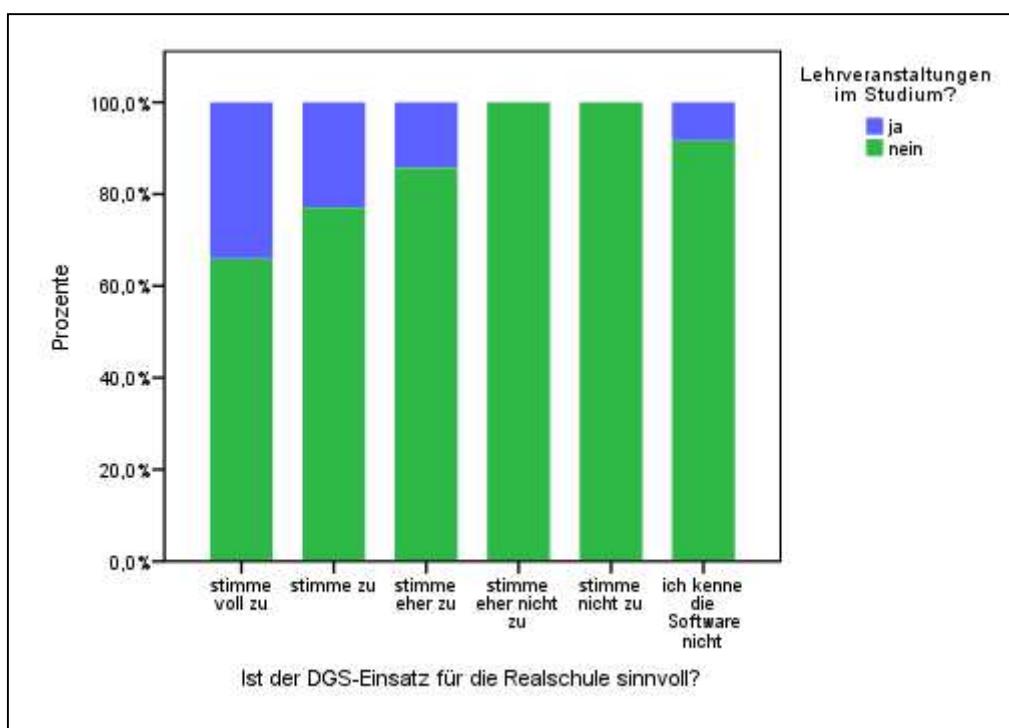


Abbildung 8: Einschätzung der Sinnhaftigkeit für die Realschule, aufgeteilt nach dem Besuch von Lehrveranstaltungen zu DGS im Studium in Prozent für jede x-Achsen-Kategorie (n=184)

(Quelle:Eigene Darstellung)

Übergreifend für die Bedeutung der Beschäftigung im Laufe des Berufslebens gilt, dass viele derjenigen, die Lehrveranstaltungen im Studium zu dieser Software belegt haben, sie als sinnvoll einstufen, sowohl im Hinblick auf das mathematische Verständnis sowie die

Schulform als auch auf die Beurteilung ihres Einsatzes als fördernswert²⁵. Allerdings erfolgt die Abnahme des Anteils dieser Gruppe an den einzelnen Kategorien in Bezug auf Zustimmung nicht bei allen dreien ganz stetig zu deren Abnahme (Abbildung 8).

Schlussendlich beeinflussen sich auch die Empfehlung an einen Referendar und die Tatsache, ob überhaupt Lehrveranstaltungen besucht wurden, gegenseitig²⁶. So sprechen 83,5% derjenigen, die an derlei Seminaren o.Ä. teilnahmen, sich für eine Empfehlung aus, während dieser Anteil in der anderen Gruppe nicht ganz 70% beträgt. Die *weiß-nicht-*-Fraktion speist sich zu über 60% aus Teilnehmern, welche keinen Besuch angaben, wobei dies für über die Hälfte der Ablehnungen sehr wohl gilt, sich Letzteres jedoch lediglich aus den Antworten von drei (*keine Teilnahme*) bzw. vier (*Teilnahme*) Probanden zusammensetzt.

Für die thematischen Schwerpunkte der besuchten Weiterbildungen zeigt sich genau das gleiche Bild wie auch für den gesamten Bereich. Es lassen sich derweil für zwei Aspekte einzelne Zusammenhänge erkennen. Im Hinblick auf den Unterricht mit anderer Software finden sich Anzeichen auf einen Zusammenhang mit der Einstellung zur Förderung des DGS-Einsatzes²⁷. Es muss an dieser Stelle eine Antwort extrahiert werden, um festzustellen, dass Teilnehmer, welche die Entwicklung von Unterrichtsphasen mit anderweitiger Software in Lehrveranstaltungen kennengelernt haben, die Förderung (voll) protegieren (40% bzw. 50%), und auch über die Hälfte der anderen Gruppe diese Kategorien wählt, sodass zusammen mit der tendenziellen Zustimmung auch hier der Anteil bei nicht ganz 90% liegt.

Wird in Veranstaltungen praktisch mit einer DGS gearbeitet, so zeigt sich dies in einer positiveren Einschätzung des Sinns des Softwareeinsatzes in der Realschule (Cramers V: 0,254)²⁸. Zum einen werden die drei bejahenden Antwortkategorien häufiger gewählt. Am deutlichsten besteht der Unterschied jedoch für die Möglichkeit der vollen Zustimmung, welche zu fast $\frac{3}{4}$ von Probanden gewählt wurde, welche praktische Erfahrungen aus Lehrveranstaltungen gewonnen haben. Abzüglich der Option eher Zustimmung – welche allerdings auch lediglich von 6 Personen überhaupt vertreten wird – lässt sich die Verteilung folgendermaßen zusammenfassen: Je positiver die Einstellung zum Sinn für die Realschule ist, desto mehr Probanden haben auch derlei Veranstaltungen besucht.

²⁵ Mehrwert – LV im Studium: n=178, H-Test: Chi²=6,103, p=0,013; Sinn für RS – LV im Studium: n=184, H-Test: Chi²=9,529, p=0,002; Förderung – LV im Studium: n=198, H-Test: Chi²=4,845, p=0,028

²⁶ Empfehlung an Referendar – Lehrveranstaltungen (ja/nein): n=202, Chi²=6,776, p=0,034

²⁷ Förderung – LV „Unterrichtsphasen mit anderer Software“: n=118, U=330, p=0,032

²⁸ Sinnvoll für RS – LV „praktische Arbeit mit DGS“: n=114, U=1279,5, p=0,048

Zum Abschluss dieses Abschnittes darf noch darauf verwiesen werden, dass alle vier Komponenten in Zusammenhang stehen mit der Tatsache, inwieweit der Proband angibt, dass DGS an seiner Schule verfügbar ist²⁹. Bei Akzeptanz einzelner Abweichungen kann grob festgehalten werden, dass der Mehrwert, der Sinn für die Realschule und der Förderbedarf höher eingestuft werden, wenn DGS wissentlich vorhanden ist, während dies für Ablehnung oder Unkenntnis umgekehrt der Fall ist. Für die ersten zwei Teilskalen bilden die beiden Kategorien der Ablehnung Ausnahmen, da hier je einmal *weiß nicht* und *nein* gar nicht angegeben wurden. Beim Sinn für die Realschule muss außerdem eine Störung dieses Zusammenhangs verzeichnet werden, wenn vermehrt Probanden mit tendenzieller Zustimmung – zu Ungunsten der Kategorie *ja* – angeben, keinen Zugang zu DGS in der Schule zu haben. Währenddessen gilt für beide, dass Unkenntnis der Software vor allem dann angegeben wird, wenn die Verfügbarkeit abgelehnt wird (jeweils die Hälfte dieser Gruppe) oder kein Wissen darüber vorhanden ist (35,7% bzw. 41,7%) (s.a. Anhang, Tabelle 19). Unterdessen kann die *weiß-nicht*-Kategorie in Bezug auf die Förderung mit in die oben beschriebene übergreifende Tendenz mit einbezogen und der absoluten Zustimmungsverweigerung eine Sonderstellung zugewiesen werden. Möglicherweise ist durch das Fehlen der *weiß-nicht*-Antworten der Anteil an Teilnehmern mit vorhandenen DGS hier zu hoch, wobei lediglich drei Probanden so überhaupt antworteten.

7.2.3 Zu Implementationshindernissen für Dynamische Geometriesoftware

Wie schon bei den Likert-ähnlichen Skalen in Bezug auf die vorherigen Ausführungen, fehlt für die Beurteilung verschiedener potenzieller Gründe, warum DGS gar nicht oder nicht häufiger eingesetzt wird, eine mittlere Option, sodass die Werte 1 bis 3 Zustimmung entsprechen, während bei 4 und 5 diese entzogen wird. Zur deutlicheren Darstellung werden die Optionen so umkodiert, dass der Wert 5 die höchste, 1 die niedrigste Zustimmung aufweist. Insgesamt tendieren die Teilnehmer eher zu einer Nicht-Zustimmung zu den vorgegebenen Implementationsbarrieren (mean 2,192, SD 0,46). Dem entgegen wurden allerdings nur zwei wirklich zusätzliche Beweggründe genannt, zum einen der Bedeutungsverlust der Geometrie, sodass diesbezüglich nicht mehr viel Zeit investiert würde, und zum anderen ein fehlender Lehrgang zur Einführung in die Software in den eingesetzten Schulbüchern. Während die ersten beiden Befragungsgruppen im Mittel recht ähnliche Werte aufzeigen (DGS60: 2,125, SD 0,48; DGS500: 2,227, SD 0,46), fällt die Zustimmung zu den dargebrachten Gründen, DGS nicht zu verwenden, für die

²⁹ Mehrwert – Verfügbarkeit von DGS: n=179, H-Test: Chi²=22,142, p=0,00; Sinnvoll für RS – Verfügbarkeit von DGS: n=185, H-Test: Chi²=26,925, p=0,00; Förderung – Verfügbarkeit von DGS: n=199, H-Test: Chi²=12,956, p=0,002; Empfehlung an Referendar – Verfügbarkeit von DGS: n=203, Chi²=33,956, p=0,00

Probanden, deren Schulen wissentlich kein DGS einsetzen, etwas deutlicher aus (mean 2,692, SD 0). Der Unterschied zwischen den einzelnen Kategorien ist jedoch nicht signifikant.

Die Reihenfolge auf Einzelitemniveau weist indes auch nur geringfügige Unterschiede zwischen den Gruppen auf (vgl. Anhang, Tabelle 20). Lediglich sieben Barrieren erfahren einen Hang zur Bestätigung durch die teilnehmenden Lehrkräfte, wobei das mangelnde Fortbildungsangebot (mean 3,247) als Spaltenreiter deklariert werden darf, während die fehlende Niederlegung im Lehrplan (mean 1,621), persönliches Desinteresse (mean 1,595) sowie unzulängliche Unterstützung durch die Schulleitung (mean 1,529) als eher nicht zutreffend am Ende der Skala zu finden sind. Zu den Items, welche sich als maßgeblich für die geringe Verwendung von DGS herausstellen, gehören demnach weiterhin, dass diese zu viel Unterrichtszeit in Anspruch nehme, kaum Unterrichtsbeispiele existierten, die direkt im Unterricht eingebracht werden könnten, und der Zugang zum Computer in der Regel an organisatorischen Hürden scheitere. Hinzu kommen Befürchtungen in Bezug auf das Verhalten und die Fähigkeiten der Schüler, wenn diesen unterstellt wird, sich mit DGS hauptsächlich auf die visuelle Darstellung zu verlassen bzw. in einen Trial-and-Error-Aktionismus zu verfallen oder dass das Konstruieren per Hand auf der Strecke bleibe. Für die männlichen Probanden fällt Letzteres aus der Zuspruchsgruppe heraus, während bei den Lehrerinnen auch der Zeitfaktor, die Unkenntnis der Software, die behinderte Leistungsbeurteilung und die Ansicht bloßer motivationaler Aspekte des Softwareeinsatzes einen Mittelwert von >2,50 aufweisen.

Tabelle 6: Platzierung der Einzelitems bei der Bewertung der Implementationsbarrieren durch niedersächsische Mathematiklehrkräfte an Realschulen (gesamt) (n=206)

Platz	Item	Mean	SD
1	54) Das Angebot an Fortbildungen ist unzulänglich.	3,247	1,20
2	37) Der DGS-Einsatz nimmt zu viel Unterrichtszeit in Anspruch.	2,844	1,13
3	42) Es gibt kaum einfache und kopierbare Unterrichtsbeispiele.	2,831	1,25
4	51) Der Computerzugang ist mit organisatorischen Hürden verbunden.	2,796	1,38
5	40) Meine SuS verlassen sich auf die visuelle Darstellung.	2,770	1,05
6	38) Meine SuS verfallen in einen Versuch-und-Irrtum-Aktionismus.	2,689	0,96
7	39) Meine SuS verlernen das händische Konstruieren.	2,560	1,17
8	53) Ich habe keine Zeit, mich mit der Software auseinanderzusetzen.	2,477	1,19
9	41) Die Leistungsmessung und -beurteilung werden erschwert.	2,429	1,13
10	34) Meine Themen bieten einen DGS-Einsatz zurzeit nicht an.	2,414	1,25
11	45) Die Lernvoraussetzungen meiner SuS sind zu heterogen.	2,421	1,18

12	44) Der DGS-Einsatz dient der bloßen Motivation meiner SuS.	2,390	0,94
13	47) Ich empfinde andere Methoden als besser geeignet.	2,377	1,02
14	55) Mein Kollegium unterstützt den DGS-Einsatz nicht.	2,366	1,15
15	31) Ich kenne mich mit der Software an sich nicht aus.	2,313	1,41
16	52) Meine Schule ist nicht gut mit entsprechender Software ausgestattet.	2,195	1,37
17	36) Das Werkzeug ist inhaltlich zu komplex für meine SuS.	2,154	1,18
18	50) Meine Schule ist nicht gut mit Computern ausgestattet.	2,153	1,26
19	33) Ich denke, ich setze DGS bereits ausreichend ein.	2,112	1,10
20	35) Die technische Bedienung ist für meine SuS zu anspruchsvoll.	2,036	1,09
21	49) Ein Mehrwert des DGS-Einsatzes für den Mathematikunterricht ist mir nicht ersichtlich.	1,994	1,00
22	32) Ich weiß nicht, wie ich DGS in den Mathematikunterricht integriere.	1,964	1,10
23	43) Der DGS-Einsatz ist dem Sozialverhalten meiner SuS abträglich.	1,781	0,94
24	48) Der Lehrplan sieht die Nutzung von DGS nicht vor.	1,621	0,95
25	46) Ich habe persönlich kein Interesse an der Arbeit mit DGS.	1,595	0,88
26	56) Meine Schulleitung unterstützt den DGS-Einsatz nicht.	1,529	0,91

Der Chi²-Test für die Verteilung der mittleren Wertung auf der gesamten Itembatterie weist mit vier weiteren Variablen einen signifikanten Zusammenhang auf, wobei dieser lediglich für das Wissen über die Verfügbarkeit von DGS an der eigenen Schule auch für die einfaktorielle ANOVA bzw. den T-Test der Differenzierung in Nutzer und Nicht-Nutzer als signifikant anzunehmen ist³⁰. Markant ist hier, dass die Probanden, welche diesbezüglich in Kenntnis gesetzt sind, durchschnittlich den zusammengetragenen Gründen weniger stark zustimmen (mean 2,123, SD 0,44) als Teilnehmer, die diese Frage verneinen (mean 2,654, SD 0,14) oder nicht beantworten können (mean 2,846, SD 0,82).

Das Gleiche gilt für die Unterscheidung bezüglich jedweder Nutzung von DGS. Probanden, welche diese abstreiten, stimmen den Items signifikant eher zu (mean 2,598, SD 0,48) als solche, die die Software einsetzen (mean 2,113, SD 0,42), und tendieren somit auch insgesamt zur Zustimmung, während Letztere diese eher ablehnen. Wird der Blick auf die Quantität der Nutzung erweitert, so bestätigt zumindest die ANOVA auch hier einen Zusammenhang³¹, wobei unter Ausschluss der Option *mind. 1-mal pro Woche* notiert werden darf, dass die Höhe des arithmetischen Mittels für die Itembatterie mit der Abnahme des DGS-Einsatzes eher zunimmt. Insbesondere erscheint eine monatsweise Verwendung als grenzmarkierend, sodass festgehalten werden darf, dass eine Zusammen-

³⁰ Barrieren (mean) – Verfügbarkeit von DGS: n= 67, ANOVA: p=0,003; T_(ja, nein): p=0,00; T_(ja, weiß nicht): p=0,028; Barrieren (mean) – Nutzer/Nicht-Nutzer: n=67, T-Test: p=0,001

³¹ Barrieren (mean) – Einsatz von DGS: n=67, Chi²=216,611, p=0,26; ANOVA: p=0,008

fassung zu den drei Einheiten *mind. einmalige Verwendung pro Monat* bzw. *weniger als diese* und *nie* stets eine Signifikanz hervorbringt, wenn die jeweiligen Mittelwerte miteinander verglichen werden.

Erst über diese Methode zeigen sich noch weitere Zusammenhänge, beispielsweise für den erworbenen Hochschulabschluss, sobald differenziert wird in Abschlüsse, welche den Schwerpunkt Mathematik für Realschule implizieren, und solche, die dies in erster Linie nicht tun³². Auffällig ist auch hier wiederum, dass Teilnehmer der letzteren Gruppe die Items in Gänze eher bejahen (mean 2,493, SD=0,36) als jene, die für den Unterricht vorrangig prädestiniert sind (mean 2,133, SD=0,46). Im Hinblick auf die Teilkomponenten der Sinnhaftigkeit muss konstatiert werden, dass je schwächer die Bewertung des Förderbedarfs ausfällt, desto höher die Barrieren eingeschätzt werden, allerdings sind die Unterschiede zwischen den Werten laut ANOVA nicht signifikant. Im Gegensatz dazu erweist sich genau diese für den Mehrwert und den Wert für die Realschule als alleinig signifikant³³. Die Verteilungen der beiden Variablen ähneln sich indes sehr stark und finden ihren Höhepunkt bereits für den leichten Zuspruch und fallen für die noch folgende Kategorie wieder ab. Während für die Förderung die Ausweichkategorie *weiß nicht* noch den geringsten Mittelwert für die Hinderungsmotive aufweist, so tritt die Unkenntnis von der Software hier mit dem absolut höchsten Wert in Erscheinung, wodurch eine tendenzielle Zustimmung zu denselbigen impliziert wird.

Zur Reduktion des Umfangs der Itembatterie für die Implementationsbarrieren wurde eine Hauptkomponentenanalyse unter Zuhilfenahme der Varimax-Rotationsmethode durchgeführt, welche die Einzelitems zu sechs Faktoren und einem Einzelitem gruppiert (siehe Anhang, Tabelle 22). Als Voraussetzung für eine potenzielle, faktorenanalytische Untersuchung können z.B. der Kaiser-Meyer-Olkin- (KMO) und der Bartlett-Test, sowie eine Betrachtung der Measure of Sample Adequacy-Koeffizienten (MSA) durchgeführt werden, welche für die vorliegenden Daten alle als positiv bewertet werden konnten³⁴. Auch wenn die Items 34 und 44 betragsmäßig nur sehr gering laden, so bleiben doch alle Werte $\lambda > 0,30$, was von BÜHNER als Grenzwert für die Beurteilung von Faktorladungen auf Basis der praktischen Bedeutsamkeit eben jener angegeben wird (BÜHNER 2011, S. 371). In

³² Barrieren (mean) – Hochschulabschluss: n=67, T-Test: p=0,018

³³ Barrieren (mean) – Förderung: n=67, Chi²=188,385, p=0,002; ANOVA: p=0,077; Barrieren (mean) – Mehrwert: n=65, Chi²=123,034, p=0,70; ANOVA: p=0,011; Barrieren (mean) – Sinnvoll für RS: n=66, Chi²=106,907, p=0,947; ANOVA: p=0,022

³⁴ Ein KMO-Wert=0,786 impliziert mittlere Stichprobeneignung, während die Signifikanz des Bartlett-Tests (Chi²≈1343,170, p=0,00) die Nullhypothese als zu verwerfen kennzeichnet. Die MSA-Koeffizienten bewegen sich zwischen 0,50 und 0,922 und sind damit geeignet, wobei die Hälfte der Werte sogar eine hohe Eignung verzeichnen lässt (vgl. Bühner 2011).

An betracht der Reliabilität innerhalb der Faktorgruppen erweist sich der Faktor 2 als nicht annehmbar. Dies ändert sich, sobald das negativ gepolte Item 33 „Ich denke, ich setze DGS bereits ausreichend ein“ herausgenommen wird³⁵.

Abbildung 9 stellt unterdessen die Mittelwerte der einzelnen Subskalen dar. Während die arithmetischen Mittel der Faktoren vier bis sechs recht dicht beieinander liegen und keinerlei bedeutsame Unterschiede aufweisen, findet sich für das Einzelitem (keine Vorgabe durch den Lehrplan) ein wesentlich deutlicherer, signifikanter Abstand (T-Test zeigt für die Nullhypothese bei allen anderen Faktoren jeweils $p=0,00$), obwohl weiterhin alle Skalen durchschnittlich der Kategorie eher Ablehnung der Items zuzuordnen sind.

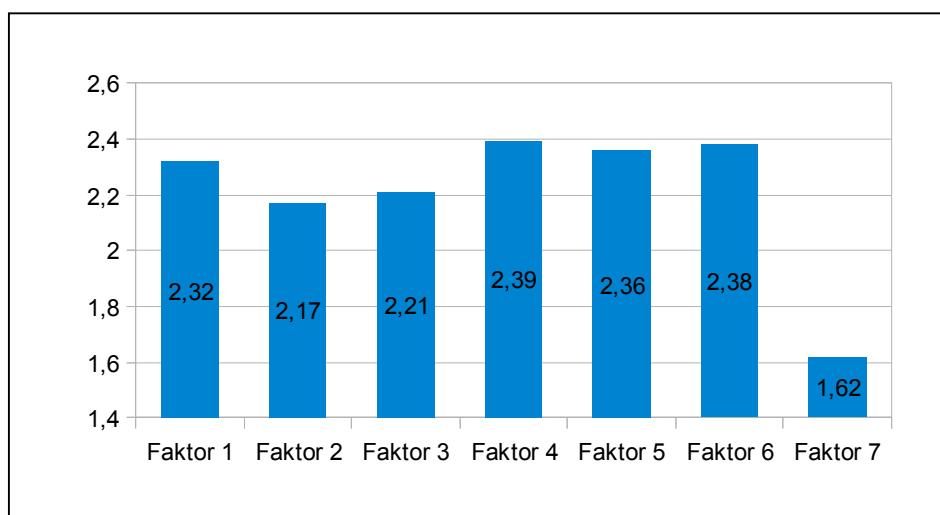


Abbildung 9: Mittelwerte der durch die Faktorenanalyse ermittelten Subskalen ($n_1=135$, $n_2=166$, $n_3=139$, $n_4=118$, $n_5=185$, $n_6=124$, $n_7=166$)
(Quelle: eigene Darstellung)

Des Weiteren lassen sich Signifikanzen auch zwischen dem absoluten Maximum (Faktor 4) und allen weiteren Faktoren außerhalb der genannten Dreiergruppe beschreiben. Diese und der Faktor mit dem nächsthöchsten Durchschnitt, den „methodischen Entscheidungen“ (Faktor 1), implizieren dabei als Einzige überhaupt Items, die über einen $mean>2,50$ verfügen. Die geringste Zustimmung erhält innerhalb der kombinierten Faktoren die Unkenntnis der Lehrenden bzw. deren Einstellung, dass sie DGS bereits in ausreichendem Maße verwenden (Faktor 2). Auffällig ist außerdem, dass bei der Skala „Unterstützung durch andere“ (Faktor 6) sowohl das höchste, als auch das niedrigste Einzelitem anzutreffen ist.

³⁵ Faktor 1: $\alpha=0,837$; Faktor 2: $\alpha=0,175$ bzw. $\alpha_{\text{ohne Item33}}=0,761$; Faktor 3: $\alpha=0,730$; Faktor 4: $\alpha=0,690$; Faktor 5: $\alpha=0,711$; Faktor 6: $\alpha=0,630$

Letztgenannte setzt sich, ebenso wie die „Ausstattung der Schule“ (Faktor 5), aus Items zusammen, welche die äußeren Rahmenbedingungen, die eine Lehrkraft an der eigenen Schule antrifft, repräsentieren. Das unzulängliche Angebot an Fortbildungen wird dabei von dieser Kategorisierung nicht ausgeschlossen, da die Information und Teilnahme zu einem großen Teil eben auch von der schulischen Situation abhängen. Kennzeichnend ist, dass sich diese beiden Faktoren die Plätze zwei und drei bezüglich der Höhe der Zustimmung zu ihnen teilen. Übertragen werden sie lediglich vom Zusammenschluss von Bedenken gegenüber der Leistungsbeurteilung, dem Sozialverhalten und der Erreichung von Lernzielen sowie der Verfügbarkeit einfacher, zu kopierender Unterrichtsbeispiele, welche unter dem Schlagwort „pädagogische Vorbehalte“ subsumiert werden (Faktor 4). Die zwei Items in Bezug auf die inhaltliche Komplexität und die anspruchsvolle technische Bedienung von DGS ergeben gemeinsam einen Mittelwert von 2,104 (SD 1,09), welcher in obiger Darstellung allein von der fehlenden Vorgabe durch den Lehrplan unterboten wird. Werden diese beiden jedoch in den ihr zugeordneten Faktor „Passung mit SuS und Themen“ (Faktor 3) – innerhalb dessen sie die mit Abstand höchsten Ladungen aufweisen – eingegliedert, so rangieren sie im Mittelfeld auf Platz fünf.

In Verbindung mit zusätzlich untersuchten Merkmalen und unter der Prämisse, dass mindestens einer der einzelnen Faktoren mit der jeweiligen Variablen signifikant in Beziehung steht, lässt sich weiterhin anmerken, dass Probanden, die die Verfügbarkeit von DGS an ihrer Schule verneinen bzw. dies nicht definitiv beantworten können, die Ausstattung als maßgeblichen Hinderungsgrund angeben. Außerdem verlässt das Einzelitem, dass der Lehrplan keine Nutzung vorsehen würde, für die zwei betreffenden Gruppen seinen abgeschlagenen Platz (Rang 3 bzw. 5) (vgl. Abbildung 10) und es existieren Faktoren, welche generell als überhaupt zutreffend charakterisiert werden können ($mean \geq 2,50$). Markanterweise finden sich die Items, welche sich inhaltlich auf das Programm beziehen (Faktor 3), bei der Kategorie *weiß nicht* an höherer Position als wenn der Befragte sich eindeutig entscheidet. Für diejenigen Teilnehmer, welche DGS überhaupt nicht nutzen, findet sich dasselbe Bild, wenn der schulischen Ausstattung als Motiv für die mangelnde Verwendung ganz massiv zugesprochen (mean 3,636), Faktor 7 als vierthäufigstes gewählt wird (mean 2,364) und jener mit der Nummer 3 höher ausfällt als für die Nutzer (siehe Anhang, Abbildung 13).

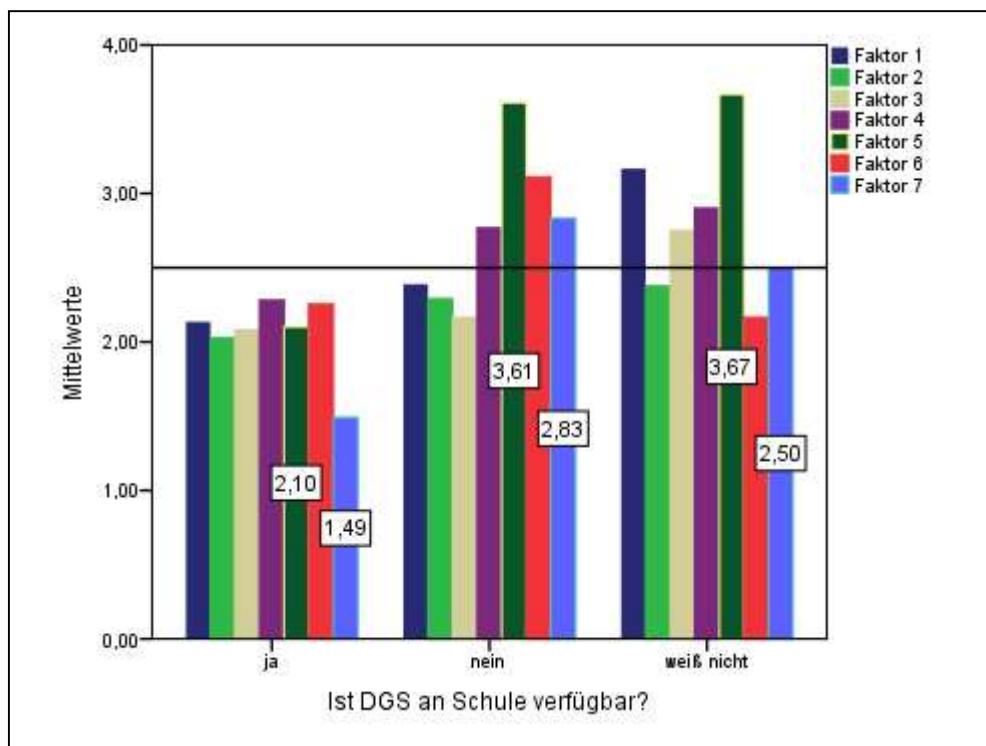


Abbildung 10: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Kenntnis des Probanden, ob DGS an der eigenen Schule verfügbar ist
 (Quelle: Eigene Darstellung)

Wer in Bezug auf den Mehrwert für das mathematische Verständnis oder den Sinn für die Realschule angibt, die Software nicht zu kennen, stützt sich vor allem auf den fehlenden Vermerk im Lehrplan (mean je 4,0), die Unterstützung durch andere (mean je 3,667) und die Passung zu Schülern und Themen (mean je 3,25). Währenddessen wird die absolute Verweigerung der Zustimmung zu eben jenen in erster Linie mit methodischen Entscheidungen begründet (mean 2,917 bzw. 3,667). Bei der Einschätzung für die Realschule landet diesbezüglich außerdem das Einzelitem auf Rang 3 (mean 2,0) (vgl. Anhang, Abbildung 14-17). Sollte in puncto Förderung keine eindeutige Position bezogen werden, so wird in der Regel als Hindernis für einen vermehrten DGS-Einsatz die Ausstattung der Schule (mean 2,667) angegeben, während die Neigung zu Faktor 1 hier für die tendenzielle Ablehnung anzutreffen ist, da die absolute Form nicht angewählt wurde. Diejenigen, welche sich nicht zweifelsfrei für oder gegen eine Empfehlung für Referendare sich mit DGS zu beschäftigen aussprechen, stützen sich ebenfalls auf die Methodik und die Passung zu Schülern und Themen, wobei diese beiden die einzigen Motive sind, welche diesbezüglich überhaupt einen gewissen Zuspruch erfahren.

7.3 Interpretation und Diskussion

Augenscheinlich existiert grundlegend bereits ein Manko bei der Informiertheit über DGS. So muss zum einen konstatiert werden, dass die teilnehmenden Lehrkräfte nicht in Gänze darüber in Kenntnis gesetzt sind, was genau unter einer DGS zu verstehen ist. Wird nach expliziter Nennung von Programmen gefragt, so wird zum Teil auch anderweitige Software für den Mathematikunterricht (z.B. Funkyplot oder Derive) angeführt, sodass davon ausgegangen werden muss, dass nicht alle Probanden von den gleichen Grundannahmen für die Beantwortung der Fragen ausgehen. Diesbezüglich fallen insbesondere die Angaben zum Einsatz dieser Software vermutlich eher positiver aus als sie in der Tat festzustellen sind. Verglichen mit der Bildungsstudie der Initiative D21 erscheint der Anteil DGS-einsetzender Lehrkräfte mehr als 2,5-mal so groß, obwohl sich jene auf einen höheren Bildungsgang bezieht und bisweilen davon ausgegangen wurde, dass DGS dort vermehrt Nutzen findet (HOLE 1998, KITTEL 2009). Aufgrund der unterschiedlichen methodischen Konzipierung bedarf eine definitive Aussage in dieser Hinsicht jedoch einer weiteren Untersuchung, gerade auch, weil die Grundgesamtheiten durch die Kultushoheit der Länder doch massiv differieren können. Festzuhalten ist hier außerdem, dass das niedersächsische Kerncurriculum für das Fach Mathematik an der Realschule sehr wohl den Einsatz von DGS verpflichtend ausweist (vgl. Kapitel 5.1), dies jedoch nur von 49% der Teilnehmer entschieden als nicht als Hinderungsgrund zutreffend gekennzeichnet wurde. Nichtsdestotrotz findet die Unkenntnis als Barriere keine höhere Beachtung.

Ein ähnliches Bild zeigt sich für das Wissen um die Verfügbarkeit von derlei Programmen an der eigenen Schule. Bei 14% der Befragten reduziert sich der potenzielle Einsatz allein schon aus Unwissenheit, sodass hier vorsichtig auch darauf geschlossen werden darf, dass sich diese Probanden bisweilen nicht für die computertechnische Ausstattung der Schule interessiert haben, dem Einsatz keine hohe Bedeutung zuschreiben und daher vermutlich auch nicht in anderer Weise davon Gebrauch machen. Dabei können die Lehrerinnen als Risikogruppe identifiziert werden, auf die im Weiteren zurückzukommen ist.

7.3.1 Verifikation oder Falsifikation der zu Grunde gelegten Hypothesen

In Bezug auf die eingangs aufgestellten Hypothesen, können lediglich drei eindeutig verifiziert werden. So scheint zum einen die Zurückhaltung von Frauen bei der Arbeit mit dem PC sehr wohl auch auf dem Gebiet der DGS-Verwendung zutreffend zu sein (These

3.a). Andererseits findet sich selbige vornehmlich in Klassen, in welchen prozentual stärker männliche Schüler vertreten sind (These 3.c). Demnach darf auch der Grundthese 3, dass sich eine Diskrepanz bei der Nutzung von DGS in Bezug auf das Geschlecht der Lehrkraft zeigt, zugestimmt werden. Ein Einfluss eines überdurchschnittlich männlich besetzten Mathematikkollegiums wird indes nicht identifiziert und das auch dann nicht, wenn nur zwischen Nutzung und keiner Nutzung unterschieden wird. Demnach ist die These 3.b als nicht zutreffend zu beurteilen. Hingegen nimmt das Geschlecht von Kollegen, von denen bekannt ist, dass diese DGS einsetzen, sehr wohl Einfluss auf die Quantität, sodass an dieser Stelle die These zu „Lehrerinnen und Lehrer mit Kenntnis von männlichen DGS-einsetzenden Kollegen gehören vermehrt zur Gruppe der DGS-Nutzer“ modifiziert werden darf, welche sich durch vorliegende Arbeit bestätigt. Dies gilt in leicht schwächerem Maß, jedoch ebenfalls signifikant auch für das Wissen um Kolleginnen. Das Geschlecht ist demnach in der direkten Lehrer-Schüler-Interaktion wichtiger als im äußeren Umfeld, wo Aspekte der potenziellen Unterstützung, welche in der Anwesenheit weiterer DGS-einsetzender Kollegen gesehen werden kann, eher eine Rolle spielen.

Mit Blick auf die Sinnhaftigkeit (These 2) können leider keine derart klar entschiedenen Aussagen getroffen werden, da die vier Komponenten, aus denen sich diese zusammensetzt, nicht immer ein eindeutiges Bild ergeben. Trotz fehlender Signifikanz bei der Einschätzung des Mehrwertes für das mathematische Verständnis wird der Sinn des DGS-Einsatzes jeweils höher bewertet, sobald der Teilnehmer von mind. einem Kollegen weiß, der die Software verwendet. Trotz der einen Unzulänglichkeit wird die Gesamtvariable daher als von dem Wissen abhängig konstatiert. Währenddessen zeigt sich ein derartiger Zusammenhang für die Anzahl der vom Lehrer besuchten Veranstaltungen der institutionellen Aus- und Weiterbildung lediglich für eben diesen Mehrwert als signifikant, sodass dieses Element für die vorliegende Untersuchung abgelehnt werden muss. Dies gilt indes auch für die Abhängigkeit mit der Tatsache, ob in derlei Veranstaltungen u.a. praktisch mit der Software gearbeitet wurde. Eine solche zeigt sich lediglich für die Bewertung des Sinns für die Schulform der Realschule. Im Gegensatz dazu verifiziert sich die Annahme, dass die Beurteilung des Sinns auf allen vier Teilebenen mit der Nutzung von DGS in einem positiven Abhängigkeitsverhältnis steht, was prinzipiell als Resümee aus dem Besuch von obigen Maßnahmen angestrebt wird und wobei der Mehrwert bei der Begründung des Nichteinsatzes auch keine wesentliche Rolle spielt. Übergreifend könnte somit geschlussfolgert werden, dass auch diejenigen Kollegen, die bekannterweise mit DGS arbeiten, ihr einen gewissen Stellenwert zuschreiben und demnach diesem von

Seiten des Teilnehmers eher zugestimmt wird, wenn er sich damit der Meinung eines Kollegen bewusst anzuschließen vermag.

Eindeutige Zustimmung kann ebenfalls der These zugeschrieben werden, dass das Gros der Lehrerschaft, nämlich je nach Variable mind. 60% der Probanden, die Verwendung von DGS als sinnvoll erachtet (These 1.c). Unterdessen muss zunächst verdeutlicht werden, was unter Beweggründen, die innerhalb der Software liegen, zu verstehen sein soll. So bleiben jegliche methodisch-didaktischen Überlegungen außen vor und nur die beiden Items zur inhaltlichen und technischen Komplexität, welchen seitens der Softwareentwickler beizukommen wäre, fließen in die Betrachtung mit ein. Mit den Rängen 17 und 20 rangieren die beiden dabei im unteren Mittelfeld, während die Eingliederung des Mittelwertes aus beiden Bewertungen in die der zusammengefassten Faktoren auf dem vorletzten Platz erfolgt, alleinig von der nicht vorhandenen Einbindung in den Lehrplan unterboten. Ebenfalls als zutreffend angenommen wird demnach die These 1.b. Nicht bestätigt hat sich hingegen die Annahme, dass die Verwendung mobiler Geräte, welche von möglichst wenigen Schülern gemeinsam bedient werden, um einen flexibleren und individuelleren Rückgriff auf das Werkzeug zu ermöglichen, den Einsatz desselbigen begünstigt (These 1.a). Die Grundthese 1, dass die äußeren Rahmenbedingungen das ausschlaggebende Argument der Teilnehmer seien, aufgrund dessen DGS keine häufigere Verwendung findet, wird durch die Studie gleichermaßen falsifiziert. Zwar handelt es sich bei diesen mit Rang 2 und 3 innerhalb der extrahierten Faktoren um sehr bedeutende Aspekte – der Spitzenplatz wird jedoch von den pädagogischen Vorbehalten übernommen.

7.3.2 Gegenüberstellung mit dem präsentierten Forschungsstand

In Rückbezug auf die in Kapitel 6 dargestellten Untersuchungen darf festgehalten werden, dass die dortige Argumentation in Bezug auf die Hindernisse einer Implementation sich in der vorliegenden fortsetzt, wenn die schulische Ausstattung, die Aus- und Fortbildung der Lehrer sowie der Faktor der zu Verfügung stehenden Zeit, welche HOLE als maßgeblich darstellt, in Form von drei der vier erstplazierten Items weiterhin präsent sind, und dies, obwohl in der Zwischenzeit 16 Jahre vergangen sind. Ein ganz massiver Unterschied zeigt sich indes für die Forschungsarbeiten von BOFINGER, welcher den „Zweifel am Mehrwert“ als für die Verweigerung des Einsatzes Digitaler Medien allgemein, aber in ganz besonderer Weise im Mathematikunterricht zentral angibt. Diesbezüglich konnte zum einen herausgefunden werden, dass eine solche Barriere sich für DGS erst auf dem sechsletzten Platz wiederfindet, demnach nur als weniger relevant einzustufen ist. Zum anderen findet

die Einschätzung des Mehrwertes auf einer Likert-Skala positiven Anklang, was sich wie oben beschrieben auch auf andere Bereiche der Sinnhaftigkeit der DGS-Nutzung auswirkt.

Da die weiteren Motive doch recht ähnlich geblieben sind, wird nicht davon ausgegangen, dass sich dieser massive Wandel bezüglich des Mehrwertes allein auf die zeitliche Entfernung der Untersuchung von sechs Jahren und zwischenzeitliche Implementationsförderung zurückführen lässt. Stattdessen scheint sich hier eine differenziertere Betrachtung eines einzigen Werkzeuges zu begründen. Die bis dato einzige Untersuchung von KITTEL stellt allerdings nur eine Sammlung möglicher Gründe dar, die ohne eine Gewichtung auskommt.

7.3.3 Weiterführende Betrachtungen

Obwohl u.a. genau diese extrahierten Implementationshindernisse in die hier durchgeführte Befragung integriert wurden, scheinen sie die derzeitige Situation nicht adäquat abbilden zu können. Nicht umsonst werden lediglich sieben Barrieren überhaupt mit einer gewissen Zustimmung bedacht, während alle anderen tendenziell eher abgelehnt werden, wenngleich die Spannweite der Skala für jedes Item voll ausgenutzt worden ist. Andererseits können aber auch nur zwei weitere Gründe als fehlend identifiziert werden, der Bedeutungsverlust der Geometrie und eine explizite Einführung im verwendeten Schulbuch, welche allerdings auch nur von drei Personen angegeben wurden.

Dabei macht es den Eindruck, als gäben die vorgelegten Barrieren eher die Motive „DGS-fernerer“ Lehrkräfte an. So fällt die Zustimmung zu der Itembatterie deutlicher aus für Probanden, die die Software nicht nutzen, die aus der Befragungsgruppe keinDGS stammen, welche über keinen realschulspezifischen Mathematiklehrerabschluss verfügen und keinerlei Kenntnis über dieses Werkzeug einsetzende Kollegen angeben. Hinzu kommt, dass männliche Teilnehmer lediglich sechs Items ihre Zustimmung zukommen lassen, während die weiblichen bei elf Items einen Mittelwert von >2,50 aufweisen. Demnach lassen sich also quasi zwei Gruppen identifizieren, welche in unterschiedlicher Weise zu einem vermehrten Einsatz von DGS angehalten werden sollten. Dabei stützt sich die vorliegende Untersuchung auf die basale Integration in den Unterricht, um allen Schülern überhaupt erst die Möglichkeit zu geben, das Programm als Unterstützung des Lernprozesses kennenzulernen und das Potenzial zu entwickeln dieses selbstständig bei gegebenem Anlass zu verwenden. Für diejenigen, welche bereits in höherem Maße mit

DGS in Kontakt gekommen sind, bedarf es vermutlich einer differenzierteren Beobachtung des Unterrichts und der Einstellung des Lehrkörpers, welche hier nicht gegeben ist.

Um jenes zu erreichen, müssen vor allem Förderkonzeptionen entwickelt werden, welche sich auf die äußeren Rahmenbedingungen innerhalb der Schule beziehen und Rahmenprogramme bilden, um die pädagogischen Vorbehalte und methodischen Entscheidungen positiver aufzufassen. In Ausstattungsfragen können möglicherweise schon in näherer Zukunft Effekte u.a. durch die Verwendung von Geldern aus dem Konjunkturpaket II verzeichnet werden, wobei mutmaßlich ein Mangel an der Ausstattung auch weiterhin angegeben wird, allein um den Erhalt möglicher Fördergelder nicht zu verwirken. So halten je 16% derjenigen Lehrer, die DGS auf einem Note- oder Netbook bzw. Tablet einsetzen ihre Schule für nicht ausreichend mit Computern und/oder Software ausgestattet; dies gilt auch noch für je drei Personen, in deren Klassen derlei mobile Geräte verpflichtend eingeführt wurden. Im Großen und Ganzen kann auch noch kein positiver Effekt durch diese auf den DGS-Einsatz signifikant nachgewiesen werden, was mitunter auch der geringen Stichprobengröße geschuldet ist.

Allerdings bedarf es zu deren adäquater Nutzung vor allem schulintern, aber auch in Kooperation mit weiteren einer Gemeinschaft von Promotoren, welche andere Lehrkräfte längerfristig unterstützen und sich nicht nur auf einführende Maßnahmen beschränken. Die Bedeutung dieses Aspektes zeigt sich zum einen darin, dass eine mangelnde Unterstützung durch die Schulleitung zwar den letzten Rang innerhalb der Implementationshindernisse einnimmt, eine solche durch die Kollegen jedoch auf Platz 14 rangiert. Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass wenn von weiteren Lehrkräften bekannt ist, dass diese DGS einsetzen, die Situation für den eigenen Unterricht schon gar nicht so aussichtslos zu seien scheint, da zumindest von diesen erwartet werden kann, dass sie der Verwendung positiv gegenüberstehen und eine solche mit forcieren. An dieser Stelle muss auch das Angebot an Fortbildungen ansetzen. Eine einmalige Einführung bspw. in Studium oder Referendariat bietet kaum Möglichkeiten, den DGS-Einsatz längerfristig zu gewährleisten, was sich u.a. auch daran zeigt, dass nur grob die Hälfte derer, die dort mit der Software in Kontakt kamen, anschließend auch damit gearbeitet hat. Stattdessen müsste sich über eine längere Dauer mit dieser – statt über diese – beschäftigt werden. Darauf weist auch die Kombination von mind. zwei Berufsabschnitten hin, in denen Veranstaltungen zu *Neuen Medien im Mathematikunterricht* besucht wurden und aus der eine über 80%ige Nutzerquote resultiert. Diesbezüglich kann die Reform der

Weiterbildungsorganisation in Niedersachsen in Form von seit Beginn dieses Jahres bestehenden Kompetenzzentren als erster Anhaltspunkt gesehen werden.

Als ein weiterer Förderschwerpunkt muss maßgeblich auch das weibliche Geschlecht ausgemacht werden. Augenscheinlich zeigt sich hier, wie auch in vielen anderen Bereichen sowohl der Mathematik, als auch in Verbindung mit neuen Technologien, dass männliche Kollegen demgegenüber als wesentlich stärker affin charakterisiert werden müssen. Es wird davon ausgegangen, dass vor allem die technische Komponente diesbezüglich Einfluss hat, wobei gerade für DGS konstatiert werden darf, dass sich die Bedienung als recht intuitiv herausstellt, sodass möglicherweise gerade über diese „computerabstinenten“ Lehrkräfte aktiviert werden können und spezielle Fortbildungsangebote für Frauen eventuell eine Veränderung dieses Bildes bewirken können.

In Bezug auf die Favoritengruppe der Einzelitems schickt sich die Forderung nach einfachen, kopierbaren Unterrichtsbeispielen an, die These von HOLE (siehe Kapitel 1, S. 4) zu bestätigen. Diese Tendenz erweist sich unterdessen auch mit Blick auf die thematischen Wünsche der Teilnehmer für Fortbildungsangebote, deren Fehlen ja mit Abstand am deutlichsten die Implementation behindert. Umso ärgerlicher zeigt sich dieser Trend, da Interesse sowohl seitens der Lehrkräfte als auch der Schulleitung zu bestehen scheint und dem Einsatz ein ganz erheblicher Sinn zugeschrieben wird. Da die Geometrie in den letzten Jahren jedoch ohnehin schon einen massiven Bedeutungsverlust zu verkraften hat – was als zusätzlicher Hinderungsgrund auch benannt wird –, scheinen die Lehrer nicht bereit, dass die wenige Zeit, die für derlei Inhalte noch zur Verfügung steht, für die Einarbeitung in ein zusätzliches Computerprogramm eingesetzt wird. Hieraus lässt sich schließen, dass die DGS-Nutzung wohl eher additiv zum „regulären“ Unterricht verstanden wird, statt seine Funktion als Werkzeug zum Betreiben von in erster Linie Geometrie tatsächlich zum Tragen kommen zu lassen. Der Zeitfaktor in Kombination mit der Bedeutung dieses mathematischen Teilbereichs zeigt sich auch für die persönliche Einarbeitung des Lehrers, welche das erste Item außerhalb der Siebenergruppe bildet. Letztere wird komplettiert durch die Befürchtung, dass die Schüler erworbene Kompetenzen wieder verlieren, zum einen das händische Konstruieren und zum anderen das Hinterfragen von Zusammenhängen. In Anbetracht der Möglichkeiten, die sich durch den Einsatz von DGS jedoch bieten, scheinen diese Befürchtungen jedoch recht vordergründig, da genau diese beiden Aspekte durch die entsprechende Gabe von Aufgaben mit und ohne Software miteinander verzahnt werden können und sich so positive Synergieeffekte einstellen.

7.3.4 Einschätzung der Testgüte

Es darf davon ausgegangen werden, dass sich die vorliegende Studie in Bezug auf die drei Hauptgütekriterien der klassischen Testtheorie als aussagekräftig einschätzen lässt. Zum Ersten handelt es sich in diesem Fall um eine schriftliche Befragung, bei der jeder Teilnehmer die gleichen Informationen von und ein und derselben messenden Person erhält, welche gleichzeitig auch die alleinige Auswertung der zumeist geschlossenen Fragen und die hypothesenprüfende Interpretation der Ergebnisse übernimmt, sodass festgehalten werden darf, dass diesbezügliche intersubjektive Effekte weitgehend ausgeblendet sind. Somit sind alle drei Objektivitätsperspektiven als hoch einzustufen (RAITHEL 2006; PAIER 2010; BÜHNER 2011).

Aus forschungsmethodischen Gründen kann an dieser Stelle die zeitliche Stabilität als Maß der Reliabilität mittels einer weiteren zeitlich versetzten oder parallelen Testung nicht näher beschrieben werden. Stattdessen wird die Konzentration auf das zweite Charakteristikum, die Innere Konsistenz, gerichtet, was jedoch nur für den Bereich der Implementationsbarrieren möglich ist, da darunter zu verstehen ist, dass dessen Items als einzelne Testteile bei der Messung eines Merkmals aufgefasst werden (SCHNELL ET AL. 2010; BÜHNER 2011). Eine Reliabilitätsanalyse lieferte für die 26 Variablen einen Wert für Cronbachs- α von 0,840, was nach FISSENI (2004, S. 80) als in Ordnung interpretiert werden darf, wobei der Koeffizient diese Größenordnung beibehält, sobald je ein Item aus der Betrachtung herausgenommen wird ($0,826 \geq \alpha \geq 0,863$).

Da eine objektive Analyse der Validität nicht erwägbar erscheint, wird auf das Verfahren der „expert validity“ („Expertenvielfalt“) zurückgegriffen (PAIER 2010), indem Herr Prof. Dr. Christian Spannagel von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg um eine kurze Einschätzung gebeten wurde. Dessen Expertise als Professor für Mathematik und Mathematikdidaktik sowie Leiter des Instituts für Datenverarbeitung/Informatik wird angenommen aufgrund von Empfehlungen von Herrn Dr. Volker Hole und Herrn Dr. Andreas Kittel, welche bereits Forschungsarbeiten in diesem Kontext veröffentlicht haben (vgl. Kapitel 6).

7.3.5 Anmerkungen zur Repräsentativität und Ausfallquote

Da auf die Zuweisung von TAN-Nummern zu einzelnen Probanden verzichtet werden musste, kann zunächst nicht garantiert werden, dass jede Lehrkraft den Bogen nur einmal

ausfüllt. Das fälschlicherweise Aufrufen des Fragebogens durch gänzlich Unbeteiligte außerhalb des schulischen Kontextes darf allerdings relativ ausgeschlossen werden, da dieser nur über die Verlinkung in den E-Mail-Schreiben erreicht werden und nach Erprobung nicht via Suchmaschine gefunden werden kann.

Tendenziell wird angenommen, dass die Untersuchung ein positiveres Bild bzgl. der Verwendung von DGS darstellt als in es in der Realität der Fall ist. Die Freiwilligkeit der Teilnahme lässt die Vermutung zu, dass vermehrt medial aufgeschlossene Lehrpersonen an der Befragung teilgenommen haben, die sich ohnehin schon mit diesem Thema auseinandergesetzt haben und diese Software auch möglicherweise einsetzen. Das Gleiche gilt für die Schulleitungen, welche für die Genehmigung der Durchführung einer Umfrage an ihrer jeweiligen Schule herangezogen werden müssen. Aus der Rückmeldung einiger Schulen, dass sie DGS überhaupt nicht in Anspruch nehmen oder gerade damit erst beginnen und daher die Sinnhaftigkeit einer Teilnahme hinterfragen, kann geschlussfolgert werden, dass Schulen mit ähnlichem Aufkommen überhaupt nicht an der Studie teilgenommen haben. Diesbezüglich darf auch die Befürchtung einer Weiterleitung der Einzelergebnisse z.B. an die Schulbehörde oder den Schulträger angeführt werden, was mit möglichen Auflagen oder erhöhtem Zeitaufwand für Fortbildungen etc. behaftet sein könnte.

Unglücklicherweise wurden des Häufigeren einzelne Fragen von Probanden nicht beantwortet, was trotz paarweiser Fallauswahl (statt listenweise) eine massive Reduktion des Stichprobenumfangs für einzelne Untersuchungsschwerpunkte zur Folge hatte. Ein Auffüllen der fehlenden Werte bspw. mithilfe von Mittelwerten wurde abgelehnt, da eben diese sich schon auf eine recht kleine Anzahl von Probanden stützen müssen und die Ergebnisse sonst noch eher Gefahr laufen würden, verfälscht zu werden. Indes muss jeweils die verhältnismäßig kleine Stichprobe mit in den Blick genommen werden, insbesondere in Bezug auf Ausreißerphänomene, welche übergreifende Tendenzen unterbrechen.

Diejenigen Schulen, welche die Teilnahme an der Studie im Vorfeld bestätigten, können über große Teile des Bundeslandes unter Berücksichtigung der Bevölkerungsverteilung als einigermaßen homogen verstreut beschrieben werden. Allerdings entfallen auf die Regionalabteilung Osnabrück der Landesschulbehörde knapp doppelt so viele Schulen wie auf die drei anderen (vgl. Abbildung 11). Dies resultiert wahrscheinlich aus der Beziehung zum Heimatort der Autorin, da allein sieben Schulen bereits aus dem Landkreis Osnabrück

stammen, wobei die dortigen Schulen keine anderweitige Behandlung erfuhren als alle anderen auch.

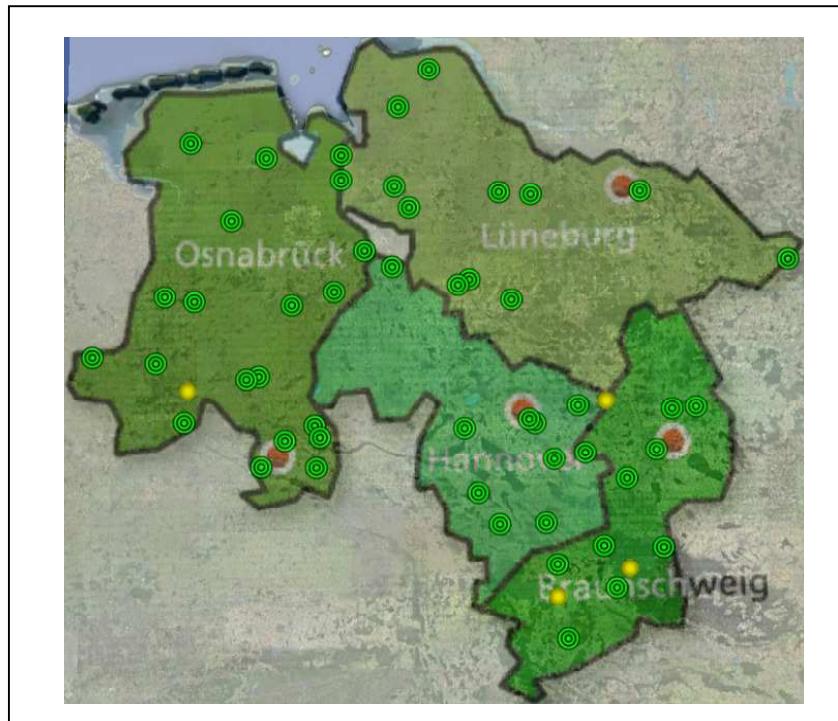


Abbildung 11: Verteilung der Schulen der Befragungsgruppe DGS60 (grün) sowie des Pretests (gelb) über die vier Regionalabteilungen Niedersachsens
(Quelle: Eigene Darstellung mittels Google Earth)

Es darf im Hinblick auf die Verallgemeinerung für das gesamte Bundesgebiet oder andere Länder und Regionen allerdings von keiner Repräsentativität ausgegangen werden, da die spezifischen, doch recht stark variierenden Voraussetzungen wie z.B. Lehrpläne oder Aus- und Fortbildungsorganisation als Einflussvariablen angesehen werden dürfen und diese in ihrer eigentümlichen Zusammensetzung eben nur für die vorliegende Stichprobe zutreffend sind.

Als Rücklaufquote kann jedoch lediglich eine Zahl von 5,5% notiert werden, sodass sich diesbezüglich ein hohes Manko aufweist. Es muss insgesamt von vier Ausfallstufen ausgegangen werden: einerseits kann die Erreichung der Schulleitung durch Spamfilter, falsche bzw. veraltete E-Mail-Konten oder anderweitige Fehlfunktionen beeinträchtigt sein. Die generelle Existenz der verwendeten E-Mail-Adressen wurde beim Versenden der Fragebögen überprüft, jedoch konnten bereits zwischen Anschreiben und demselben sieben Schulen ausgemacht werden, welche ihren E-Mail-Account im Sinne der Einführung einer Oberschule modifiziert hatten. Hinzu kommt, dass nicht für jede Schule die Leitung direkt angeschrieben werden konnte, sodass der Umweg in der Regel über das Sekretariat

oder eine Betreuungsperson für die Schulhomepage erfolgt und die Untersuchung auf deren Mitarbeit angewiesen ist. Des Weiteren kann die Schulleitung eine Teilnahme verhindern, sei es als bewusste Entscheidung (vgl. Runderlass des Kultusministeriums) z.B. aufgrund einer generellen erhöhten zeitlichen Belastung der Lehrkräfte, eines hohen Aufkommens an Umfragegesuchen, Umstrukturierungsmaßnahmen im Zuge der Einrichtung von Oberschulen, einer grundsätzlichen Enthaltung bei freiwilligen Befragungen oder Bedenken bzgl. des Untersuchungsgegenstandes, oder aber unbeabsichtigt in Form von Vergessen oder Übersehen bzw. durch technische Probleme bei der Weiterleitung an die Kollegen.

Demgegenüber steht die Benachrichtigung genau derjenigen Lehrer, die in entsprechender Grundgesamtheit vertreten sind, was zum einen unter den gleichen Barrieren zu geschehen hat wie die Kontaktaufnahme zur Schulleitung, zum Anderen jedoch auch an generell mangelnder Interaktion mit dem Computer scheitern kann. Schlussendlich ist es einer jeden Lehrperson selbst überlassen, ob sie den Fragebogen ausfüllt und zurücksendet. Dabei können im Wesentlichen wiederum die oben genannten Gründe angeführt werden. Hinzukommen ein eventueller Vorbehalt gegenüber dem DGS-Einsatz und die Befürchtung von Restriktionen aufgrund der nicht oder kaum vorkommenden Verwendung, sodass der Anonymitätserklärung kein Vertrauen geschenkt wird. Auf ein technisches Manko wurde von Seiten einiger Schulen aufmerksam gemacht. So war der Fragebogen nach der Versendung der Umfragedaten zeitweise nicht erreichbar, was vermutlich auf einen Überlastungszustand zurückzuführen ist, wodurch die Rücklaufquote maßgeblich als negativ beeinflusst betrachtet werden muss. In dem Erinnerungsschreiben wurde dieser Sachverhalt ausdrücklich vermerkt, sodass im Anschluss abermals ein Anstieg an Rückmeldungen verzeichnet werden konnte.

„Wenn unser Unterricht heute darin besteht, daß wir Kindern Dinge eintrichten, die in einem oder zwei Jahrzehnten besser von Rechenmaschinen erledigt werden, beschwören wir Katastrophen herauf“

(Freudenthal 1973, S. 61).

8. Schluss

Mit Blick auf DGS könnte im Zuge der Allgemeinbildung das Wörtchen „von“ im obigen Zitat durch ein „mit“ ersetzt werden. Umso triftiger stellt sich jedoch die Frage, warum über 40% der Mathematiklehrkräfte in niedersächsischen Realschulklassen diese Software überhaupt nicht zur Anwendung bringen. Als maßgebliche Problemlagen kristallisieren sich hier pädagogische Vorbehalte in Bezug auf Leistungsmessung, Sozialverhalten und Zielgerichtetetheit sowie eine mangelnde Existenz von simplen, kopierbaren Unterrichtsbeispielen heraus, gefolgt von der Unterstützung durch andere, sowie der schulischen Ausstattung. Besondere Risikogruppen sind neben dem weiblichen Lehrpersonal außerdem solche Lehrer, die von keinem ihrer Kollegen in Kenntnis gesetzt sind, dass dieser DGS verwendet, und dementsprechend auch über keine erste Anlaufstelle verfügen, wenn es um die Implementation dieser Software an der eigenen Schule geht. Auch wenn einige Maßnahmen zur Förderung des DGS-Einsatzes wie bspw. das von der EU kofinanzierte Projekt Intergeo, welches eine Plattform für erprobtes Unterrichtsmaterial in Kombination mit der Entwicklung einheitlicher Dateiformate zum übergreifenden Arbeiten mit verschiedenen führenden Programmen bietet, bereits initiiert wurden, muss festgehalten werden, dass hier weiterhin erhöhter Bedarf besteht, eine Implementation voranzutreiben.

Diesbezüglich ist die vorliegende Arbeit jedoch nur in der Lage, einen Grundrahmen zu bieten, in welche Richtung eine derartige Förderung gehen sollte. So spiegeln die genannten thematischen Wünsche für den Inhalt von Fortbildungsmaßnahmen, welche für direkt umzusetzende Unterrichtsbeispiele und praktische Arbeit mit der Software die meisten Nennungen aufweisen, die Bewertung der Hinderungsgründe wider. Gerade aber weil die Zustimmung zu den vorgelegten Hindernissen nicht sonderlich hoch ausfällt, müssen einzelne Aspekte differenzierter in Augenschein genommen werden. So bedarf insbesondere der Bereich der Fortbildungen einer erneuten, detaillierteren Betrachtung, welche den Umfang dieser Untersuchung überbeansprucht hätte, sodass negative Auswirkungen auf die Stichprobengröße zu befürchten waren. Ein unzulängliches Angebot an eben jenen scheint *das* Argument für die Lehrkräfte zu sein, sich nicht weiter mit DGS

auseinanderzusetzen. Allerdings kann daraus nicht direkt abgeleitet werden, ob sich dies auf die Quantität oder die inhaltlichen Schwerpunkte bezieht – die thematischen Wünsche konzentrieren sich vor allem auf Unterrichtsbeispiele, technische Einführung und praktische Arbeit mit der Software. Möglicherweise wäre hier eine kombinierte Untersuchung mit der zeitlichen Belastung und der gängigen Fortbildungspraxis an der jeweils einzelnen Schule sinnvoll.

Zur Prüfung der motivationalen Einstellung zum Ausfüllen des Fragebogens wurde abgeklärt, ob ein derartiger auch für CAS ausgefüllt werden würde. Hier zeigt sich – unter Einbezug der angeführten Anmerkungen –, dass die Probanden dies aus zweierlei Gründen negativ beantworten (36,6% aller Probanden). Erstens scheint der CAS-Gebrauch noch weniger im Realschulunterricht verbreitet zu sein als dies für DGS der Fall ist. Andererseits befürchteten einige Teilnehmer, tatsächlich direkt im Anschluss um die Beantwortung eines weiteren Bogens gebeten zu werden, was aus zeitlichen Gründen wohl nicht zugemutet werden soll. Dennoch wäre ein Vergleich mit diesem Werkzeug mit dem Hintergrund, dass die Verschmelzung der beiden zu einem einzigen Softwaretypus bereits in Gang ist, sicherlich sehr aufschlussreich, gerade auch in Anbetracht der wesentlich weitreichenderen Folgen für den Mathematikunterricht, sobald ein solcher zur Verfügung steht.

Da im Lehrplan der Hauptschule und des Gymnasiums DGS in ähnlicher Weise gefordert wird wie für die Realschule, eröffnet sich auch hier ein Interesse, ob die vorliegenden Ergebnisse auf andere Schulformen übertragen werden können. Oder sollten – unter der Prämissen der fortschreitenden Fusion von vorrangig Haupt- und Realschulen zu Oberschulen – die Konzeptionen für Lehrkräfte in beiden Bereichen weiterhin separiert werden? Maßgeblich ist jedoch, dass deutlich an der Rekrutierung von Probanden gearbeitet werden müsste, sodass es geboten erscheint, zunächst Daten zu den vorhandenen Mathematiklehrkräften an den einzelnen Schulen zu erheben, um jene unmittelbar kontaktieren zu können und so die Rücklaufquote zu steigern.

Dem Implementationsmodell von REINMANN-ROTHMEIER/MANDL zufolge darf davon ausgegangen werden, dass nach Grundlegung innerhalb des Kerncurriculums insbesondere Leitung und Lehrende richtungsweisend den Implementationsprozess gewichten. Daher könnte evtl. auch eine Betrachtung der mediapädagogischen Einstellung der Schulleitung sinnvoll sein. Für die vorliegende Arbeit liefert das Engagement der Leitung keinen Rückschluss auf die beteiligten Lehrkräfte. So wäre die Trennung der

drei Befragungsgruppen aufgrund der quasi nicht vorhandenen signifikanten Unterschiede zwischen ihnen, prinzipiell nicht vonnöten gewesen, wobei zumindest ein negativer Einfluss diesseits von den Probanden als hinderlich abgelehnt wird.

Definitiv ist schlussendlich festzuhalten, dass sich – wie die hohe Quote der Nicht-Nutzer zeigt – noch etwas an der Integration von DGS in den Mathematikunterricht ändern muss, um allen Schülern zu den bestmöglichen Bildungschancen zu verhelfen. Insbesondere das Geschlecht, sowohl des Lehrers als auch der Schüler, sollte heutzutage nicht mehr ausschlaggebend dafür sein, ob Kenntnisse mit diesem Werkzeug erworben werden oder sein Potenzial verwehrt bleibt. DGS kann nach Einschätzung der Autorin durch die relativ intuitive Bedienbarkeit in besonderem Maße als Einstieg für die Arbeit auch mit anderer Software dienen. Gerade so können die nötigen Grundlagen in der Schule geschaffen werden, um mögliche Impulse für das Interesse am und die evtl. Ergreifung von Berufen im mathematisch-informatisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereich zu geben.

Anhang

- I. Online-Fragebogen
- II. Email mit statistischen Daten von Herrn Albrecht MdL vom 11.04.2012
- III. Abbildungs- und Tabellenteil

Anhang I: Online-Fragebogen

Befragung im Rahmen meiner Masterarbeit zum Einsatz von Dynamischer Geometriesoftware im Mathematikunterricht der Realschule in Niedersachsen

WESTFÄLISCHE
WILHELMUS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER

Sehr geehrte Mathematiklehrerinnen und -lehrer,

Ich möchte Sie bitten, im Folgenden einige Fragen zum Einsatz von Dynamischer Geometriesoftware (DGS) in Ihrem Mathematikunterricht zu beantworten. Bitte füllen Sie diesen Fragebogen so vollständig wie möglich aus, vor allem auch, wenn Sie noch nie mit derlei Software gearbeitet haben! Sind Mehrfachantworten möglich, so wird dies gesondert ausgewiesen. Sie leisten damit einen Beitrag dazu, Möglichkeiten aufzudecken, wie und ob die Implementation von DGS forciert werden kann bzw. sollte.

Selbstverständlich bleiben die erhobenen Daten anonym und die Teilnahme an der Befragung ist Ihnen freigestellt, dennoch kann ohne die Unterstützung möglichst vieler diese Untersuchung nicht gelingen. Ich bin also auf Ihre Mithilfe angewiesen, um meine Masterarbeit abschließen zu können und hoffentlich bald selbst eine von Ihnen zu sein.

Vielen lieben Dank für Ihre Mithilfe!

Gruß Nina Bekehermes

>> ZUR PERSON <<

1. Bitte geben Sie Ihr Alter an.

<input type="radio"/> <30	<input type="radio"/> 40-49	<input type="radio"/> >59
<input type="radio"/> 30-39	<input type="radio"/> 50-59	

2. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

<input type="radio"/> weiblich	<input type="radio"/> männlich
--------------------------------	--------------------------------

3. Wie lange arbeiten Sie bereits im Schuldienst (inkl. Vorbereitungsdienst)?

[Jahre]

4. Welchen Hochschulabschluss haben Sie im Fach Mathematik?

[Mehrfachantworten]

<input type="checkbox"/> Lehramt für Haupt-/Realschule	<input type="checkbox"/> Ich unterrichte Mathematik "fachfremd"	<input type="checkbox"/> Sonstiges:
<input type="checkbox"/> Lehramt für Gymnasium	<input type="checkbox"/> Diplom	
<input type="checkbox"/> Seiteneinsteiger	<input type="checkbox"/> Promotion	

5. Wie gerne unterrichten Sie Mathematik?

<input type="radio"/> sehr gerne	<input type="radio"/> nicht so gerne	<input type="radio"/> keine Angabe
<input type="radio"/> meistens gerne	<input type="radio"/> sehr ungerne	

6. Zu welchem Anteil ist ihr Mathematikkollegium in etwa mit weiblichen Lehrkräften besetzt?

Prozent

>> ZUM EINSATZ VON DYNAMISCHER GEOMETRIESOFTWARE <<

7. In welchen Klassenstufen unterrichten Sie derzeit?

[Mehrfachantworten]

5/6

7/8

9/10

8. Ist an Ihrer Schule Dynamische Geometriesoftware derzeit verfügbar?

ja

nein

weiß nicht

9. Falls ja, welche Programme sind dies?

10. Haben Sie auch schon mit anderen DGS gearbeitet?

nein

ja, nämlich:

11. Hat der Einsatz von DGS einen Mehrwert für das mathematische Verständnis von Schülerinnen und Schülern (SuS)?

	stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	ich kenne die Software nicht	keine Angabe
11.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
12.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					

13. Wie häufig setzen Sie Dynamische Geometriesoftware durchschnittlich in Ihrem Mathematikunterricht ein?

mehrmals pro Woche

1mal pro Monat

1-2 mal pro Schuljahr

1mal pro Woche

7-11 mal pro Schuljahr

nie

2-3 mal pro Monat

3-6 mal pro Schuljahr

Von wie vielen Kollegen wissen Sie, dass diese DGS einsetzen?

14. Lehrerinnen:

Personen

15. Lehrer:

Personen

Falls Sie Frage 13 mit "NIE" beantwortet haben, überspringen Sie die folgenden Fragen 16-30 bitte und fahren direkt mit dem Abschnitt "Zu Implementationsbarrieren" fort.

Sollte dies nicht der Fall sein, so beschreiben Sie im Folgenden bitte die Klassen näher, in denen Sie DGS in diesem Schuljahr einsetzen bzw. einsetzen werden: [Es steht Raum für drei Klassen zur Verfügung, nicht benötigte Felder lassen Sie bitte frei. Sollte der Platz nicht ausreichen, nutzen Sie den freien Raum für Anmerkungen am Ende des Fragebogens.]

KLASSE A)

16. a) Jahrgangsstufe:

Klasse

17. ungefährer Anteil an Schülerinnen:

Prozent

18. Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die in der Regel an einem Gerät arbeiten:

SuS

19. DGS wird auf folgende Weise verwendet:

- Computerraum
- Desktop-PC im Klassenraum
- Notebook
- Netbook

- Tablet-Computer
- Taschenrechner
- interaktives Whiteboard
- Smartphone

Sonstiges:

20. in der Klasse verbindlich eingeführte Geräte:

- keine
- Taschenrechner
- grafikfähiger Taschenrechner

- Notebook
- Netbook
- Tablet-Computer

Sonstiges:

KLASSE B)

21. Jahrgangsstufe:

Klasse

22. ungefährer Anteil an Schülerinnen:

Prozent

23. Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die in der Regel an einem Gerät arbeiten:

SuS

24. DGS wird auf folgende Weise verwendet:

- Computerraum
- Desktop-PC im Klassenraum
- Notebook

- Netbook
- Tablet-Computer
- Taschenrechner

interaktives Whiteboard
 Smartphone
 Sonstiges:

25. in der Klasse verbindlich eingeführte Geräte:

- keine
- Taschenrechner
- grafikfähiger Taschenrechner

- Notebook
- Netbook
- Tablet-Computer

Sonstiges:

KLASSE C)

26. Jahrgangsstufe:

Klasse

27. ungefährer Anteil an Schülerinnen:

Prozent

28. Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die in der Regel an einem Gerät arbeiten:

SuS

29. DGS wird auf folgende Weise verwendet:

- Computerraum
- Desktop-PC im Klassenraum
- Notebook

- Netbook
- Tablet-Computer
- Taschenrechner

interaktives Whiteboard
 Smartphone
 Sonstiges:

30. in der Klasse verbindlich eingeführte Geräte:

- keine
- Taschenrechner
- grafikfähiger Taschenrechner

- Notebook
- Netbook
- Tablet-Computer

Sonstiges:

>> ZU IMPLEMENTATIONSBARRIEREN <<

Was spricht für Sie persönlich gegen den Einsatz von Dynamischer Geometriesoftware in Ihrem Mathematikunterricht?
Bitte bewerten Sie die einzelnen Aussagen.

	stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	keine Angabe
31. Ich kenne mich mit der Software an sich nicht aus.	<input type="radio"/>					
32. Ich weiß nicht, wie ich DGS in den Mathematikunterricht integriere.	<input type="radio"/>					
33. Ich denke, ich setze DGS bereits ausreichend ein.	<input type="radio"/>					
34. Meine Themen bieten einen DGS-Einsatz zur Zeit nicht an.	<input type="radio"/>					
35. Die technische Bedienung ist für meine SuS zu anspruchsvoll.	<input type="radio"/>					
36. Das Werkzeug ist inhaltlich zu komplex für meine SuS.	<input type="radio"/>					
<hr/>						
	stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	keine Angabe
37. Der DGS-Einsatz nimmt zu viel Unterrichtszeit in Anspruch.	<input type="radio"/>					
38. Meine SuS verfallen in einen Versuch-und-Irrtum-Aktionismus.	<input type="radio"/>					
39. Meine SuS verlernen das händische Konstruieren.	<input type="radio"/>					
40. Meine SuS verlassen sich auf die visuelle Darstellung.	<input type="radio"/>					
41. Die Leistungsmessung und -beurteilung wird erschwert.	<input type="radio"/>					
42. Es gibt kaum einfache und kopierbare Unterrichtsbeispiele.	<input type="radio"/>					
43. Der DGS-Einsatz ist dem Sozialverhalten meiner SuS abträglich.	<input type="radio"/>					
<hr/>						
	stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	keine Angabe
44. Der DGS-Einsatz dient der bloßen Motivation meiner SuS.	<input type="radio"/>					
45. Die Lernvoraussetzungen meiner SuS sind zu heterogen.	<input type="radio"/>					
46. Ich habe persönlich kein Interesse an der Arbeit mit DGS.	<input type="radio"/>					
47. Ich empfinde andere Methoden als besser geeignet.	<input type="radio"/>					
48. Der Lehrplan sieht die Nutzung von DGS nicht vor.	<input type="radio"/>					
49. Ein Mehrwert des DGS-Einsatzes für den Mathematikunterricht ist mir nicht ersichtlich.	<input type="radio"/>					

	stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	keine Angabe
50. Meine Schule ist nicht gut mit Computern ausgestattet.	<input type="radio"/>					
51. Der Computerzugang ist mit organisatorischen Hürden verbunden.	<input type="radio"/>					
52. Meine Schule ist nicht gut mit entsprechender Software ausgestattet.	<input type="radio"/>					
53. Ich habe keine Zeit mich mit der Software auseinanderzusetzen.	<input type="radio"/>					
54. Das Angebot an Fortbildungen ist unzureichend.	<input type="radio"/>					
55. Mein Kollegium unterstützt den DGS-Einsatz nicht.	<input type="radio"/>					
56. Meine Schulleitung unterstützt den DGS-Einsatz nicht.	<input type="radio"/>					

57. Sollte keine der obigen Barrieren maßgeblich für Sie zutreffen oder weitere Gründe von zentraler Bedeutung sein, so führen Sie ihre persönlichen Motive bitte hier an!

58. Sollte der Einsatz von DGS im Mathematikunterricht Ihrer Meinung nach überhaupt weiter gefördert werden?

| <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| stimme voll zu | stimme zu | stimme eher zu | stimme eher nicht zu | stimme nicht zu | weiß nicht | keine Angabe | |

>> ZUR AUS- UND WEITERBILDUNG <<

59. Haben Sie an Lehrveranstaltungen oder Weiterbildungen zu "Neuen Medien im Mathematikunterricht" teilgenommen?
[Mehrfachantworten]

- | | | |
|---|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Nein | <input type="checkbox"/> ja, Lehrveranstaltungen im Referendariat | <input type="checkbox"/> Sonstiges: |
| <input type="checkbox"/> ja, Lehrveranstaltungen im Studium | <input type="checkbox"/> ja, Weiterbildungsmaßnahmen | <input type="text"/> |

60. Anzahl der Lehrveranstaltungen: Stück

61. Anzahl anderer Veranstaltungen: Stück

62. Was waren die Inhalte, die von Ihnen besuchten Veranstaltungen?

[Mehrfachantworten]

- | | | |
|--|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Medienpädagogik | <input type="checkbox"/> Entwicklung von Unterrichtsphasen mit anderer Software | <input type="checkbox"/> Sonstiges: |
| <input type="checkbox"/> Veränderungen im | <input type="checkbox"/> praktische Arbeit mit DGS | <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> Mathematikunterricht durch Neue Medien | <input type="checkbox"/> praktische Arbeit mit anderer Software | |
| <input type="checkbox"/> Potenziale des Einsatzes neuer Medien | <input type="checkbox"/> sonstige spezielle Veranstaltung zu DGS | |
| <input type="checkbox"/> Entwicklung von Unterrichtsphasen mit DGS | | |

63. Mit welchem Schwerpunkt würden Sie sich Fortbildungen zum Thema Dynamische Geometriesoftware wünschen?

...

64. Würden Sie einem jungen Referendar, der neu zu Ihnen an die Schule kommt, aber noch nie etwas mit DGS zu tun hatte, empfehlen sich damit zu beschäftigen?

ja

nein

weiß nicht

65. Könnten Sie dies mit einem kurzen Satz begründen?

...

ZU GUTER LETZT...

... noch eine abschließende Frage:

66. Wären Sie bereit, einen derartigen Fragebogen auch über Computer-Algebra-Systeme auszufüllen?

ja, klar

wohl eher nicht

wahrscheinlich schon

nein, auf keinen Fall

67. Hiermit schließe ich meine Befragung und bedanke mich sehr herzlich für Ihre Unterstützung!

Sollte es Ihrerseits noch Anregungen oder Kritik jeglicher Art geben, wäre ich für deren Mitteilung im Folgenden sehr dankbar!

...

Der Fragebogen ist jetzt:

- noch nicht fertig
 fertig zum Abschicken

Noch einmal ein großes Dankeschön fürs Mitmachen!

Nina Bekehermes

Autor des Fragebogens: Nina Bekehermes

eMail: n_beko01@uni-muenster.de

Institution: Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Dieses Formular wurde mit GrafStat (Ausgabe 2011 / Ver 4.250) erzeugt.

Ein Programm v. Uwe W. Diener 10/2011.

Informationen zu GrafStat: <http://www.grafstat.de>



Anhang II: Email von Herrn Albrecht MdL vom 11.04.2012

Sehr geehrte Frau Bekehermes,

in der Schulstatistik erfassen wir nicht die Unterrichtseinsätze der einzelnen Lehrkräfte. Daher können wir Ihnen zu Ihrer Frage der Anzahl der Lehrkräfte, die an einer Realschule, bzw. in einer Realschulklassie einer Schule mit mehreren Schulformen das Fach Mathematik unterrichten, keine Auskunft geben.

Bei der Erhebung der Daten für die Schulstatistik werden von den Schulen die Unterrichtsfächer und das Lehramt der Lehrkräfte angegeben, der tatsächliche Unterrichtseinsatz dagegen nur für die Schulform, nicht für die Fächer.

An allen öffentlichen allgemein bildenden Schulen in Niedersachsen unterrichten 17.318 Lehrkräfte mit dem Fach Mathematik. An den Realschulen in Niedersachsen unterrichten 1.280 Lehrkräfte mit dem Fach Mathematik.

An den Haupt- und Realschulen in Niedersachsen unterrichten 1.211 Lehrkräfte mit dem Fach Mathematik, davon 1.100 mit einem Unterrichtseinsatz in Realschulklassen.

An den verbundenen Grund-, Haupt- und Realschulen in Niedersachsen unterrichten 78 Lehrkräfte mit dem Fach Mathematik, davon 40 mit einem Unterrichtseinsatz in Realschulklassen.

An den Oberschulen (häufig aus Haupt- und Realschulen entstanden) in Niedersachsen unterrichten 1.184 Lehrkräfte mit dem Fach Mathematik, davon 790 mit einem Unterrichtseinsatz in Realschulklassen.

An den Kooperativen Gesamtschulen in Niedersachsen unterrichten 760 Lehrkräfte mit dem Fach Mathematik, davon 575 mit einem Unterrichtseinsatz in Realschulklassen.

Ob und wieviele Stunden diese Lehrkräfte das Fach Mathematik unterrichten, wird nicht erfasst.

Bezüglich Ihr zweiten Frage recherchiere ich noch.

Mit freundlichen Grüßen

Joachim Albrecht

Niedersächsisches Kultusministerium

Ref. 15 "Unterrichtsversorgung, Bedarfsplanung, Controlling"

Schiffgraben 12, 30159 Hannover

Tel. 0511/120-7072, Fax 0511/120-997072

E-Mail: joachim.albrecht@mk.niedersachsen.de <mailto:joachim.albrecht@mk.niedersachsen.de Neue E-Mail>

Anhang III: Abbildungs- und Tabellenteil

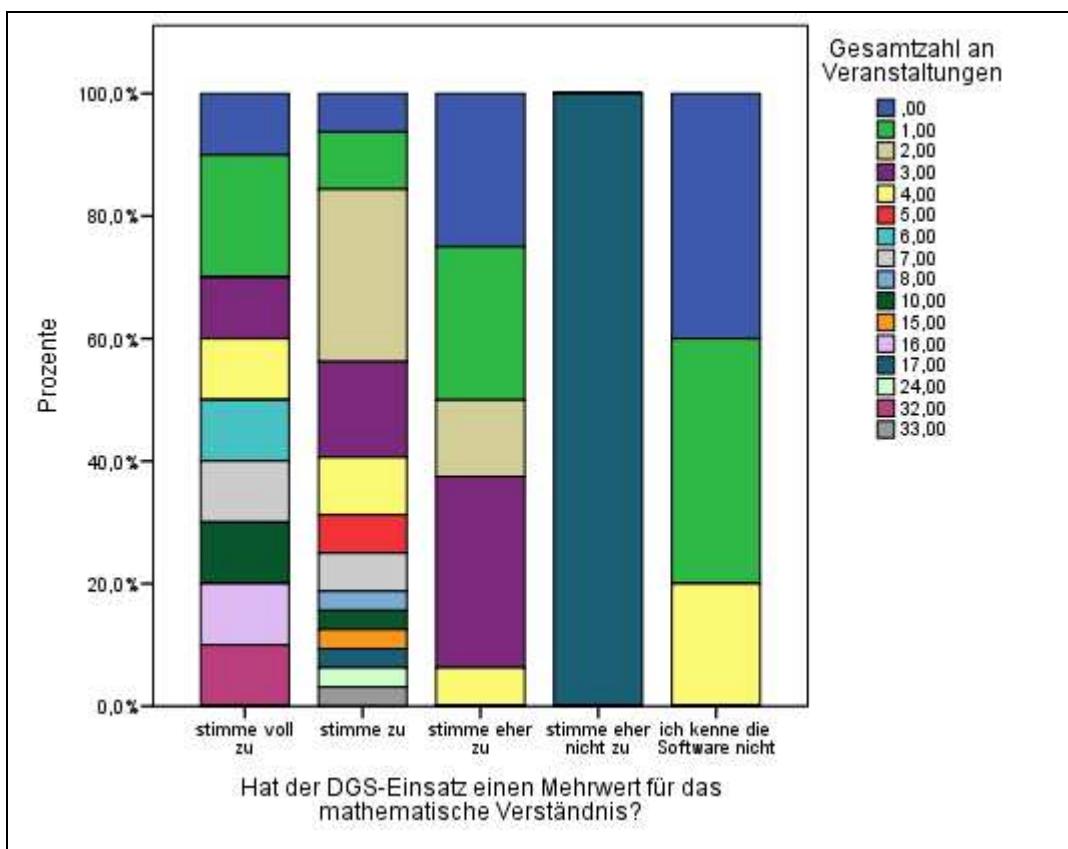


Abbildung 12: Einschätzung des Mehrwertes für das mathematische Verständnis, entsprechend der Anzahl besuchter Veranstaltungen zum Komplex „Neue Medien im Mathematikunterricht“ in Prozent für jede x-Achsen-Kategorie (n=64)

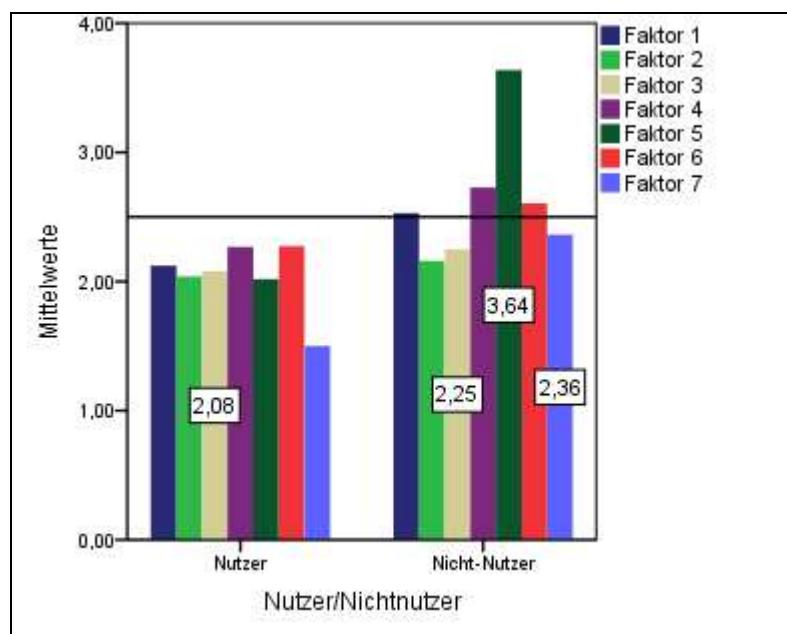


Abbildung 13: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Nutzung von DGS

(Quelle: eigene Darstellung)

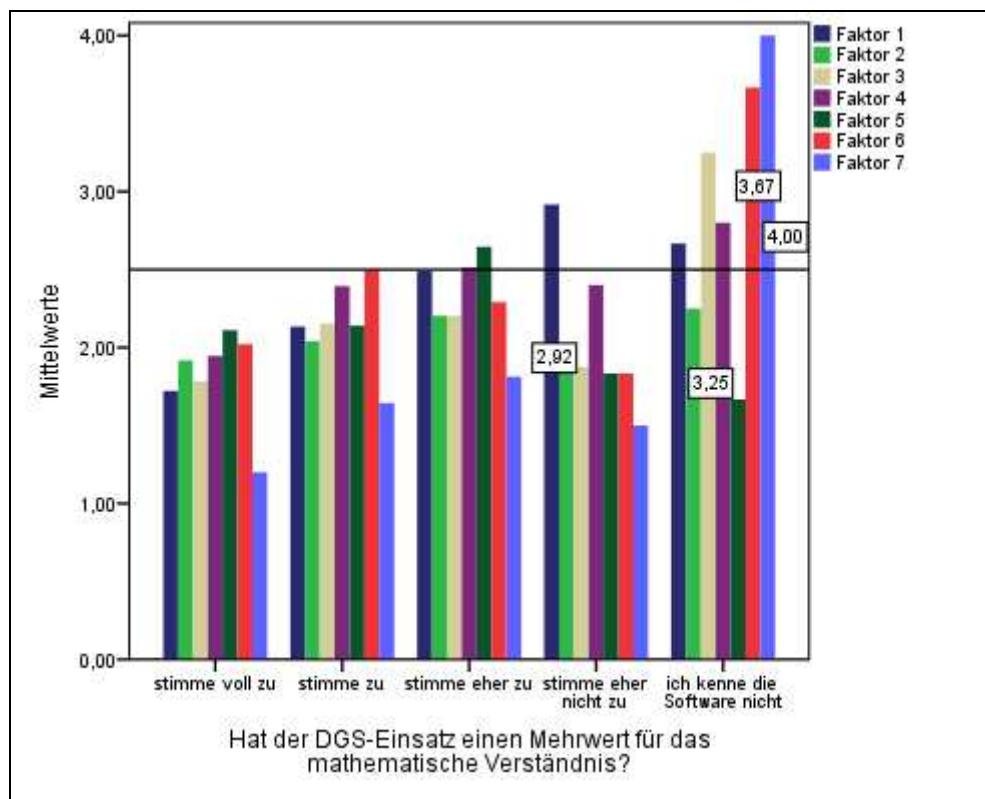


Abbildung 14: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Einschätzung des Mehrwertes für das mathematische Verständnis
 (Quelle: eigene Darstellung)

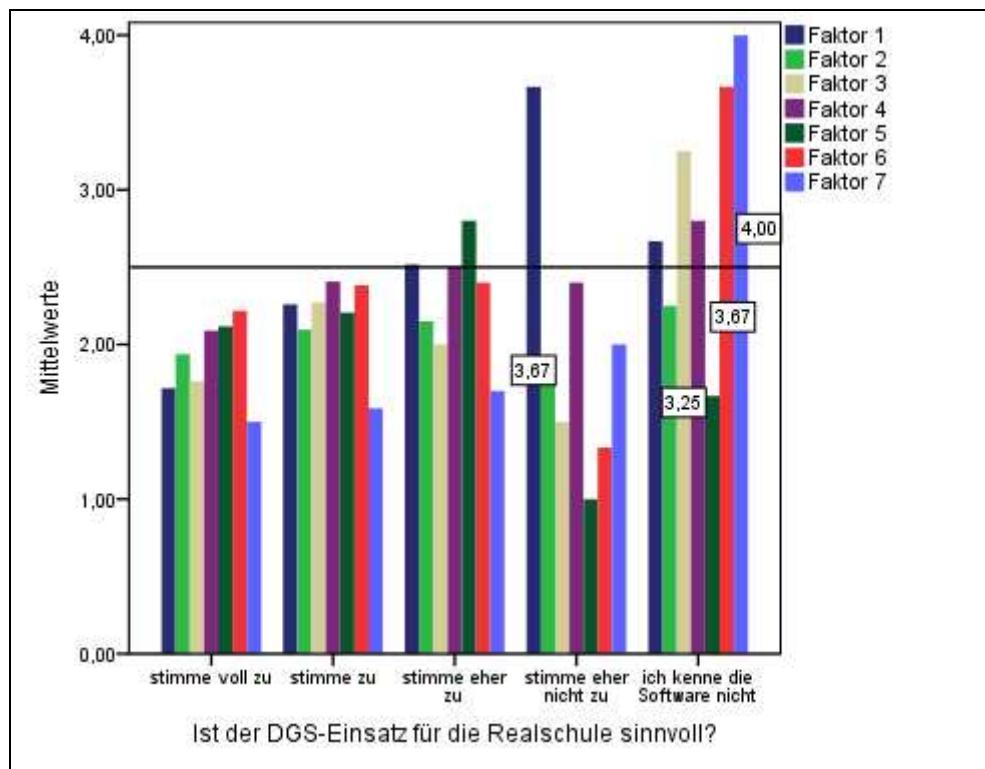


Abbildung 15: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Einschätzung der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes für die Realschule
 (Quelle: eigene Darstellung)

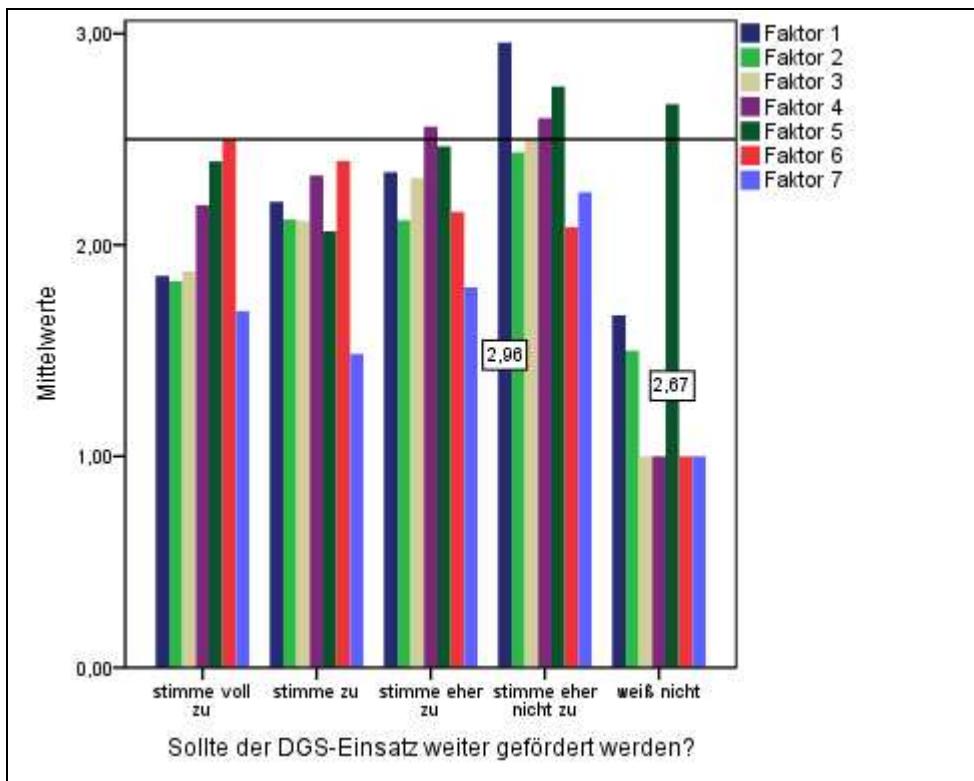


Abbildung 16: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend der Bewertung des Förderbedarfs

(Quelle: eigene Darstellung)

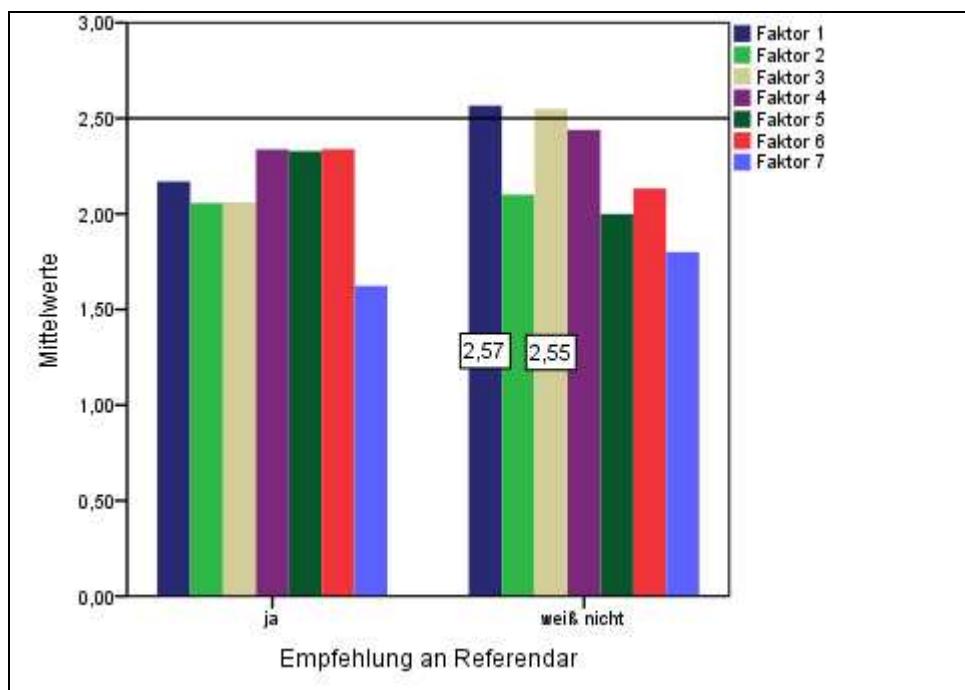


Abbildung 17: Mittelwerte der einzelnen extrahierten Faktoren entsprechend dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen

(Quelle: eigene Darstellung)

Tabelle 7: Kreuztabelle der Variablen Alter und Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS (n=207)

		Alter					Gesamt	
		<30	30-39	40-49	50-59	>59		
Ist DGS an Schule verfügbar?	ja	Anzahl	17	40	40	22	20	139
	ja	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	12,2%	28,8%	28,8%	15,8%	14,4%	100,0%
	ja	% innerhalb von Alter	48,6%	67,8%	75,5%	64,7%	76,9%	67,1%
	ja	% der Gesamtzahl	8,2%	19,3%	19,3%	10,6%	9,7%	67,1%
	nein	Anzahl	7	10	8	10	4	39
	nein	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	17,9%	25,6%	20,5%	25,6%	10,3%	100,0%
Gesamt	weiß	% innerhalb von Alter	20,0%	16,9%	15,1%	29,4%	15,4%	18,8%
	nicht	% der Gesamtzahl	3,4%	4,8%	3,9%	4,8%	1,9%	18,8%
	weiß	Anzahl	11	9	5	2	2	29
	weiß	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	37,9%	31,0%	17,2%	6,9%	6,9%	100,0%
	nicht	% innerhalb von Alter	31,4%	15,3%	9,4%	5,9%	7,7%	14,0%
	nicht	% der Gesamtzahl	5,3%	4,3%	2,4%	1,0%	1,0%	14,0%
		Anzahl	35	59	53	34	26	207
		% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	16,9%	28,5%	25,6%	16,4%	12,6%	100,0%
		% innerhalb von Alter	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
		% der Gesamtzahl	16,9%	28,5%	25,6%	16,4%	12,6%	100,0%

Tabelle 8: Kreuztabelle der Variablen Geschlecht und Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS (n=206)

		Geschlecht			Gesamt
		weiblich	männlich		
Ist DGS an Schule verfügbar?	ja	Anzahl	63	75	138
	ja	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	45,7%	54,3%	100,0%
	ja	% innerhalb von Geschlecht	59,4%	75,0%	67,0%
	ja	% der Gesamtzahl	30,6%	36,4%	67,0%
	nein	Anzahl	22	17	39
	nein	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	56,4%	43,6%	100,0%
Gesamt	nein	% innerhalb von Geschlecht	20,8%	17,0%	18,9%
	nein	% der Gesamtzahl	10,7%	8,3%	18,9%
	weiß	Anzahl	21	8	29
	weiß	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	72,4%	27,6%	100,0%
	nicht	% innerhalb von Geschlecht	19,8%	8,0%	14,1%
	nicht	% der Gesamtzahl	10,2%	3,9%	14,1%
		Anzahl	106	100	206
		% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	51,5%	48,5%	100,0%
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%
		% der Gesamtzahl	51,5%	48,5%	100,0%

Tabelle 9: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS (n=205)

		durchschnittlicher Einsatz von DGS								
		mind. 1-mal pro Woche	2-3- mal pro Monat	1-mal pro Monat	7-11- mal pro Schulj- ahr	3-6- mal pro Schulj- ahr	1-2- mal pro Schulj- ahr	nie	Gesamt	
	Anzahl	6	16	9	23	35	25	24	138	
Ist DGS an Schule ver- fügbar ?	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	4,3%	11,6%	6,5%	16,7%	25,4%	18,1%	17,4%	100,0%	
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	100%	94,1%	90,0%	95,8%	97,2%	92,6%	28,2%	67,3%	
	% der Gesamtzahl	2,9%	7,8%	4,4%	11,2%	17,1%	12,2%	11,7%	67,3%	
	Anzahl	0	1	1	1	1	1	33	38	
weiß nicht	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	0,0%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	86,8%	100,0%	
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	0,0%	5,9%	10,0%	4,2%	2,8%	3,7%	38,8%	18,5%	
	% der Gesamtzahl	0,0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	16,1%	18,5%	
	Anzahl	0	0	0	0	0	1	28	29	
Gesamt	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,4%	96,6%	100,0%	
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	32,9%	14,1%	
	% der Gesamtzahl	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	13,7%	14,1%	
	Anzahl	6	17	10	24	36	27	85	205	
		% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	2,9%	8,3%	4,9%	11,7%	17,8%	13,2%	41,5%	100,0%
		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
		% der Gesamtzahl	2,9%	8,3%	4,9%	11,7%	17,8%	13,2%	41,5%	100,0%

Tabelle 10: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und Geschlecht (n=204)

		durchschnittlicher Einsatz von DGS								
		mind. 1-mal pro Woche	2-3- mal pro Monat	1-mal pro Monat	7-11- mal pro Schulj- ahr	3-6- mal pro Schulj- ahr	1-2- mal pro Schulj- ahr	nie	Gesamt	
Gesch -lecht	Anzahl	2	4	5	13	14	12	55	105	
	% innerhalb von Geschlecht	1,9%	3,8%	4,8%	12,4%	13,3%	11,4%	52,4%	100,0%	
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	33,3%	23,5%	55,6%	54,2%	38,9%	44,4%	64,7%	51,5%	
	% der Gesamtzahl	1,0%	2,0%	2,5%	6,4%	6,9%	5,9%	27,0%	51,5%	
Gesamt	Anzahl	4	13	4	11	22	15	30	99	
	% innerhalb von Geschlecht	4,0%	13,1%	4,0%	11,1%	22,2%	15,2%	30,3%	100,0%	
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	66,7%	76,5%	44,4%	45,8%	61,1%	55,6%	35,3%	48,5%	
	% der Gesamtzahl	2,0%	6,4%	2,0%	5,4%	10,8%	7,4%	14,7%	48,5%	
		Anzahl	6	17	9	24	36	27	85	
		% innerhalb von Geschlecht	2,9%	8,3%	4,4%	11,8%	17,8%	13,2%	41,7%	100,0%
		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
		% der Gesamtzahl	2,9%	8,3%	4,4%	11,8%	17,8%	13,2%	41,7%	100,0%

Tabelle 11: Kreuztabelle der Variablen Nutzer/Nicht-Nutzer von DGS und Kenntnis um DGS-einsetzende Kollegen (n=173)

		Nutzer/Nicht-Nutzer		
		Nutzer	Nicht-Nutzer	Gesamt
	Anzahl	13	35	48
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	27,1%	72,9%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	11,9%	54,7%	27,7%
	% der Gesamtzahl	7,5%	20,2%	27,7%
0,00	Anzahl	12	7	19
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	63,2%	36,8%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	11,0%	10,9%	11,0%
	% der Gesamtzahl	6,9%	4,0%	11,0%
1,00	Anzahl	20	8	28
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	71,4%	28,6%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	18,3%	12,5%	16,2%
	% der Gesamtzahl	11,6%	4,6%	16,2%
2,00	Anzahl	17	5	22
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	77,3%	22,7%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	15,6%	7,8%	12,7%
	% der Gesamtzahl	9,8%	2,9%	12,7%
3,00	Anzahl	16	6	22
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	72,7%	27,3%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	14,7%	9,4%	12,7%
	% der Gesamtzahl	9,2%	3,5%	12,7%
4,00	Anzahl	11	1	12
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	91,7%	8,3%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	10,1%	1,6%	8,9%
	% der Gesamtzahl	6,4%	0,6%	8,9%
DGS-einsetzende Kollegen (gesamt)	Anzahl	9	2	11
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	81,8%	18,2%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	8,3%	3,1%	6,4%
	% der Gesamtzahl	5,2%	1,2%	6,4%
5,00	Anzahl	3	0	3
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	100,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	2,8%	0,0%	1,7%
	% der Gesamtzahl	1,7%	0,0%	1,7%
6,00	Anzahl	2	0	2
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	100,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	1,8%	0,0%	1,2%
	% der Gesamtzahl	1,2%	0,0%	1,2%
7,00	Anzahl	4	0	4
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	100,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	3,7%	0,0%	2,3%
	% der Gesamtzahl	2,3%	0,0%	2,3%
8,00	Anzahl	1	0	1
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	100,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	0,9%	0,0%	0,6%
	% der Gesamtzahl	0,6%	0,0%	0,6%
9,00	Anzahl	1	0	1
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	100,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	0,9%	0,0%	0,6%
	% der Gesamtzahl	0,6%	0,0%	0,6%
28,00	Anzahl	109	64	173
	% innerhalb von DGS-einsetz. Kollegen (ges.)	63,0%	37,0%	100,0%
	% innerhalb von Nutzer/Nichtnutzer	100,0%	100,0%	100,0%
	% der Gesamtzahl	63,0%	37,0%	100,0%
Gesamt				

Tabelle 12: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und Aus- und Weiterbildung (n=204)

	keine LV	LV im Stud.	LV im Ref.	Weiterbildung	Aus- und Weiterbildung				keine LV + Sonst.	Weiterbildung + Sonst.	Gesamt	
					LV Stud. + Weiterbildung	LV Stud. + Weiterbildung	LV Ref. + Weiterbildung	LV Stud. + Ref. + Weiterbildung				
Anzahl	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	6
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	16,7%	0,0%	16,7%	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	100,0%
mind. 1-mal pro Woche	1,2%	0,0%	5,9%	4,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	2,9%
Gesamtzahl	0,5%	0,0%	0,5%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	1,0%	2,9%
Anzahl	4	3	1	5	0	1	0	1	1	1	0	17
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	23,5%	17,6%	5,9%	29,4%	0,0%	5,9%	0,0%	5,9%	5,9%	5,9%	0,0%	100,0%
2-3-mal pro Monat	4,7%	14,3%	5,9%	11,1%	0,0%	12,5%	0,0%	20,0%	12,5%	50,0%	0,0%	8,3%
Gesamtzahl	2,0%	1,5%	0,5%	2,5%	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,0%	8,3%
Anzahl	5	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	10
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	50,0%	0,0%	10,0%	10,0%	10,0%	0,0%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
1-mal pro Monat	5,9%	0,0%	5,9%	2,2%	20,0%	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,9%
Gesamtzahl	2,5%	0,0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,9%
Anzahl	6	2	2	8	1	2	1	2	0	0	0	24
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	25,0%	8,3%	8,3%	33,3%	4,2%	8,3%	4,2%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
durchschnittlicher Einsatz 7-11 von mal DGS pro Jahr	7,1%	9,5%	11,8%	17,8%	20,0%	25,0%	16,7%	40,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,8%
Gesamtzahl	2,9%	1,0%	1,0%	3,9%	0,5%	1,0%	0,5%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,8%
Anzahl	14	3	0	12	0	1	1	0	3	1	0	35
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	40,0%	8,6%	0,0%	34,3%	0,0%	2,9%	2,9%	0,0%	8,6%	2,9%	0,0%	100,0%
3-6-mal pro Schuljahr	16,5%	14,3%	0,0%	26,7%	0,0%	12,5%	16,7%	0,0%	37,5%	50,0%	0,0%	17,2%
Gesamtzahl	6,9%	1,5%	0,0%	5,9%	0,0%	0,5%	0,5%	0,0%	1,5%	0,5%	0,0%	17,2%
Anzahl	10	3	2	4	3	1	2	1	1	0	0	27
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	37,0%	11,1%	7,4%	14,8%	11,1%	3,7%	7,4%	3,7%	3,7%	0,0%	0,0%	100,0%
1-2-mal pro Schuljahr	11,8%	14,3%	11,8%	8,9%	60,0%	12,5%	33,3%	20,0%	12,5%	0,0%	0,0%	13,2%
Gesamtzahl	4,9%	1,5%	1,0%	2,0%	1,5%	0,5%	1,0%	0,5%	0,5%	0,0%	0,0%	13,2%
Anzahl	45	10	10	13	0	3	0	1	3	0	0	85
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	52,9%	11,8%	11,8%	15,3%	0,0%	3,5%	0,0%	1,2%	3,5%	0,0%	0,0%	100,0%
nie	52,9%	47,6%	58,8%	28,9%	0,0%	37,5%	0,0%	20,0%	37,5%	0,0%	0,0%	41,7%
Gesamtzahl	22,1%	4,9%	4,9%	6,4%	0,0%	1,5%	0,0%	0,5%	1,5%	0,0%	0,0%	41,7%
Anzahl	85	21	17	45	5	8	6	5	8	2	2	204
% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	41,7%	10,3%	8,3%	22,1%	2,5%	3,9%	2,9%	2,5%	3,9%	1,0%	1,0%	100,0%
Gesamt	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
% innerhalb von Aus- und Weiterbildung	41,7%	10,3%	8,3%	22,1%	2,5%	3,9%	2,9%	2,5%	3,9%	1,0%	1,0%	100,0%
% der Gesamtzahl	41,7%	10,3%	8,3%	22,1%	2,5%	3,9%	2,9%	2,5%	3,9%	1,0%	1,0%	100,0%

Tabelle 13: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und unterrichtete Klassenstufen (n=202)

		durchschnittlicher Einsatz von DGS							
		mind. 1-mal pro Woche	2-3- mal pro Monat	1-mal pro Monat	7-11- mal pro Schul- jahr	3-6- mal pro Schul- jahr	1-2- mal pro Schul- jahr	nie	Gesamt
unterrichtete Klassen		Anzahl	0	0	1	5	4	1	28
5-6		% innerhalb von Klassen	0,0%	0,0%	3,6%	17,9%	14,3%	3,6%	100,0%
7-8		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	0,0%	0,0%	10,0%	20,8%	11,1%	3,7%	13,9%
9-10		% der Gesamtzahl	0,0%	0,0%	0,5%	2,5%	2,0%	0,5%	13,9%
5-8		Anzahl	1	0	0	4	4	4	19
7-10		% innerhalb von Klassen	5,3%	0,0%	0,0%	21,1%	21,1%	21,1%	100,0%
9-10		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	16,7%	0,0%	0,0%	16,7%	11,1%	14,8%	9,4%
5-8		% der Gesamtzahl	0,5%	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	2,0%	9,4%
unterrichtete Klassen		Anzahl	2	5	2	2	9	3	33
5-6		% innerhalb von Klassen	6,1%	15,2%	6,1%	6,1%	27,3%	9,1%	100,0%
7-8		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	33,3%	31,2%	20,0%	8,3%	25,0%	11,1%	16,3%
9-10		% der Gesamtzahl	1,0%	2,5%	1,0%	1,0%	4,5%	1,5%	16,3%
5-8		Anzahl	0	0	0	3	3	6	14
7-10		% innerhalb von Klassen	0,0%	0,0%	0,0%	11,5%	11,5%	23,1%	53,8%
9-10		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	0,0%	0,0%	0,0%	12,5%	8,3%	22,2%	16,9%
5-8		% der Gesamtzahl	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	1,5%	3,0%	12,9%
5-6+		Anzahl	1	4	4	5	8	4	42
9-10		% innerhalb von Klassen	2,4%	9,5%	9,5%	11,9%	19,0%	9,5%	100,0%
5-10		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	16,7%	25,0%	40,0%	20,8%	22,2%	14,8%	19,3%
5-10		% der Gesamtzahl	0,5%	2,0%	2,0%	2,5%	4,0%	2,0%	20,8%
Gesamt		Anzahl	1	4	3	2	4	6	13
Gesamt		% innerhalb von Klassen	3,0%	12,1%	9,1%	6,1%	12,1%	18,2%	39,4%
Gesamt		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	16,7%	25,0%	30,0%	8,3%	11,1%	22,2%	15,7%
Gesamt		% der Gesamtzahl	0,5%	2,0%	1,5%	1,0%	2,0%	3,0%	16,3%
Gesamt		Anzahl	6	16	10	24	36	27	83
Gesamt		% innerhalb von Klassen	3,0%	7,9%	5,0%	11,9%	17,8%	13,4%	41,1%
Gesamt		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Gesamt		% der Gesamtzahl	3,0%	7,9%	5,0%	11,9%	17,8%	13,4%	41,1%

Tabelle 14: Kreuztabelle der Variablen Geschlecht und dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen (n=202)

			Geschlecht		Gesamt
			weiblich	männlich	
Empfehlung an Referendar			Anzahl	73	84
ja			% innerhalb von Empfehlung an Referendar	46,5%	53,5%
nein			% innerhalb von Geschlecht	70,2%	85,7%
ja			% der Gesamtzahl	36,1%	41,6%
nein			Anzahl	4	3
ja			% innerhalb von Empfehlung an Referendar	57,1%	42,9%
nein			% innerhalb von Geschlecht	3,8%	3,1%
ja			% der Gesamtzahl	2,0%	1,5%
weiß nicht			Anzahl	27	11
weiß nicht			% innerhalb von Empfehlung an Referendar	71,1%	28,9%
weiß nicht			% innerhalb von Geschlecht	26,0%	11,2%
weiß nicht			% der Gesamtzahl	13,4%	5,4%
Gesamt			Anzahl	104	98
Gesamt			% innerhalb von Empfehlung an Referendar	51,5%	48,5%
Gesamt			% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%
Gesamt			% der Gesamtzahl	51,5%	48,5%

Tabelle 15: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und der Einschätzung des Mehrwertes für das mathematische Verständnis (n=178)

		Hat der DGS-Einsatz einen Mehrwert für das mathematische Verständnis?						Gesamt
		stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	ich kenne die Software nicht	
durchschnittl. Einsatz von DGS	Anzahl	2	4	0	0	0	0	6
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	33,3%	66,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	7,7%	5,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,4%
	% der Gesamtzahl	1,1%	2,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,4%
	Anzahl	6	9	2	0	0	0	17
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	35,3%	52,9%	11,8%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	23,1%	12,5%	3,7%	0,0%	0,0%	0,0%	9,6%
	% der Gesamtzahl	3,4%	5,1%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	9,6%
	Anzahl	2	6	2	0	0	0	10
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	20,0%	60,0%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	7,7%	8,3%	3,7%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%
	% der Gesamtzahl	1,1%	3,4%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%
Gesamt	Anzahl	3	13	7	1	0	0	24
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	12,5%	54,2%	29,2%	4,2%	0,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	11,5%	18,1%	13,0%	10,0%	0,0%	0,0%	13,5%
	% der Gesamtzahl	1,7%	7,3%	3,9%	0,6%	0,0%	0,0%	13,5%
	Anzahl	5	18	12	0	0	0	35
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	14,3%	51,4%	34,3%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	19,2%	25,0%	22,2%	0,0%	0,0%	0,0%	19,7%
	% der Gesamtzahl	2,8%	10,1%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	19,7%
	Anzahl	4	11	8	3	0	1	27
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	14,8%	40,7%	29,6%	11,1%	0,0%	3,7%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	15,4%	15,3%	14,8%	30,0%	0,0%	7,1%	15,2%
	% der Gesamtzahl	2,2%	6,2%	4,5%	1,7%	0,0%	0,8%	15,2%
Gesamt	Anzahl	4	11	23	6	2	13	59
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	6,8%	18,6%	39,0%	10,2%	3,4%	22,0%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	15,4%	15,3%	42,6%	60,0%	100%	92,9%	33,1%
	% der Gesamtzahl	2,2%	6,2%	12,9%	3,4%	1,1%	7,3%	33,1%
	Anzahl	26	72	54	10	2	14	178
	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	14,6%	40,4%	30,3%	5,6%	1,1%	7,9%	100,0%
	% innerhalb von Mehrwert für das math. Verständnis?	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
	% der Gesamtzahl	14,6%	40,4%	30,3%	5,6%	1,1%	7,9%	100,0%

Tabelle 16: Kreuztabelle der Variablen durchschnittlicher Einsatz von DGS und dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen (n=201)

		durchschnittlicher Einsatz von DGS							Gesamt	
		mind. 1-mal pro Woche	2-3- mal pro Monat	1-mal pro Monat	7-11- mal pro Schul- jahr	3-6- mal pro Schul- jahr	1-2- mal pro Schul- jahr	nie		
Empfehlung an Referendar	ja	Anzahl	6	17	8	19	34	26	45	155
		% innerhalb von Empfehlung an Referendar	3,9%	11,0%	5,2%	12,3%	21,9%	16,8%	29,0%	100,0%
		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	100%	100%	80,0%	86,4%	94,4%	96,3%	54,2%	77,1%
	nein	% der Gesamtzahl	3,0%	8,5%	4,0%	9,5%	16,9%	12,9%	22,4%	77,1%
		Anzahl	0	0	0	0	0	0	7	7
		% innerhalb von Empfehlung an Referendar	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100%	100,0%
weiß nicht	ja	% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,4%	3,5%
		% der Gesamtzahl	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,5%	3,5%
		Anzahl	0	0	2	3	2	1	31	39
	nein	% innerhalb von Empfehlung an Referendar	0,0%	0,0%	5,1%	7,7%	5,1%	2,6%	79,5%	100,0%
		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	0,0%	0,0%	20,0%	13,6%	5,6%	3,7%	37,3%	19,4%
		% der Gesamtzahl	0,0%	0,0%	1,0%	1,5%	1,0%	0,5%	15,4%	19,4%
Gesamt	ja	Anzahl	6	17	10	22	36	27	83	201
		% innerhalb von Empfehlung an Referendar	3,0%	8,5%	5,0%	10,9%	17,9%	13,4%	41,3%	100,0%
		% innerhalb von durchschnittl. DGS-Einsatz	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
	nein	% der Gesamtzahl	3,0%	8,5%	5,0%	10,9%	17,9%	13,4%	41,3%	100,0%
		Anzahl	0	0	0	0	0	0	0	0
		% innerhalb von Empfehlung an Referendar	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabelle 17: Kreuztabelle der Variablen Wissen ob Kollegen DGS einsetzen und der Einschätzung der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes für die Realschule (n=158)

		Ist der DGS-Einsatz für die Realschule sinnvoll?							Gesamt
		stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	ich kenne die Soft- ware nicht		
Kenntnis von DGS-einsetzenden Kollegen ?	ja	Anzahl	33	52	21	6	2	5	119
		% innerhalb von bekannten Kollegen	27,7%	43,7%	17,6%	5,0%	1,7%	4,2%	100,0%
		% innerhalb von sinnvoll für Realschule	84,6%	80,0%	63,6%	75,0%	66,7%	50,0%	75,3%
	nein	% der Gesamtzahl	20,9%	32,9%	13,3%	3,8%	1,3%	3,2%	75,3%
		Anzahl	6	13	12	2	1	5	39
		% innerhalb von bekannten Kollegen	15,4%	33,3%	30,8%	5,1%	2,6%	12,8%	100,0%
	Gesamt	% innerhalb von sinnvoll für Realschule	15,4%	20,0%	36,4%	25,0%	33,3%	50,0%	24,7%
		% der Gesamtzahl	3,8%	8,2%	7,6%	1,3%	0,6%	3,2%	24,7%
		Anzahl	39	65	33	8	3	10	158
	ja	% innerhalb von bekannten Kollegen	24,7%	41,1%	20,9%	5,1%	1,9%	6,3%	100,0%
		% innerhalb von sinnvoll für Realschule	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
	nein	% der Gesamtzahl	24,7%	41,1%	20,9%	5,1%	1,9%	6,3%	100,0%
		Anzahl	0	0	0	0	0	0	0
	nein	% innerhalb von bekannten Kollegen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
		% innerhalb von sinnvoll für Realschule	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Gesamt	% der Gesamtzahl	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
		Anzahl	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 18: Kreuztabelle der Variablen Wissen ob Kollegen DGS einsetzen und dem Aussprechen einer Empfehlung, sich als Referendar mit DGS zu beschäftigen (n=169)

		Empfehlung an Referendar			Gesamt	
		ja	nein	weiß nicht		
Kenntnis von DGS-einsetzenden Kollegen?	ja	Anzahl	104	2	18	124
		% innerhalb von bekannten Kollegen	83,9%	1,6%	14,5%	100,0%
		% innerhalb von Empfehlung an Referendar	77,6%	40,0%	60,0%	73,4%
	nein	% der Gesamtzahl	61,5%	1,2%	10,7%	73,4%
		Anzahl	30	3	12	45
		% innerhalb von bekannten Kollegen	66,7%	6,7%	28,7%	100,0%
Gesamt	ja	% innerhalb von Empfehlung an Referendar	22,4%	60,0%	40,0%	26,6%
		% der Gesamtzahl	17,8%	1,8%	7,1%	26,6%
	nein	Anzahl	134	5	30	169
		% innerhalb von bekannten Kollegen	79,3%	3,0%	17,8%	100,0%
	Gesamt	% innerhalb von Empfehlung an Referendar	100%	100%	100,0%	100,0%
		% der Gesamtzahl	79,3%	3,0%	17,8%	100,0%

Tabelle 19: Kreuztabelle der Variablen Kenntnis von an der eigenen Schule verfügbaren DGS und der Einschätzung der Sinnhaftigkeit des DGS-Einsatzes für die Realschule (n=185)

		Ist der DGS-Einsatz für die Realschule sinnvoll?						Gesamt	
		stimme voll zu	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu	ich kenne die Software nicht		
Ist DGS an Schule verfügbar?	ja	Anzahl	38	64	23	6	2	1	134
		% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	28,4%	47,8%	17,2%	4,5%	1,5%	0,7%	100,0%
		% innerhalb von Ist der DGS-Einsatz für die Realschule sinnvoll?	86,4%	85,3%	54,8%	66,7%	66,7%	8,3%	72,4%
	nein	% der Gesamtzahl	20,5%	34,6%	12,4%	3,2%	1,1%	0,5%	72,4%
		Anzahl	3	7	12	0	1	6	29
		% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	10,3%	24,1%	41,4%	0,0%	3,4%	20,7%	100,0%
weiß nicht	ja	% innerhalb von Ist der DGS-Einsatz für die Realschule sinnvoll?	6,8%	9,3%	28,6%	0,0%	33,3%	50,0%	15,7%
		% der Gesamtzahl	1,6%	3,8%	6,5%	0,0%	0,5%	3,2%	15,7%
		Anzahl	3	4	7	3	0	5	22
	nein	% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	13,6%	18,2%	31,8%	13,6%	0,0%	22,7%	100,0%
		% innerhalb von Ist der DGS-Einsatz für die Realschule sinnvoll?	6,8%	5,3%	16,7%	33,3%	0,0%	41,7%	11,9%
		% der Gesamtzahl	1,6%	2,2%	3,8%	1,6%	0,0%	2,7%	11,9%
Gesamt	Gesamt	Anzahl	44	75	42	9	3	12	185
		% innerhalb von Ist DGS an Schule verfügbar?	23,8%	40,5%	22,7%	4,9%	1,6%	6,5%	100,0%
		% innerhalb von Ist der DGS-Einsatz für die Realschule sinnvoll?	100%	100%	100%	100%	100,0%	100%	100,0%
		% der Gesamtzahl	23,8%	40,5%	22,7%	4,9%	1,6%	6,5%	100,0%

Tabelle 20: Reihenfolge der Einzelitems entsprechend der Befragungsgruppen

Platz	Item (DGS60)	mean	Item (DGS500)	mean	Item (keinDGS)	mean
1	54)	3,23	54)	3,29	40)	4,00
2	40)	2,77	37)	2,96	52)	3,83
3	42)	2,77	51)	2,90	39)	3,33
4	37)	2,72	42)	2,89	38)	3,00
5	51)	2,69	40)	2,76	54)	2,83
6	38)	2,68	38)	2,69	45)	2,80
7	39)	2,51	39)	2,58	49)	2,75
8	34)	2,43	55)	2,55	42)	2,67
9	41)	2,43	53)	2,54	36)	2,50
10	53)	2,41	34)	2,46	37)	2,50
11	31)	2,37	45)	2,45	41)	2,50
12	47)	2,36	44)	2,44	44)	2,50
13	45)	2,36	41)	2,43	50)	2,50
14	44)	2,32	47)	2,40	51)	2,50
15	33)	2,19	31)	2,28	35)	2,25
16	55)	2,16	50)	2,25	53)	2,20
17	52)	2,13	36)	2,18	31)	2,00
18	36)	2,11	52)	2,15	47)	2,00
19	32)	2,02	35)	2,08	48)	2,00
20	50)	2,01	33)	2,07	55)	2,00
21	49)	1,99	49)	1,97	56)	1,75
22	35)	1,97	32)	1,94	46)	1,67
23	43)	1,76	43)	1,82	43)	1,33
24	48)	1,68	56)	1,64	32)	1,00
25	46)	1,56	46)	1,62	33)	1,00
26	56)	1,38	48)	1,55	34)	1,00

Tabelle 21: Deskriptive Auswertung der Implementationsbarrieren (gesamt)

Item	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu	keine Angabe (Anteil an allen Probanden)
31)	41,41%	20,20%	16,16%	10,10%	12,12%	4,81%
32)	46,35%	25,00%	16,67%	9,90%	2,08%	7,69%
33)	38,20%	28,09%	19,66%	12,36%	1,69%	14,42%
34)	30,77%	25,44%	21,89%	15,38%	6,51%	18,75%
35)	40,83%	28,99%	18,34%	9,47%	2,37%	18,75%
36)	37,28%	30,77%	15,38%	12,43%	4,14%	18,75%
37)	13,97%	24,58%	30,73%	24,58%	6,15%	13,94%
38)	9,76%	34,15%	36,59%	16,46%	3,05%	21,15%
39)	19,57%	34,78%	22,28%	16,85%	6,52%	11,54%
40)	12,64%	27,01%	35,06%	21,26%	4,02%	16,35%
41)	24,29%	33,33%	20,34%	19,77%	2,26%	14,90%
42)	16,89%	24,32%	29,73%	16,89%	12,16%	28,85%
43)	47,50%	35,00%	11,25%	4,38%	1,88%	23,08%
44)	17,07%	40,85%	28,66%	12,80%	0,61%	21,15%
45)	24,58%	35,75%	19,55%	13,97%	6,15%	13,94%
46)	59,47%	27,89%	7,89%	3,16%	1,58%	8,65%
47)	20,59%	37,65%	28,24%	10,59%	2,94%	18,27%
48)	60,84%	25,30%	6,02%	6,63%	1,20%	20,19%

49)	37,14%	36,57%	18,29%	5,71%	2,29%		15,87%	
50)	41,38%	26,11%	14,78%	11,33%	6,40%		2,40%	
51)	26,34%	14,15%	26,83%	19,02%	13,66%		1,44%	
52)	45,41%	20,54%	11,35%	14,05%	8,65%		11,06%	
53)	26,94%	24,87%	28,50%	13,99%	5,70%		7,21%	
54)	11,04%	13,64%	30,52%	29,87%	14,94%		25,96%	
55)	26,83%	32,32%	22,56%	14,02%	4,27%		21,15%	
56)	65,81%	23,23%	5,16%	3,87%	1,94%		25,48%	

Tabelle 22: Zuweisung der Einzelitems entsprechend der Faktorenanalyse

		Ladung auf Faktor	mean	SD
Faktor 1: methodische Entscheidungen			2,320	0,75
47) Ich empfinde andere Methoden als besser geeignet.	0,776			
46) Ich habe persönlich kein Interesse an der Arbeit mit DGS.	0,740			
49) Ein Mehrwert des DGS-Einsatzes für den Mathematikunterricht ist mir nicht ersichtlich.	0,719			
39) Meine SuS verlernen das händische Konstruieren.	0,610			
37) Der DGS-Einsatz nimmt zu viel Unterrichtszeit in Anspruch.	0,604			
38) Meine SuS verfallen in einen Versuch-und-Irrtum-Aktionismus.	0,594			
Faktor 2: Unkenntnis des Lehrenden/ bereits ausreichender Einsatz			2,167	0,63
31) Ich kenne mich mit der Software an sich nicht aus.	0,822			
32) Ich weiß nicht, wie ich DGS in den Mathematikunterricht integriere.	0,679			
33) Ich denke, ich setze DGS bereits ausreichend ein.	-0,651			
53) Ich habe keine Zeit, mich mit der Software auseinanderzusetzen.	0,647			
Faktor 3: Passung mit SuS und Themen			2,209	0,86
35) Die technische Bedienung ist für meine SuS zu anspruchsvoll.	0,893			
36) Das Werkzeug ist inhaltlich zu komplex für meine SuS.	0,884			
45) Die Lernvoraussetzungen meiner SuS sind zu heterogen.	0,541			
34) Meine Themen bieten einen DGS-Einsatz zurzeit nicht an.	0,340			
Faktor 4: pädagogische Vorbehalte			2,390	0,69
41) Die Leistungsmessung und -beurteilung werden erschwert.	0,779			
40) Meine SuS verlassen sich auf die visuelle Darstellung.	0,578			
42) Es gibt kaum einfache und kopierbare Unterrichtsbeispiele.	0,534			
43) Der DGS-Einsatz ist dem Sozialverhalten meiner SuS abträglich.	0,508			
44) Der DGS-Einsatz dient der bloßen Motivation meiner SuS.	0,439			
Faktor 5: Ausstattung der Schule			2,364	1,06
50) Meine Schule ist nicht gut mit Computern ausgestattet.	0,821			
51) Der Computerzugang ist mit organisatorischen Hürden verbunden.	0,717			
52) Meine Schule ist nicht gut mit entsprechender Software ausgestattet.	0,639			
Faktor 6: Unterstützung durch andere			2,379	0,85
55) Mein Kollegium unterstützt den DGS-Einsatz nicht.	0,810			
56) Meine Schulleitung unterstützt den DGS-Einsatz nicht.	0,667			
54) Das Angebot an Fortbildungen ist unzureichend.	0,553			
Faktor 7: keine Vorgabe durch den Lehrplan			1,621	0,95
48) Der Lehrplan sieht die Nutzung von DGS nicht vor.	0,769			

Literaturverzeichnis

- ALTRICHTER, Herbert; WIESINGER, Sophie (2004): Der Beitrag der Innovationsforschung im Bildungswesen zum Implementationsproblem. In: REINMANN/MANDL (2004). S.220-233.
- BARZEL, Bärbel; HUßMANN, Stephan; LEUDERS, Timo (2005a): Teil 1 Grundfragen. In: BARZEL ET AL. (2005b). S.9-40.
- BARZEL, Bärbel; HUßMANN, Stephan; LEUDERS, Timo (Hrsg.) (2005b): Computer, Internet & Co. im Mathematikunterricht. Berlin: Cornelsen Skriptor.
- BARZEL, Bärbel; SAINT-GEORGE, Guido von (2003): Organisationsformen des Lernens mit neuen Medien In: LEUDERS (2003b). S.234-245.
- BARZEL, Bärbel; WEIGAND, Hans-Georg (2008): Medien vernetzen. In: mathematik lehren, Heft 146. Seelze: Friedrich. S. 4-10.
- BENDER, Peter (2001): Schul-Geometrie und Computer-Geometrie. In: ELSCHENBROICH ET AL. (2001a). S.31-40.
- BIEHLER, Rolf (1992): Entwicklungen bei didaktisch-orientierten Softwarewerkzeugen zur Geometrie. Vom interaktiven Programmieren zur direkten Interaktion. In: ZDM Zentralblatt der Mathematik 24, Heft 4. Berlin: Springer. S.121-127.
- BOFINGER, Jürgen (2004): Neue Medien im Fachunterricht. Eine empirische Studie über den Einsatz neuer Medien im Fachunterricht an verschiedenen Schularten in Bayern. Donauwörth: Auer.
- BOFINGER, Jürgen (2007): Digitale Medien im Fachunterricht. Schulische Medienarbeit auf dem Prüfstand. Donauwörth: Auer.
- BÜHNER, Markus (2011): Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. München: Pearson Studium. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage.
- CHENG, Yin Cheong (1994): Effectivness of curriculum change in school: An organizational perspective. In: International Journal of Educational Management, Volume 8, Heft 3. S.26-34.
- DOPPLER, Klaus; LAUTERBURG, Christof (2008): Change Management. Den Unternehmenswandel gestalten. Frankfurt am Main: Campus Verlag. 12., aktualisierte und erweiterte Auflage.
- ELSCHENBROICH, Hans-Jürgen (2003): Unterrichtsgestaltung mit Computerunterstützung. In: LEUDERS (2003b). S.212-233.
- ELSCHENBROICH, Hans-Jürgen (2005a): Bildungsstandards, Kerncurriculum und Einsatz neuer Medien In: BENDER, Peter; HERGET, Wilfried; WEIGAND, Hans-Georg; WETH, Thomas (Hrsg.) (2005): Neue Medien und Bildungsstandards. Bericht über die 22. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ in der

- Gesellschaft für Didaktik der Mathematik e.V. vom 17. bis 19. September 2004 in Soest. Hildesheim: diVerlag Franzbecker. S.13-20.
- ELSCHENBROICH, Hans-Jürgen (2005b): Mit dynamischer Geometrie argumentieren und beweisen. In: BARZEL ET AL. (2005b). S.76-85.
- ELSCHENBROICH, Hans-Jürgen; GAWLICK, Thomas; HENN, Hans-Wolfgang (Hrsg.) (2001a): Zeichnung – Figur – Zugfigur. Mathematische und didaktische Aspekte Dynamischer Geometrie-Software. Ergebnisse eines RiP-Workshops vom 12. bis 16. Dezember 2000 im Mathematischen Forschungsinstitut Oberwolfach. Hildesheim: diVerlag Franzbecker.
- ELSCHENBROICH, Hans-Jürgen; GAWLICK, Thomas; HENN, Hans-Wolfgang; HEINTZ, Gaby; RICHTER-GEBERT, Jürgen (2001b): Dynamische Geometrie-Software. Stand der Forschung und Perspektiven. In: ELSCHENBROICH ET AL. (2001a). S.13-20.
- EULER, Dieter; SLOANE, Peter F.E. (1998): Implementation als Problem der Modellversuchsforschung In: Unterrichtswissenschaft 26, Heft 4. Weinheim: Beltz Juventa. S.312-326.
- FISSENI, Hermann-Josef (2004): Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. Göttingen: Hogrefe. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage.
- FREUDENTHAL, Hans (1973): Mathematik als pädagogische Aufgabe. Stuttgart: Klett.
- FULLAN, Michael (1991): The New Meaning of Educational Change. London: Cassel.
- FULLAN, Michael (1994): Implementation of innovations. In: HUSÉN/POSTLETHWAITE (1994). S.2839-2847.
- GAWLICK, Thomas (2000): DGS – quo vadis? In: GAWLICK, Thomas (Hrsg.): Lernprozesse mit Dynamischer Geometrie-Software. Workshop an der Hochschule Vechta. Vechta: Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, der Mathematik und des Sachunterrichts. (= Vechtaer fachdidaktische Forschungen und Berichte Heft 3). S.7-14.
- GAWLICK, Thomas (2001): Zur mathematischen Modellierung des dynamischen Zeichenblatts In: ELSCHENBROICH ET AL. (2001a). S.55-68.
- GRÄF, Lorenz (2010): Online-Befragung. Eine praktische Einführung für Anfänger. Berlin: Lit. (=Sozialwissenschaftliche Methoden Band 3).
- GRÄSEL, Cornelia; PARCHMANN, Ilka (2004): Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. In: Unterrichtswissenschaft 32, Heft 3. Weinheim: Beltz Juventa. S.196-214.
- GRAUMANN, Günter; HÖLZL, Reinhard; KRAINER, Konrad; NEUBRAND, Michael; STRUVE, Horst (1996): Tendenzen der Geometriedidaktik der letzten 20 Jahre. In: JMD Journal für Mathematikdidaktik 17, Heft 3/4. Stuttgart: Teubner. S.163-237.
- GREEFRATH, Gilbert; HUßMANN, Stephan; FRÖHLICH, Ines (2010): Geometrie bewegen. In:

- PM Praxis der Mathematik in der Schule 52, Heft 34. Hallbergmoos: Aulis. S.1-8.
- HATTERMANN, Mathias (2011): Im Zugmodus der 3D-dynamischen Geometriesystemen. Analyse von Nutzerverhalten und Typenbildung. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- HATTERMANN, Mathias; STRÄßER, Rudolf (2006): Mathematik zum Anfassen. Geometrie-Werkzeuge erschließen eine faszinierende Welt. In: C't – Magazin für Computertechnik Heft 13. Hannover: Heise-Zeitschriften-Verlag S.174-181.
- HENN, Hans-Wolfgang (2001): Dynamische Geometriesoftware: Hilfe für eine neue Unterrichtskultur? In: ELSCHENBROICH ET AL. (2001a). S.93-102.
- HERGET, Wilfrid (2011): Die etwas andere Aufgabe. In: mathematik lehren, Heft 168. Seelze: Friedrich. S.64.
- HERZIG, Bardo; GRAFE, Silke (2007): Digitale Medien in der Schule. Standortbestimmung und Handlungsempfehlungen für die Zukunft. Studie zur Nutzung Digitaler Medien in allgemein bildenden Schulen in Deutschland. Bonn: Deutsche Telekom AG.
- HEYMANN, Hans Werner (1995): Thesen zur Mathematiklehrerausbildung aus der Perspektive eines Allgemeinbildungskonzeptes. In: BIEHLER, Rolf; HEYMANN, Hans Werner; WINKELMANN, Bernard (Hrsg.) (1995): Mathematik allgemeinbildend unterrichten: Impulse für Lehrerbildung und Schule. Aulis Verlag Deuber & Co KG, Köln (= IDM Bielefeld Untersuchungen zum Mathematikunterricht Band 21). S.16-28.
- HEYMANN, Hans Werner (1996): Allgemeinbildung und Mathematik. Weinheim: Beltz (= Studien zur Schulpädagogik und Didaktik Band 13).
- HISCHER, Horst (2003a): Mathematikunterricht und Neue Medien – oder: Bildung ist das Paradies! In: BENDER, Peter; HERGET, Wilfried; WEIGAND, Hans-Georg; WETH, Thomas (Hrsg.): Lehr- und Lernprogramme für den Mathematikunterricht. Bericht über die 20. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik e.V. vom 27. bis 29. September 2002 in Soest. Hildesheim: diVerlag Franzbecker. S.24-42.
- HISCHER, Horst (2003b): Mathematikunterricht und Neue Medien. Hintergründe und Begründungen in fachdidaktischer und fachübergreifender Sicht. Hildesheim: diVerlag Franzbecker. 2. durchgesehene und korrigierte Auflage.
- HISCHER, Horst (Hrsg.) (1997): Computer und Geometrie – Neue Chancen für den Geometrieunterricht? Bericht über die 14. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik e.V. vom 20. bis 23. September 1996 in Wolfenbüttel. Hildesheim: Franzbecker.
- HÖHNLE, Steffen; SCHUBERT, Jan Christoph; UPHUES, Rainer (2012): Lernen mit Geo-information(ssystemen) aus der Perspektive deutscher Geographielehrer In: Geographie und ihre Didaktik 40, Heft 2. S.49-68.

- HOLE, Volker (1998): Erfolgreicher Mathematikunterricht mit dem Computer. Methodische und didaktische Grundfragen in der Sekundarstufe I. Donauwörth: Auer.
- HOLLAND, Gerhard (1997): Führt der Einsatz von DGS zu einem anderen Verständnis von Geometrie? In: HISCHER (1997). S.40-48.
- HOLLAND, Gerhard (2007): Geometrie in der Sekundarstufe. Entdecken – Konstruieren – Deduzieren. Hildesheim: Franzbecker. (= Studium und Lehre Mathematik). 3, neu bearbeitete und erweiterte Auflage.
- HÖLZL, Reinhard (1997): Dynamische Geometrie – softwaretechnologische Entwicklungen, didaktische Diskussion und unterrichtspraktische Erfahrungen“. In: HISCHER (1997). S.34-39.
- HÖLZL, Reinhard (1999): Qualitative Unterrichtsstudien zur Verwendung dynamischer Geometrie-Software. Augsburg: Wißner. (= Augsburger mathematisch-naturwissenschaftliche Schriften Band 32).
- HÖLZL, Reinhard (2000): Dynamische Geometrie-Software als integraler Bestandteil des Lern- und Lehrarrangements. In: JMD Journal für Mathematikdidaktik 21, Heft 2. Heidelberg: Springer. S.79-100.
- HUSÉN, Torsten; POSTLETHWAITE, T. Neville (Hrsg.) (1994): The International Encyclopedia of Education. Oxford: Pergamon Press. 2. Auflage.
- JANSSEN, Jürgen; LAATZ, Wilfried (2010): Statistische Datenanalyse mit SPSS. Berlin: Springer. 7., neu bearbeitete und erweiterte Auflage.
- KADUNZ, Gert (2003): Geometrilernen mit computergenerierten Repräsentationen. Zur Bedeutung von Modulen. In: HOFFMANN, Michael H.G. (Hrsg.): Mathematik verstehen. Hildesheim: Franzbecker. S.95-118.
- KADUNZ, Gert; STRÄßer, Rudolf (2007): Didaktik der Geometrie in der Sekundarstufe I. Hildesheim: Franzbecker.
- KITTEL, Andreas (2007): Dynamische Geometrie-Systeme in der Hauptschule. Eine interpretative Untersuchung an Fallbeispielen und ausgewählten Aufgaben der Sekundarstufe. Hildesheim: Franzbecker. (= Texte zur mathematischen Forschung und Lehre Band 60).
- KITTEL, Andreas (2009): Klicken – Ziehen – Staunen – Ergründen. Dynamische Geometrie-Systeme im Unterricht. Braunschweig: Westermann.
- KITTEL, Andreas (2011): Einsatz von Dynamischer Geometrie-Software in der Hauptschule. In: KORTENKAMP, Ulrich; LAMBERT, Anselm; ZEIMETZ, Antonia (Hrsg.): Computerwerkzeuge und Prüfungen. Aufgaben mit Technologieeinsatz im Mathematikunterricht. Bericht über die 24. und 25. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht“

- und Informatik“ in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik e.V. vom 22.-24.9.2006 und 28.-30.9.2007 in Soest. Hildesheim: Franzbecker. S.31-34.
- KLAFKI, Wolfgang (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim: Beltz. 6., neu ausgestattete Auflage.
- KNAPP, Olaf (2010): Entwicklung und Evaluation interaktiver Instruktionsvideos für das geometrische Konstruieren im virtuellen Raum. Münster: WTM Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien. (= Hochschulschriften zur Mathematik-Didaktik Band 1).
- KORTENKAMP, Ulrich (2002): Notwendige Anforderungen an DGS. In: HERGET, Wilfried; SOMMER, Rolf; WEIGAND, Hans-Georg; WETH, Thomas (Hrsg.): Medien verbreiten Mathematik. Bericht über die 19. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik e.V. vom 28. bis 30. September 2001 in Dillingen. Hildesheim: diVerlag Franzbecker. S. 171-172.
- KREMER, Hans-Hugo (2003): Implementation Didaktischer Theorie – Innovationen gestalten. Annäherungen an eine theoretische Grundlegung im Kontext der Einführung lernfeldstrukturierter Curricula. Paderborn: Eusl (= EULER, Dieter; SLOANE, Peter F.E. (Hrsg.): Wirtschaftspädagogisches Forum Band 22).
- LABORDE, Colette (1993): The Computer as Part of the Learning Environment: the Case of Geometry. In: KEITEL, Christine; RUTHVEN, Kenneth (Hrsg.): Learning from Computer: Mathematics Education and Technology. Berlin: Springer. S.48-67.
- LABORDE, Jean-Marie (2001): Zur Begründung der dynamischen Geometrie. In: ELSCHENBROICH ET AL. (2001a). S.161-172
- LEUDERS, Timo (2003a): Chancen und Risiken des Computereinsatzes im Mathematikunterricht. In: LEUDERS (2003b). S.198-211.
- LEUDERS, Timo (Hrsg.) (2003b): Mathematikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- MEHLHASE, Ute (1992): Wozu wird der Computer an allgemeinbildenden Schulen tatsächlich genutzt? In: JMD Journal für Mathematikdidaktik 13, Heft 2/3. Stuttgart: Teubner. S.271-286.
- NIEDERDRENK-FELGNER, Cornelia (2005): Mädchen, Jungen, Mathematik und Computer In: BENDER, Peter; HERGET, Wilfried; WEIGAND, Hans-Georg; WETH, Thomas (Hrsg.): WWW und Mathematik – Lehren und Lernen im Internet. Bericht über die 21. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik e.V. vom 26. bis 28. September 2003 in Dillingen. Hildesheim: diVerlag Franzbecker. S.35-44.

- PAIER, Dietmar (2010): Quantitative Sozialforschung. Eine Einführung. Wien: Facultas wuv.
- PARZYSZ, Bernard (1988): „Knowing“ vs. „Seeing“. Problems of the plane representation of space geometry figures. In: Educational Studies in Mathematics 19, Heft 1. Berlin: Springer. S.79-92.
- REINMANN, Gabi; MANDL, Heinz (Hrsg.) (2004): Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden. Göttingen: Hogrefe.
- REINMANN, Gabi; VOHLE, Frank (2004): Implementation als Designprozess. In: REINMANN/ MANDL (2004). S.234-247.
- REINMANN-ROTHMEIER, Gabi; MANDL, Heinz (1998): Wenn kreative Ansätze versanden: Implementation als verkannte Aufgabe In: Unterrichtswissenschaft 26, Heft 4. Weinheim: Beltz Juventa. S.292-311.
- ROSEN, Larry D.; WEIL, Michelle M. (1995): Computer Availability, Computer Experience and Technophobia among Public School Teachers. In: Computers in Human Behavior Volume 11, Heft 1. Elsevier. S.9-31.
- SCHNELL, Rainer; HILL, Paul B.; ESSER, Elke (2011): Methoden der empirischen Sozialforschung. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag. 9., aktualisierte Auflage.
- SCHOLL, Wolfgang; PRASSE, Doreen (2001): Gleiche Chancen für alle? In: Computer und Unterricht, Heft 41. Seelze: Friedrich. S.20-23.
- SCHUMANN, Heinz (2001): Die Behandlung von Funktionen einer reellen Variablen mit Methoden der dynamischen Geometrie In: ELSCHENBROICH ET AL. (2001a). S.173-182.
- SCHUPP, Hans (1997): Regeometrisierung der Schulgeometrie – durch Computer?. In: HISCHER (1997). S.16-25.
- SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (KMK) (Hrsg.) (2004): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss. München: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.
- SENKBEIL, Martin; WITTWER, Jörg (2007): Die Computervertrautheit von Jugendlichen und Wirkungen der Computernutzung auf den fachlichen Kompetenzerwerb. In: PISA-KONSORTIUM DEUTSCHLAND (Hrsg.): PISA '06. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster: Waxmann. S.277-307.
- SLOANE, Peter F.E; TWARDY, Martin; BUSCHFELD, Detlef (1998): Einführung in die Wirtschaftspädagogik. Paderborn: Schöningh.
- SONNTAG, Karlheinz.; STEGMAIER, Ralf; JUNGMAN, Anke (1998): Implementation arbeitsbezogener Lernumgebungen – Konzepte und Umsetzungserfahrungen. In: Unterrichtswissenschaft 26, Heft 4. Weinheim: Beltz Juventa. S.327-347.
- STRÄßer, Rudolf (2001): Chancen und Probleme des Zugmodus. In: ELSCHENBROICH ET AL.

- (2001a). S.183-194.
- THOMAS, Robert Murray (1994): Implementation of educational reforms. In: HUSÉN/ POSTLETHWAITE (1994). S.1852-1857.
- TREUTLEIN, Peter (1911): Der geometrische Anschauungsunterricht. Paderborn: Schöningh. (= Klassiker der Mathematikdidaktik, Band 3). Reprographischer Nachdruck (1985).
- VOLLRATH, Hans-Joachim; ROTH, Jürgen (2012): Grundlagen des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. 2. Auflage.
- WEIGAND, Hans-Georg (1997): Computer – Chance und Herausforderung für den Geometrieunterricht. In: mathematik lehren, Heft 82. Seelze: Friedrich. S.4-8.
- WEIGAND, Hans-Georg (2000): Angst vor dem Computer? In: mathematik lehren, Heft 102. Seelze: Friedrich. S.4-8.
- WEIGAND, Hans-Georg; FILLER, Andreas; HÖLZL, Reinhard; KUNTZE, Sebastian; LUDWIG, Matthias; ROTH, Jürgen; SCHMIDT-THIEME, Barbara; WITTMANN, Gerald (2009): Didaktik der Geometrie für die Sekundarstufe I. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- WEIGAND, Hans-Georg; WETH, Thomas (2002): Computer im Mathematikunterricht: Neue Wege zu alten Zielen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- WETH, Thomas (1992): Computerunterstütztes modulares Konstruieren im Geometrieunterricht In: ZDM Zentralblatt der Mathematik 24, Heft 4. Berlin: Springer. S.148-153.
- WINTER, Heinrich (2003): Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. In: HENN, Hans-Wolfgang; MAAß, Katja (Hrsg.): Materialien für eine realitätsbezogenen Mathematikunterricht Band 8. Hildesheim: Franzbecker. S. 6-15.
- ZITTERBART, Arnold; SCHEUNGRAB, Christian; BÄNSCH, Christian; FRÖHLICH, Ines; WIEST, Hartwig; LÖDING, Wolfgang; SPRINGSTEIN, Helmut; DRABE, Michael; LORENZ, Peter; REINEKE, Vera; GREEFRATH, Gilbert; BAEGER, Armin; PETERS, Uwe; HEINRICH, Rainer; MALITTE, Elvira; WEITENDORF, Jens; MOLDENHAUER, Wolfgang (2007): Ländersteckbriefe. In: FOTHE, Michael; GREEFRATH, Gilbert (Hrsg.): Mathematikunterricht mit digitalen Medien und Werkzeugen. Unterricht, Prüfungen und Evaluation. Bericht von der Casio-Veranstaltung „Round Table“ vom 13. bis 14. April 2007 in Hamburg. Münster: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat. S.64-95.

Internetquellen

- ALTRICHTER, Herbert; WIESINGER, Sophie (2005): Implementation von Schulinnovationen – aktuelle Hoffnungen und Forschungswissen. Online: <http://paedpsych.jk.uni-linz.ac.at/internet/ORGANISATIONORD/ALTRICHTERORD/IMPLse2PlusLit.pdf> (19.06.2012).
- COLLET, Claus; HISCHER, Wilfrid (2007): Was ist ein DGS, und was kann es leisten? Online: http://hischer.de/uds/lehr/vum/dgs_3_0/Was_ist_ein_DGS/Was_ist_ein_DGS.html (09.03.2012).
- DEFFNER, Wolfgang (2012): Genehmigte Oberschulen in Niedersachsen. Internetauftritt der Niedersächsischen Landesschulbehörde: <http://www.landesschulbehoerde-niedersachsen.de/service/schulen/oberschulen> (02.03.2012).
- ELSCHENBROICH, Hans-Jürgen (2011): Was ist dynamische Geometrie. Online: <http://www.dynamische-geometrie.de/dyngeo.htm> (10.04.2012).
- ELSCHENBROICH, Hans-Jürgen (2012): Dynamische Geometrie-Software. Online: <http://www.dynamische-geometrie.de/dgs.htm> (06.04.2012).
- INITIATIVE D21 (2011): Bildungsstudie: Digitale Medien in der Schule. Eine Sonderstudie im Rahmen der (N)onliner Atlas 2011 Online: http://www.initiatived21.de/wp-content/uploads/2011/05/NOA_Bildungsstudie_140211.pdf (14.05.2012).
- JORDANOVA-DUDA, Matilda (2011): OECD-Untersuchung. "PISA 2009: Schüler online": Ein Computer – elf Schüler. Online: <http://www.schulen-anes-netz.de/aktuelle-meldungen/2011/juli/ein-computer-elf-schueler/oecd-untersuchung-pisa-2009-schueler-online-ein-computer-elf-schueler-2654.html> (08.05.2012).
- KADUNZ, Gert (2002): Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung von Modulen bei DGS Einsatz. Online: http://rfdz.ph-noe.ac.at/fileadmin/Mathematik_Uploads/ACDCA/VISITME2002/contribs/Kadunz/Kadunz.pdf (29.03.2012).
- KORTENKAMP, Ulrich (1999): Foundations of Dynamic Geometry. Dissertation an der ETH Zürich. Online: <http://kortenkamps.net/papers/1999/diss.pdf> (27.05.2012).
- KORTENKAMP, Ulrich (2012): About the Intergeo Project. Online: <http://i2geo.net/xwiki/bin/view/Main/About> (11.05.2012).
- LABS, Oliver (2008): Dynamische Geometrie: Grundlagen und Anwendungen. Skript zu einer zweistündigen Vorlesung im Rahmen der Reihe „Elementarmathematik vom höheren Standpunkt“ gehalten an der Universität des Saarlandes im Wintersemester 2007/08. Online: http://www.math.uni-sb.de/ag/schreyer/LEHRE/0708_DynGeo/skript/0708_DynGeo.pdf (29.03.2012).
- MATHEA, Barbara (2006): „Computer im Mathematikunterricht. Wie verändert neue Technologie den Unterricht?. Grusswort auf der Dritten T³-Regionaltagung „Computer

- im Mathematikunterricht“ vom 03.-04.03.2006 in Mainz. Online: http://miami.uni-muenster.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-3155/Mathea_Grusswort.pdf (10.05.2012).
- MEDIENPÄDAGOGISCHER FORSCHUNGSVERBUND SÜDWEST (MPFS) (2011a): JIM-Studie 2011 – Medienbesitz. Online: <http://www.mpfs.de/index.php?id=238> (11.05.2012).
- MEDIENPÄDAGOGISCHER FORSCHUNGSVERBUND SÜDWEST (MPFS) (2011b): JIM-Studie 2011 – Medien+Freizeit. Online: <http://www.mpfs.de/index.php?id=240> (11.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHER BILDUNGSSERVER (2012): Niedersächsische Schulen und Studienseminare. Online: <http://nibis.de/nibis.phtml?menid=590> (16.03.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2003): Rahmenrichtlinien für die Integrierte Gesamtschule – Mathematik. Online:
<http://www.nibis.de/nli1/gohrgs/rri/rrlmaigs.pdf> (25.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2005): Runderlass des Kultusministeriums zu „Umfragen und Erhebungen in Schulen“ vom 05.12.2005. Online: <http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=VVND-224100-MK-20051205&psml=bsvorisprod.psml&max=true> (11.04.2012)
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2006a): Kerncurriculum für die Realschule – Schuljahrgänge 5-10 – Mathematik. Online:
http://db2.nibis.de/1db/cuovo/datei/kc_rs_mathe_nib.pdf (25.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2006b): Kerncurriculum für die Hauptschule – Schuljahrgänge 5-10 – Mathematik. Online:
http://db2.nibis.de/1db/cuovo/datei/kc_hs_mathe_nib.pdf (25.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2006c): Kerncurriculum für das Gymnasium – Schuljahrgänge 5-10 – Mathematik. Online:
http://db2.nibis.de/1db/cuovo/datei/kc_gym_mathe_nib.pdf (25.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2006d): Kerncurriculum für die Grundschule – Schuljahrgänge 1-4 – Mathematik. Online:
http://db2.nibis.de/1db/cuovo/datei/kc_gs_mathe_nib.pdf (25.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2009): Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe, das Fachgymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg – Mathematik. Online:
http://db2.nibis.de/1db/cuovo/datei/kc_mathematik_go_i_2009.pdf (25.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2011): Die niedersächsischen allgemeinbildenden Schulen in Zahlen. Stand: Schuljahr 2010/2011. Online: http://www.mk.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=24731&article_id=6505&psmand=8 (10.05.2012).
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.) (2012): Niedersächsisches Schulgesetz (NSchG) in der Fassung vom 03.März 1998, letzte Änderung vom 23.03.2012. Online: <http://schure.de/index.ehtm> (20.06.2012).

PIETZNER, Verena (2009): Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften. Online: http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/15_Pietzner.pdf (27.04.2012).

PIETZNER, Verena (2010): Fragebogen zum Computereinsatz im Chemieunterricht. Online: <http://www.chemieunterricht-interaktiv.de/zfdn/computereinsatz.pdf> (27.04.2012).

THE GEOMETER'S SKETCHPAD RESOURCE CENTER (Hrsg.) (2012a): The Sketchpad Story. Online: http://dynamicgeometry.com/General_Resources/The_Sketchpad_Story.html (10.04.2012).

THE GEOMETER'S SKETCHPAD RESOURCE CENTER (Hrsg.) (2012b): The Sketchpad Story. Online: http://www.dynamicgeometry.com/Legal_Notices.html (10.04.2012).

WEIGAND, Hans-Georg (2008): Vortragsfolien zum Thema „10 Bedenken eines fiktiven Lehrers gegenüber dem Computereinsatz im Mathematikunterricht“. Online: <http://www.didaktik.mathematik.uni-wuerzburg.de/weigand/vortraege/Vortrag%2010%20Bedenken%20ohne%20Bilder.pdf> (27.04.2012).

Daten-CD

Inhalt:

- vorliegende Masterarbeit im PDF-Format
- PDF-Datei des Printfragebogens
- PDF-Datei des Evaluationsbogens
- PDF-Datei des Genehmigungsschreibens der Nds. Landesschulbehörde
- PDF-Datei mit Grundauswertung zur Befragungsgruppe DGS60
- PDF-Datei mit Grundauswertung zur Befragungsgruppe DGS500
- PDF-Datei mit Grundauswertung zur Befragungsgruppe keinDGS
- PDF-Datei mit freien Antworten der Befragungsgruppe DGS60
- PDF-Datei mit freien Antworten der Befragungsgruppe DGS500
- PDF-Datei mit freien Antworten der Befragungsgruppe keinDGS

Eidesstattliche Erklärung

„Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel „*Barrieren für den Einsatz von Dynamischer Geometriesoftware. Eine Studie zu Sichtweisen von Mathematiklehrerinnen und -lehrern an Realschulen in Niedersachsen.*“ ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die anderen Werken – auch elektronischen Medien – dem Wortlaut oder Sinn nach entnommenen Stellen der Arbeit, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde weder als Ganzes, noch in Teilen als Prüfungsleistung vorgelegt.“