

FernUniversität in Hagen  
BA Bildungswissenschaft  
Wintersemester 2019/2020  
Modul 2A2

## Mathematisches Bewusstsein in Zeiten eines technologieunterstützten Mathematik-Unterrichts

Modulbetreuerin: Cylia Hergenröder, M.A.  
Modulverantwortliche: Prof. Dr. Julia Schütz

Manuel Reisinger  
Am Südgarten 72, 4060 Leonding, Österreich  
q9076247  
manuel.reisinger@studium.fernuni-hagen.de

## Abstract

**Deutsch:** Der Einsatz technologischer Hilfsmittel im Mathematik-Unterricht österreichischer Schulen hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Diese Arbeit untersucht anhand eines Experteninterviews, ob der Einsatz der Mathematik-Software *GeoGebra* einen Einfluss auf die Herausbildung bzw. die Intensivierung des mathematischen Bewusstseins von Schüler\*innen hat. Das Ergebnis zeigt, dass diese Annahme zwar für viele Schüler\*innen zutrifft, allerdings nur in sehr spezifischen inhaltlichen Bereichen bzw. nur bezogen auf einige wenige konkrete Denkaktivitäten.

**Englisch:** The use of advanced technology in mathematics education in Austrian schools has significantly increased over the last few years. This paper, with the help of an expert interview, aims to answer the question whether the use of the software *GeoGebra* has an influence on the development or intensification of mathematical awareness of students. The result shows that although this assumption is true for many students, it is only valid in very specific areas of content and only related to some few thought processes.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Theoretischer Teil.....	3
3	Empirischer Teil.....	7
4	Interpretation .....	11
5	Schlussbetrachtung.....	13
6	Literaturverzeichnis .....	16
7	Internetquellenverzeichnis.....	17
	Anhang.....	18
	Anhang 1: Leitfaden .....	18
	Anhang 2: Transkriptionsregeln + Transkript .....	22
	Anhang 3: Kodierleitfäden .....	31
	Anhang 4: Auswertungstabellen .....	36
	Anhang 5: Interview-Protokollbogen.....	43
	Anhang 6: Verpflichtung zur Einhaltung des Datenschutzes.....	44
	Anhang 7: Eidesstaatliche Erklärung .....	45

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Der mathematische Kosmos eines Individuums (Helmerich et al. 2011, S. 76).....	4
--	---

# 1 Einleitung

Das Schulfach Mathematik polarisiert. Im Jahr 2013 gaben imposante 72% der Viertklässler\*innen in Österreichs Volksschulen an, ihre Freude an der Mathematik sei „hoch“ oder „eher hoch“ (vgl. Kromp 2017). Doch an Österreichs Allgemeinbildenden Höheren Schulen (AHS) ist Mathematik jedes Jahr das häufigste Nachhilfefach, jenes Fach, das bei der Standardisierten Reife- und Diplomprüfung (SRDP) am schlechtesten abschneidet (vgl. Kromp 2017) und die Hypothese von 72% mit Freude am Mathematikunterricht teilnehmenden AHS-Schüler\*innen würde jede\*r Mathematiklehrer\*in einer AHS sofort verwerfen.

Rainer Kaenders und Ladislav Kvasz definierten den Begriff des „mathematischen Bewusstseins“ (vgl. dazu Helmerich et al. 2011, S. 71 ff.). Dieses ist umfassender als bloßes „mathematisches Verstehen“, da man sich Dinge auch bewusst sein kann, ohne sie zu verstehen (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 75). Während im Mathematik-Unterricht sowohl von Lehrer\*innen als auch von Schüler\*innen der Fokus oft auf mathematischem Verstehen liegt, wird der Erweiterung des mathematischen Bewusstseins, das eigentlich die Grundvoraussetzung und Basis für Interesse, Motivation und letzten Endes auch für Verständnis von mathematischen Aufgabenstellungen darstellt, oft nur wenig Raum geboten.

Eine Entwicklung, die möglicherweise dazu beitragen könnte, das mathematische Bewusstsein bei Schüler\*innen zu fördern, ist der inzwischen nahezu flächendeckende Einsatz technologischer Hilfsmittel<sup>1</sup> an Österreichs AHS. Der technologieunterstützte Mathematik-Unterricht hat spätestens 2013 mit der Einführung der SRDP bzw. der 2018 erfolgten Verpflichtung einer adäquaten technologischen Ausrüstung für die Schüler\*innen flächendeckend in Österreichs Oberstufenklassen Einzug gehalten. Auf der einen Seite erscheint das Potential für einen wirkungsvollen Einsatz technologischer Hilfsmittel allgemein und im Unterrichtsfach Mathematik im Speziellen in der wissenschaftlichen Literatur der letzten Jahre zum Großteil unbestritten (vgl.

---

<sup>1</sup> Als technologische Hilfsmittel werden in dieser Arbeit Computerprogramme oder Taschenrechner bezeichnet, die ein CAS (Computer Algebra System), ein DGS (Dynamische Geometrie Software) sowie die grundlegenden Funktionalitäten eines Tabellenkalkulationsprogramms zur Verfügung stellen. Ein handelsüblicher Taschenrechner ohne diese Komponenten fällt somit im Rahmen dieser Arbeit nicht unter die Definition eines technologischen Hilfsmittels.

hierzu in erster Linie die Metastudie in Hillmayr et al. 2017, S. 9, aber auch Hillmayr et al. 2017, S. 4, Pachemska et al. 2014, S. 4038, Baumgartner, Herber 2013, S. 4, Brandhofer et al. 2019, S. 338 oder Kerres 2017) und die MINT<sup>2</sup>-Lehrer\*innen an Österreichs AHS sind auch jene Lehrer\*innen-Gruppe, die dem Einsatz elektronischer Medien im Unterricht am positivsten gegenüberstehen (vgl. BITKOM 2011). Auf der anderen Seite gibt es natürlich auch Studien, die negative Effekte in Bezug auf Technologieeinsatz feststellen (vgl. Hillmayr et al. 2017, S. 9), etwa Ablenkungen im Unterricht (vgl. Baumgartner, Herber 2013). Die Herausforderungen für Lehrer\*innen, die einen technologieunterstützten Mathematik-Unterricht durchführen, sind vielfältig. So gilt es, jene Situationen zu identifizieren, in denen technologische Hilfsmittel im Mathematik-Unterricht überhaupt Sinn machen (vgl. Akkoc 2019, S. 208) bzw. als Lehrende\*r selbst Technologiebeherrschung und didaktisch-methodische Kompetenzen als Voraussetzung mitzubringen (vgl. Brandhofer 2011, S. 186).

Das Ziel dieser empirischen Arbeit ist es, mögliche Korrelationen zwischen der Erweiterung des mathematischen Bewusstseins und dem Einsatz technologischer Hilfsmittel im Mathematik-Unterricht an Österreichs AHS aufzuzeigen. In den Fokus genommen wird hierbei die dynamische Mathematik-Software *GeoGebra*, die an Österreichs AHS-Oberstufen weit verbreitet ist. Die Software wurde 2002 im Rahmen einer Diplomarbeit dezidiert für den Mathematikunterricht an Schulen entwickelt (vgl. Hohenwarter und Lavicza 2009), ist für Schüler\*innen sowie Lehrer\*innen gratis, und wird als Open-Source-Programm weltweit weiterentwickelt (vgl. Kaenders, Schmidt 2014, S. 1).

Diese Arbeit möchte somit auf empirischem Weg herausfinden, welchen Einfluss der Einsatz der freien Mathematik-Software *GeoGebra* im Mathematik-Unterricht auf die Herausbildung eines mathematischen Bewusstseins bei Schüler\*innen der AHS-Oberstufe in Österreich hat.

In Kapitel 2 wird das Konzept des mathematischen Bewusstseins nach Kaenders und Kvasz detaillierter vorgestellt. Weiters wird die aktuelle Situation rund um E-Learning, die SRDP und den Oberstufen-Mathematik-Unterricht an österreichischen AHS skizziert. Aus der hypothetischen

---

<sup>2</sup> Mathematik Informatik Naturwissenschaften Technik

Verbindung dieser beiden Themenkomplexe ergeben sich die forschungsleitenden Fragen, deren Genese ebenfalls in Kapitel 2 erläutert wird.

In Kapitel 3 wird die Erhebungsmethode des Experteninterviews begründet und beschrieben, sowie die konkreten Vorgangsweisen bei der Datenerhebung und der Datenauswertung dargestellt.

In Kapitel 4 wird eine Interpretation der ausgewerteten Daten vorgenommen, orientiert an der Forschungsfrage bzw. den forschungsleitenden Fragen.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse noch einmal zusammengefasst dargelegt. Darüber hinaus werden Gütekriterien diskutiert und es wird ein kurzer Ausblick auf mögliche anschließende Forschungsprojekte geworfen.

## 2 Theoretischer Teil

Was bedeutet nun mathematisches Bewusstsein nach Kaenders und Kvasz? Bewusstsein wird in diesem Zusammenhang nicht wie in der psychologischen Tradition als mentaler Zustand, sondern als ein epistemologischer Begriff verstanden, als dasjenige, dessen wir uns bewusst sind. In der Ausprägung des mathematischen Bewusstseins demnach „als die Totalität all der mathematischen Aspekte, auf die wir einen mentalen Zugriff haben.“ (Helmerich et al. 2011, S. 73)

Mathematische Aspekte werden dabei thematisch neutral gesehen, d.h. geometrisch erlangtes Bewusstsein kann so beispielsweise durchaus in algebraisches Bewusstsein übergeführt werden (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 74). Dieses ganzheitliche Konzept bzw. diese mögliche Transferleistung führt bereits zur ersten forschungsleitenden Fragestellung:

*Welche Arten von Bewusstseins transfers zwischen verschiedenen inhaltlichen Kontexten lassen sich bei Schulklassen mit GeoGebra-Einsatz feststellen?*

Mathematisches Bewusstsein wird nach Kaenders und Kvasz in drei grundlegenden Dimensionen ausgebildet (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 75):

- Inhalte
- (Mathematischen) Denkaktivitäten
- Werkzeugkompetenzen

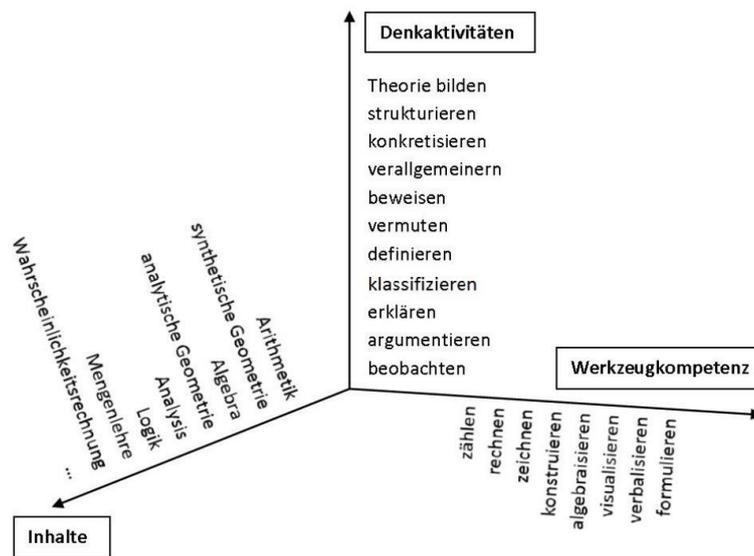


Abbildung 1 - Der mathematische Kosmos eines Individuums (Helmerich et al. 2011, S. 76)

Diese Arbeit folgt in Bezug auf die Dimensionen Denkaktivitäten und Werkzeugkompetenzen den in Abbildung 1 dargestellten Detailausführungen von Kaenders und Kvasz (zumindest in kumulierter Art und Weise), bezieht sich allerdings auf der Inhaltsdimension dezidiert auf die österreichische Bildungslandschaft der AHS-Oberstufe. Im Zuge der (schrittweisen) Einführung der SRDP ab dem Jahr 2009 und der damit verbundenen zentralen Vorgabe der für die Matura (Abitur) zu erwerbenden Kompetenzen (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 205), wurden diese für die AHS grob in vier große Inhaltsbereiche eingeteilt (vgl. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung 2019, S. 6 ff.).

- Algebra und Geometrie
- Funktionale Abhängigkeiten
- Analysis
- Wahrscheinlichkeit und Statistik

Eine der Intentionen der Einführung der SRDP sollte auch eine ganzheitlichere mathematische Bildung der Schüler\*innen sein, konstatierte doch etwa der renommierte österreichische Mathematik-Didaktiker vor der Einführung der SRDP süffisant: „Die österreichischen Schülerinnen und Schüler bewältigen bei der schriftlichen Reifeprüfung mit Bravour relativ komplexe (vorwiegend operative) Aufgaben, zu deren Lösung grundlegende mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten erforderlich sind, über die sie in der Regel nicht (ausreichend) verfügen.“ (Helmerich et al. 2011, S. 206)

Die Einführung der SRDP und die damit verbundene (teilweise) Neuausrichtung des Mathematik-Unterrichts in der AHS-Oberstufe scheint somit durchaus eine gewisse Nähe zum Konzept der Förderung des mathematischen Bewusstseins mit seiner gesamtheitlichen Ausrichtung aufzuweisen.

In der Folge wurden bei der SRDP zuerst elektronische Hilfsmittel auf freiwilliger Basis zugelassen, ab 2018 dann sogar verpflichtend vorgeschrieben. „Die Minimalanforderungen an elektronische Hilfsmittel sind grundlegende Funktionen zur Darstellung von Funktionsgraphen, zum numerischen Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen, zur Ermittlung von Ableitungs- bzw. Stammfunktionen, zur numerischen Integration sowie zur Unterstützung bei Methoden und Verfahren in der Stochastik.“ (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung 2019, S. 22)

Auf E-Learning als Teil einer umfassenderen Mediendidaktik wird bereits seit längerem in den österreichischen Lehrplänen Bezug genommen – seit einigen Jahren findet E-Learning auch noch zusätzlich im Rahmen der SRDP seinen Platz. In dieser Arbeit wird E-Learning dabei nicht in seiner breiten Definition betrachtet, sondern exemplarisch anhand des Umgangs der Schüler\*innen und Lehrer\*innen mit der an Österreichs AHS weit verbreiteten freien, dynamischen Mathematik-Software *GeoGebra*. Inzwischen ist jede vierte österreichische AHS-Oberstufen-Klasse eine Notebook-Klasse (vgl. Brandhofer et al. 2019, S. 314) - Tendenz steigend. Rechnet man noch die Vielzahl an Klassen hinzu, die teilweise ihren Mathematik-Unterricht in einem EDV-Raum durchführen, so ist der Schluss naheliegend, dass *GeoGebra* in den letzten Jahren einen immer höheren Stellenwert im Mathematik-Unterricht in der österreichischen AHS-Oberstufe erlangte.

Die zweite forschungsleitende Frage bezieht sich daher auf den Zusammenhang zwischen den drei Dimensionen des mathematischen Bewusstseins und den Einsatz von *GeoGebra*:

*Welche der drei Aspekte des mathematischen Bewusstseins (Werkzeugkompetenzen, Inhalte, Denkaktivitäten) werden in welchem Ausmaß durch den Einsatz von GeoGebra gefördert?*

Kaenders und Kvasz unterscheiden insgesamt 13 Typen mathematischen Bewusstseins: soziales, imitatives, manipulatives, instrumentelles, diagrammatisches, experimentelles, strategisches, kontextbezogenes, intuitives, analogisches, argumentatives, logisches und theoretisches Bewusstsein – und merken an, dass diese Liste womöglich noch unvollständig sei (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 76). Da eine Betrachtung all dieser Typen mathematischen Bewusstseins den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, wurde als Kerntyp mathematischen Bewusstseins im Zusammenspiel mit *GeoGebra* zuerst das instrumentelle Bewusstsein identifiziert. Darunter wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass man sich folgender Tatsache bewusst ist: Wenn man in ein vertrauenswürdiges Computerprogramm (und als solches soll *GeoGebra* hier behandelt werden) eine Aufgabenstellung syntaktisch korrekt eintippt, dann liefert dieses Computerprogramm im Normalfall eine korrekte Lösung für die Aufgabenstellung (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 79). Da nun einerseits E-Learning nicht nur als ein Lernen mit Technologie als rudimentärem Hilfsmittel begriffen werden sollte, sondern darüber hinaus auch die Technologie mit dem Lernprozess selbst verbunden sein sollte (vgl. Brandhofer 2011, S. 186), und andererseits instrumentelles Bewusstsein für sich alleinstehend zweifelsohne eine ungenügende Ausprägung von ganzheitlichem mathematischen Bewusstsein darstellen würde, soll darüber hinausgehend gefragt werden:

*Wie kann von Seiten der mit GeoGebra unterrichtenden Lehrpersonen eine Reduzierung des mathematischen Bewusstseins der Schüler\*innen auf reine Werkzeugkompetenz bzw. auf ein rein instrumentelles Bewusstsein verhindert werden?*

Neben dem Kerntyp des instrumentellen Bewusstseins, das durch den Einsatz von *GeoGebra* offensichtlich gefördert wird, sollen auch das imitative, das manipulative, das diagrammatische, das experimentelle, das strategische und das kontextbezogene Bewusstsein dahingehend untersucht werden, ob der

didaktisch sinnvoller Einsatz von E-Learning in Form des Mathematik-Unterrichts mit *GeoGebra* eine Steigerung des mathematischen Bewusstseins als Ganzem fördern kann. Und neben der Dimension der Werkzeugkompetenz, die augenscheinlich durch den Einsatz von *GeoGebra* gestärkt wird, sollen auch die beiden anderen Dimensionen mathematischen Bewusstseins, Inhalte und Denkaktivitäten, auf Zusammenhänge mit einem Mathematik-Unterricht mit *GeoGebra* hin untersucht werden. Denn bei mathematischem Bewusstsein geht es letztlich um die Intensität der Zusammensetzung, welche die drei angeführten Dimensionen verbindet (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 77).

Die vorliegende Literatur bietet zwar ein breites Spektrum an Studien über technologieunterstützten Unterricht – eine konkrete Korrelation mit dem Konzept des mathematischen Bewusstseins wurde bisher allerdings noch nicht untersucht.

### **3 Empirischer Teil**

Als Erhebungsmethode wurde ein Experteninterview mit einem Lehrer durchgeführt, der seit mehr als zehn Jahren das Schulfach Mathematik an einer österreichischen AHS-Oberstufe mit Hilfe der Software *GeoGebra* unterrichtet. Die Wahl der Erhebungsmethode „Experteninterview“ erfüllt die Notwendigkeit der Gegenstandsangemessenheit (vgl. Helfferich 2011, S. 26), weil das komplexe Konstrukt der mathematischen Bewusstheit einerseits kaum in vorliegenden Statistiken quantitativ abgelesen werden kann und andererseits nur Expert\*innen, die sowohl die langjährige Praxiserfahrung im Umgang mit dem Unterrichtsfach Mathematik und der Software *GeoGebra*, als auch den nötigen theoretischen Rahmen durch ihr Lehramt-Studium aufweisen, fundierte Aussagen zu den angestrebten Fragestellungen treffen können. Der Begriff „Experte“ wird dabei in dieser Arbeit nach (Gläser und Laudel 2008, S. 12) als die „spezifische Rolle des Interviewpartners als Quelle von Spezialwissen über die zu erforschenden sozialen Sachverhalte“ verstanden.

Als Typus des Experteninterviews wurde das theoriengenerierende Experteninterview gewählt, das den Fokus auf die subjektive Dimension des Expertenwissens legt (vgl. Bogner, Menz 2009, S. 66). Durchgeführt wurde

ein relativ strukturiertes Leitfadenterview (siehe Anhang 1: Leitfaden, sowie Anhang 2: Transkriptionsregeln + Transkript) – eine Vorgehensweise, die etwa in (Helfferich 2011, S. 179) empfohlen wird. Der Leitfaden wurde dabei nach den Empfehlungen von (Helfferich 2011) erstellt. Die Fragestellungen sind trotz der prinzipiell strukturierten Form des Interviews nach dem Prinzip der Offenheit so gewählt, dass dem Experten Raum geboten wird, die Kommunikation weitestgehend selbst zu strukturieren (vgl. Helfferich 2011, S. 114). In Bezug auf die Ausgestaltung der Fragen gibt es in der Literatur verschiedene Auffassungen: Während (Helfferich 2011, S. 181) durchaus auch Stichworte statt exakten Frageformulierungen als Möglichkeit sieht, betonen (Gläser, Laudel 2008, S. 146) die Wichtigkeit des exakten Wortlauts und der Reihenfolge der Fragen. Diese Arbeit folgt in dieser Frage dem Standpunkt von (Gläser, Laudel 2008). Die Fragestellungen des Leitfadens wurden daher in ganzen Sätzen im Leitfaden vermerkt, der wie von (Helfferich 2011, S. 186) vorgeschlagen vier Spalten mit verschiedenen Fragekategorien bzw. Checks umfasst (siehe Anhang 1: Leitfaden). Die Konstruktion und die Auswahl der Fragestellungen wurden dabei nach dem SPSS-Prinzip vorgenommen (vgl. Helfferich 2011, S. 182 ff.), die Gruppierung der Fragestellungen anhand der Forschungsfrage (siehe Kapitel 1) bzw. der forschungsleitenden Fragestellungen (siehe Kapitel 2).

Beim Interview handelt es sich um ein Einzelfallbeispiel, das weder als repräsentativ gelten kann, noch dem Sättigungsprinzip entspricht (vgl. Helfferich 2011, S. 174 f.). Eine größere Zahl an Fallbeispielen hätte allerdings den Rahmen dieser Arbeit gesprengt. Der Interviewteilnehmer wurde vom Interviewer direkt angesprochen. Die Teilnahme am Interview, das an der Schule des Interviewteilnehmers durchgeführt wurde, um eine natürliche Alltagssituation zu schaffen (vgl. Helfferich 2011, S. 42), war freiwillig. Zwei Wochen vor der Durchführung des Interviews wurden dem Interviewteilnehmer sowohl schriftliche Informationen zum Projekt übergeben als auch die Einwilligungserklärung zum Studienprojekt und das Dokument zur Verpflichtung zur Einhaltung des Datenschutzes (siehe Anhang 6: Verpflichtung zur Einhaltung des Datenschutzes).

Eher untypisch für ein Experteninterview war die horizontal ausgerichtete Kommunikationsstruktur (vgl. Bogner, Menz 2009, S. 78), da sowohl Interviewer als auch Interviewteilnehmer seit vielen Jahren als

Mathematiklehrer tätig sind. Während der Interviewsituation saßen sich Interviewer und Interviewteilnehmer gegenüber – eine Situation, von der zwar von (Helfferrich 2011, S. 177) abgeraten wird, die aber durch die horizontale Kommunikationsstruktur entschärft wurde.

Die Tonaufzeichnung des Interviews wurde mit der freien Software *Sprachrekorder* des Betriebssystems *Windows* mit Hilfe eines Notebooks durchgeführt. Neben dem Notebook befand sich auf dem Tisch zwischen Interviewer und Interviewteilnehmer noch der ausgedruckte Interviewleitfaden (siehe Anhang 1: Leitfaden), sowie der von (Helfferrich 2011, S. 177) empfohlene Interview-Protokollbogen (siehe Anhang 5: Interview-Protokollbogen), der direkt nach dem Interview ausgefüllt wurde.

Nach dem Interview wurde dieses vollständig nach den Transkriptionsregeln für Experteninterviews nach (Kuckartz 2014) transkribiert.

Die Datenauswertung wurde in Form einer qualitativen Inhaltsanalyse nach (Mayring 2015) vorgenommen, da sich diese Form der qualitativen Datenauswertung gerade dann anbietet, „wenn aus Texten Beschreibungen sozialer Sachverhalte entnommen werden – d.h. [...] speziell für die Auswertung von Experteninterviews.“ (Gläser, Laudel 2008, S. 47)

Da neben dem Umstand, dass als Erhebungsmethode ein Experteninterview durchgeführt wurde, die Entwicklung mathematischen Bewusstseins in der Klassensituation einer Schule definitiv einen sozialen Sachverhalt darstellt, scheint die qualitative Inhaltsanalyse für die Beantwortung der Forschungsfrage eine adäquate Datenauswertungsmethode zu sein. Als Analysetypus der qualitativen Inhaltsanalyse wurde die Strukturierung gewählt, um „bestimmte Aspekte aus dem Material herauszufiltern, unter vorher festgelegten Ordnungskriterien einen Querschnitt durch das Material zu legen oder das Material aufgrund bestimmter Kriterien einzuschätzen“ (Mayring 2015, S. 65). Als Unterkategorie wurde die inhaltliche Strukturierung gewählt. Mayring führt dazu aus: „Ziel inhaltlicher Strukturierungen ist es, bestimmte Themen, Inhalte, Aspekte aus dem Material herauszufiltern und zusammenzufassen. Welche Inhalte aus dem Material extrahiert werden sollen, wird durch theoriegeleitet entwickelte Kategorien [...] bezeichnet.“ (Mayring 2015, S. 98)

Die Richtung der Analyse war, auf Basis der in Textform vorliegenden Transkription Aussagen über Auswirkungen veränderter Lernsettings auf das mathematische Bewusstsein von Schüler\*innen zu machen. Die theoriegeleitete Differenzierung der Fragestellung wurde bereits in Form der drei forschungsleitenden Fragestellungen vorgestellt (siehe Kapitel 2).

Als Auswertungseinheit galten alle Aussagen, die eine Verbindung zwischen dem Technologieeinsatz im Mathematik-Unterricht und den Schüler\*innen herstellten. Detaillierter konnte die Auswertungseinheit nicht gefasst werden, da dem Experten das Konzept des mathematischen Bewusstseins nicht bekannt war und dieses daher selten (und wenn, dann nur vom Interviewer) angesprochen wurde. Weiter wurde die Auswertungseinheit nicht gefasst, da all jene Aussagen, die den Technologieeinsatz nicht auf Schüler\*innen und deren Lernsituation, sondern etwa auf Lehrer\*innen und deren Lehrsituationen bezogen, für die Forschungsfrage irrelevant sind. Darüber hinaus waren Aussagen ohne Bezug auf den Technologieeinsatz ebenfalls nicht von Interesse für diese Arbeit. Als Kodiereinheit wurde ein Wort festgelegt, als Kontexteinheit das gesamte Material, das durch die Transkription bereit lag.

Zu den Einschätzungsdimensionen der drei forschungsleitenden Fragen bzw. zu den theoriegeleitet entwickelten Kategorien (vgl. Mayring 2015, S. 98):

Die Förderung des mathematischen Bewusstseins bedeutet eine Erhöhung der Intensität in zumindest einer der drei Dimensionen des mathematischen Bewusstseins (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 77). Für die Erhöhung der Intensität wurde eine Skalierung mit vier Ausprägungen gewählt (hoch – mittel – niedrig – keine).

Ein Methodentransfer durch *GeoGebra* zwischen verschiedenen inhaltlichen Kontexten bedeutet einen Erkenntnisgewinn der Schüler\*innen in der Form, dass durch den Einsatz von *GeoGebra* in einem inhaltlichen Kontext eine erhöhte Kompetenz in einer beiden anderen Dimensionen mathematischen Bewusstseins (Denkaktivitäten, Werkzeugkompetenzen) in Bezug auf einen anderen inhaltlichen Kontext erreicht wird (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 75). Für den Methodentransfer wurde eine Skalierung mit drei Ausprägungen gewählt (intensiv – schwach – nicht vorhanden).

Werkzeugkompetenzen sind Kompetenzen, die geübt werden können – im Gegensatz zu den Denkaktivitäten (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 75).

Instrumentelles Bewusstsein ist (in diesem Fall) das Bewusstsein, dass einem *GeoGebra* bei korrekter Eingabe einer Aufgabenstellung mit Sicherheit ein korrektes Ergebnis liefern wird (vgl. Helmerich et al. 2011, S. 79). Für das ganzheitliche mathematische Bewusstsein, das durch den Einsatz von *GeoGebra* über reine Werkzeugkompetenzen bzw. über rein instrumentelles Bewusstsein hinausgeht, wurde eine Skalierung mit drei Ausprägungen gewählt (umfassend – punktuell – nicht vorhanden).

Für alle Fälle, in denen eine eindeutige Kodierung nicht möglich war, wurde jeweils eine Restkategorie „nicht erschließbar“ geschaffen (vgl. Mayring 2015, S. 106).

Nach der Bearbeitung des Textes mittels Kategoriensystem wurde das in Form von Paraphrasen extrahierte Material pro Kategorie zusammengefasst (vgl. Mayring 2015, S. 98).

Die detaillierten Kodierleitfäden und Auswertungstabellen sind im Anhang zu finden (siehe Anhang 3: Kodierleitfäden und Anhang 4: Auswertungstabellen).

## **4 Interpretation**

Die inhaltliche Strukturierung der Daten des Experteninterviews brachte folgende Erkenntnisse:

Der Einsatz von *GeoGebra* im Mathematik-Unterricht fördert bei vielen Schüler\*innen in Bezug auf das mathematische Bewusstsein sowohl den Aspekt der Werkzeugkompetenzen als auch den Aspekt der Denkaktivitäten in hohem Ausmaß. Der dritte Aspekt des mathematischen Bewusstseins, jener der Inhalte, wird hingegen nur in Teilbereichen gefördert. Hinzuweisen ist an dieser Stelle auch auf Schüler\*innen, die eine Abwehrhaltung gegenüber der Technologie einnehmen. Diese profitieren demnach hinsichtlich des mathematischen Bewusstseins nicht vom Technologieeinsatz, stellen allerdings tendenziell eher eine Minderheit dar. Darüber hinaus gibt es auch vereinzelte Inhalte (z. B. Differentialrechnung), Werkzeugkompetenzen (z. B. Motorik einer händischen Konstruktion) und Denkaktivitäten (z. B. argumentieren), die durch den Einsatz von *GeoGebra* hinsichtlich des Grades der Intensität mathematischen Bewusstseins sogar eher geschwächt als gestärkt werden. Auch hier ist der Anteil an der Grundgesamtheit allerdings

überschaubar. Der Einsatz von *GeoGebra* fördert demnach insgesamt das mathematische Bewusstsein von Schüler\*innen, allerdings nicht bei allen im selben Ausmaß und die Dimensionen der Werkzeugkompetenzen und der Denkkaktivitäten deutlicher als die Dimension der Inhalte. Die letzten Sätze des Experteninterviews fassen diesbezüglich noch einmal treffend zusammen: „Ob sie (Anm.: die Schüler\*innen) dadurch besser oder schlechter werden, wage ich jetzt nicht zu beurteilen. Ich glaube, es wird einfach ein bisschen anders.“

Transferleistungen im mathematischen Bewusstsein der Schüler\*innen werden insbesondere durch die dynamische Verknüpfung der Algebra- mit der Geometrie-Perspektive der Software *GeoGebra* im Bereich der Algebra und der Funktionenlehre intensiv gefördert – eine Leistung, die so von der Lehrperson ohne Technologie kaum zu realisieren ist. Auch in den Bereichen von mathematischen Verallgemeinerungen und Beweisen trägt die Technologie zu einem deutlichen inhaltsübergreifenden Methoden- und Bewusstseinstransfer bei – etwa in Form von sogenannten Schiebereglern, die die Veränderung von Parameterwerten auf experimentellem Weg in verschiedensten Themengebieten visualisieren. Insgesamt ist allerdings auch festzuhalten, dass - abseits der eben genannten punktuellen deutlichen Vorteile des technologieunterstützten Mathematik-Unterrichts - in den meisten Bereichen der drei Dimensionen mathematischen Bewusstseins die Technologie nur überschaubare Möglichkeiten für Transferleistungen bietet.

*GeoGebra* wird auch weder aus der Sicht der Lehrenden noch aus der Sicht der Lernenden als reines Werkzeug gesehen, das ausschließlich instrumentelles Bewusstsein schafft. Von den untersuchten Typen mathematischen Bewusstseins werden explizit folgende Typen angesprochen, die bei den Schüler\*innen – entsprechende didaktische Umsetzungen der Lehrenden vorausgesetzt – durch den Einsatz von *GeoGebra* intensivierende Effekte zeigen:

- Experimentelles Bewusstsein: Dieses wird sogar ohne den Einsatz von didaktischen Mitteln gefördert, da mit der Technologie die Experimentierfreudigkeit der Schüler\*innen im Vergleich zu Zettel und Papier deutlich steigt.
- Kontextbezogenes Bewusstsein: Dieses kann vor allem dadurch gefördert werden, dass bei der Arbeit mit *GeoGebra* realistische Datenwerte verwendet werden können, da viele operative Schritte von

der Technologie übernommen werden und damit mehr Zeit für Modellierung und Konzeptualisierung praxisnaher Kontexte bleibt.

- Diagrammatisches Bewusstsein: Die bereits angesprochene dynamische Verknüpfung von Algebra- und Geometrie-Perspektive offeriert didaktische Möglichkeiten, die weit über das herkömmliche Tafelbild hinausgehen.

Während das imitative Bewusstsein durch die Technologie nicht mehr oder weniger gefördert zu werden scheint als durch Unterricht ohne Technologie, zeigt das manipulative Bewusstsein allerdings sogar eine Reduktion der Intensivität, wenn etwa fehlende analoge Konstruktionen zu einer Verminderung von Denkleistungen im Vergleich zu einem Mathematik-Unterricht mit Bleistift, Zirkel und Geodreieck führen.

In Bezug auf das strategische Bewusstsein muss differenziert werden: Während *GeoGebra* nicht per se das Werkzeugrepertoire von Schüler\*innen erweitert, so stellt die Software doch eine weitere Strategie für Schüler\*innen zur Verfügung. Das heißt, einzelne Schüler\*innen haben durch technologieunterstützten Unterricht eher kein größeres Werkzeugrepertoire, die Gesamtheit der Schüler\*innen profitiert allerdings auf strategischer Ebene, da durch die Technologie eine weitere mögliche Strategie hinzugefügt wird, die den Schüler\*innen zur Nutzung bereitgestellt wird.

## 5 Schlussbetrachtung

Zusammenfassend kann demnach festgehalten werden: Der Einsatz der freien Mathematik-Software *GeoGebra* im Mathematik-Unterricht auf die Herausbildung eines mathematischen Bewusstseins bei Schüler\*innen der AHS-Oberstufe in Österreich ist eindeutig gegeben, allerdings mit zwei Einschränkungen.

Erstens: Es profitieren nicht alle Schüler\*innen in gleichem Ausmaß, da es weiterhin Schüler\*innen gibt, die trotz der Möglichkeit des Einsatzes von höherer Technologie diese nur einsetzen, wenn es unbedingt sein muss. Der Anteil der strikten Technologie-Verweigerer ist allerdings gering.

Zweitens: Es gibt sowohl innerhalb der inhaltlichen Dimension (etwa im Zusammenspiel von Algebra und funktionaler Abhängigkeit), als auch

innerhalb der Dimension der Denkaktivitäten (etwa in Bezug auf Verallgemeinerungen und Beweise), sowie auch in der Vernetzung der verschiedenen Dimensionen mathematischen Bewusstseins Aspekte, die durch den Einsatz von *GeoGebra* eine deutliche Intensivierung erfahren. Auch einzelne Typen mathematischen Bewusstseins (etwa das experimentelle Bewusstsein) profitieren ganz klar vom Gebrauch der Mathematik-Software. Allerdings stellt diese kein Allheilmittel dar. Der Großteil der Inhalte und Denkaktivitäten muss trotzdem auf traditionellem Weg, per Hand oder an der Tafel, seinen Platz im mathematischen Kosmos der einzelnen Schüler\*innen finden. *GeoGebra* stellt eine zusätzliche strategische Option für den Großteil der Schüler\*innen dar, muss aber in der Gesamtheit eines didaktisch vielseitig gestalteten Mathematik-Unterrichts gesehen werden.

Dementsprechend sollte der Einsatz von Technologie im Mathematik-Unterricht und dessen Einfluss auf das mathematische Bewusstsein der Schüler\*innen korrekt verortet werden, ohne im Spannungsfeld zwischen Technologie-Verweigerern und Technologie-Fanatikern an einer Extremposition anzustreifen. Auf der einen Seite lässt sich Kulturkritik bis in die Antike zurückverfolgen. Jedem neu eingeführten Medium wird vorab Sinnverlust vorgeworfen (vgl. Brandhofer 2017, S. 53). Auf der anderen Seite birgt der Einsatz von Technologie neue Gefahren im Unterricht und verlangt auch ein speziell dafür geschaffenes didaktisches Design und dessen Realisierung (vgl. Baumgartner, Herber 2013). Die Annahme einer allzu simplen Korrelation zwischen Technologieeinsatz und mathematischem Bewusstsein bei Schüler\*innen ist demnach zu vermeiden.

Bei den Ergebnissen dieser Arbeit ist weiters zu berücksichtigen, dass durch den Stichprobenumfang von  $n=1$  keinerlei Repräsentativität gegeben ist. Legt man die spezifisch inhaltsanalytischen Gütekriterien nach Mayring zugrunde (vgl. Mayring 2015, S. 118 ff.), lassen sich diesbezüglich folgende Feststellungen treffen:

Die semantische Gültigkeit, die sich in der Angemessenheit der Kategoriendefinitionen ausdrückt, kann auf Basis der detaillierten Kodierleitfäden (siehe Anhang 3: Kodierleitfäden) sowie der theoriegeleiteten Herleitung der forschungsleitenden Fragen (siehe Kapitel 2) und der Kategorien (siehe Kapitel 3) nachvollzogen werden. Die korrelative Gültigkeit sowie die Vorhersagegültigkeit konnten durch den begrenzten zeitlichen

Rahmen der Arbeit nicht überprüft werden. Konstruktvalidität ist durch die enge Bezugnahme auf das Basiswerk von Mayring sichergestellt. Stabilität wurde durch mehrere Durchläufe durch das Datenmaterial hergestellt. Reproduzierbarkeit und Exaktheit konnten durch die Arbeit von nur einer Person an dieser Arbeit nicht sichergestellt werden. Insgesamt sich die Ergebnisse dieser Arbeit daher auf Basis fehlender grundlegender qualitativer Gütekriterien mit Vorsicht zu genießen und würden auf jeden Fall Folgestudien bedürfen, um die entsprechend abgesichert zu werden.

Entsprechende Anknüpfungspunkte würden sich rasch finden lassen. Fragestellungen, die mehr in die Tiefe gehen würden, könnten etwa dezidiert jene Teilbestandteile der Dimensionen mathematischen Bewusstseins erforschen, die durch den Einsatz von *GeoGebra* zu einer besonderen Intensivierung des mathematischen Bewusstseins führen. Breiter angelegte Fragestellungen könnten die Spezialisierung auf eine spezielle Mathematik-Software aufgeben und allgemein die Beziehung zwischen Technologie im Mathematik-Unterricht und dem mathematischen Bewusstsein erforschen. Von Interesse könnte in diesem Zusammenhang auch ein breiteres Zielpublikum (Schüler\*innen der Volksschule und/oder der Unterstufe) sein – oder umgekehrt eine Fokussierung hin zu spezifischen askriptiven oder deskriptiven Merkmalen von Schüler\*innen. Auch Qualitäten, die über das Konzept des mathematischen Bewusstseins hinausgehen, könnten im Zusammenhang mit Technologieeinsatz erforscht werden. So regt etwa (Helmerich et al. 2011, S. 84) selbst an: „Wie bestimmte Qualitäten mathematischen Bewusstseins die Entstehung anderer, höherer Qualitäten fördern oder eher blockieren, bleibt zu untersuchen.“

## 6 Literaturverzeichnis

Akkoc, Hatice (2019). A Sociocultural Approach to Learning to Teach with Technology: Reflections on Pre-service Teachers' Field Experiences. In: Proceedings of the 12th International RAIS Conference on Social Sciences and Humanities. 2019. S. 205-209.

Baumgartner, Peter; Herber, Erich (2013). Höhere Lernqualität durch interaktive Medien? - Eine kritische Reflexion (Buchkapitel mit eigenem Titel). Helga, Braun und Walter Weidinger (Hrsg.) In: Erziehung & Unterricht, März/April 3-4/2013. S. 327-335.

Bogner, Alexander; Menz, Wolfgang (2009). Das theoriegenerierende Experteninterview. In: Experteninterviews: Theorien, Methoden, Anwendungsfelder. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 61–98.

Brandhofer, Gerhard (2011). Digitale Bildung für die österreichische Lehrerschaft. Langnau, Emmental: Schweizerische Gesellschaft für Lehrerinnen- und Lehrerbildung (SGL).

Gläser, Jochen; Laudel, Grit (2008). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 3., überarb. Aufl. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss (Lehrbuch).

Helfferrich, Cornelia (2011). Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 4. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.

Helmerich, Markus Alexander et al. (2011). Mathematik verstehen. Philosophische und didaktische Perspektiven. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner (Studium).

Hillmayr, Delia et al. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster, New York: Waxmann.

Hohenwarter, Markus; Lavicza, Zsolt (2009). The strength of the community: how GeoGebra can inspire technology integration in mathematics teaching. In: MSOR Connections 9 (2), S. 3–5.

Kaenders, Rainer; Schmidt, Reinhard (Hrsg.) (2014). Mit GeoGebra mehr Mathematik verstehen. Beispiele für die Förderung eines tieferen Mathematikverständnisses aus dem GeoGebra Institut Köln/Bonn. 2., erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Kuckartz, Udo (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 2., durchgesehene Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).

Mayring, Philipp (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarb. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz.

Pachemska, Sanja et al. (2014). Analyses of Student's Achievement Depending on Math Teaching Methods. In. Procedia - Social and Behavioral Sciences 116, S. 4035–4039.

## 7 Internetquellenverzeichnis

BITKOM (2011) (Hrsg.). Schule 2.0. Eine repräsentative Untersuchung zum Einsatz elektronischer Medien an Schulen aus Lehrersicht. Abgerufen am 5. Dezember 2019. URL: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/BITKOM-Publikation-Schule-20.pdf>

Brandhofer, Gerhard (2017). Das Digitale in der Schule. Mehrwert oder ein Wert an sich? Abgerufen am 5. Dezember 2019. URL: <http://www.gestalte.schule/files/original/186/doc03-Brandhofer.pdf>

Brandhofer, Baumgartner et al. (2019). Bildungsbericht 2018. Bildung im Zeitalter der Digitalisierung. BIFIE. Abgerufen am 20. Jänner 2020. URL: [https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2019/03/NBB\\_2018\\_Band2\\_Beitrag\\_8.pdf](https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2019/03/NBB_2018_Band2_Beitrag_8.pdf)

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2019) (Hrsg.). Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik. Inhaltliche und organisatorische Grundlagen zur Sicherung mathematischer Grundkompetenzen. Abgerufen am 29. Jänner 2020. URL: [https://www.matura.gv.at/fileadmin/user\\_upload/downloads/Begleitmaterial/MA/srp\\_m\\_a\\_grundkonzept\\_2019-09-03.pdf](https://www.matura.gv.at/fileadmin/user_upload/downloads/Begleitmaterial/MA/srp_m_a_grundkonzept_2019-09-03.pdf)

Kerres, Michael (2017). Digitale Bildungsrevolution? Ein Plädoyer für die Gestaltung des digitalen Wandels. Abgerufen am 5. Dezember 2019. URL: <https://epale.ec.europa.eu/de/blog/digitale-bildungsrevolution-ein-plaedoyer-fuer-die-gestaltung-des-digitalen-wandels>

Kromp, Renate (2017). Das Schulfach mit der eigenen Angst. Hrsg. v. News. Abgerufen am 9. Jänner 2020. URL: <https://www.uibk.ac.at/mathematik/mathe-cool/pressepdfs/news2017.pdf>

# Anhang

## Anhang 1: Leitfaden

Erzählauforderung	Check / Memo	Konkrete Fragen an passender Stelle	Aufrechterhaltung- und Steuerungsfragen
<p><i>Einstieg</i></p> <p>Erzählen Sie bitte von Ihrer bisherigen Tätigkeit als Oberstufen-Mathematik-Lehrer an dieser Schule.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrungen in Bezug auf den Mathematik-Unterricht im Allgemeinen</li> <li>• Erfahrungen in Bezug auf Technologie-Einsatz im Mathematik-Unterricht</li> </ul>		
<p><i>Themengebiet</i> <i>Reflexion Technologie im M-Unterricht</i></p>			
<p>Stellen Sie bitte Ihre Sicht auf den Technologieeinsatz im österreichischen Oberstufen-Mathematik-Unterricht dar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorteile / Nachteile der Verwendung von Technologie</li> <li>• Skizzierung des Wandels im Laufe der Zeit</li> <li>• Perspektivenwechsel: Sicht der Schüler*innen</li> </ul>	<p>Begründen Sie, warum Sie sich im Spannungsfeld zwischen Technologie-Verweigerern (keine Technologie im M-Unterricht) und Technologie-Fanatikern (der komplette M-Unterricht mit Hilfe von Technologie) an welcher Stelle verorten würden.</p>	

<b>Themengebiet</b> <b>Geometrie im Kontext der drei Dimensionen des mathematischen Bewusstseins</b>			
Legen Sie bitte dar, in welchen Inhaltsbereichen des M-Oberstufen-Stoffs der Einsatz von Geometrie aus welchen Gründen einen Mehrwert darstellt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhaltsbereich Algebra</li> <li>• Inhaltsbereich Funktionen</li> <li>• Inhaltsbereich Analysis</li> <li>• Inhaltsbereich Statistik / Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> </ul>	Aus welchem Grund stellt Geometrie in den Inhaltsbereichen ... keinen Mehrwert dar?	Können Sie bitte noch zu den Inhaltsbereichen ... Stellung nehmen?
Wie stehen Sie zu der Einschätzung, dass der Einsatz von Geometrie zu einem tieferen mathematischen Bewusstsein in Bezug auf Werkzeugkompetenzen führt?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zählen</li> <li>• Rechnen</li> <li>• Zeichnen</li> <li>• Konstruieren</li> <li>• Algebraisieren</li> <li>• Visualisieren</li> <li>• Verbalisieren</li> <li>• Formulieren</li> </ul>		Können Sie bitte noch zu den Werkzeugkompetenzen ... Stellung nehmen?
Spezifische Werkzeugkompetenz wird zumeist an einer konkreten Inhaltsdimension geübt. Konstruieren etwa im Bereich der Geometrie, Rechnen im Bereich der Algebra. Schildern Sie bitte aus Ihrer Sicht, ob Geometrie einen Methodentransfer zwischen verschiedenen inhaltlichen Kontexten erleichtert und begründen Sie Ihre Entscheidung anhand von Beispielen.			Können Sie bitte ein konkretes Beispiel hierfür anführen?
Erzählen Sie bitte aus Ihrer Erfahrung, wie sich der Umgang von Schüler*innen mit mathematischen Beweisen, Verallgemeinerungen und Theorien im Kontext vom Einsatz von Geometrie verändert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitative / quantitative Änderungen</li> </ul>		

<p><b>Themengebiet</b>  <i>Geogebra im Kontext der verschiedenen Typen mathematischen Bewusstseins</i></p>			
<p>Nehmen wir an, die Schüler sollen lernen eine quadratische Gleichung zu lösen.                  (Imitatives Bewusstsein)                  Wenn zum ersten Mal gemeinsam (Lehrer*in + Schüler*innen) eine quadratische Gleichung gelöst wird: Begründen Sie, warum Sie diesen Arbeitsschritt mit Geogebra oder schriftlich vollziehen würden.</p>			
<p>(Manipulatives Bewusstsein)                  Wenn Schüler*innen verschiedene quadratische Gleichungen algebraisch lösen sollen: Diskutieren Sie den Unterschied im algorithmischen Denken zwischen einem Lösen per Hand und einem Lösen mit Geogebra.</p>			
<p>(Instrumentelles Bewusstsein)                  Aus Ihrer Erfahrung heraus: Gibt es Schüler*innen, die trotz der Möglichkeit des Einsatzes von Geogebra quadratische Gleichungen per Hand lösen? Wenn ja, versuchen Sie bitte eine Begründung hierfür zu finden. Wenn nein, legen Sie bitte dar, warum dies aus Ihrer Sicht keine Schüler*innen machen.</p>			
<p>(Diagrammatisches Bewusstsein)                  Erzählen Sie aus Ihrer Erfahrung, wie die Verknüpfung der Algebra-Perspektive mit der Grafik-Perspektive auf die ganzheitliche Problemerkfassung bei den Schüler*innen wirkt.</p>			

<p>(Kontextbezogenes Bewusstsein)</p> <p>These 1 lautet: Der Einsatz von <u>GeoGebra</u> erfordert im Unterricht Zeit zum Üben des Gebrauchs der Technologie. Zeit, die dadurch für konkrete Praxisbeispiele verloren geht.</p> <p>These 2 lautet: Der Einsatz von <u>GeoGebra</u> ermöglicht das Arbeiten an konkreten Praxisbeispielen, da realistische Zahlenwerte für ein CAS-System kein Problem darstellen.</p> <p>Nehmen Sie bitte zu diesen beiden Thesen Stellung.</p>			
<p>(Strategisches Bewusstsein)</p> <p>Mathematische Aufgabenstellungen verlangen verschiedene Strategien, um zu einer Lösung zu gelangen. Schildern Sie, wie Sie den Einsatz von <u>GeoGebra</u> im Kontext einer Strategievelfalt bei Schüler*innen einschätzen.</p>			<p>Fall positive Antwort: Können Sie bitte ein konkretes Beispiel hierfür anführen?</p>
<p>(Experimentelles Bewusstsein)</p> <p>Abseits der konkreten mathematischen Aufgabenstellung der quadratischen Gleichung: Schätzen Sie bitte die Einsatzmöglichkeiten von <u>GeoGebra</u> in Bezug auf das experimentelle Auffinden einer Lösung eines mathematischen Problems ein.</p>			
<p><i>Abschluss</i></p> <p>Wie <u>sehen</u> die Zukunft des Mathematik-Unterrichts in der Oberstufe mit Hilfe von <u>GeoGebra</u>?</p>			

## Anhang 2: Transkriptionsregeln + Transkript

Transkriptionsregeln nach (Kuckartz 2014).

I: Ja, erzählen Sie bitte von Ihrer bisherigen Tätigkeit als Mathematiklehrer an dieser Schule.

B1: (...) Da muss ich kurz nachdenken. (I: Also Erfahrungen in Bezug auf den Mathematikunterricht im Allgemeinen...) Erfahrungen... (I: ... und im Speziellen auf den Technologieeinsatz.) Ja, also ich habe jetzt eigentlich alle Oberstufenklassen, die ich unterrichtet habe, mit *GeoGebra* begleitet. Das sind drei. Also eine Klasse habe ich bis zur Matura begleitet, jetzt habe ich eine siebte und eine sechste. Und die sechste und die siebte Klasse sind Notebook-Klassen, das heißt, die haben den Computer ständig dabei und die frühere Klasse war eine gemischte aus einer Laptopklasse und einer Gymnasiumklasse, die einen Handheld-Rechner gehabt haben und da habe ich auch den Technologieeinsatz aber mit *GeoGebra* vorgezeigt und verwendet. Das ist das vom Ausmaß.

I: Seit wie vielen Jahren unterrichten Sie an der Schule?

B1: Seit neun.

I: Und wenn Sie den (.) wenn Sie Ihre Sicht auf den Technologieeinsatz in der österreichischen Oberstufen (.) im österreichischen Oberstufen-Mathematik-Unterricht darstellen würden, was wäre da Ihre Sicht der Dinge?

B1: (..) Ähm (.) Ja, dass der Technologieeinsatz notwendig ist und hilfreich ist steht für mich außer Frage. (..) Ähm. (...) Ich stehe aber immer wieder vor der Frage, wie sehr und wo ich ihn (..) wo ich ihn einsetze und in welcher Form. Ähm (...) Wir verwenden ja bei uns an der Schule nicht nur *GeoGebra*, sondern zum Beispiel Excel auch weil (.) ähm (...) beim Excel ist es ja so, dass das ja ein Programm ist, das man ja in der Nachwelt quasi später auch weiterverwenden kann, deswegen finde ich es ganz wichtig, dass man (.) dass man die Sachen, die das Programm kann für den Mathematikunterricht auch verwendet und einbaut. (.) Ähm (.) Und mit *GeoGebra* ist es so eine Sache, das ist in manchen Bereichen recht hilfreich (.) ähm (.) und in manchen Bereichen aus meiner Sicht zu hilfreich.

I: Also sprechen wir da jetzt aus der Perspektive von den Schülern oder von den Lehrern?

B1: Hm (..) Ich habe jetzt einmal aus der Sicht vom Lehrer (.) vom Lehrer gesprochen, weil (..) ähm (.) weil ich ja quasi vorhabe, was die Schüler können sollten und was sie (.) welche (.) welche (.) welche Gedankengänge welche mathematischen sie auch verstehen sollten und da gibt es halt (.) da gibt es halt Dinge, die lassen sich mit

*GeoGebra* abkürzen oder (.) oder aufheben und (...) da ist die (.) da ist es dann auch bei der Leistungsüberprüfung immer die Frage, wie (.) wie baut man dann die Aufgaben, dass sie (..) dass sie den Schüler quasi zwingen dazu (.) auch mathematische Gedankengänge zu vollziehen und nicht nur (.) ähm (.) ein elektronischen Tool anwenden.

I: Und wenn man das mehr aus der Sicht der Schüler betrachten würde? (..) Wie glauben Sie, sehen die Schüler den Technologieeinsatz im Mathematikunterricht?

B1: (6) Ich glaube, dass sie ihn als (.) Naja. (.) Ich glaube, dass es geteilt ist. Also ich habe es in meiner siebten Klasse, dass (.) dass manche den Computer als sehr hilfreich sehen und ihn auch verwenden und ihn viel verwenden und (.) andere (.) äh (.) eine gewisse Abwehrhaltung dagegen haben und die auch nicht loswerden. Das heißt, die wollen (.) Ich erkläre die Sachen immer vorher, wie man es mit der Hand macht natürlich (.) ähm (.) und es gibt Schülerinnen und Schüler, die bleiben dann dabei. Und die (.) die sind auch damit zufrieden und sagen „nein das geht äh so“ und das (.) da brauche ich den Computer nicht dazu. Führt dann manchmal dazu, dass sie zum Beispiel bei Schularbeiten, wo (.) wo dann Aufgaben dabei sind, die darauf ausgelegt sind, dass man sie mit dem Computer macht – vor allem Typ-2-Aufgaben – ähm (.) dann halt links liegen lassen oder nicht (.) nicht gescheit lösen können weil sie sich mit der Technologie nicht so vertraut gemacht haben. Aber der Großteil nimmt das glaube ich schon (.) nimmt das glaube ich schon gut an und ist erleichtert (.) erleichtert über diesen Technologie-Einsatz.

I: Und also wenn wir jetzt dann für den folgenden Teil in der Schülersicht bleiben würden, also wenn wir uns in die Perspektive des Schülers hineinversetzen würden (B: Mhm), aber natürlich aus einer Metaebene betrachtet: wenn ich mir jetzt die einzelnen Inhaltsbereiche des Mathematik-Oberstufen-Stoffes anschauen würde aus der Sicht des Schülers, eben wie der Einsatz von *GeoGebra* da einen Mehrwert darstellen könnte. Wenn wir da die vier Inhaltsbereiche nehmen: Inhaltsbereich Algebra: Bringt da *GeoGebra* einen Mehrwert?

B1: (12) Ja. Ähm. (..) Ich meine, die einzelnen – die, die – die Äquivalenzumformungen, die man in der dritten Klasse, in der Unterstufe schon lernt, die (5), die nimmt einem *GeoGebra* ja nur, na ja, nur zum Teil ab. (...) Ich mein Gleichungen lösen tut in der Oberstufe quasi niemand mehr mit der Hand. (...) Ja, würde ich schon, würde ich schon sagen, dass da...

I: Zum Inhaltsbereich Funktionen?

B1: Da passiert ganz viel auf *GeoGebra*. Also das würde ich sagen, dass ist vielleicht sogar der (..) in *GeoGebra* gesehen einer der wichtigsten (.) oder der Bereich, wo *GeoGebra* am meisten (.) am meisten eingesetzt wird. Weil man da eben diese Verbindung (.) diese Verbindung von Funktionsgraph mit Funktionsterm und Tabelle – das lässt sich da einfach gut bearbeiten und auch verstehen und auch herzeigen.

I: Mhm. Inhaltsbereich Analysis?

B1: (8) Ja, da sind natürlich auch ...

I: Differential- / Integralrechnung?

B1: Ja.

I: Hat sich da grundlegend etwas geändert zu früher? Auch aus der Sicht von den Schülern.

B1: Aus der Sicht von den Schülern... (8) Ja, das ist... also Ableitungen bestimmen ist einfach viel leichter geworden. Also, einfach diese ganze Regeln, die kann ich mir eigentlich – die braucht man eigentlich nicht. Aus Schülersicht braucht man sie nicht, aus Lehrersicht kann ich sie quasi nicht mehr abprüfen, weil das (.) weil das alles *GeoGebra* macht.

I: Und hat das zu einem Mehr an Verständnis beigetragen aus Ihrer Sicht? Oder...?

B1: (7) Bei den Ableitungs... bei den Ableitungsregeln ist die (.) stelle ich die Frage, ob die (.) bei den komplizierteren Ableitungsregeln, ob da das mathematische Verständnis der Schüler überhaupt so weit geht oder ob man das im Unterricht so weit unterbringt, dass sie das verstehen. Weil zum Beispiel kompliziertere Ableitungsregeln herleiten geht dann eh fast nicht mehr. Das heißt, eine Ableitung von einer linearen Funktion herleiten, das (.) das geht irgendwie noch und das verstehen sie auch und da kann man vielleicht auch noch das mathematische Verständnis der Schüler einfordern. Ähm (..) aber, was weiß ich, eine Kettenregel oder Produktregel zu beweisen: da geht es dann eh nur, dass man sie ... da geht es darum, dass man sie anwenden kann und für die Anwendung: die kann (.) die kann von mir aus gerne – und auch aus der Sicht der Schüler – gern mit dem Computer unterstützt passieren.

I: Und Inhaltsbereich Statistik / Wahrscheinlichkeitsrechnung?

B1: (...) Da handhabe ich das im Unterricht so, (..) dass ich den Schülern nicht verrate, was *GeoGebra* kann. ((lacht)) Also ich (.) die Wahrscheinlichkeitsregeln und Statistik mache ich mit Excel. Weil ich (.) das ist (.) Excel ist ein Datenverarbeitungsprogramm und Wahrscheinlichkeitsrechnung ist Umgang mit großen Datenmengen oder mit solchen Dingen und da halte ich es für nachhaltiger und der Wahrscheinlichkeitsrechner, der in *GeoGebra* implementiert ist, mit dem bin ich erstens nicht sehr vertraut und zweitens (..) kann der quasi für meine Verhältnisse zu viel. Da muss ich von dem Ganzen nicht mehr sehr viel verstehen.

I: Und wenn ich wieder auf die Perspektive der Schüler wechsele: Wenn das jetzt mit Excel getätigt wird, dann hat das einen Mehrwert wie wenn ich es ohne Technologieeinsatz machen würde?

B1: (5) Wenn ich das Excel verwende, dann hat das glaube ich (..) schon einen Mehrwert gegenüber (..) gegenüber technologiefrei, weil das einfach (..) ähm (..) weil sollten sie nachher einmal in die (..) in die Situation kommen, das noch einmal machen zu müssen, dann sind sie wahrscheinlich schneller, dass sie sich im Excel das wieder aneignen oder an das erinnern (..) ähm (..) als (..) als quasi das ganz technologiefrei zu machen. Vor allem sind die Excel-, also die Computerbefehle, die sind dann – die hat man schneller wieder da. Das ist auch in einer Überprüfungssituation vielleicht wieder. Wenn man eine Binomialverteilung mit (..) mit Excel macht, dann (..) dann gibt ja Excel quasi ein bisschen vor, was man eingeben muss und man muss sich nur noch ein bisschen erinnern: was ist die Erfolgswahrscheinlichkeit, was ist die Stichprobenanzahl, usw. Das heißt, ich glaube, das bleibt länger hängen.

I: Wie stehen Sie zu der Einschätzung, dass der Einsatz von *GeoGebra* zu einem tieferen mathematischen Bewusstsein in Bezug auf Werkzeugkompetenzen führt. Also Werkzeugkompetenzen im Sinne von zählen, rechnen, zeichnen, konstruieren, visualisieren, verbalisieren, formulieren. Das sind jetzt sehr viele Aufzählungen. (B1: Mhm.) Aber ist das Ihre Meinung, dass *GeoGebra* zumindest in einzelnen dieser Bereiche zu einem tieferen mathematischen Bewusstsein führen könnte, oder ist es ein reines Werkzeug für Sie?

B1: (..) Ähm (..) Also am stärksten ist ja *GeoGebra* aus meiner Sicht in (..) in diesen Bereichen konstruieren und visualisieren. Das ist auch der Bereich wie Schüler bei uns glaube ich *GeoGebra* kennen lernen, also das (..) dieses Grafikenfenster, wo man eben die (..) die Begriffe, die man aus der Unterstufe kennt, also Geraden, Strecken, usw. (..) ähm (..) gut (..) gut einfügen kann und Fehler, die durch Ungenauigkeit passieren würden, die fallen dabei weg. Das heißt, es ist vielleicht das Erfolgserlebnis ein größeres, weil (..) weil man quasi weniger Fehler machen kann. Und gleichzeitig sind (..) sind auch in *GeoGebra* (..) ähm (...) ähm, was wollte ich jetzt sagen? (...) Ja das verbalisieren, das (..) das lernt man in *GeoGebra* nicht, das fällt quasi ganz weg und das rechnen fällt halt auch weg, das heißt, das wieder eher nicht (..) eher nicht unterstützt. (..) Das zeichnen natürlich schon, aber in einer digitalen Weise. Das heißt, die (..) die motorischen Fähigkeiten, die man sonst ja (..) die ja auch nicht ganz unwichtig sind und die wir in Mathematik auch schulen, indem man Skizzen macht oder (..) oder Freihand-Schrägrisse zeichnet – das fällt dadurch natürlich weg.

I: Spezifische Werkzeugkompetenz wird ja zumeist an einer konkreten Inhaltsdimension geübt, also konstruieren etwa im Bereich der Geometrie, rechnen im Bereich der Algebra. Schildern Sie bitte aus Ihrer Sicht, ob *GeoGebra* einen Methodentransfer zwischen verschiedenen inhaltlichen Kontexten erleichtert und begründen Sie Ihre Entscheidung anhand von einem Beispiel.

B1: Methodentransfer. (..) Das heißt...

I: Ja, weil konstruieren etwa (.) etwa nur im Bereich der Geometrie geübt wird im klassischen Mathematikunterricht und rechnen nur im Bereich der Algebra. Bietet *GeoGebra* mit seinen verschiedenen Perspektiven, die zusammenspielen, die Möglichkeit für Schüler zum Beispiel konstruieren auch abseits jetzt von der Inhaltsdimension Geometrie sinnvoll oder verständnisvoll einzusetzen?

B1: (12) Also konstruieren abseits der Geometrie fällt mir jetzt (.) fällt mir nichts ein. Ähm (8). Das, was im Bereich der Algebra – wenn ... wenn Algebra normalerweise nur rechnen ist oder die Hauptkompetenz rechnen ist, dann hat da eben schon *GeoGebra* mit dem ... mit dem Grafikfenster, wo quasi alle Dinge, die algebraisch (.) ähm (.) definiert werden – wenn sie denn grafisch darstellbar sind, auch grafisch dargestellt werden, hat das schon einen (.) einen (..) Mehrwert glaube ich. Weiß nicht, ob man das als Methodentransfer bezeichnen würde, aber man (.) man kriegt zumindest das (.) man kriegt mit dem (.) wenn man rechnerischen Teil betrachtet, den algebraischen Teil, dann kriegt man den grafischen, den konstruierten Teil mitgeliefert und kann so vielleicht dann auch die andere Richtung leichter (.) leichter nachvollziehen und erlernen. Das heißt, ich würde sagen, in gewissen Fällen ja, aber, dass mir da sehr viele Beispiele einfallen würden ist jetzt nicht (.) nicht der Fall.

I: Okay. Erzählen Sie bitte aus Ihrer Erfahrung, wie sich der Umgang von Schülern und Schülerinnen mit mathematischen Beweisen, Verallgemeinerungen und Theorien im Kontext von *GeoGebra* verändert oder auch nicht verändert.

B1: (...) Wie war das? Beweise...

I: Mathematische Beweise, Verallgemeinerungen und Theorien.

B1: Ähm. (8) Ähm. (5) Das ist verschieden. Ähm (..) manche (.) wenn es um Beweise geht zum Beispiel, dann ist (..) dann lassen sich manche Beweise mit *GeoGebra* einfach (.) super verbalisieren. Und auch Verallgemeinerungen. Also das ... ich glaube, es soll da eher um die Oberstufe gehen, oder? (I: Ja, um die Oberstufe.) Ähm (.) Beispiele aus der Unterstufe sind vielfältiger, aber auch in der Oberstufe, wenn es um ... um Vektorrechnungen oder so geht, alles was (.) wo man, wo man Dinge verallgemeinern und beweisen möchte, indem man es (.) ähm (.) indem man es variabel hält, da ist diese dynamische Geometrie-Software einfach ein (.) ja, ein, ein super Tool für den Lehrer sage ich mal jetzt, das zu zeigen und für den Schüler wahrscheinlich auch, das zu verstehen. Das führt manchmal dazu, dass (.) dass (.) dass Begriffe, die früher (.) wenn wir früher Parameterdarstellung gehabt haben und wir sagen Parameter, dann ertappe ich mich manchmal schon dabei, dass ich sage: Stellt euch vor, das ist ein Schieberegler. Das heißt, dass (.) dass sogar Begriffe aus (.) aus *GeoGebra* ausgetauscht werden mit den (.) mit den üblichen Begriffen vorher.

I: Nehmen wir an, die Schüler sollen lernen, eine quadratische Gleichung zu lösen: Wenn jetzt zum ersten Mal gemeinsam – also Lehrer und Schüler – eine quadratische Gleichung gelöst wird: Begründen Sie warum Sie diesen Arbeitsschritt entweder mit *GeoGebra* oder händisch / schriftlich vollziehen würden.

B1: Ähm, ich mache es immer zuerst händisch / schriftlich. (..) Ähm. (Tür zum Besprechungszimmer wird kurz geöffnet, fremde Person schließt die Türe wieder). Warum mache ich das? Weil (..) weil man händisch / schriftlich die Chance hat zu verstehen wie es geht. (..) Ähm (.) und auch ein bisschen dadurch die Chance hat, zu sehen, ob der Arbeitsaufwand, der dahinter steckt, oder (..) ob das kompliziert ist oder nicht. Das heißt die Komplexität einer Aufgabenstellung geht mitunter dann verloren oder auch das Bewusstsein für die Komplexität einer Aufgabenstellung, wenn man es in *GeoGebra* macht, weil da ist es relativ egal, ob das sehr kompliziert ist oder weniger kompliziert: das dauert wenige Millisekunden und ist fertig. Und (6) dann ... also ... machen ... anbieten tue ich es den Schülern auf jeden Fall und entscheiden, ob das dann auch überprüfungsrelevant ist, oder ob ich dann (.) ob ich verlange, dass das auch alle Schüler wiedergeben können müssen – das entscheide ich dann im (.) im speziellen Fall. Aber mein Zugang ist immer der, dass (.) dass ich versuche, so wenig wie möglich komplett durch die Technologie zu (.) zu ersetzen, sondern die Technologie quasi als (.) als Hilfsmittel dann hintanzustellen, um Aufgaben effizienter / schneller zu lösen. Also dort, wo es um das (.) um das Aufgaben lösen geht – zum Beispiel bei den quadratischen Gleichungen.

I: Okay. Wenn wir dann vielleicht wieder schauen, bei den restlichen Fragen noch (B1: Schülersicht) wieder (B1 lacht) auf die Perspektive der (.) der Schüler zurück zu wechseln – genau. Ich weiß, das fällt schwer (lacht). Wenn Schüler verschiedene quadratische Gleichungen algebraisch lösen sollen: Diskutieren Sie den Unterschied im algorithmischen Denken zwischen einem Lösen per Hand und einem Lösen mit *GeoGebra*. Wenn ich jetzt unterschiedliche quadratische Gleichungen algebraisch lösen soll... einen Vergleich anstellen soll (...) – habe ich da einen Mehrwert mit *GeoGebra* unter Umständen?

B1: Wenn es jetzt nur um das Lösen geht? Oder?

I: Nur um das Lösen eigentlich.

B1: Um das Lösen, das ist ja (..) da ist (.) da sind die verschiedenen quadratischen Gleichungen dem Schüler ja egal, oder? (...) Weil *GeoGebra* (.) *GeoGebra* löst sie – und damit sind ja Schüler meistens zufrieden. Also (I: Okay) die bekommen eine Lösung heraus und (..) das passt.

I: Aus Ihrer Erfahrung heraus: Gibt es Schüler, die trotz der Möglichkeit des Einsatzes von *GeoGebra* quadratische Gleichungen per Hand lösen? Wenn ja, versuchen Sie eine Begründung dafür zu finden. Wenn nein, legen Sie bitte dar, warum das aus Ihrer Sicht keine Schüler machen.

B1: (5) Ähm (1) Meine Erfahrung zeigt, dass es Schüler gibt, die das per Hand machen. (...) Ähm (..) Warum? Das sind glaube ich vor allem diejenigen, die (.) also das hat natürlich damit zu tun, dass ich es (.) zu tun, dass ich (.) dass mein erster Zugang der ist, das heißt, dass ich es zuerst per Hand erkläre und die Schüler, die das quasi (.), die das verstehen und nachvollziehen können und darin keine

Schwierigkeiten sehen, die – glaube ich – die bleiben dann einfach dabei. (..) Das kann sein, dass sie dann eben bei (.) bei Übungen wo (.) wo eine große Menge von Aufgaben zu lösen wäre, wo es dann auch um (.) um zeitliche Effizienz geht, dass sie es dann doch einmal mit dem Computer machen (..) ähm (..) – aber sonst, wenn die, wenn sie das quasi per Hand verstehen, dann sehen die aus meiner Sicht wahrscheinlich keine (.) keine Notwendigkeit, es (.) es anders zu machen. (.) Ähm (.) beziehungsweise ist es für Schüler glaube ich immer die (.) die Ungewissheit dabei: Wie will es denn der Lehrer nachher haben? (..) Das heißt, das ist ja nicht von vornherein klar, ob sie bei der Schularbeit oder bei der Leistungsüberprüfung das nur mit *GeoGebra* machen dürfen oder ob Aufgabenstellungen dabei sind, wo man (.), wo irgendwie abgeprüft wird, dass man verstanden hat, wie der Lösungsweg funktioniert. Und das stelle ich den Schülern ja immer in Aussicht, dass (.) dass sie *GeoGebra* zwar uneingeschränkt verwenden dürfen, aber dass sie sich bewusst sein sollen dessen, dass es Aufgaben gibt, die mit *GeoGebra* nicht gelöst werden können.

I: Ja, das haben wir teilweise vorher schon gehabt, den Teil, aber vielleicht trotzdem noch einmal ganz kurz: Erzählen Sie aus Ihrer Erfahrung, wie die Verknüpfung der Algebra-Perspektive mit der Grafik-Perspektive auf die ganzheitliche Problemerkennung bei den Schülern wirkt.

B1: (..) Ähm. (5) Das wirkt glaube ich (..) ja das wirkt, ich glaube, dass das schon, dass diese (.) diese Parallelität dieser zwei Welten quasi, die man (.) wo ich mich an frühere Tafelbilder erinnern kann, wo ich immer einen Strich in der Mitte gemacht habe und gesagt habe „auf der einen Seite das, auf der anderen Seite das“ und diese Parallelen gezogen habe, das wird durch *GeoGebra* erleichtert, weil das dort von selbst erscheint. Weil sie dort sehen, der (.) die Parallelen werden jetzt nicht nur vom Lehrer gezogen und erklärt, sondern mit einem Knopfdruck bei *GeoGebra* erscheint das und zugleich auch das. Das heißt, dieser (.) der Zusammenhang zwischen den beiden Perspektiven, der wird dadurch einfach augenscheinlich und viel deutlicher.

I: These eins lautet: Der Einsatz von *GeoGebra* erfordert im Unterricht Zeit zum Üben des Gebrauches der Technologie, Zeit, die dadurch für konkrete Praxisbeispiele verloren geht. These zwei lautet: Der Einsatz von *GeoGebra* ermöglicht das Arbeiten an konkreten Praxisbeispielen, da realistische Zahlenwerte für ein CAS-System kein Problem darstellen. Nehmen Sie bitte zu diesen beiden Thesen Stellung.

B1: (..) Mhm. (18) Ich würde mich jetzt eher der These zwei anschließen. Ich glaube, dass der Einsatz (.) also – zur These eins, der Einsatz von *GeoGebra* erfordert aus meiner Sicht nicht sehr viel Zeit zum Üben. Ich finde das Programm eigentlich recht (.) recht selbstverständlich, selbsterklärend. Schüler, die aus anderen Schulen immer wieder zu uns kommen und mit *GeoGebra* noch nichts gemacht haben, haben eigentlich (.) habe ich noch nie erlebt, dass die Probleme hätten, jetzt *GeoGebra* zu verstehen. Auch Schüler, die (.) ich glaube (.) die auch in der Unterstufe aus einem Zweig ohne Computereinsatz dann in diesen (.) unseren Netzwerkzweig wechseln, dass die auch (.) also dass (.) dass das keine Hürde ist, *GeoGebra* zu verstehen. Deswegen glaube ich, dass da keine Zeit verloren geht. Ich sehe eher eben diesen Mehrwert, der in These zwei angesprochen ist (.) ähm (..) dass die (.) dass die Rechnungen oder die – ja, die ... – ja, von mir aus Rechnungen und auch die Zahlen

guten Gewissens dann komplizierter oder komplexer gewählt werden können, weil dadurch im CAS eh keine (.) keine Schwierigkeiten auftreten.

I: Mathematische Aufgabenstellungen erfordern verschiedene Strategien, um zu einer Lösung zu gelangen. Schildern Sie, wie Sie den Einsatz von *GeoGebra* im Kontext einer Strategieviefalt bei Schülern einschätzen. Werden (.) verschiedene Strategien verwendet oder (.) bleibt man dann eh doch eher wieder bei der einen bekannten Strategie?

B1: (..) Ich erlebe es glaube ich so, dass sich (..) dass Schüler verschiedene Strategien kennen lernen und sich dann für eine entscheiden, bei der sie (.) bei der sie bleiben. Das ist mir in einer Oberstufenklasse einmal aufgefallen, wo sie (...) ich weiß die Aufgabenstellung nicht mehr, aber es wäre (.) es war eine Aufgabenstellung mit Funktionen, die (.) die rechnerisch oder algebraisch recht einfach zu lösen gewesen wäre und der Schüler war mit (.) mit dem graphischen Teil von *GeoGebra* aber offenbar sehr vertraut und hat das dann – zwar recht kompliziert – aber doch (.) ähm (.) rein graphisch gelöst. Durch Einziehen von Parallelen und (.) und so weiter und Schnittpunkte bestimmen. Ähm (..) das heißt, ich (.) ich glaube nicht, dass (.) dass einzelne Schüler dadurch mehrere Strategien anwenden, aber ich glaube, dass (.) dass durch das, dass mehrere Strategien zur Verfügung stehen durch das Computerprogramm, jeder Schüler vielleicht eine bessere Chance hat, seine (.) seine Strategie zu finden – und bei der zu bleiben.

I: Abseits der konkreten mathematischen Aufgabenstellung der quadratischen Gleichung: Schätzen Sie bitte die Einsatzmöglichkeiten von *GeoGebra* ein in Bezug auf das experimentelle Auffinden einer Lösung eines mathematischen Problems ein.

B1: (...) Experimentelles Auffinden (...)

I: Würde da für Sie das der Einsatz eines Schiebereglers zum Beispiel (.) darunter fallen?

B1: (..) Ja, meine (.) meine Einschätzung ist die, dass (.) dass glaube ich Schüler, die am (.) am Computer experimentierfreudiger sind als mit der Hand. Das heißt am (.) am Blatt Papier (.) ähm (.) herumzuprobieren und dann langwierig verschiedene Zahlen einzusetzen und zu schauen, was passiert, ähm (.) oder herumzukonstruieren und zu schauen, was kann man wo verändern und wieder wegzuradiieren uns so: das ist einfach eine Spur mühsamer und ich glaube, da ist die Hürde größer und wenn man Schüler mit (.) vor *GeoGebra* setzt und sie wissen einmal, was ein Schieberegler ist, dann (.) dann basteln sie ja sofort herum. Das merkt man ja auch in (.) in Zeiten, wo der Arbeitsauftrag zum Beispiel noch nicht klar ist und sie sitzen im Computerraum vor *GeoGebra*, dann passiert sofort irgendetwas. Sie probieren irgendetwas aus und wenn sie einen Schieberegler haben, dann probieren sie aus, dass (.) oder kommen ganz schnell darauf, dass man den animieren kann und die Geschwindigkeit verstellen kann. Das heißt, die (.) die Hürde, auszuprobieren, die ist, glaube ich, durch

den *GeoGebra*-Einsatz wesentlich gesenkt. Wenn du sie vor ein Blatt Papier setzt, dann machen sie einmal nichts und warten.

I: Okay, und abschließend noch: Wie sehen Sie die Zukunft des Mathematik-Unterrichts in der Oberstufe mit Hilfe von *GeoGebra*?

B1: (...) Ähm (..) ja, ich glaube, dass sich *GeoGebra* festsetzen wird (.) im Mathematik-Unterricht der Oberstufe – ähm (.) was ich auch nicht für schlecht halte. Und, es wird aber wahrscheinlich nach wie vor darauf aus (.) hinauslaufen, dass (.) dass jede (.) dass es von der Lehrkraft abhängig ist, in welchen Bereichen *GeoGebra* wie viel zum Einsatz kommt.

I: Und wieder aus Schülersicht gedacht: Denken Sie, dass es eine gute Entwicklung ist für das mathematische Verständnis, das mathematische Bewusstsein der Schüler oder lauern auch Gefahren?

B1: (8) Nein, ich glaube, dass es für Schüler (..) eine hilfreiche Sache ist und vielleicht die (..) Mathematik, oder die (.) die Angst vor der Mathematik, die ja scheinbar so weit verbreitet ist ((lacht)), ein bisschen (.) ein bisschen reduzieren kann, weil da einfach ein (.) ein relativ mächtiges Programm den Schülern zur Seite steht (..) und (.) und sie ganz viele Aufgaben lösen können, die sie vielleicht vorher nicht lösen konnten oder halt auch (.) auch in einer Überprüfungssituation (.) ähm (.) zu Probieren anfangen könnten, mit dem (.) mit dem Programm – was sie vorher nicht gemacht hätten. Also ich (.) ich glaube schon, dass (.) dass das für Schüler auch ein selbstverständlich hilfreiches Tool wird. Ob dadurch Schülerinnen und Schüler in Mathematik – also was jetzt mathematisches Verständnis... - ob sie dadurch besser oder schlechter werden, wage ich jetzt nicht zu beurteilen. Ich glaube, es wird einfach ein bisschen anders.

I: Passt, dann danke für das Interview.

### Anhang 3: Kodierleitfäden

Kategorie	Definition	Kodierregeln
Hohe Erhöhung der Intensität	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> mathematisches Bewusstsein in hohem Maße fördert	Erhöhung der Intensität in mindestens einer Dimension mathematischen Bewusstseins mit Nachdruck formuliert <i>oder</i> Erhöhung der Intensität in zumindest zwei Dimensionen mathematischen Bewusstseins
Mittlere Erhöhung der Intensität	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> mathematisches Bewusstsein fördert, aber in überschaubarem Ausmaß	Erhöhung der Intensität in einer Dimension mathematischen Bewusstseins
Niedrige Erhöhung der Intensität	Schwankende Gewissheit, ob <i>GeoGebra</i> tatsächlich mathematisches Bewusstsein fördert	Mögliche Erhöhung der Intensität in einer Dimension mathematischen Bewusstseins
Keine Erhöhung der Intensität	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> keinen Einfluss auf mathematisches Bewusstsein ausübt	Keine Erhöhung der Intensität mathematischen Bewusstseins
Nicht erschließbar	Es wird zwar über <i>GeoGebra</i> und eine der drei Dimensionen mathematischen Bewusstseins berichtet, aber die Art des Zusammenhangs bleibt unklar	

Kategorie	Definition	Kodierregeln
Intensiver Methodentransfer	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> inhaltsübergreifende Transferleistungen in Bezug auf die beiden Dimensionen Denkaktivitäten und Werkzeugkompetenzen fördert	Inhaltsübergreifende Transferleistung in zumindest eine der beiden anderen Dimensionen mathematischen Bewusstseins mit Nachdruck formuliert <i>oder</i> Inhaltsübergreifende Transferleistung in beide anderen Dimensionen mathematischen Bewusstseins
Schwacher Methodentransfer	Schwankende Gewissheit, ob <i>GeoGebra</i> inhaltsübergreifende Transferleistungen in Bezug auf die beiden Dimensionen Denkaktivitäten und Werkzeugkompetenzen fördert	Wenn Ansätze einer inhaltsübergreifenden Transferleistung in eine der beiden anderen Dimensionen mathematischen Bewusstseins erkennbar sind
Methodentransfer nicht vorhanden	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> keine inhaltsübergreifende Transferleistungen in Bezug auf die beiden Dimensionen Denkaktivitäten und Werkzeugkompetenzen fördert	Keine inhaltsübergreifende Transferleistung in eine der beiden anderen Dimensionen mathematischen Bewusstseins

Nicht erschließbar	Er wird zwar über Denkaktivitäten oder Werkzeugkompetenzen in Zusammenhang mit Transferleistungen zwischen verschiedenen Inhalten berichtet, aber die Art des Zusammenhangs bleibt unklar	
-----------------------	---	--

Kategorie	Definition	Kodierregeln
Umfassendes mathematisches Bewusstsein	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> nicht nur die Werkzeugkompetenz fördert und darüber hinaus mehrere Typen mathematischen Bewusstseins fördert	Deutliche Förderung einer weiteren Dimension mathematischen Bewusstseins <i>oder</i> deutliche Förderung eines weiteren Typs mathematischen Bewusstseins
Punktuelles mathematisches Bewusstsein	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> entweder nicht nur die Werkzeugkompetenz fördert oder zumindest mehrere Typen mathematischen Bewusstseins fördert	Förderung einer weiteren Dimension mathematischen Bewusstseins <i>oder</i> Förderung eines weiteren Typs mathematischen Bewusstseins
Kein mathematisches Bewusstsein	Überzeugung, dass <i>GeoGebra</i> keine über die Werkzeugkompetenz hinausgehende Dimension fördert und auch keine Typen mathematischen Bewusstseins fördert	Keine Förderung von Inhalten oder Denkaktivitäten UND keine Förderung von Typen mathematischen Bewusstseins, die über instrumentelles Bewusstsein hinausgehen

Nicht erschließbar	Er wird zwar über Dimensionen und über Typen mathematischen Bewusstseins berichtet, der Zusammenhang bleibt allerdings unklar	
-----------------------	--	--

## Anhang 4: Auswertungstabellen

Fundstellenbezeichnungen „Erhöhung der Intensität“

	<b>Zusammenhang</b>	<b>Kodierung</b>	<b>Seite</b>
1	In manchen Bereich zu hilfreich	hoch	1
2	Mit <i>GeoGebra</i> abkürzen	mittel	2
3	Ihn viel verwenden	hoch	2
4	Abwehrhaltung	keine	2
5	Großteil erleichtert	hoch	2
6	Äquivalenzumformungen	niedrig	2
7	Da passiert ganz viel	hoch	2
8	Analysis	mittel	3
9	Differential- u. Integralrechnung	niedrig	3
10	Ableitungen viel leichter	hoch	3
11	Geht fast nicht mehr	keine	3
12	Nicht verraten, was <i>GeoGebra</i> kann	n. e.	3
13	Nicht mehr viel verstehen	keine	3
14	Vielleicht Erfolgserlebnis größer	niedrig	4
15	Verbalisieren lernt man nicht	keine	4
16	Rechnen fällt auch weg	keine	4
17	Zeichnen in digitaler Weise	mittel	4
18	Motorische Fähigkeiten fallen weg	keine	4
19	Mehrwert glaube ich	niedrig	5

20	Vielleicht leichter nachvollziehen	niedrig	5
21	In gewissen Fällen ja	niedrig	5
22	Beweise super verbalisieren	hoch	5
23	Dynamische Geometriesoftware super Tool	hoch	5
24	Für den Schüler wahrscheinlich auch	niedrig	5
25	Begriffe aus <i>GeoGebra</i> ausgetauscht	hoch	5
26	Bewusstsein geht mitunter verloren	keine	6
27	Ich bekomme die Lösung und das passt	keine	6
28	Bewusstsein, dass es Aufgaben gibt, die mit <i>GeoGebra</i> nicht gelöst werden können	hoch	7
29	Zusammenhang viel deutlicher	hoch	7
30	Eher These zwei	niedrig	7
31	Sehe eher diesen Mehrwert	niedrig	8
32	Rein graphisch gelöst	hoch	8
33	Jeder Schüler eine bessere Chance, seine Strategie zu finden	hoch	8
34	Experimentierfreudiger als mit der Hand	hoch	8
35	Basteln sofort herum	hoch	9
36	Passiert sofort irgendwas	hoch	9
37	Hürde wesentlich gesenkt	hoch	9
38	Angst ein bisschen reduzieren	niedrig	9
39	Verständnis ... nicht beurteilen	n. e.	9

Strukturierung „Erhöhung der Intensität“

	<b>Strukturierung</b>	<b>Kodierung</b>
1	Technologie wird viel verwendet, wird von vielen als sehr hilfreich empfunden	hoch
2	In Teilbereichen deutliche Erhöhung der Intensität	hoch
3	Die Technologie bzw. deren Werkzeugkompetenz substituiert teilweise mathematische Inhalte	hoch
4	Inhaltliche Zusammenhänge können in Teilgebieten durch die Technologie deutlich besser erfasst werden	hoch
5	Denkaktivitäten werden durch die Technologie gefördert	hoch
6	Insgesamt nur teilweise Erhöhung der Intensität	niedrig
7	Abwehrhaltung von Schülern gegenüber der Technologie	keine
8	Manche Inhalte / Denkaktivitäten / Werkzeugkompetenzen können durch die Technologie nicht mehr nachvollzogen werden	keine

Fundstellenbezeichnungen „Methodentransfer“

	<b>Zusammenhang</b>	<b>Kodierung</b>	<b>Seite</b>
1	Verbindung (...) einfach gut	intensiv	3
2	Die motorischen Fähigkeiten (...) das fällt weg	nicht vorhanden	4
3	Konstruieren abseits der Geometrie fällt mir nichts ein	nicht vorhanden	5
4	Algebraisch hat das schon einen Mehrwert glaube ich	schwach	5
5	Auch in die andere Richtung leichter nachvollziehbar	schwach	5
6	In gewissen Fällen ja	schwach	5
7	Manche Beweise mit <i>GeoGebra</i> super verbalisieren	intensiv	5
8	Wo man Dinge verallgemeinern möchte (...) super Tool	intensiv	5
9	Parameter / Schieberegler	intensiv	5
10	Parallelen nicht nur vom Lehrer gezogen, sondern bei <i>GeoGebra</i> erscheint das	intensiv	7
11	Rein graphisch gelöst	intensiv	8
12	Glaube nicht (..) einzelne Schüler mehr Strategien	nicht vorhanden	8
13	Experimentierfreudiger	intensiv	8

## Strukturierung „Methodentransfer“

	<b>Strukturierung</b>	<b>Kodierung</b>
1	Die in <i>GeoGebra</i> visualisierten Verbindungen ermöglichen auf den Ebenen der Werkzeugkompetenzen und der Denkaktivitäten zusätzliche Möglichkeiten für Schüler*innen	intensiv
2	Auf der Ebene von Verallgemeinerungen und Beweisen eignet sich die Technologie hervorragend für einen Methodentransfer	intensiv
3	In vielen Bereichen ist ein Methodentransfer in eingeschränktem Ausmaß möglich	schwach
4	Im Bereich der motorischen Fähigkeiten kommt es auch zu einer Reduktion des Methodentransfers	nicht vorhanden

Fundstellenbezeichnungen „Ganzheitliches mathematisches Bewusstsein“

	<b>Zusammenhang</b>	<b>Kodierung</b>	<b>Seite</b>
1	Nicht nur elektronisches Tool anwenden	n. e.	2
2	Gleichungen lösen (...) quasi niemand mehr mit der Hand	n. e.	2
3	Verbindung von Funktionsgraph und Tabelle	umfassend	3
4	Weil das alles <i>GeoGebra</i> macht	nicht vorhanden	3
5	Begriffe, die man aus der Unterstufe gut kennt	punktuell	4
6	Schon einen Mehrwert glaube ich	punktuell	5
7	Lassen sich manche Beweise super verbalisieren	umfassend	5
8	Parameterdarstellung Schieberegler	umfassend	5
9	Komplexität einer Aufgabenstellung geht mitunter verloren	nicht vorhanden	6
10	Die verschiedenen quadratischen Gleichungen dem Schüler egal	nicht vorhanden	6
11	Zusammenhang wird augenscheinlich und viel deutlicher	umfassend	7
12	Rechnungen und Zahlen guten Gewissens komplexer gewählt werden können	umfassend	8
13	Vielleicht eine bessere Chance, seine eigene Strategie zu finden	punktuell	8
14	Am Computer experimentierfreudiger	umfassend	8

Strukturierung „Ganzheitliches mathematisches Bewusstsein“

	<b>Strukturierung</b>	<b>Kodierung</b>
1	Experimentelles Bewusstsein wird durch den Technologieeinsatz deutlich gefördert	umfassend
2	Kontextbezogenes Bewusstsein wird durch die Möglichkeiten von <i>GeoGebra</i> rund um realistische Zahlenwerte und den Umgang damit deutlich gefördert	umfassend
3	Diagrammatisches Bewusstsein ist jenes, das von <i>GeoGebra</i> am intensivsten gefördert wird	umfassend
4	Imitatives Bewusstsein wird durch Technologie nicht mehr oder weniger gefördert als durch Unterricht ohne Technologie	punktuell
5	Einzelne Schüler*innen erweitern zwar zumeist nicht ihr Werkzeugrepertoire / ihr strategisches Bewusstsein, haben aber eine größere Auswahl, ihr Werkzeugrepertoire zusammenzustellen	punktuell
6	Manipulatives Bewusstsein bzw. Denkaktivitäten gehen durch die Mächtigkeit von <i>GeoGebra</i> mitunter verloren	nicht vorhanden

## Anhang 5: Interview-Protokollbogen

Interview Code Nr. 1

Interviewer: MANUEL REISINGER

Datum: 16.1.20 Dauer: 32:47 min

Ort/Räumlichkeit: SCHULE, SPRECHZIMMER

Teilnahmemotivation: INTERESSE

Befragter:

Alter: 36 Jahre

Ausbildung: LEHRANT MATHEMATIK

Beruf/Berufsstatus: AHS-LEHRER

Kinder: 4 Partnerschaft./Familienstand: VE

**Zusätzliche Informationen, besondere Vorkommnisse bei Kontaktierung oder im Interview:**

Einmal beirat während dem Interview  
kurz eine Person den Raum - verließ  
diesen aber sofort wieder.

**Interviewatmosphäre, Stichworte zur personalen Beziehung Interaktion im Interview,  
schwierige Passagen**

Gegenseitigen Respekt unter Fachkollegen,  
offen war der Bezug auf die Perspektive  
herzustellen

## Anhang 6: Verpflichtung zur Einhaltung des Datenschutzes

Name: Manuel Reisinger  
Anschrift: Am Südgarten 72  
4060 Leonding  
Tel.nr.: 0650 8646903  
E-Mail: manuel.reisinger@studium.fernuni-hagen.de

Mit meiner Unterschrift verpflichte ich mich, im Rahmen einer Hausarbeit im  
Studiengang Bachelor Bildungswissenschaft an der FernUniversität in Hagen mit  
dem Titel

Mathematisches Bewusstsein in Zeiten eines technologieunterstützten Mathematik-Unterrichts

- die personenbezogenen Daten sofort zu anonymisieren,
- die personenbezogenen Daten sicher aufzubewahren und nicht an Dritte weiterzugeben sowie
- das erhobene Material und sämtliche personenbezogenen Daten innerhalb von sechs Monaten vollständig zu löschen.

Leonding, 10.1.20  
Ort, Datum

  
Unterschrift des Interviewers\*der Interviewerin

## Anhang 7: Eidesstaatliche Erklärung

### — Versicherung



Name: Manuel Reisinger

Matrikel-Nr.: 9076247

Studiengang: Bildungswissenschaft

Modul: Modul 2A2: Empirische Bildungsforschung - Qualitative Methoden

Ich erkläre, dass ich die Hausarbeit mit dem Thema

#### **Mathematisches Bewusstsein in Zeiten eines technologieunterstützten Mathematik-Unterrichts**

selbstständig und ohne unzulässige Inanspruchnahme Dritter verfasst habe. Ich habe dabei nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die aus diesen wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht. Die Versicherung selbstständiger Arbeit gilt auch für enthaltene Zeichnungen, Skizzen oder graphische Darstellungen.

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

Mit der Abgabe der elektronischen Fassung der endgültigen Version der Arbeit nehme ich zur Kenntnis, dass diese mit Hilfe eines Plagiatserkennungsdienstes auf enthaltene Plagiate geprüft werden kann und ausschließlich für Prüfungszwecke gespeichert wird.

Datum: 10.2.20 Unterschrift:

