

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Nutzung von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten

Eine empirische Untersuchung der *Nutzungsgewohnheiten* von
Schüler*innen bei der Verwendung von GeoGebra

verfasst von / submitted by

Sarah Maria Aigner, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien, 2020 / Vienna, 2020

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

A 199 520 529 02

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

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Lehrverbund
UF Mathematik Lehrverbund
UF Spanisch Lehrverbund

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Stefan Götz

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Christian Dorner, BSc

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Zusammenfassung	IV
Abstract	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Aufbau und Struktur.....	5
1.4 Methodik.....	6
2 Digitale Werkzeuge beim (Er-)lernen von Mathematik	9
2.1 Begriffsdefinition	9
2.2 Arten von digitalen Werkzeugen.....	13
2.3 Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten	16
3 GeoGebra.....	19
3.1 Entwicklungsgeschichte von GeoGebra	19
3.2 Aktuelle Möglichkeiten, GeoGebra zu nutzen.....	21
3.3 Klassifikation der Einsatzmöglichkeiten von GeoGebra seitens der Schüler*innen.....	23
3.4 Klassifikation der Einsatzmöglichkeiten von GeoGebra im Mathematikunterricht seitens der Lehrperson	25
4 Aktuelle Gründe der Nutzung von digitalen Werkzeugen wie GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten.....	32
4.1 Allgemeinbildende Aspekte: digitale Kompetenzen und digitale Grundbildung	32
4.2 Aspekte der Lernpsychologie und Fachdidaktik	33
4.3 Lehrplanaspekte im Fach Mathematik.....	41
4.4 Reifeprüfungsaspekte im Fach Mathematik	42

5	Forschungserkenntnisse in Hinblick auf digitale Werkzeuge wie GeoGebra.....	43
5.1	Geschlecht	43
5.2	<i>Schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht.....	50
6	Das Forschungsmodell.....	55
6.1	Der Begriff <i>Nutzungsgewohnheiten</i>	55
6.2	Herleitung der Hypothesen.....	61
6.3	Zusammenführung in ein Forschungsmodell.....	62
7	Forschungsdesign	64
7.1	Erhebung der Merkmale	64
7.2	Stichprobe	68
7.3	Datenerhebung.....	69
7.4	Datenverarbeitung	74
8	Ergebnisse	77
8.1	Beschreibung der Stichprobe	77
8.2	Allgemeine Datenauswertung der <i>Nutzungsgewohnheiten</i> von GeoGebra	78
8.3	Auswertung der <i>Nutzungsgewohnheiten</i> von GeoGebra unter Berücksichtigung des Merkmals <i>Geschlecht</i>	88
8.4	Auswertung der <i>Nutzungsgewohnheiten</i> von GeoGebra unter Berücksichtigung des Merkmals <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht	103
9	Diskussion	115
9.1	Merkmal <i>Geschlecht</i>	115
9.2	Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht.....	117
10	Zusammenfassung und Folgerungen	119
11	Bibliographie	125
11.1	Printquellen	125
11.2	Onlinequellen	132
12	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	139

12.1	Abbildungen	139
12.2	Tabellen	140
13	Anhang	145
13.1	Bestätigung zur Durchführung der Untersuchung der Bildungsdirektion Oberösterreich	145
13.2	Onlinefragebogen.....	147
13.3	Tabellen	154

Zusammenfassung

Obwohl digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht bereits auf einer jahrzehntelangen Tradition beruhen, gibt es bisher nur wenige Forschungen, die sich auf die *Nutzungsgewohnheiten* von Schüler*innen bei der Verwendung von digitalen Werkzeugen spezialisiert haben. Aufgrund dessen ist das Ziel der vorliegenden Masterarbeit, die *Nutzungsgewohnheiten* von Schüler*innen bei der Verwendung von GeoGebra unter Berücksichtigung der Merkmale Geschlecht und *schulische Lernfreude im Mathematikunterricht* festzustellen. Dabei werden die folgenden fünf Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* untersucht: die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*, der *Ort der Nutzung von GeoGebra*, die *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra*, die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten* und die *Nutzung von GeoGebra für mathematische Tätigkeiten*.

Der zweite Teil widmet sich der empirischen Erhebung, einem Onlinefragebogen, seinen Ergebnissen und deren Diskussion. Insgesamt nahmen 246 Schüler*innen der elften Schulstufe aus zwölf verschiedenen oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen an dieser Erhebung teil.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass sowohl das Merkmal *Geschlecht* als auch das Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht unterschiedliche *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra hervorbringen. Beispielsweise wird deutlich, dass Mädchen und Jungen bezüglich der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* sowie den *verwendeten elektronischen Geräten* nicht die gleiche Verteilung aufweisen. Hinsichtlich der *schulischen Lernfreude* konnte unter anderem ein schwacher positiver Zusammenhang der *schulischen Lernfreude* und der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* bestätigt werden. Auch die *schulische Lernfreude* und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* in den Kontexten *in anderen Fächern in der Schule*, *beim Machen der Hausübung* und *in meiner Freizeit* korrelieren schwach positiv.

Die erhaltenen Ergebnisse stellen nicht nur erste empirische Anhaltspunkte für die Schule beziehungsweise für Lehrpersonen dar, sondern geben auch Anlass für weitere Untersuchungen.

Abstract

Digital tools have been used in maths classes in school for decades. However, until now there are only a few researches, which are focused on the usage habits of students while using digital tools. Therefore, the aim of this thesis is to determine the usage habits of students using the digital tool GeoGebra, taking into account the characteristics *gender* and *joy of learning in math classes*. The following five aspects of the term usage habits are examined: the *general frequency of the use of GeoGebra*, the *place of the use of GeoGebra*, the *electronic devices which are used*, the *frequency of the use of GeoGebra in certain contexts* and the *use of GeoGebra for mathematical activities*.

In the first part of the thesis, general theoretical foundations of digital tools, the program GeoGebra and previous research findings are presented by analysing given literature. The second part is dedicated to the empirical survey, an online questionnaire, its results and the discussion of them. A total of 246 students in the eleventh grade from twelve different grammar schools in Upper Austria participated in this survey.

The results of this thesis show, that not only the characteristic *gender* but also the characteristic *joy of learning in math classes* produces different usage habits of GeoGebra. For example, it becomes clear that girls and boys do not show the same distribution regarding the *general frequency of the use of GeoGebra* and the *electronic devices which are used*. Concerning the *joy of learning in math classes*, a weak positive correlation could be confirmed between the *joy of learning in math classes* and the general frequency of use of GeoGebra. Also *joy of learning in math classes* and the *frequency of the use of GeoGebra in the contexts in other subjects at school, while doing homework and in my free time* correlate weakly positive.

The obtained results not only provide initial empirical evidence for schools or teachers, but also give rise to further investigations.

Abkürzungsverzeichnis

AHS	Allgemeinbildende höhere Schule
CAS	Computeralgebrasysteme/Computeralgebasoftware
DGS	Dynamische Geometriesoftware
DS	Deskriptive Statistik
GTR	Grafikfähiger Taschenrechner
IGI	Internationales GeoGebra Institut
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IWB	Interaktives Whiteboard
JIM	Jugend, Information, (Multi-)Media
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PISA	Programme for International Student Assessment
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TKP	Tabellenkalkulationsprogramm

1 Einleitung

Wagt man einen Blick zurück in die Vergangenheit, so beruht die Nutzung von digitalen Werkzeugen im Mathematikunterricht bereits auf einer jahrzehntelangen Tradition. Seitdem in den 1970er-Jahren die ersten Taschenrechner und in den 1980er-Jahren die ersten Computer Eintritt in den Mathematikunterricht fanden, entwickelten sich diese Werkzeuge ständig weiter (vgl.: Weigand 2013: ix-xi). Die dadurch entstandenen Werkzeuge, wie das Tabellenkalkulationsprogramm, das Computeralgebrasystem, der Funktionenplotter und die dynamische Geometriesoftware, wurden in sogenannte Multirepräsentationswerkzeuge zusammengeführt und können heutzutage miteinander vernetzt verwendet werden. Auch im Mathematikunterricht finden diese Multirepräsentationswerkzeuge Anwendung, entweder durch Geräte in der Größenordnung eines Taschenrechners, wie der *TI-Nspire*, oder durch Computerprogramme (vgl.: Rieß 2018: 138-139).

Eines der heutzutage wohl bekanntesten Multirepräsentationswerkzeuge, das im Mathematikunterricht verwendet wird, ist die Software GeoGebra. Auf der offiziellen Webseite von GeoGebra wird dieses Programm beschrieben als *„eine kostenlose dynamische Mathematiksoftware für Lehrende und Lernende aller Altersklassen. Sie verbindet Geometrie, Algebra, Tabellen, Zeichnungen, Statistik und Analysis in einem einfach zu bedienenden Softwarepaket.“* (International GeoGebra Institute 2020a).

Zu Beginn der Jahrtausendwende wurden noch verschiedene Programme benötigt, wenn man im Mathematikunterricht zu unterschiedlichen Themen, wie zum Beispiel der Geometrie, der Algebra oder der Analysis mit digitalen Werkzeugen arbeiten wollte. Aus diesem Grund setzte sich Markus Hohenwarter in seiner Diplomarbeit das Ziel, die Eigenschaften einer dynamischen Geometriesoftware mit jenen von Computeralgebrasystemen zu einer open-source und benutzerfreundlichen Software zu kombinieren (vgl.: Hohenwarter/Jarvis/Lavicza 2009: 83).

Aufgrund der vielen positiven Rückmeldungen über diese Software nach ihrer Veröffentlichung im Jahre 2002, arbeitete Hohenwarter nicht nur in seiner Dissertation, sondern auch in seiner späteren beruflichen Tätigkeit an der ständigen Verbesserung von GeoGebra (vgl.: u.a.: Hohenwarter 2006; Hohenwarter et al. 2009: 84). Durch die Gründung des Internationalen GeoGebra Institutes Ende 2007 steht heutzutage

bereits ein ganzes Team hinter dieser Software, das sich zum Ziel gesetzt hat, GeoGebra und dessen Einsatz fortlaufend zu verbessern (vgl.: Schmidt 2011: 18).

Die Gründe, warum digitale Werkzeuge wie GeoGebra im Mathematikunterricht verwendet werden, sind sehr vielfältig. Einerseits spielen dabei allgemeine Aspekte wie das Erlernen von digitalen Kompetenzen eine große Rolle, um am gesellschaftlichen Leben des 21. Jahrhunderts teilnehmen zu können (vgl.: Gerick/Eickelmann/Bos 2015: 35). Andererseits bringt der Einsatz von GeoGebra aber auch in puncto Lerntheorie und Fachdidaktik große Vorteile mit sich (vgl.: u.a.: Schaumburg 2015; Thurm 2020). Keinesfalls vergessen werden dürfen die rechtlichen Grundlagen. Sowohl der Lehrplan der allgemeinbildenden höheren Schulen (kurz: AHS) als auch die zum Abschluss dieser Schulform abzulegende Reifeprüfung schreiben den Einsatz von digitalen Werkzeugen wie GeoGebra verpflichtend vor (vgl.: Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020a; Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020b).

1.1 Problemstellung

In den letzten Jahrzehnten wurden bereits viele Untersuchungen durchgeführt, die sich mit der Frage beschäftigen, ob die Nutzung von digitalen Werkzeugen positive Auswirkungen mit sich bringt und wenn ja, welche. Aus diesem Grund gestalten sich die empirischen Ergebnisse dieser Studien als sehr umfangreich und vielfältig. Thurm (2020) merkt jedoch an, dass eine einheitliche Gesamtaussage aus den vielen Studien, die es zu dieser Thematik gibt, eher problematisch ist. Dies liegt unter anderem einerseits an den sehr unterschiedlichen Studiendesigns, da sich diese beispielsweise in Hinblick auf die verwendeten digitalen Werkzeuge, die Stichprobengröße, die thematisierten Inhalte und die kontrollierten sowie die analysierten Variablen unterscheiden. Andererseits existieren zu abgeschlossenen Studien nahezu keine Replikationsstudien, welche die empirischen Ergebnisse erneut belegen könnten (vgl.: Thurm 2020: 60).

Nichtsdestotrotz sollen im Anschluss einige empirische Ergebnisse zur Wirksamkeit von digitalen Werkzeugen genauer beschrieben werden, die durch Metastudien sowie Einzelstudien festgestellt werden konnten. Diese Aufzählung erhebt jedoch keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit und es werden ausschließlich aktuelle Studien, die seit dem Jahr 2010 veröffentlicht wurden, präsentiert.

Was die Auswirkungen der Nutzung von digitalen Werkzeugen auf den Lernprozess angeht, beschreiben Studien den verstärkten Einsatz der „*activity of doing mathematics, such as experimenting, visualizing, applying, etc.*“ (Hegedus et al. 2017: 19). Außerdem kommt es zu einer modifizierten Lernkultur, denn es werden neue Wege des Lernens präsentiert: „*how to think, operate and interact with dynamic and distributed technologies [...].*“ (Hegedus et al. 2017: 31) Zusätzlich dazu wird durch den Einsatz digitaler Werkzeuge die Zusammenarbeit der Lernenden sowie die Kommunikation gesteigert (vgl.: Drijvers et al. 2016: 20-23). Digitale Werkzeuge ermöglichen es, komplexere Aufgabenstellungen zu bearbeiten (vgl.: Greefrath 2011: 301). „*Using digital tools broadens the possibilities to solve certain mathematical models, which would not be used and solved if digital tools were not available.*“ (Greefrath 2011: 301)

Um herauszufinden, welchen Einfluss digitale Werkzeuge auf die Leistungen der Lernenden haben, griff Drijers (2016) die wichtigsten und aktuellsten Übersichtsstudien zu dieser Thematik auf. Das Gesamtbild der drei dort verwendeten Metastudien (vgl.: Cheung/Slavin 2013; Li/Ma 2010 und Rakes et al. 2010) zeigt, dass die Nutzung von digitalen Werkzeugen einen signifikant positiven Effekt auf die Leistung der Lernenden hat, jedoch konnte dabei nur eine geringe Effektstärke festgestellt werden (vgl.: Drijers 2016: 3). Bezieht man sich konkret auf das Programm GeoGebra, so gibt es bereits Studien, die zeigen, dass der Einsatz dieses Programmes zu einer Leistungsverbesserung von Schüler*innen führt (vgl.: Zulnadi/Oktavika/Hidayat 2020; Arbain/Shukor 2015).

Gómez-Chacón (2011) fokussierte in ihrem drei Monate andauernden Projekt, bei dem GeoGebra im Mathematikunterricht eingesetzt wurde, ob die Nutzung von GeoGebra zu besseren Einstellungen in Hinblick auf das Lernen von Mathematik führt. Es stellte sich heraus, dass die Nutzung von GeoGebra die Ausbildung und Entwicklung mathematischer Haltungen begünstigt, unter anderem beispielsweise die Genauigkeit, die mathematische Neugier sowie die Strenge und das Überwinden visueller Hürden (vgl.: Gómez-Chacón 2011). Des Weiteren konnten bereits einige Studien aufzeigen, dass der Einsatz von digitalen Werkzeugen zu einer Steigerung der Lernfreude bei Lernenden führt (vgl.: u.a: Dorfinger 2019; Schulz 2020).

Obwohl sich bereits mehrere Forschungen mit der Wirksamkeit der Nutzung von digitalen Werkzeugen im Mathematikunterricht auseinandergesetzt haben, gibt es jedoch nur wenige Studien, die sich explizit mit den *Nutzungsgewohnheiten* von digita-

len Werkzeugen bei Schüler*innen beschäftigt haben. Selbst wenn der Fokus auf den *Nutzungsgewohnheiten* lag, wurden hauptsächlich die *Nutzungsgewohnheiten* im Mathematikunterricht genauer unter die Lupe genommen und nicht die *Nutzungsgewohnheiten* bei Schüler*innen allgemein. Konzentriert man sich dabei auf österreichische Arbeiten und auf die *Nutzungsgewohnheiten* von dem Programm GeoGebra bei Schüler*innen, so nimmt die Anzahl an Forschungen, die sich dieser eingeschränkten Thematik widmen, weiter ab. Lediglich Hohenwarter (2006) befragte Schüler*innen und Lehrkräfte ausführlich zu den *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra (vgl.: Hohenwarter 2006).

1.2 Zielsetzung

Aufgrund der in Abschnitt 1.1 beschriebenen Problemstellung liegt das Ziel der vorliegenden Masterarbeit darin, die *Nutzungsgewohnheiten* von Schüler*innen bei der Verwendung von GeoGebra genauer zu untersuchen. Wie bereits in 1.1 erwähnt, soll sich die Nutzung von GeoGebra nicht nur auf den Mathematikunterricht beziehen, sondern auch auf die Verwendung außerhalb der Institution Schule. Daher wird der Ausdruck „*Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten“ verwendet. Da eine Befragung aller Schüler*innen aus allen Schulstufen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, wird die Zielgruppe auf Schüler*innen der elften Schulstufe von oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen eingeschränkt.

Nicht nur beim Einsatz von digitalen Medien konnten bereits rund um die Jahrtausendwende geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden, sondern auch bei der Nutzung von digitalen Werkzeugen wurden bereits vereinzelt Unterschiede in Bezug auf das Geschlecht bestätigt (vgl.: u.a. Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 1998; Schulz-Zander 2002; Herzig/Grafe 2006; Hankeln 2019; EduGroup 2019). Aus diesem Grund soll das Merkmal *Geschlecht* in dieser Arbeit untersucht werden.

Dies gilt auch für das Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht. Des Öfteren wurde bereits aufgezeigt, dass der Einsatz von digitalen Medien oder digitalen Werkzeugen die *schulische Lernfreude* steigern kann (vgl.: u.a.: Schulz-Zander 2001; Preussler 2002; Dorfinger 2019). In der vorliegenden Arbeit spielt die Frage, welche unterschiedlichen *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra sich unter Berücksichtigung des Merkmals *schulische Lernfreude* bemerkbar machen, eine weitere

zentrale Rolle. Durch die eben beschriebene Zielsetzung leitet sich folgende Forschungsfrage ab:

Welche unterschiedlichen *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten treten bei Schüler*innen von oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen am Ende der elften Schulstufe unter Berücksichtigung der Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht auf?

Um die zentrale Forschungsfrage beantworten zu können, werden im Kapitel sechs (Herleitung des Forschungsmodells) zwei allgemeine Hypothesen in Hinblick auf die beiden Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht formuliert, die im Laufe der Arbeit weiter differenziert und abschließend entweder bestätigt oder verworfen werden.

Hypothesen:

- Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra* nicht die gleichen Verteilungen auf.
- Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude im Mathematikunterricht* und den *Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra*.

1.3 Aufbau und Struktur

Die vorliegende Masterarbeit gliedert sich in 13 Kapitel. Nach dem einleitenden Teil der Arbeit wird im zweiten Kapitel nicht nur der Begriff „digitale Werkzeuge“ genauer definiert, sondern es werden auch verschiedene digitale Werkzeuge sowie deren Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten genauer vorgestellt. Das dritte Kapitel widmet sich voll und ganz dem Programm GeoGebra. Neben der Entwicklungsgeschichte und den aktuellen Nutzungsmöglichkeiten dieser open-source Software spielt hier auch die Klassifikation der Einsatzmöglichkeiten von GeoGebra im Mathematikunterricht, seitens der Lehrkräfte, aber auch seitens der Schüler*innen, eine große Rolle.

Anschließend werden im vierten Kapitel einige aktuelle Gründe für die Nutzung von digitalen Werkzeugen, wie GeoGebra, im Mathematikunterricht beschrieben. Einerseits werden dabei allgemeinbildende Aspekte, wie das Erlernen digitaler Kompetenzen und lernpsychologische sowie fachdidaktische Aspekte ins Licht gerückt. Andererseits werden auch Lehrplan- und Reifeprüfungsaspekte ausgeführt. Das fünfte

Kapitel rundet den theoretischen Teil dieser Arbeit ab, indem Forschungserkenntnisse bezogen auf digitale Werkzeuge unter Berücksichtigung der Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude im Mathematikunterricht* aufgezeigt werden.

Inhalt des sechsten Kapitels ist das Forschungsmodell, welches der empirischen Erhebung zugrunde liegt. Dabei sollen sowohl der Begriff *Nutzungsgewohnheiten* näher beschrieben als auch die Hypothesen und das Forschungsmodell theoriegeleitet entwickelt werden. Im Fokus des siebten Kapitels steht das Forschungsdesign der für diese Masterarbeit durchgeführten Untersuchung. Dabei werden die Erhebung der Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude im Mathematikunterricht*, die Stichprobe, die Datenerhebung sowie die Datenverarbeitung näher erläutert.

Während Kapitel acht die Ergebnisse präsentiert, werden diese in der darauffolgenden Diskussion mit der Theorie in Verbindung gesetzt. Mit der Zusammenfassung und den Folgerungen im Kapitel zehn endet der inhaltliche Teil der vorliegenden Masterarbeit. Zum Abschluss können die Bibliographie, das Abbildungs- und Tabellenverzeichnis sowie der Anhang eingesehen werden.

1.4 Methodik

Zur Herleitung der allgemeinen theoretischen Grundlagen über digitale Werkzeuge, GeoGebra und das theoriegestützte Forschungsmodell kommt eine Literatur- und Internetrecherche zur Anwendung. Für die Methode der Recherche wurden einerseits die online und offline Angebote der Universitätsbibliothek Wien und der Bibliothek der Pädagogischen Hochschule Linz, andererseits aber auch Online-Datenbanken, wie Google Scholar oder EBSCO, und auch das World Wide Web genutzt. Dank der Verwendung von (Lehr-)Büchern, Monographien, Sammelwerken, Fachartikeln und Journalen gestaltet sich die Literaturanalyse als sehr vielfältig. Die zentrale Forschungsfrage so wie die Hypothesen wurden in einem Forschungsmodell zusammengefasst, wie in Abbildung 1 zu sehen ist.

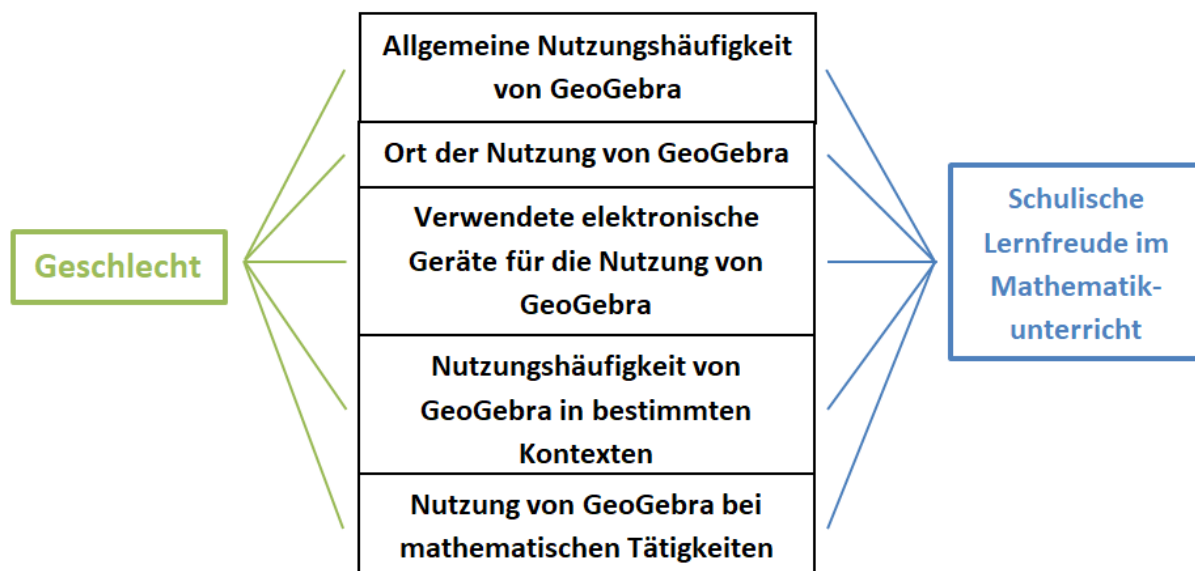


Abbildung 1: Forschungsmodell

Um die Forschungsfrage beantworten zu können wird ein Onlinefragebogen über die Webseite <https://www.umfrageonline.com/> durchgeführt. Die dabei erhaltenen Daten werden anschließend in das Statistikprogramm Statistical Package for the Social Sciences (kurz: SPSS) exportiert, wo sie ausgewertet werden.

Während das Merkmal *Geschlecht* nominalskaliert ist, handelt es sich bei dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht um ordinalskalierte Daten, die in der weiteren Auswertung als intervallskaliert aufgefasst werden. Die in Kapitel 5 definierten Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten*, die der Abbildung 1 entnommen werden können, sind entweder nominal- oder ordinalskaliert. Aufgrund der Skalierung der vorliegenden Daten können bei der Auswertung der vorliegenden Daten neben der deskriptiven Statistik (kurz: DS) nur bestimmte statistische Verfahren zur Anwendung kommen. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen jeweils, welche statistischen Verfahren neben der deskriptiven Statistik angewendet werden.

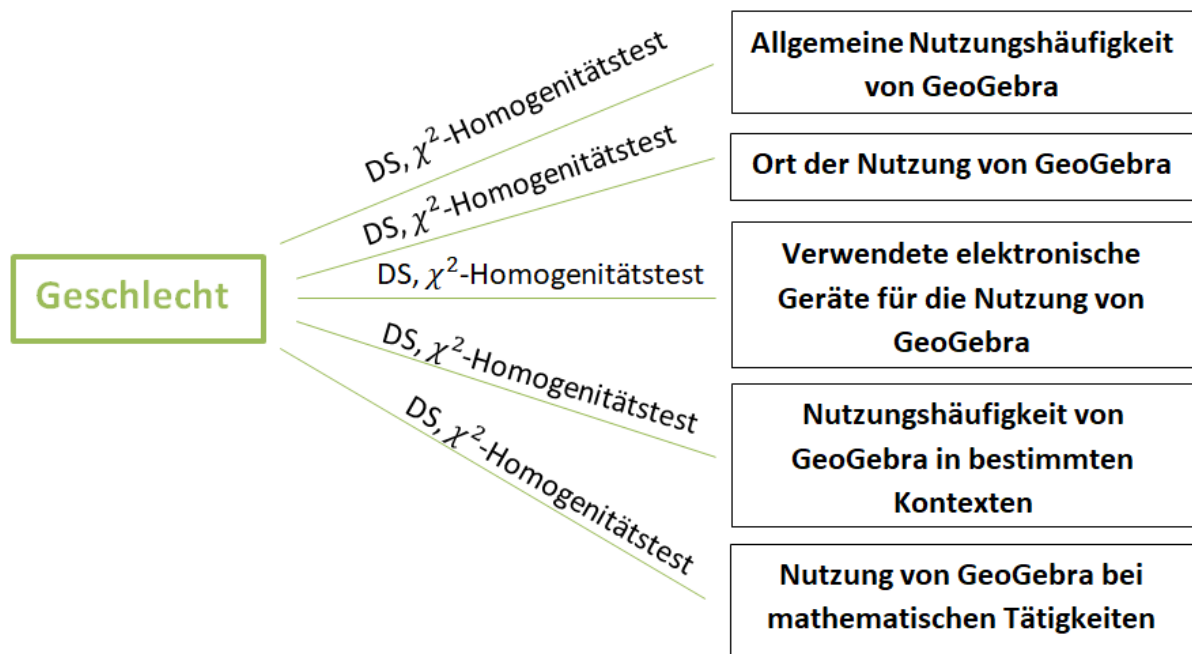


Abbildung 2: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil I

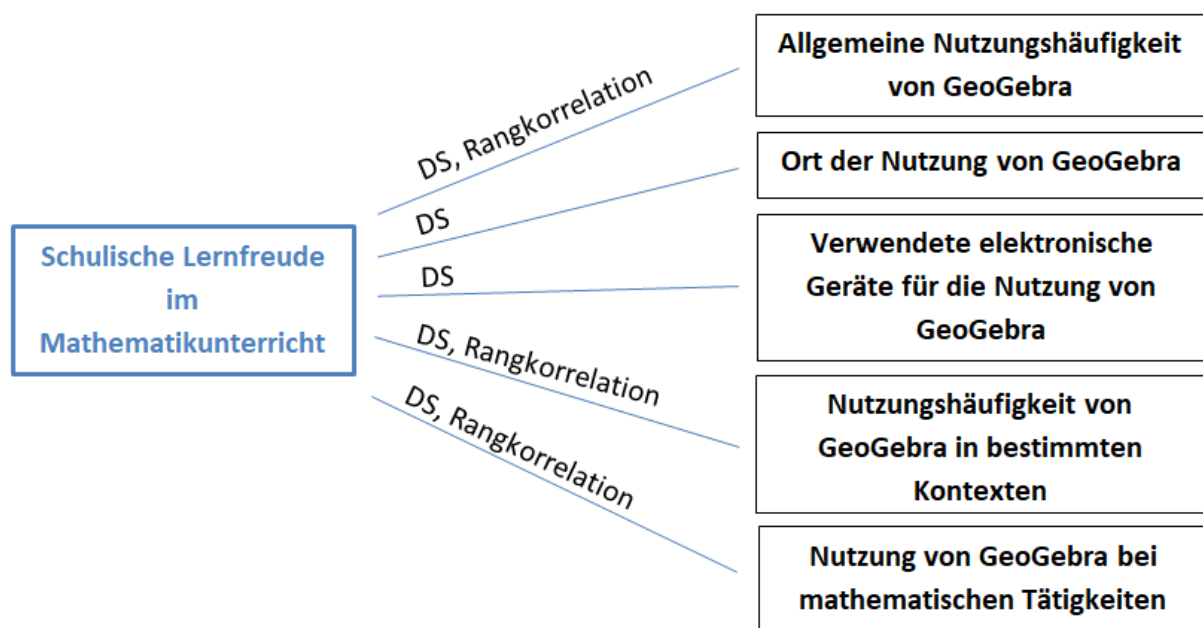


Abbildung 3: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil II

2 Digitale Werkzeuge beim (Er-)lernen von Mathematik

Das folgende Kapitel setzt sich zum Ziel, den Begriff „digitale Werkzeuge“ näher zu definieren. Zusätzlich dazu sollen die Arten digitaler Werkzeuge, die im Mathematikunterricht verwendet werden, und deren Entwicklungsgeschichte der letzten Jahrzehnte näher vorgestellt werden.

2.1 Begriffsdefinition

Beobachtet man heutzutage einen Mathematikunterricht oder Personen, die mathematische Tätigkeiten ausführen, so wird man bald feststellen können, dass sehr häufig technische Hilfsmittel, wie beispielsweise (grafikfähige) Taschenrechner, Computer, Laptops, Smartphones, das Internet oder interaktive Whiteboards Verwendung finden (vgl.: Rieß 2018: 118). So groß die Anzahl der verwendeten technischen Hilfsmittel auch ist, so zahlreich sind auch die verwendeten Begriffe, um diese zu beschreiben: (neue) Technologien, neue (digitale) Medien, Computereinsatz oder auch Kommunikationstechnologien (vgl.: Rieß 2018: 118; Thurm 2020: 11). Aus diesem Grund wird im Folgenden kurz auf die Vielfalt der Begriffe eingegangen. In Hinblick auf den Medienbegriff werden zuerst zwei unterschiedliche Definitionen des Medienbegriffes von dem Medienpädagogen Tulodziecki angeführt:

In allgemeinster Bedeutung kann man ein ›Medium‹ als die Form bezeichnen, in der sich ein Inhalt oder Sachverhalt einem Menschen darstellt bzw. in der er präsentiert wird. Der Begriff ›Medium‹ beschreibt in diesem Sinne ein funktionales Element in der Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt. (Tulodziecki 1992: 12)

Man spricht nur dann von Medien, wenn Informationen mit Hilfe technischer Geräte gespeichert oder übertragen und in bildhafter oder symbolischer Darstellung wiedergegeben werden. (Tulodziecki 1992: 14)

Während die erste Definition sehr weit und umfangreich verfasst ist, wird in der zweiten Definition der Medienbegriff eher enger gehalten und bezieht sich auf die Technologie. *„Er umfasst sowohl die technischen Geräte bzw. Einrichtungen zur Erfassung, Speicherung oder Übertragung von Informationen (Hardware wie OH-Projektor, Computer, Beamer) als auch die dazugehörigen Materialien (Software wie OH-Folien, DVDs mit Filmen, Programmen etc.).“* (Krauthausen 2012: 248) In dem Artikel „Schule und Medien“ beschreibt Tulodziecki (2005) welche Medien von Lehrpersonen und Schüler*innen genutzt werden können. *„Diese reichen von Schulbüchern über Arbeitstransparente, Diapositive, Hörmedien, Unterrichtsfilme und Schul-*

fernsehangebote bis zu den computerbasierten Möglichkeiten. Bei den computerbasierten Möglichkeiten sind Offline- und Online-Angebote interessant.“ (Tulodziecki 2005: 368) Eine konkrete Definition des Begriffes „Medien“ in Hinblick auf die Schule bleibt aus.

Digitale Medien sind dann solche Medien, die Informationen mit Hilfe elektronischer Geräte digital speichern oder übertragen und in bildhafter oder symbolischer Darstellung wiedergeben. (Pallak 2018: 28)

Auf der Basis von Tulodzieckis engen Medienbegriffs wagt Pallak (2018: 28) eine Definition des Begriffes „digitale Medien“. Er selbst ist jedoch der Meinung seine Definition könnte durch die vorgegebene symbolische Codierungsart etwas zu eng gehalten sein. Im Folgenden wird auch der Technologiebegriff etwas näher unter die Lupe genommen:

By using the term “technology,” [sic] we mainly mean “new technology,” [sic] as we refer to the “most prominent,” [sic] recent, and “modern tool” in the teaching of mathematics that is labelled with terms “computers,” [sic] “computer software,” [sic] and “communication technology,” [sic] according to Laborde and Sträßer (2010), p. 122. Another term “digital technology” which denotes a wide range of devices including a hardware (such as processor, memory, input–output, and peripheral devices) and software (applications of all kinds: technical, communicational, consuming, and educational) is used by Clark-Wilson, Oldknow, and Sutherland (2011). This is contrasted with yet another term Information and Communication Technology (ICT) widely used in a variety of educational contexts and describes the use of so-called “generic software” [...]. (Freiman 2014: 623, zitiert nach Laborde/Sträßer 2010 und Clark-Wilson/Oldknow/Sutherland 2011)

Schon alleine dieses Zitat von Freiman (2014: 623) zeigt die Vielfalt der Begriffe auf, die verwendet werden, um technische Hilfsmittel zu beschreiben. Hischer (2002: 61-65) verdeutlicht unter anderem auch, dass bereits die Übersetzung des englischen Begriffes „technology“ ins Deutsche problematisch ist. Würde man versuchen, die von Freiman beschriebenen Begriffe zu übersetzen, würde man höchstwahrscheinlich auf ähnliche Probleme stoßen. Zusätzlich dazu merkt Hischer (2002: 65-66) an, die Einschränkung des Begriffes „neue Technologien“ auf die Informations- und Kommunikationstechnologien (kurz: IKT) würde oft als willkürlich und unzulässig angesehen werden. Es scheint daher unmöglich, die „passendste“ Bezeichnung für die

technischen Hilfsmittel beim Arbeiten mit oder beim (Er-)Lernen von Mathematik zu finden.

Um trotz der Uneinigkeit in den Bezeichnungen einen besseren Überblick über die unterschiedlichen technischen Hilfsmittel zu erhalten, schlagen Barzel, Hußmann und Leuders (2005: 30) eine Klassifizierung nach deren Funktion vor und lassen somit sowohl den Technologie- als auch den Medienbegriff beiseite. Sie unterscheiden zwischen *Lernumgebungen* und *Werkzeugen*:

Lernumgebungen (im weiten Sinne) sind im Grunde alles, was den Lernenden von außen instruiert. Dazu gehören Inhalte, Ziele, Kommunikationsformen u.a., die durch die Lehrperson oder die Lernenden vorstrukturiert bzw. festgelegt sind und die den Rahmen bieten für die Lernprozesse der Einzelnen oder der Gruppe. (Barzel/Hußmann/Leuders 2005: 30)

Werkzeuge sind dagegen (in Grenzen) universell einsetzbare Hilfsmittel zur Bearbeitung einer breiten Klasse von Problemen wie etwa Textverarbeitungs- oder Computer-Algebra-Systeme. (Barzel et al. 2005: 30)

Bereits im Jahr 2000 legte Steinmetz eine solche Klassifizierung fest. Er verwendete dafür die drei Kategorien *Lerngegenstand*, *Lernwerkzeug* und *Lernmedium*, allerdings benutzte er damals noch den Begriff „Computer“ anstatt des Begriffes der „technischen Hilfsmittel“ (vgl.: Steinmetz 2000: 816). Laut Rieß (2018: 119) lassen sich diese drei Kategorien aber problemlos auch auf die heute verwendeten Hilfsmittel übertragen. Fasst man ein technisches Hilfsmittel als *Lerngegenstand* auf, dann bezweckt man damit, über diesen selbst zu lernen. Hierbei könnte man sich beispielsweise Wissen über den Aufbau, die Funktion, die Bedienung oder die Programmierung eines technischen Hilfsmittels aneignen. Sowohl Lehrende als auch Lernende können technische Hilfsmittel in ihrer Rolle als *Lernwerkzeug* nutzen, wenn sie Lehrmaterialien kreieren, mathematische Aufgabenstellungen und Probleme lösen oder einfach nur mit Hilfe des Internets recherchieren oder kommunizieren. Agieren technische Hilfsmittel als *Lernmedien*, so sind diese selbst Träger des Lerninhaltes und übernehmen eine oder mehrere Angelegenheiten, unter anderem die Rückmeldung, die Motivation oder die Erfolgskontrolle (vgl.: Steinmetz 2000: 816-817). Es lässt sich leicht erkennen, dass die Kriterien *Werkzeug* und *Lernumgebung* von Barzel, Hußmann und Leuders (2005: 30) den Kriterien *Lernwerkzeug* und *Lernmedien* ähneln.

Auch Fürst (2012: 101) unterteilt die technischen Hilfsmittel in die drei Gruppen *Werkzeuge*, *Lernmedien* und *Wissensbasen*, wobei sich die beiden Kategorien *Werkzeuge* und *Lernmedien* wiederum mit jenen der zuvor erwähnten Autor*innen decken.

Geht es also im Mathematikunterricht darum, dass die Schüler*innen selbst aktiv werden und mathematische Aufgabenstellungen lösen, so benötigen sie dazu Werkzeuge. Allgemein wird ein Werkzeug definiert als *„jedes Hilfsmittel, das zur leichteren Handhabung, zur Herstellung oder zur Bearbeitung eines Gegenstandes verwendet wird.“* (Brockhaus o.J. a) Zu den klassischen Werkzeugen des Mathematikunterrichts, die auch heute noch zu finden sind, zählen das Geodreieck, der Zirkel und der Taschenrechner (vgl.: Vollrath/Roth 2012: 158-160). Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels schon erwähnt, spielen beim Bearbeiten von Mathematik weitere Hilfsmittel, wie Computer oder Whiteboards, eine Rolle. Wortwörtlich ist der Begriff „digital“ die *„Bezeichnung für die Eigenschaft einer Größe, nur eine endliche Zahl von Werten annehmen zu können [...] Da Computer auf der Basis digitaler Größen arbeiten, wird das Wort häufig auch als Synonym für »mit dem Computer erstellt« benutzt [...]“* (Brockhaus o.J. b) Da sämtliche Werkzeuge, wie beispielsweise Whiteboards oder Tablets, nach dem gleichen Prinzip wie Computer aufgebaut sind, kann man sie alle mit dem Oberbegriff *digitale Werkzeuge* bezeichnen.

Zu den digitalen Werkzeugen gehören alle Instrumente, ob nun software- oder hardwarebasiert, die flexibel für eine Vielzahl von Fragen und Problemen einsetzbar sind. Der Nutzer legt hierbei fest, welche der vielen Funktionen er zu welchem Zweck nutzt, und bestimmt damit seinen Lernweg weitgehend autonom. (Barzel et al. 2005: 31-32)

Im Gegenteil zu digitalen Lernumgebungen können digitale Werkzeuge nicht nur in verschiedenen Unterrichtsstunden, sondern vor allem auch in unterschiedlichen Schulstufen langfristig eingesetzt werden (vgl.: Thurm 2020: 12). Allgemeine digitale Werkzeuge, wie beispielsweise Präsentationsmedien, Bildverarbeitungsprogramme oder Programme zur Kommunikation, öffnen, was die Schule betrifft, neue Möglichkeiten der Interaktion und Kommunikation. Digitale Werkzeuge können jedoch auch fachspezifisch sein (vgl.: Barzel et al. 2005: 32). Vor allem dem Fach Mathematik, das in dieser Arbeit die zentrale Rolle spielt, steht hier eine große Auswahl an digitalen Werkzeugen zur Verfügung, die im nächsten Kapitel genauer erklärt wird.

2.2 Arten von digitalen Werkzeugen

Die wohl wichtigsten Werkzeuge beim mathematischen Arbeiten oder beim (Er-)Lernen von Mathematik sind Tabellenkalkulationsprogramme, Computeralgebrasysteme, Funktionenplotter und dynamische Geometriesoftware. Diese werden im Folgenden näher thematisiert. Auch auf Multirepräsentationswerkzeuge, die mehrere Werkzeuge vereinen und so vielfältigere methodische und didaktische Möglichkeiten bieten, soll eingegangen werden (vgl.: Heintz et al. 2014: 508).

2.2.1 Tabellenkalkulationsprogramm

Ein Tabellenkalkulationsprogramm (kurz: TKP) hat primär die Funktion, Daten mit Hilfe von Tabellen nicht nur zu erfassen, sondern diese auch interaktiv und verknüpft zu verarbeiten. Zusätzlich dazu lassen sich die Daten oftmals auch graphisch, mittels verschiedener Darstellungsformen, veranschaulichen. Die Zeilen einer Tabelle werden meist mit Zahlen (1, 2, 3, ...) bezeichnet, während für die einzelnen Spalten normalerweise Buchstaben(-kombinationen) (A, B, C, ..., Z, AA, ...) verwendet werden. So kann man theoretisch eine unendlich große Tabelle generieren und mit Hilfe dieser Bezeichnungen lässt sich jede Zelle genau beschreiben. Die Zelle F3 würde für den Eintrag in der dritten Zeile in der Spalte F stehen (vgl.: Vollrath/Roth 2012: 166).

Obwohl die einzelnen Zellen unterschiedlichste Daten enthalten könnten, werden meist Dezimalzahlen oder logische Werte verwendet, da man auf diese im Anschluss numerische und logische Operationen anwenden kann. Ein TKP hat den großen Vorteil, dass gleichartige Operationen automatisiert werden können, indem der Inhalt einer Operation einfach kopiert und auf andere Zellen angewendet wird (vgl.: Rieß 2018: 126). Eine andere Verwendungsmöglichkeit eines TKP ist die eines elementaren Programmierwerkzeugs. Die einzelnen Zeilen dienen als Iterationsschritte von iterativen Verfahren und so kann beispielsweise das Newton-Verfahren zur Bestimmung von Nullstellen oder das Heron-Verfahren zur Bestimmung von Quadratwurzeln implementiert werden (vgl.: Rieß 2018: 128). Heutzutage umfassen die meisten Office-Programme ein TKP, daher findet man ein TKP nahezu auf jedem Rechner. Bekannt sind vor allem die Programme Excel und Calc (vgl.: Vollrath/Roth 2012: 167).

2.2.2 Computeralgebrasystem

Computeralgebrasysteme (kurz: CAS) charakterisieren sich dadurch, mit symbolischen Ausdrücken, sogenannten Termen, und mit Operationen zwischen solchen Termen arbeiten zu können (vgl.: Rieß 2018: 130). Es können sowohl Äquivalenzumformungen bei Termen symbolisch durchgeführt werden als auch das Ergebnis von Gleichungen algebraisch ermittelt werden (vgl.: Vollrath/Roth 2012: 168).

Computeralgebra ist mittlerweile ein wichtiges Teilgebiet der Mathematik mit dem Hauptziel, durch exakte Rechnung [...] algebraische Ausdrücke umzuformen, ein möglichst kompaktes Ergebnis zu ermitteln und die verwendeten Algorithmen effizient zu gestalten. Dadurch weiten sich die Anwendungsgebiete der Computeralgebra erheblich aus (z.B. [sic] in der Physik, Chemie, Robotik, [...]). (Barzel 2012: 9)

Ein CAS kann also neben numerischen Berechnungen auch Berechnungen ohne Genauigkeitsverluste durchführen. Im Schulunterricht werden einerseits solche exakten Lösungen oft gefordert, um bestimmte Dinge thematisieren zu können, beispielsweise die irrationalen Zahlen ($\sqrt{2}$ statt 1,414213562). Nicht immer wird die exakte Lösung gefordert, manchmal sind auch Näherungslösungen notwendig, um mathematische Problemstellungen lösen zu können. Erwähnenswert ist auch, dass viele Forscher*innen die Grafikfähigkeit als fixen Bestandteil von einem CAS ansehen, was auch bei vielen CAS der Fall ist (vgl.: Barzel 2012: 9-10).

Mit dem Beginn der Verwendung von einem CAS im Mathematikunterricht stellte sich natürlich auch die Frage, was überhaupt noch gelernt werden sollte, da der Großteil des Operierens per Knopfdruck von einem CAS übernommen werden könnte (vgl.: Rieß 2018: 133). In diesem Zusammenhang kann die berühmte und viel diskutierte Frage „*Wieviel Termumformung braucht der Mensch?*“ (Herget 1993: 68) zitiert werden. Schon im Jahre 1995 war daher klar, dass diese Systeme „*Freiräume zur Neugestaltung des Mathematikunterrichts bieten: Die Umgruppierung der Stoffe und das Schaffen von Beziehungsnetzen.*“ (Rieß 2018: 133)

2.2.3 Funktionenplotter/Grafikfähige Taschenrechner

Mit Hilfe von Funktionenplottern lassen sich Funktionsgraphen zumindest auf einem Teilbereich ihres Definitionsbereiches graphisch darstellen. Um dies zu ermöglichen, werden numerisch Wertepaare der Funktion berechnet. Wählt man passende Bereiche des Definitionsbereiches, so können Extrema oder Wendestellen mit Hilfe von Funktionenplottern grafisch ermittelt werden (vgl.: Rieß 2018: 128-129).

Modernere Funktionenplotter, bei denen es sich oft auch um grafikfähige Taschenrechner (kurz: GTR) handelt, umfassen oft weitere Optionen. Ein Beispiel dafür wäre die Verwendung von Schieberegeln, um bei Änderungen von Parametern in der Funktionsgleichung auch Änderungen am Graph nachvollziehen zu können. Zusätzlich dazu können oftmals auch numerisch Null-, Schnitt-, oder Extremstellen berechnet werden (vgl.: Rieß 2018: 129).

2.2.4 Dynamische Geometriesoftware

Die dynamische Geometriesoftware beziehungsweise das dynamische Geometriesystem (kurz: DGS) ist *„Ende der 1980er Jahre als rein didaktische Software, [...], entstanden.“* (Hischer 2002: 278) Auf einer Konstruktionsebene können beim Arbeiten mit Mathematik nicht nur geometrische Figuren konstruiert, sondern auch verändert werden (vgl.: Rieß 2018: 135). Im Folgenden werden zwei charakteristische Eigenschaften beschrieben, über die jede DGS verfügt: den *Zugmodus* und die *Ortslinie*.

„Der Zugmodus ermöglicht die Modifikation einer Konstruktion durch die Eingabedaten.“ (Rieß 2018: 135) Möchte man diesen Modus noch genauer beschreiben, so muss zuerst klargestellt werden, dass es in einer DGS sowohl freie als auch konstruierte Objekte, die eben erst durch die freien Objekte entstehen, gibt. Während freie Objekte beliebig modifiziert werden können, verändern sich konstruierte Objekte nur, wenn sich die hinter dieser Konstruktion stehenden freien Objekte geändert haben. Änderungen gibt es daher nur in der Lage der Konstruktion, nicht aber in deren Konstruktionslogik (vgl.: Rieß 2018: 135). Ein Winkel wird beispielsweise nur dann modifiziert, wenn einer seiner Schenkel bewegt wird.

Wird ein freier Punkt beispielsweise an einen Kreis, oder allgemein an ein eindimensionales Objekt „geheftet“, so kann dieser freie Punkt das Objekt „abfahren“ und mehrere abhängige Punkte erzeugen (vgl.: Rieß 2018: 135). *„Für jeden Punkt, der von diesem gebundenen Punkt abhängig ist, kann nun eine Ortslinie als Menge aller Punkte definiert werden, die der abhängige Punkt bei der Variation des gebundenen freien Punktes erreicht.“* (Rieß 2018: 135)

Oftmals wird die DGS auch durch die Eigenschaft, Sequenzen von Konstruktionsbefehlen als *Makros* speichern zu können, beschrieben (vgl.: Hischer 2002: 279). Hischer (2002: 279) verzichtet aus zweierlei Gründen auf diese Eigenschaft. Einerseits

besitzt nicht jede DGS diesen Modus und andererseits gibt es auch andere Programme, abseits von der DGS, die diese Eigenschaft besitzen.

Ein oft thematisierter Aspekt der DGS ist das Begründen und Beweisen im Geometrieunterricht. Obwohl Sachverhalte manchmal auch visuell bewiesen werden können, wird davor gewarnt, dass durch das Experimentieren mit DGS beim Argumentieren oft einfach auf Zusammenhänge geschlossen wird, ohne diese bewiesen oder begründet zu haben (vgl.: Rieß 2018: 137). Studien zeigen, dass Schüler*innen oft aus einzelnen Beispielen bereits auf gewisse Sachverhalte schließen, ohne formelle Beweise durchgeführt zu haben. Dies wird in der Fachliteratur als „inductive reasoning“ bezeichnet (vgl.: u.a.: Harel/Sowder 1998). Hypothesen über geometrische Zusammenhänge können so aber jedenfalls gewonnen werden.

2.2.5 Multirepräsentationswerkzeuge

Multirepräsentationswerkzeuge zeichnen sich dadurch aus, dass sie alle vier hier bereits vorgestellten digitalen Werkzeuge (Unterabschnitte 2.2.1 bis 2.2.4) zusammenführen und diese miteinander vernetzt verwendet werden können. Für die Verwendung in der Schule gibt es hier einerseits mit Batterien oder Akku betriebene Geräte in der Größenordnung eines Taschenrechners. Ein oft in der Schule verwendetes Gerät, das TK, CAS, GTR und DGS vernetzt, ist der *TI-Nspire*. Andererseits gibt es natürlich auch Multirepräsentationswerkzeuge auf Computern. Eine besondere Rolle nimmt hierbei das Programm *GeoGebra* ein, da es extra für den Schulgebrauch entwickelt wurde und ebenfalls alle thematisierten Werkzeuge vereint (vgl.: Rieß 2018: 138-139). Dieses Programm ist das zentrale digitale Werkzeug für diese Arbeit und wird im Kapitel 3 noch genauer thematisiert.

2.3 Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten

Das folgende Kapitel soll einen kurzen Überblick darüber geben, wie sich der Einsatz von digitalen Werkzeugen in den letzten Jahrzehnten entwickelt hat. Ab dem Jahr 1972 wurden die ersten Taschenrechner in Schulen integriert (vgl.: Weigand 2013: ix-x; Heugl/Klinger/Lechner 1996: 8). Man erhoffte sich dadurch vor allem, dass Tätigkeiten wie das entdeckende Lernen, das Problemlösen und die Bearbeitung von praxisnahen Aufgabenstellungen einen höheren Stellenwert bekommen und die kalkülhaften Tätigkeiten abnehmen würden. Obwohl diese Hoffnung kaum erfüllt wurde, so gilt sie jedoch als Leitlinie für den gesamten Einsatz von digitalen Werkzeugen. Die ersten Computerräume in Schulen wurden in den 1980er- Jahren eingerichtet,

wobei sich der Einsatz dieser Geräte auf wenige Grundlagen, wie das Programmieren von Algorithmen oder die Darstellung von Funktionsgraphen beschränkte (vgl.: Weigand 2013: ix-x).

Das erste TKP nannte sich *VisiCalc* und wurde ab dem Jahr 1975 auf dem Computer verwendet. Kurz danach wurden damit im Schulunterricht auch Wachstumsprozesse, Verzinsungsprobleme oder stochastische Prozesse thematisiert. Im Jahre 1985 kam auch der erste GTR auf den Markt, genauer gesagt das Modell *CASIO fx-7000G*, mit dem man Gleichungen numerisch lösen und Funktionsgraphen zeichnen konnte. Auch der Wechsel zwischen den numerischen, graphischen und symbolischen Darstellungen wurde in diesem Modell fokussiert. Drei Jahre später kam die DGS *CABRI-Géomètre* zum Einsatz. Aufgrund der einfachen Handhabung und der zahlreichen Vorteile, die die DGS bot, erfreute sie sich schon bald großer Beliebtheit in den Klassenzimmern (vgl.: Weigand 2013: x).

Bei der Ausstattung der schulischen Computer mit einem CAS übernahm Österreich die Vorreiterrolle. Österreich war das erste Land der Welt, das am Anfang der 1990er-Jahre für alle Gymnasien eine Generallizenz für das CAS *Derive* erwarb. Die Auswirkungen des Einsatzes dieser Software wurden durch ein Forschungsprojekt näher untersucht (vgl.: Heugl/Klinger/Lechner 1996: 8). Auch die Taschenrechner wurden weiterentwickelt. Gegen Ende des Jahres 1995 stand der erste Taschencomputer zur Verfügung. Die große Neuheit dieses Gerätes mit dem Namen *TI-92* war die Verbindung des Taschenrechners mit einem CAS. Daher war dieser Taschencomputer fähig, die kalkülhaften Berechnungen beim Arbeiten mit Mathematik zu übernehmen (vgl.: Weigand 2013: x).

Ein wichtiger Meilenstein in Bezug auf die digitalen Werkzeuge ist auch das Internet, welches in den 1990er-Jahren Verbreitung gefunden hat. Seither dient es nicht nur als Nachschlagwerk von mathematischen Termini oder Verfahren, sondern es stellt auch verschiedenste Lehr- und Lernmaterialien zur Verfügung. Im Jahre 2002 wurde die Software *GeoGebra* veröffentlicht, die sämtliche digitale Werkzeuge in einem Programm vereint und laufend weiterentwickelt wird (vgl.: Weigand 2013: xi). Die Entwicklung von *GeoGebra* wird in Abschnitt 3.1 genauer beschrieben.

In der heutigen Zeit werden zunehmend interaktive Whiteboards (kurz: IWB) in den Schulklassen angebracht. Im Gegenteil zu klassischen Beamer-Präsentationen, kann mit einem solchen Gerät ständig haptisch agiert und so die Interaktion auf eine neue

Ebene gebracht werden. Des Weiteren zeichnet sich auch der Trend der Miniaturisierung von technischen Geräten ab. Smartphones, Tablets und Laptops werden im Unterricht für die Verwendung verschiedenster Programme sowie des Internets eingesetzt (vgl.: Weigand 2013: xi).

3 GeoGebra

Kurz und knapp zusammengefasst lässt sich GeoGebra beschreiben als *„eine kostenlose dynamische Mathematiksoftware für Lehrende und Lernende aller Altersklassen. Sie verbindet Geometrie, Algebra, Tabellen, Zeichnungen, Statistik und Analysis in einem einfach zu bedienenden Softwarepaket.“* (International GeoGebra Institute 2020a) Während im ersten Abschnitt näher auf die Entwicklungsgeschichte von GeoGebra eingegangen wird, werden die Rahmenbedingungen für die Nutzung von GeoGebra in 3.2 näher präsentiert. Zum Abschluss dieses Kapitels werden die Einsatzmöglichkeiten von GeoGebra klassifiziert, sowohl seitens der Lehrpersonen als auch seitens der Schüler*innen.

3.1 Entwicklungsgeschichte von GeoGebra

Um Technologie zu Beginn der Jahrtausendwende in den Mathematikunterricht integrieren zu können, benötigte man unterschiedliche Programme für die verschiedensten Bereiche, wie beispielsweise die Geometrie, die Algebra, die Analysis oder das Arbeiten mit Tabellen. Lehrpersonen und Schüler*innen mussten sich damals mit mindestens drei verschiedenen Programmen auseinandersetzen. Doch nicht nur das Einarbeiten in diese Programme, sondern vor allem die Unvereinbarkeit der Programme brachte große Probleme mit sich (vgl.: Schmidt 2011: 18). Im Rahmen seiner Diplomarbeit setzt sich Markus Hohenwarter daher das Ziel, die Eigenschaften einer dynamischen Geometriesoftware mit jenen von Computeralgebrasystemen zu einer open-source und benutzerfreundlichen Software zu kombinieren (vgl.: Hohenwarter et al. 2009: 83). So wurde im Jahr 2002 mit der Fertigstellung seiner Diplomarbeit an der Universität Salzburg die dynamische Mathematiksoftware GeoGebra der Öffentlichkeit präsentiert (vgl.: Schmidt 2011: 18).

Nach der Veröffentlichung erhielt Hohenwarter viele positive Rückmeldungen, sowohl von Lehrkräften, die seine Software im Unterricht verwendeten als auch durch die Auszeichnung mit dem European Academic Software Award im Jahr 2002 (vgl.: Hohenwarter et al. 2009: 84). Im Rahmen seiner Dissertation mit dem Titel „GeoGebra - didaktische Materialien und Anwendungen für den Mathematikunterricht“ entwickelte Markus Hohenwarter die Software bis zur Version 2.6 erneut weiter. Die genauen Entwicklungsschritte können der Dissertation entnommen werden (vgl.: Hohenwarter 2006). Ab dem Sommer 2006 arbeitete Markus Hohenwarter als Gastprofessor an der Florida Atlantic University und konnte dort aufgrund der Zusammenarbeit mit Lehrpersonen und Schüler*innen die Software GeoGebra ebenfalls weiterentwickeln.

Außerdem luden ihn seit dem Jahr 2002 verschiedenste Universitäten, akademische Konferenzen oder Lehrer*innenvereine ein, um Vorträge und Workshops über GeoGebra zu halten. Seit dieser Zeit wurden auch bereits Forschungsprojekte mit GeoGebra durchgeführt und es wurden Ergänzungen mit und zu GeoGebra in die Schulbücher gedruckt sowie eigene Begleitbände dazu verfasst (vgl.: Hohenwarter et al. 2009: 84).

Gegen Ende des Jahres 2007 wurde das Internationale GeoGebra-Institut (kurz: IGI) gegründet, mit der Absicht, die sehr schnell wachsende GeoGebra-Community besser unterstützen zu können (vgl.: Hohenwarter/Lavicza 2010: 3). Am siebten und achten März 2008 trafen sich rund zwanzig Personen in Cambridge in England, um sich in einem ersten Meeting über die Struktur und die Ziele des Internationalen GeoGebra-Institutes, aber auch der lokalen GeoGebra-Institute, zu beraten (vgl.: Hohenwarter et al. 2009: 85).

The four principal aims of IGI are to

- 1) offer teacher training and support;
- 2) develop teaching materials and software;
- 3) conduct research;
- 4) outreach to less well-off communities. (Hohenwarter/Lavicza 2010: 3)

Es ist wichtig anzumerken, dass die lokalen GeoGebra-Institute zwar den allgemeinen Zielen der Dachorganisation IGI zustimmen müssen, dennoch können sie eigene Schwerpunkte, je nach den Interessen und den ortsabhängigen Notwendigkeiten, festlegen (vgl.: Hohenwarter/Lavicza 2010: 3). Sowohl Lernende und Lehrende als auch Softwareentwickler*innen und Forscher*innen treffen in den lokalen GeoGebra-Instituten zusammen, um gemeinsam an Projekten oder Veranstaltungen, die GeoGebra betreffen, zu arbeiten (vgl.: International GeoGebra Institute 2020b). Sie alle haben sich zum Ziel gesetzt, GeoGebra und dessen Einsatz fortlaufend zu verbessern (vgl.: Schmidt 2011: 18).

Ab dem Jahr 2009 arbeitete man an einer GeoGebraWeb-Version, um GeoGebra online verwenden zu können (vgl.: Hohenwarter/Kimeswenger 2013: 354). Diese Weiterentwicklung brachte viele Schwierigkeiten mit sich, da GeoGebra anfänglich mit Hilfe der Programmiersprache Java entwickelt wurde und man für die interaktiven Inhalte im WorldWideWeb das Java Plugin benötigte. Aus diesem Grund fokussierte man auf eine HTML5-Version von GeoGebra mit der Programmiersprache JavaScript, die dieses Zusatzprogramm nicht mehr benötigte (vgl.: Hohenwar-

ter/Kimeswenger 2013: 354; Hohenwarter/Kovács/Ancsin 2013: 412). Dieser Weiterentwicklungsschritt dauerte bis 2013 an, mittlerweile basieren die Desktop-Version sowie die Web-Version von GeoGebra jedoch auf demselben Quellcode und sämtliche Materialien können ohne Probleme weiterverwendet werden (vgl.: Hohenwarter/Kimeswenger 2013: 354; Hohenwarter/Kovács/Ancsin 2013: 417).

Die aktuelle Version der Online Web-Applikation dient auch als Grundlage für die „GeoGebra Classic“-Tablet Apps auf Android und iPads, welche im Wesentlichen ein Paket der Web-Applikation darstellen, das offline auf diesen Geräten installiert werden kann. (Hohenwarter 2018: 53).

3.2 Aktuelle Möglichkeiten, GeoGebra zu nutzen

Zur aktuellen und offiziellen Webseite von GeoGebra, deren Benutzeroberfläche in Abbildung 4 dargestellt ist, gelangt man unter www.geogebra.org. Diese kann für verschiedenste Zwecke genutzt werden. Einerseits kann man sich auf dieser Webseite nicht nur unterschiedliche GeoGebra-Versionen für verschiedene Geräte und Betriebssysteme downloaden, sondern es kann auch online mit dieser Software gearbeitet werden (vgl.: International GeoGebra Institute 2020c). Andererseits ist es möglich mittels einer kostenlosen Anmeldung auf dieser Webseite viele Unterrichtsmaterialien, die von anderen Personen zu Verfügung gestellt wurden, zu nützen oder selbst erstellte Unterrichtsmaterialien freizugeben. Diese sogenannten GeoGebra-Applets können sowohl online als auch nach dem Download offline verwendet werden. Für Interessierte gibt es auf der Webseite auch die Möglichkeit, sich über GeoGebra allgemein und das dahinterstehende Team sowie über Vorträge und Workshops zu GeoGebra zu informieren (vgl.: International GeoGebra Institute 2020c).

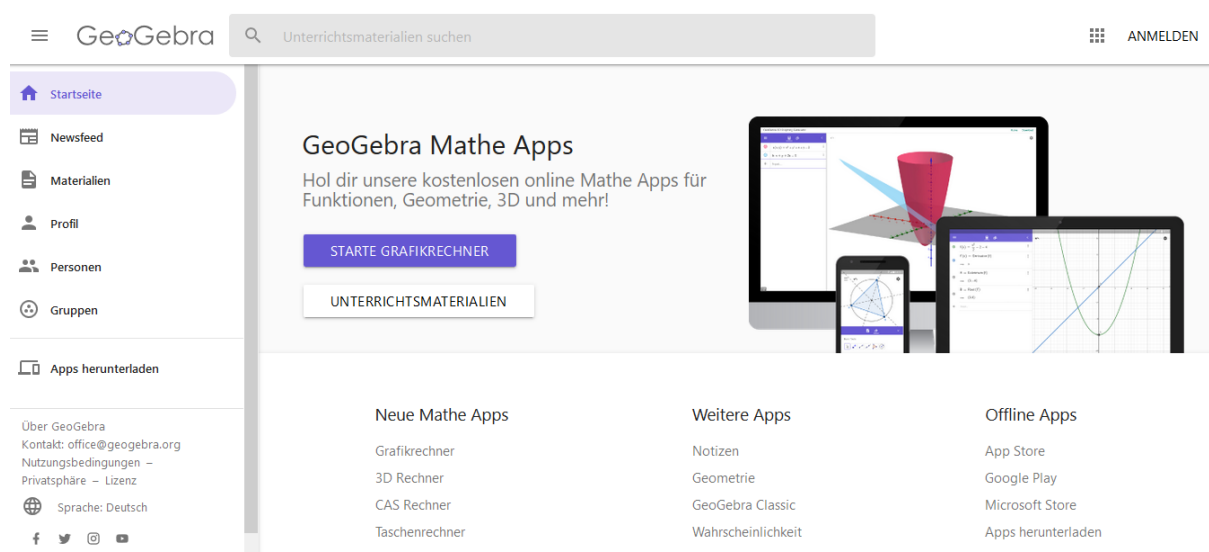


Abbildung 4: Webseite GeoGebra (International GeoGebra Institute 2020c)

Während Schmidt (2011: 18) noch angab, dass GeoGebra im Jahr 2011 in 52 Sprachen übersetzt war, kann man heutzutage auf der Webseite bereits ein Team von Übersetzer*innen für über 70 verschiedene Sprachen finden (vgl.: International GeoGebra Institute 2020e). Für Millionen von Menschen auf der ganzen Welt kann also auch heutzutage die weltweit führende open-source Mathematiksoftware GeoGebra frei verwendet werden, sofern sie nicht kommerziell genutzt wird (vgl.: International GeoGebra Institute 2020a). Die aktuellste Version, die man derzeit online und offline nutzen kann, ist die Version GeoGebra Classic 6 (vgl.: International GeoGebra Institute 2020d). Nichtsdestotrotz kann es natürlich vorkommen, dass einige Schüler*innen noch mit älteren Versionen von GeoGebra arbeiten.

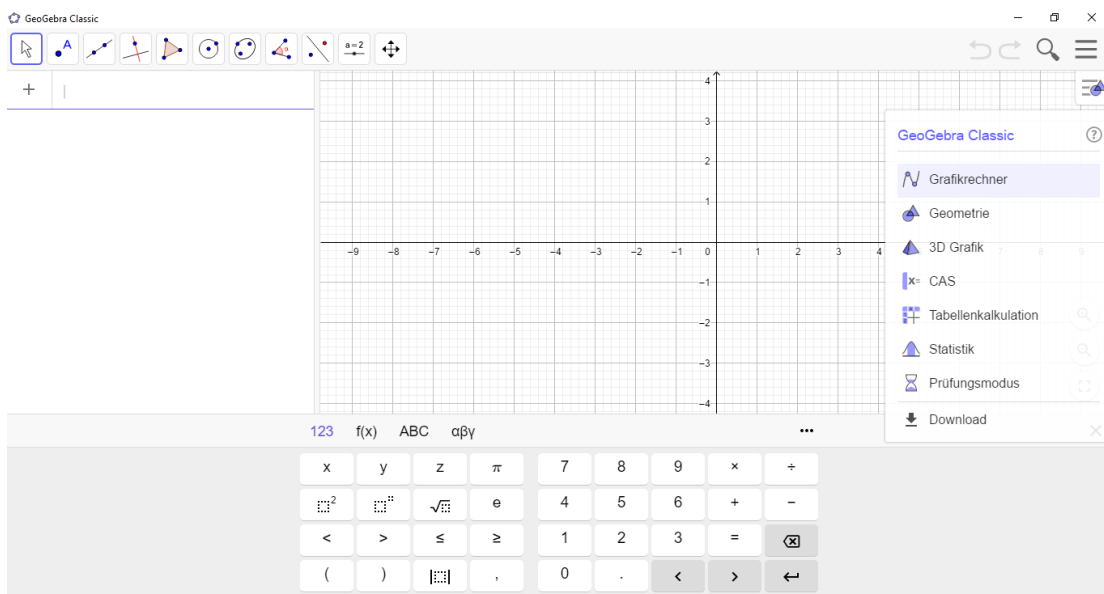


Abbildung 5: Ansicht GeoGebra Classic 6 Desktopversion

Steigt man in das Programm ein, so hat man es vorerst so vor Augen, wie es in Abbildung 5 dargestellt wird. Mit Hilfe des Feldes auf der rechten Seite der Programmoberfläche kann man entscheiden, welche Ansichten von GeoGebra man nutzen möchte. Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, gibt es die Ansichten „Grafikrechner“, „Geometrie“, „3D Grafik“, „CAS“, „Tabellenkalkulation“ und „Statistik“. Klickt man beispielsweise die Felder „CAS“, „Tabellenkalkulation“, „3D Grafik“ und „Statistik“ an, so schaut die Oberfläche des Programmes anschließend so aus, wie in Abbildung 6 dargestellt und man könnte sofort loslegen, diese vier Werkzeuge parallel zu nutzen.

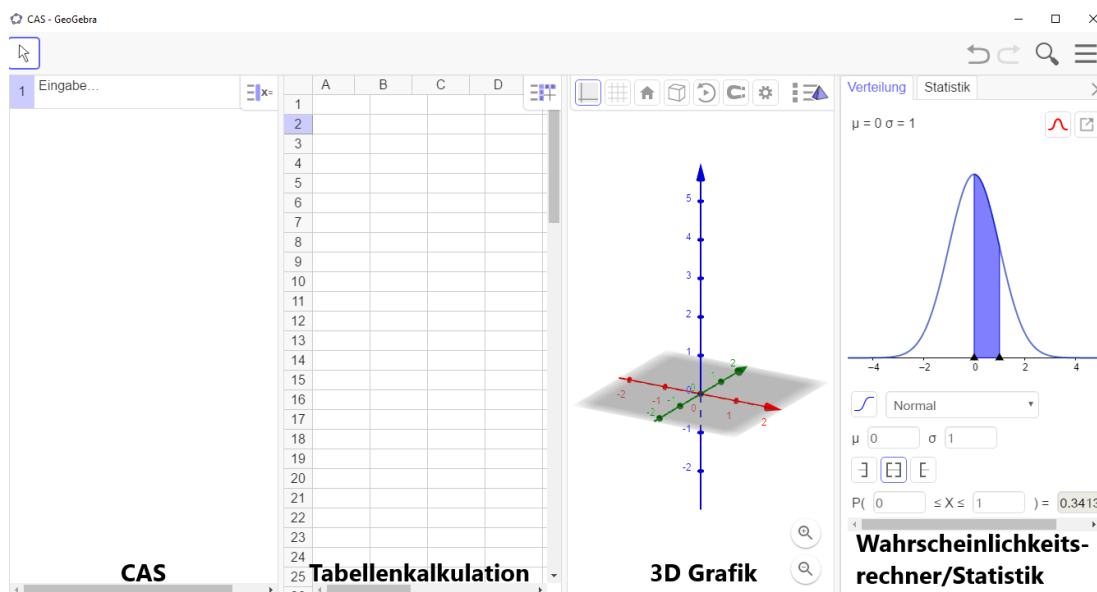


Abbildung 6: Verschiedene Ansichten bei GeoGebra Classic 6 Desktopversion

3.3 Klassifikation der Einsatzmöglichkeiten von GeoGebra seitens der Schüler*innen

Das Betreiben von Mathematik hängt natürlich immer auch von den Werkzeugen, mit denen man arbeiten kann, ab. In der heutigen Zeit können schwierige Rechnungen und komplexe Operationen auf digitale Werkzeuge ausgelagert werden. Aus diesem Grund können sich Schüler*innen beim Arbeiten mit Mathematik viel stärker darauf konzentrieren, wie man ein mathematisches Problem lösen könnte. Problemlösungen können durchaus komplexere, rechenaufwändige Modelle enthalten, da die auszuführenden Operationen auf die Technologien ausgelegt werden können. Nichtsdestotrotz wird durch Technologie bezweckt, die erhaltenen Ergebnisse zu reflektieren, da man sie schließlich nicht selbst produziert hat (vgl.: BIFIE 2013: 75). „Es kommt zu einer Verschiebung von der Ausführung zur Planung von Problemlösungen und damit zu einer Schwerpunktverlagerung vom Operieren zum Nutzen von Grundwissen und zum Reflektieren.“ (BIFIE 2013: 75)

Digitale Werkzeuge, wie auch GeoGebra, können daher beim Arbeiten mit Mathematik nicht nur zum Zweck des Operierens, zum Berechnen einzelner Aufgaben, eingesetzt werden, sondern ihre Funktionen als Werkzeuge sind viel umfangreicher (vgl.: BIFIE 2013: 75-76). Im Folgenden wird präsentiert, wie GeoGebra als Visualisierungswerkzeug, Experimentierwerkzeug, Modellierungswerkzeug und Rechenwerkzeug benutzt werden könnte. Diese vier Einsatzmöglichkeiten werden auch explizit im Lehrplan der AHS-Oberstufe angeführt.

Die minimale Realisierung besteht im Einsatz entsprechender Hilfsmittel beim Lösen von Aufgaben und dem gelegentlichen Einsatz als didaktisches Werkzeug beim Erarbeiten neuer Inhalte. Die maximale Realisierung ist der sinnvolle Einsatz derartiger Technologien als Werkzeug beim Modellieren, Visualisieren und Experimentieren. (Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020a)

Aus dem Zitat ist deutlich erkennbar, dass digitale Werkzeuge wie GeoGebra beim Arbeiten mit Mathematik mindestens als Rechenwerkzeug eingesetzt werden sollten. Wünschenswert sowie die Zielsetzung wären jedoch vor allem die restlichen Einsatzmöglichkeiten, da durch diese ein großer Mehrwert beim Arbeiten mit Mathematik erreicht werden kann.

3.3.1 Visualisierungswerkzeug

Mit Hilfe von digitalen Werkzeugen lassen sich abstrakte Objekte sehr einfach graphisch darstellen. Durch den Einsatz von GeoGebra als Visualisierungswerkzeug gelingt der Wechsel von einer beliebigen Darstellungsform in die graphische Darstellungsform sehr schnell, was hingegen händisch oft eine mühsame Angelegenheit ist. Zusätzlich zu Vermutungen über Lösungen oder Reflexionen können auch graphische Lösungsverfahren angewandt werden, um mathematische Probleme zu lösen. Besonders hilfreich ist auch die Verwendung von Parametern und den dazugehörigen Schiebereglern. Durch die dynamischen Veränderungen von graphischen Darstellungen kann festgestellt werden, wie sich die Änderungen von bestimmten Parametern beispielsweise auf Funktionsgraphen auswirken (vgl.: BIFIE 2013: 75).

3.3.2 Modellierungswerkzeug

Wird GeoGebra als Modellierungswerkzeug verwendet, so ist die Vielfalt der mathematischen Modelle, mit denen man arbeiten kann, viel größer als im klassischen Mathematikunterricht. Zwei typische Beispiele für Modelle, die man im Mathematikunterricht meist händisch nicht bearbeiten würde, sind rekursive Modelle oder das Arbeiten mit Differentialgleichungen. Aufgrund der Tatsache, dass unterschiedliche Darstellungsformen zeitgleich vorhanden sind, wird eine neue Qualität der Modellentscheidung ermöglicht. Durch die Auslagerung von komplexen Operationen auf die digitalen Werkzeuge können Modellierungen oft auch viel praxisnäher gestaltet sein. Anzumerken ist hierbei, dass die Modellnutzung mit Hilfe von digitalen Werkzeugen einfacher wird. Nichtsdestotrotz gestaltet sich die Modellentscheidung dafür schwieriger, da man mehr Wissen über Mathematik einbringen muss. Auch die Übersetzung

von Daten oder eines Textes in die Sprache der Mathematik, die mathematische Symbolsprache, kann mit Hilfe von digitalen Werkzeugen viel direkter vonstattengehen (vgl.: Heugl 2014: 9).

3.3.3 Experimentierwerkzeug

Das Betreiben von Mathematik lässt sich in drei Phasen gliedern:

- **Experimentelle, heuristische Phase:** Vermutungen werden durch Experimentieren gefunden.
- **Exaktifizierende Phase:** Erkenntnisse aus der heuristischen Phase werden auf eine gesicherte mathematische Basis gestellt.
- **Anwendungsphase:** Gesicherte Vermutungen werden zum Problemlösen genutzt. (BIFIE 2013: 75)

Für die enorm wichtige erste Phase ist es erst durch GeoGebra als Experimentierwerkzeug möglich, Vermutungen zu generieren oder Lösungswege zu entdecken (vgl.: BIFIE 2013: 75). Es kann nicht nur mit verschiedenen Modellen experimentiert werden, sondern auch die Wirkungen von Parametern können mit dem Einsatz von Schiebereglern experimentell erforscht werden, um Lösungswege und schließlich auch Lösungen zu entdecken (vgl.: Heugl 2014: 11).

3.3.4 Rechenwerkzeug

Obwohl man auch heutzutage auf das händische Rechnen nicht verzichten sollte, hat GeoGebra als Rechenwerkzeug einen großen Vorteil, denn schwierige und komplexe Operationen können einfach der Software überlassen werden. Betonen sollte man allerdings, dass der Technologieeinsatz hierbei ganz und gar nicht zu einem Mangel an mathematischer Kompetenz führt, sondern dadurch lediglich andere Kompetenzen mehr gefordert werden. Während im Bereich des Operierens beispielsweise die Strukturerkennungskompetenz immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist in Hinblick auf die Interpretation der erhaltenen Ergebnisse die Kontrollkompetenz sehr gefragt. Auch die benötigten Kompetenzen im Umgang mit digitalen Werkzeugen als Rechenwerkzeug muss sich jeder Mensch, genau wie das händische Rechnen, zuerst einmal aneignen, bevor man diese nützen kann (vgl.: Heugl 2014: 13).

3.4 Klassifikation der Einsatzmöglichkeiten von GeoGebra im Mathematikunterricht seitens der Lehrperson

Durch den kostenlosen und einfachen Zugang zu GeoGebra lässt sich der Mathematikunterricht sehr vielfältig gestalten. Christian Dorner (2014) versucht die Einsatz-

möglichkeiten von GeoGebra im Unterricht zu strukturieren. Dabei unterscheidet er drei Merkmalsausprägungen: Aktivität, Fokussierungsgrad und Zeit. Das Merkmal Aktivität beschreibt, wer beim Arbeiten mit GeoGebra die aktive Rolle übernimmt, die Lehrkraft oder die Schüler*innen. Das Merkmal Zeit wird mit Hilfe einer dreistufigen Skala angegeben, wobei die erste Stufe für eine Zeitspanne von ungefähr 15 Minuten, die zweite Stufe für eine Unterrichtsstunde und die dritte Stufe für mehrere Unterrichtsstunden steht, und beschreibt, wie lange man GeoGebra im Unterricht einsetzt (vgl.: Dorner 2014: 34). Mit dem Merkmal Fokussierungsgrad, das vier Ausprägungen annehmen kann, bezeichnet Dorner *„diejenige Einstellung einer Konfiguration in GeoGebra, die die Lehrperson trifft, um die Komplexität zu reduzieren.“* (Dorner 2014: 34):

1. Vollständig vorgegeben: Die wesentlichen Elemente der Konfiguration sind hervorgehoben. Die Werkzeugleiste ist kaum benutzbar [...]. Ausgenommen sind Werkzeuge für Veränderung der Ansicht. Die Variationsmöglichkeiten [...] sind beschränkt.
2. Teilweise vorgegeben: Die Konfiguration kann bzw. muss ergänzt oder verändert werden. Die wesentlichen Elemente sind teilweise hervorgehoben. Die Werkzeugleiste ist teilweise benutzbar.
3. Unstrukturiert: GeoGebra wird selbstständig und ohne Vorgaben und Einschränkungen genutzt, man bleibt jedoch in den von GeoGebra vorgegebenen Möglichkeiten.
4. Erweiternd: Es werden neue/eigene Werkzeuge erstellt bzw. GeoGebra wird an sich als Werkzeug verwendet. In dieser Stufe wird GeoGebra vom Benutzer erweitert. (Dorner 2014: 34)

Mit Hilfe dieser drei Merkmale beschreibt Dorner sieben mögliche Nutzungsweisen von GeoGebra, die in Abbildung 7 zu sehen sind und in den nachfolgenden Unterabschnitten genauer beschrieben werden (vgl.: Dorner 2014: 35).

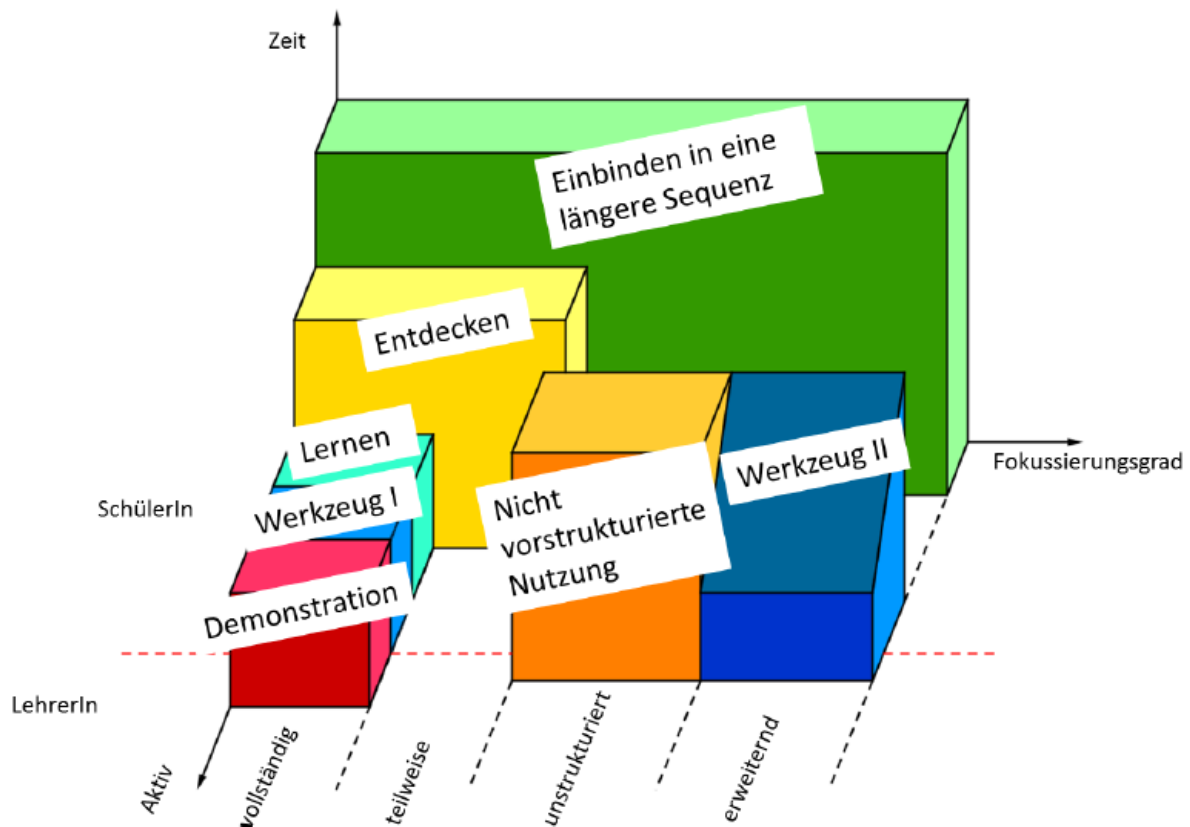


Abbildung 7: Übersicht Nutzungsweisen von GeoGebra (Dorner 2014: 35)

Obwohl Dorner diese Nutzungsweisen von GeoGebra für die fünfte Klasse/neunte Schulstufe angedacht hat, lassen sie sich auch problemlos auf jede höhere Schulstufe übertragen und möglicherweise sogar noch ergänzen. Da bei den folgenden Beschreibungen der Einsatzmöglichkeiten entweder nur kurz ein oder gar kein Beispiel aus der Oberstufe der AHS thematisiert wird, wird bei dem Wunsch nach genaueren Ausführungen auf Dorner (2014) verwiesen.

3.4.1 Demonstrationsapplets

Mit Hilfe von Demonstrationsapplets können die Erklärungen von Lehrpersonen noch zusätzlich bildhaft veranschaulicht werden und zwar durch interaktive und dynamische Darstellungen. Während der Lehrkraft hier eine aktive Rolle zugesprochen wird, agieren die Schüler*innen nur passiv (vgl.: Dorner 2014: 35). Diese Passivität kann durchaus als Gefahr gesehen werden, denn wenn die Schüler*innen nur zusehen, aber nicht kognitiv aktiv werden, „*findet [...] kein selbstständiges Denken in deren Köpfen statt und das Programm GeoGebra wird dabei auch nicht erlernt.*“ (Dorner 2014: 37)

Aus diesem Grund sollte die Einsatzdauer von Demonstrationsapplets gering gehalten werden, beispielsweise können sie für Einstiegs- oder Erklärungsphasen ver-

wendet werden (vgl.: Dorner 2014: 35). In Abbildung 8 wird ein Demonstrationsapplet für die siebte Klasse/elfte Schulstufe dargestellt, das den Übergang vom Differenzen- zum Differentialquotient dynamisch mit Hilfe eines Schiebereglers visualisiert (vgl.: GeoGebra Material Team o.J.).

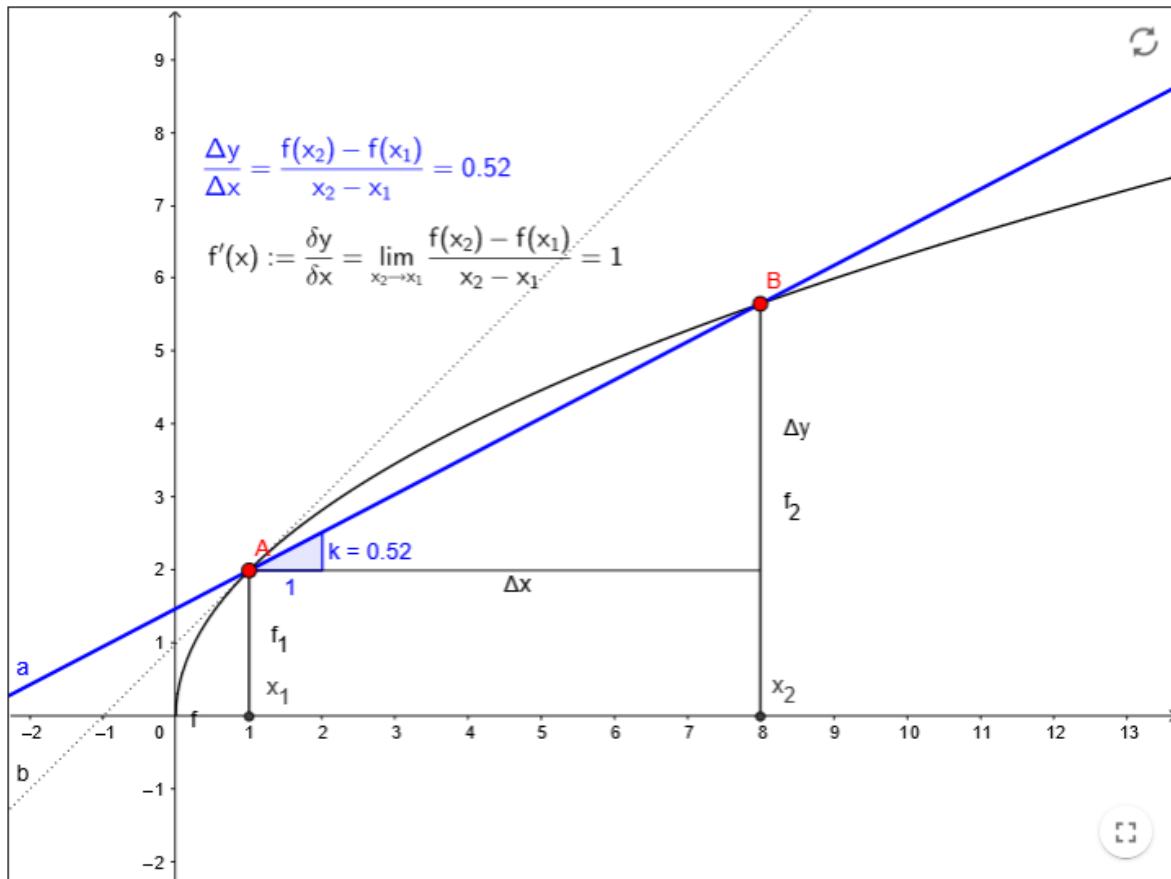


Abbildung 8: Beispiel Demonstrationsapplet: Differenzen- und Differenzialquotient (GeoGebra Material Team o.J.)

3.4.2 Entdeckungssaplets

Entdeckungssaplets sollen dazu beitragen, dass Schüler*innen mathematische Sachverhalte oder Zusammenhänge selbst entdecken. Die Lernenden übernehmen hier die aktive Rolle und für die Bearbeitung des Applets kann eine Zeitspanne von wenigen Minuten bis hin zu einer Unterrichtsstunde vorgesehen werden. In Bezug auf den Fokussierungsgrad lässt sich sagen, dieser kann entweder vollständig oder teilweise, wenn Zusammenhänge besser durch Konstruktionen erkannt werden, vorgegeben werden (vgl.: Dorner 2014: 37). Eine mögliche Gefahr solcher Applets ist die Überforderung der Lernenden. Es ist daher umso wichtiger, als Lehrkraft den Fokussierungsgrad richtig zu wählen, damit die Lernenden die Aufgabenstellung ohne Probleme bearbeiten können (vgl.: Dorner 2014: 38).

Das in Abbildung 9 dargestellte Applet, auf dem der Graph einer quadratischen Funktion zu sehen ist, könnte eingesetzt werden, damit die Schüler*innen die Wirkung der Parameter einer quadratischen Funktion selbstständig entdecken können. Dadurch, dass die Parameter hier beliebig gewählt sowie auch null gesetzt werden können, kann zuerst die Wirkung einzelner Parameter betrachtet werden und zu einem späteren Zeitpunkt können Veränderungen mehrerer Parameter besprochen werden.

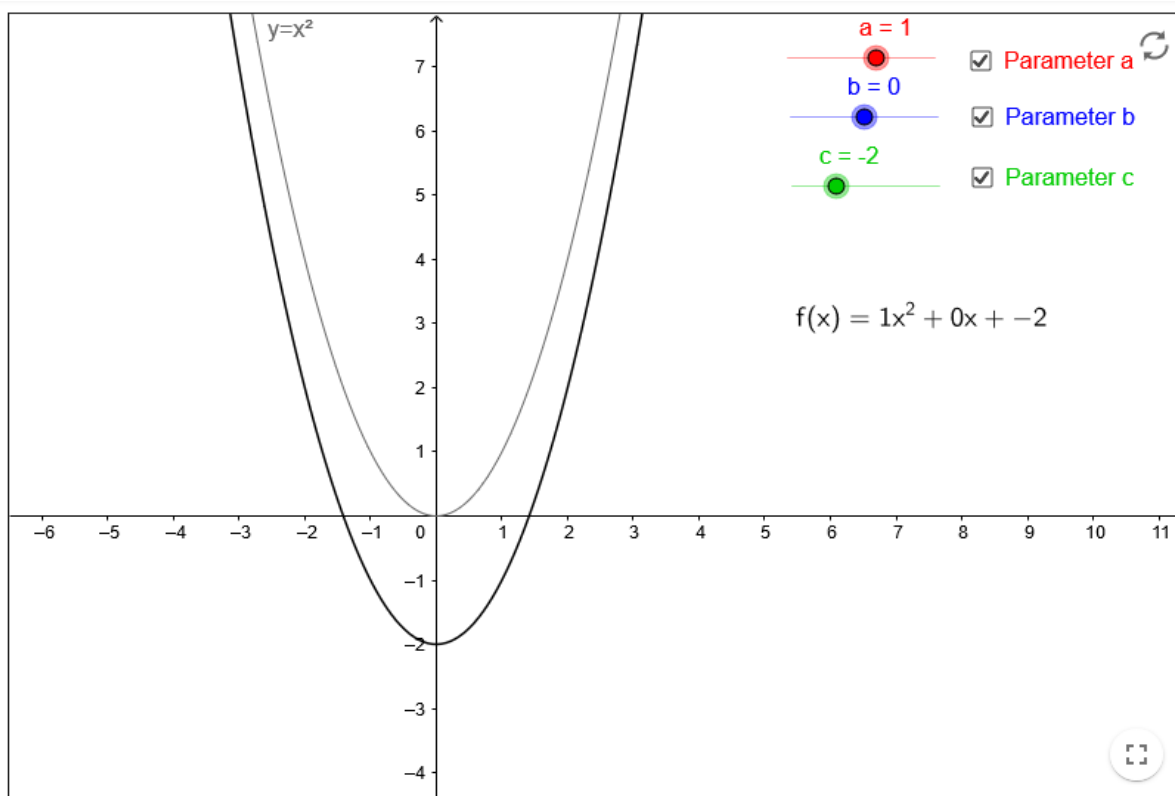


Abbildung 9: Beispiel Entdeckungsapplet: Quadratische Funktion (Lindenbauer o.J.)

3.4.3 Lernapplets

Lernapplets dienen dazu, das mathematische Grundwissen und die Grundkompetenzen zu festigen (vgl.: Dorner 2014: 39). „*Applikationen dieser Art bestehen im Wesentlichen aus drei Punkten: einer **Aufgabenstellung**, einer **kognitiven Anstrengung** der Lernenden und einer **Möglichkeit zum Nachlesen des Stoffes**.*“ (Dorner 2014: 39) Solche vollständig fokussierten Applets sollten über klare Arbeitsanweisungen verfügen, damit die Lernenden ihren aktiven Rollen auf jeden Fall nachkommen können. Durch kognitive Anstrengung sollte die Aufgabe lösbar sein. Wer den Stoff nicht (mehr) beherrscht, hat auch die Möglichkeit, diesen nachzulesen. Lernapplets können daher besonders gut in der Phase der Ergebnissicherung beim selbstständigen Arbeiten eingesetzt werden (vgl.: Dorner 2014: 39).

Als Beispiel wird in Abbildung 10 ein Applet gezeigt, bei dem die Steigung k und der y -Achsenabschnitt d von einem Graph einer linearen Funktion ermittelt werden muss. Trägt man die richtigen Werte in die Kästchen ein, so ändert sich der Schriftzug von „Leider falsch!“ zu „RICHTIG!“. Zusätzlich dazu werden Hinweise zur Steigung und zum Achsenabschnitt angeboten und mit einem Klick auf das Kästchen „Neue Aufgabe“ erscheint ein anderer Graph einer linearen Funktion im Applet, um weiter üben zu können (vgl.: Lindner o.J.).

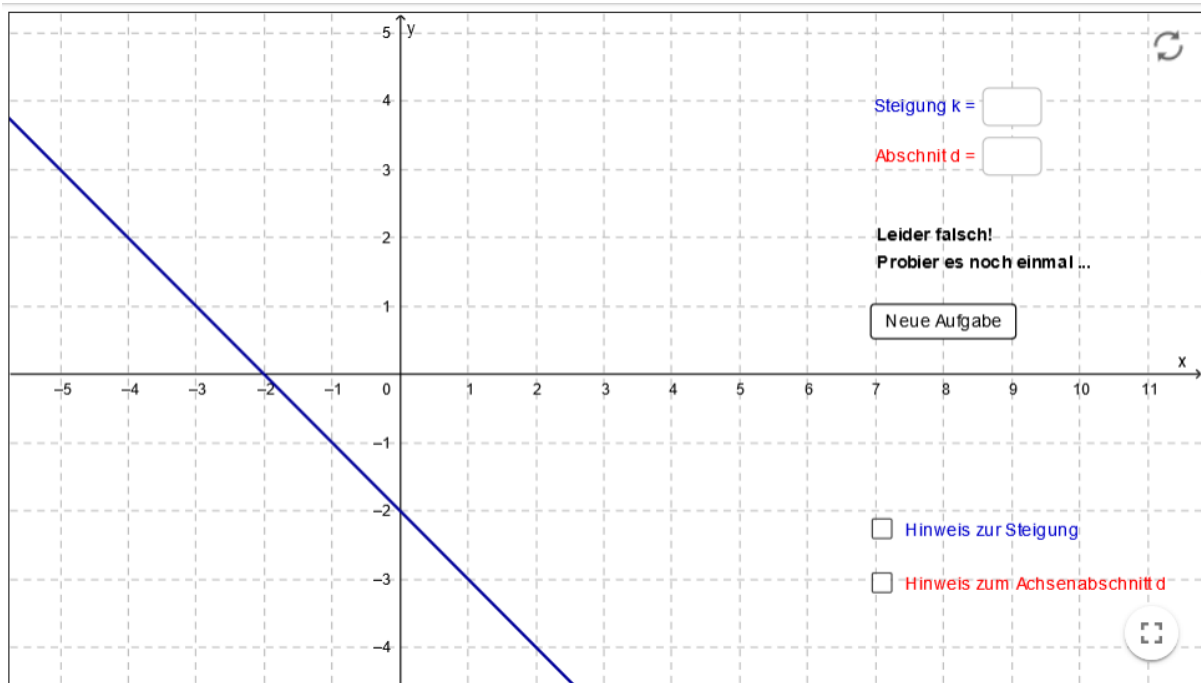


Abbildung 10: Beispiel: Lernapplet: Linear inhomogene Funktion (Lindner o.J.)

3.4.4 Werkzeugapplets

GeoGebra kann in zweierlei Hinsicht als Werkzeug angewandt werden. Mit dem Begriff Werkzeug I ist gemeint, dass eine fertige GeoGebra-Datei als Werkzeug verwendet wird, um ein Problem zu lösen. Während der Lehrkraft die Aufgabe obliegt, eine passende Datei vorzubereiten, sind die Schüler*innen danach diejenigen, denen im Unterricht eine aktive Rolle zukommt (vgl.: Dorner 2014: 40-41).

Beim Werkzeug II wird viel mehr kognitive Anstrengung verlangt, da man dabei ein GeoGebra Applet selbst kreiert und es anschließend als Werkzeug verwendet. Die Schüler*innen müssen auf einer Metaebene verstehen, welche Vorgänge das Programm übernimmt und dabei Abstraktionsleistungen vollbringen. Wie viel Zeit man für eine solche Konstruktion einplant, hängt vom Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung ab. Man spricht dabei von einem erweiterten Fokussierungsgrad (vgl.: Dorner 2014: 40-41).

3.4.5 Nicht vorstrukturierte Nutzung und Einbinden in eine längere Sequenz

Bei der nicht vorstrukturierten Nutzung von GeoGebra sind die Schüler*innen selbst dafür verantwortlich, wann, wie und ob dieses digitale Werkzeug zum Einsatz kommt. Dabei können alle Werkzeuge beliebig verwendet werden (vgl.: Dorner 2014: 45). Die letzte Einsatzmöglichkeit von GeoGebra ist das Einbinden in eine längere Sequenz. Verwendet man GeoGebra beispielsweise beim Bearbeiten eines Lernpfades, so können alle möglichen Fokussierungsgrade eingesetzt werden, angepasst auf die jeweilige Art und Weise, wie die Schüler*innen GeoGebra dabei nutzen sollen (vgl.: Dorner 2014: 35).

4 Aktuelle Gründe der Nutzung von digitalen Werkzeugen wie GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten

In den vorhergegangenen Kapiteln wurde bereits thematisiert, was digitale Werkzeuge sind, welche es gibt, seit wann sie in die Schule integriert wurden und wie sie eingesetzt werden können. Warum digitale Werkzeuge wie GeoGebra jedoch eingesetzt werden, wurde bisher noch nicht explizit ausgeführt. Das Kapitel 4 setzt sich daher zum Ziel, einige Aspekte anzuführen, warum digitale Werkzeuge heutzutage in der Schule allgemein, besonders aber im Mathematikunterricht und beim Arbeiten mit Mathematik, verwendet werden.

4.1 Allgemeinbildende Aspekte: digitale Kompetenzen und digitale Grundbildung

Durch die fortschreitende Digitalisierung und Technisierung unserer Welt wird die Notwendigkeit, verschiedene Medien und Technologien zu nutzen und damit umgehen zu können, so gut wie in allen Lebens- und Arbeitsbereichen immer wichtiger (vgl.: Gerick et al. 2015: 35). Die Europäische Union bevorzugt es, für die benötigten Kompetenzen im Umgang mit Medien und Technologien den Begriff der „digitalen Kompetenz“ zu verwenden, der im 21. Jahrhundert als Grundfertigkeit, wie das Lesen oder das Schreiben, angesehen wird (vgl.: Baumgartner et al. 2015: 96).

Digital Competence is the set of knowledge, skills, attitudes (thus including abilities, strategies, values and awareness) that are required when using ICT and digital media to perform tasks; solve problems; communicate; manage information; collaborate; create and share content; and build knowledge effectively, efficiently, appropriately, critically, creatively, autonomously, flexibly, ethically, reflectively for work, leisure, participation, learning, socialising, consuming, and empowerment. (Ferrari 2012: 3-4)

Das Erlernen der digitalen Kompetenz wird im 21. Jahrhundert als Bildungsziel deklariert, um am gesellschaftlichen Leben ohne Probleme teilnehmen zu können. Vor allem Schulen werden durch die Notwendigkeit der Vermittlung dieser Kompetenz vor neue Herausforderungen gestellt (vgl.: Gerick et al. 2015: 35). Damit die Chancen, die durch Medien und Technologien entstehen, genutzt werden können, aber auch Risiken und Gefahren, die Medien und Technologien mit sich bringen, erkannt werden können, ist es notwendig, dass Kinder und Jugendliche digitale Kompetenzen erwerben. Diese Kompetenzen werden aber nicht automatisch erlernt (vgl.: Ebel 2015: 12). Da sich viele Eltern auch nur wenig oder kaum um die Vermittlung der di-

digitalen Kompetenz kümmern, liegt es einmal mehr an den Schulen „*die Heranwachsenden zu einem selbstbestimmten und kritischen, aber auch zu einem produktiven und kreativen Umgang mit digitalen Medien zu befähigen.*“ (Ebel 2015: 12)

Um in Österreich die digitale Kompetenz zu sichern, wurden bereits erste Maßnahmen gesetzt. Ab dem Schuljahr 2018/19 wurde in Österreich für Neue Mittelschulen und Unterstufen der AHS die Implementierung der Übung „Digitale Grundbildung“ verpflichtend. Durch diese sollen die Schüler*innen im Laufe der vier Jahre, die sie in der Sekundarstufe I verbringen, verschiedenste Kompetenzen erlernen, die den folgenden acht Bereichen zugeordnet werden können: gesellschaftliche Aspekte von Medienwandel und Digitalisierung, Informations-, Daten- und Medienkompetenz, Betriebssysteme und Standard-Anwendungen, Mediengestaltung, digitale Kommunikation und Social Media, Sicherheit, technische Problemlösung sowie Computational Thinking. Ob für die Digitale Grundbildung spezielle Stunden vorgesehen werden oder ob diese durch die Integration in verschiedenste Fächer übermittelt wird, kann jede Schule für sich selbst bestimmen (vgl.: Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2018). Für die Oberstufen der AHS wurde keine solche allgemeine Maßnahme gesetzt, dennoch beschreibt der Lehrplan in den allgemeinen Bildungszielen die große Bedeutung der digitalen Kompetenz (vgl.: Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020a):

Innovative Technologien der Information und Kommunikation sowie die Massenmedien dringen immer stärker in alle Lebensbereiche vor [...]. Zur Förderung der digitalen Kompetenz ist im Rahmen des Unterrichts diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen und das didaktische Potenzial der Informationstechnologien bei gleichzeitiger kritischer rationaler Auseinandersetzung mit deren Wirkungsmechanismen in Wirtschaft und Gesellschaft nutzbar zu machen. (Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020a)

4.2 Aspekte der Lernpsychologie und Fachdidaktik

Dieser Abschnitt soll lerntheoretische und fachdidaktische Potentiale von digitalen Werkzeugen aufzeigen. Während sich der erste Unterabschnitt eher allgemein gehalten auf kognitionspsychologische und motivationspsychologische Aspekte von Technologien und neuen Medien konzentriert, wird im zweiten Unterabschnitt speziell auf fachdidaktische Überlegungen zum Einsatz von digitalen Werkzeugen eingegangen.

4.2.1 Lernpsychologische Grundlagen

Schaumburg und Issing (2004: 78) beschreiben drei Aspekte, die für das Arbeiten mit digitalen Medien und Technologien in Hinblick auf die Lernpsychologie und auf die Didaktik relevant sind. Obwohl im Original der Begriff des „Online-Lernens“ verwendet wird, können diese Aspekte auch auf die etwas weiter gefassten und heutzutage verwendeten Begriffe der neuen Medien und Technologien angewandt werden:

- die Darbietung vernetzter, multimedial und interaktiv aufbereiteter Information über das World Wide Web
- die Möglichkeit zur synchronen und asynchronen computer-vermittelten Kommunikation
- die Möglichkeit zur synchronen und asynchronen verteilten Zusammenarbeit an gemeinsamen Produkten mittels netzbasierter Arbeitsumgebungen (Schaumburg/Issing 2004: 78)

Informationen vernetzt, interaktiv und multimedial aufzubereiten, vor allem auch für mehrere Sinnesmodalitäten sowie durch verschiedene Codierungsformen, hilft aus kognitionspsychologischer Sicht dabei, Informationen im Gedächtnis zu verarbeiten und zu speichern. Da solche multimedialen Aufbereitungen beim Einsatz von Medien und Technologien in der Schule Anwendung finden, sollten diese eine lernförderliche Wirkung haben. Zwei weitere Vorteile können sich daraus ergeben. Einerseits kann durch die Multimedialität und die Interaktivität die Beschäftigung mit der zu erlernenden Thematik intensiviert werden, andererseits kann dadurch das neue Wissen auch besser in die bereits vorhandenen Strukturen aufgenommen werden (vgl.: Schaumburg 2015: 59-60).

In Hinblick auf die Motivationspsychologie soll die interaktive, multimediale und vernetzte Aufbereitung des Lernstoffes vor allem dazu führen, die intrinsische Motivation der Lernenden zu fördern. Auch das Interesse und die Neugierde der Schüler*innen soll so gesteigert werden (vgl.: Schaumburg 2015: 59-60). Ob digitale Medien und Technologien für das Lernen förderlicher sind als traditionelle Medien, konnte empirisch bisher noch nicht eindeutig belegt werden (vgl.: Schaumburg 2015: 60).

4.2.2 Fachdidaktische Aspekte

Digitale Werkzeuge bringen in Bezug auf den Mathematikunterricht fachdidaktisch gesehen viele Vorteile mit sich, von denen nun einige behandelt werden. Diese Aufzählung erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Zu Beginn sollen hier Repräsentationsformen und -wechsel thematisiert werden. Durch digitale Werkzeuge können verschiedene Repräsentationsformen sehr leicht und in möglichst kurzer Zeit erstellt werden. In Hinblick auf Funktionen könnte beispielsweise sowohl der Funktionsgraph, die Funktionsgleichung als auch eine Wertetabelle erstellt werden. Die verschiedenen Repräsentationsformen konzentrieren sich auch auf unterschiedliche Aspekte der mathematischen Situationen, daher wird meist die Interpretation und die Kommunikation über mathematische Situationen einfacher und es können sich Grundvorstellungen zu mathematischen Konzepten entwickeln (vgl.: Peschek/Schneider 2002: 192).

Dadurch, dass die verschiedenen Repräsentationsformen dynamisch miteinander verknüpft sein können, ändern sich, wenn man auf das vorherige Beispiel der Funktionen zurückblickt, sobald man die Funktionsgleichung verändert, auch der Funktionsgraph sowie die Wertetabelle. Für die Kognitionspsychologie hat diese dynamische Verknüpfung auch den Vorteil, das Arbeitsgedächtnis weniger zu belasten (vgl.: Van Merriënboer/Sweller 2005). Durch die verschiedenen Repräsentationsformen kann bei GeoGebra auch die Anzahl der individuellen Lösungswege gesteigert werden und deren Zusammenhänge können verdeutlicht und reflektiert werden. Diese Tatsache hat Barzel (2012: 57) bereits für CAS gezeigt, denn auch dessen Einsatz führte zu einer Erhöhung der individuellen Lösungswege sowie deren Zusammenhänge.

Auch beim entdeckenden Lernen können digitale Werkzeuge als Unterstützung dienen. Heinrich Winter (2016) meint zwar, dass es keine befriedigende Definition des Begriffes „entdeckendes Lernen“ gibt, dennoch beschreibt er diesen Begriff näher (vgl.: Winter 2016: 1-3).

„Entdeckendes Lernen“ ist [...] ein theoretisches Konstrukt, die Idee nämlich, dass Wissenserwerb, Erkenntnisfortschritt und die Ertüchtigung in Problemlösefähigkeiten nicht schon durch Information von außen geschieht, sondern durch eigenes aktives Handeln unter Rekurs auf die schon vorhandene kognitive Struktur, allerdings in der Regel angeregt und somit erst ermöglicht durch äußere Impulse. (Winter 2016: 3)

Das entdeckende Lernen kann durch digitale Werkzeuge unterstützt werden, beispielsweise durch die Übernahme von Routinetätigkeiten oder die leichte Zugänglichkeit zu den dynamisch verbundenen Repräsentationsformen (vgl.: Schneider 1999: 292). Mit digitalen Werkzeugen ist es möglich, dass mathematische Zusammen-

menhänge erkannt werden. Lernende können viele gleichartige Beispiele erstellen, die mit Hilfe des entdeckenden Lernens für mögliche Begriffsbildungen, Problemlösungen sowie Vermutungs- und Begründungsfindungen genutzt werden können (vgl.: Barzel/Greefrath 2015: 153).

Digitale Werkzeuge ermöglichen hier neue Erkenntniswege, indem verschiedene Modelle umgesetzt werden können oder mit Beispielen am Computer die Suche nach Mustern und Strukturen ermöglicht wird. Dies können etwa mehrere Funktionsgraphen zur Untersuchung der Bedeutung von Parametern oder mehrere Terme sein, um Analogien zu finden und auf eine allgemeine Formel zu schließen. (Barzel/Greefrath 2015: 153)

Des Weiteren können mathematische Regeln durch die Verwendung von digitalen Werkzeugen entdeckt werden. So kann etwa die Kettenregel mittels der Analyse von abgeleiteten Exponentialfunktionen, die von einem CAS durchgeführt worden sind, herausgefunden werden (vgl.: Heintz et al. 2017: 17). Ingelmann (2009:202) konnte feststellen, wenn Schüler*innen Aufgaben zum forschenden Lernen in Hinblick auf Mathematik betreiben, können diese Aufgaben zu Leistungsentwicklungen führen.

Im Unterabschnitt 3.3.2 wurde bereits darauf eingegangen, dass digitale Werkzeuge, wie eben auch GeoGebra, als Modellierungswerkzeug verwendet werden können und dies soll hier noch einmal kurz aufgegriffen werden. Möchte man im Mathematikunterricht keine eingekleideten Aufgaben, sondern realitätsbezogene Modellierungsaufgaben bearbeiten, so hat man es meist auch mit Datensätzen zu tun, die sehr ausgiebig sind. Diese Daten händisch zu verarbeiten würde mit einem hohen Zeit- und Rechenaufwand verbunden sein. Verwendet man jedoch digitale Werkzeuge, so sind auch diese umfangreichen Datenmengen kein Problem (vgl.: Thurm 2020: 42).

Greefrath und Weitendorf (2013) zeigen auf, dass es möglich ist, digitale Werkzeuge in viele Teile des Modellierungskreislaufes zu integrieren. Der Modellierungskreislauf kann sich dadurch jedoch etwas komplexer gestalten und die Schüler*innen benötigen weitere Kompetenzen, vor allem was das Arbeiten mit den digitalen Werkzeugen betrifft (vgl.: Greefrath/Weitendorf 2013: 186). Bei den von den beiden Autoren beschriebenen Modellierungsaufgaben werden die digitalen Werkzeuge sehr vielfältig eingesetzt, unter anderem zum Lösen von Gleichungen und zum Ableiten sowie zum (partiellen) Integrieren von Funktionstermen und manche Modellierungsaufgaben werden durch den Einsatz der digitalen Werkzeuge erst möglich (vgl.: ebd.: 187-

200). Es lässt sich daher sagen, digitale Werkzeuge können dazu beitragen, den Mathematikunterricht mit Aufgabenstellungen, die echte Realitätsbezüge mit sich bringen, zu bereichern.

In der sehr umfangreichen Metastudie von Barzel (2012), die sich mit dem Einsatz von CAS im Unterricht befasst, werden ebenfalls mehrere fachdidaktische Erkenntnisse zum Einfluss von CAS im Unterricht thematisiert. Da GeoGebra sowohl ein CAS als auch andere Werkzeuge enthält, sind diese Ergebnisse auch auf dieses digitale Werkzeug übertragbar und werden im Folgenden thematisiert. Die Ziele des Mathematikunterrichts erstrecken sich über drei Arten von Wissen: das prozedurale Wissen (Beherrschen einfacher mathematischer Routinen sowie anspruchsvollere Fähigkeiten), das konzeptuelle Wissen (tieferes Verständnis: Fachverständnis mit einer Verknüpfung von Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten) und das deklarative Wissen (mathematisches Faktenwissen) (vgl.: Barzel 2012: 32-33).

Der Begriff „Task-Technique-Theory“ beschreibt das Verlangen nach einer Verknüpfung dieser Wissensbasen (vgl.: Chevallard 1999). Einige Studien zur Verwendung von CAS beruhen auf diesem Konzept (vgl.: Barzel 2012: 33). Laut Kieran und Drijvers (2006: 257) können Schüler*innen rascher systematisch algebraisch umformen, wenn diese das algebraische Denken zuvor durch einen CAS-integrierten konzeptuellen Zugang über Funktionen und Modellieren gelernt haben.

Es spielt nicht jedoch nicht nur die gewonnene Zeit eine Rolle, sondern die Arbeit mit CAS bietet zudem gleich an mehreren Punkten Ansatzmöglichkeiten, um den Erwerb von konzeptuellem Wissen anzuregen. Durch die schnelle Verfügbarkeit von symbolischen Umformungen kann man sich, ohne von syntaktischen Umformungen unterbrochen zu sein, unmittelbar nach der Eingabe eines symbolischen Objektes auf das Ergebnis konzentrieren und dieses reflektieren. (Barzel 2012: 35)

Beim Arbeiten mit einem CAS ist das Ausbilden von einem sogenannten „algebraischen Blick“ enorm wichtig. Er beschreibt, flexibel Termstrukturen erkennen, umformen oder miteinander in Beziehung setzen zu können (vgl.: Barzel 2012: 36). Dies konnte bereits empirisch bestätigt werden (vgl.: u.a. Drijvers 2004). *„Dieser algebraische Blick ist eine zentrale innermathematische Kompetenz, die als Schlüsselkomponente nicht nur für die Algebra, sondern auch für alle weiteren mathematischen Themenbereiche der Schulmathematik essenziell ist.“* (Barzel 2012: 36) Das Arbeiten mit einem CAS wiederum begünstigt ebenfalls das Ausbilden des „algebraischen

Blicks“, da man beispielsweise die Äquivalenz eines Inputs und Outputs erkennen muss (vgl.: Barzel 2012: 36).

Das niedersächsische Projekt CALiMERO wurde im Schuljahr 2005/2006 mit der siebten Jahrgangsstufe der Sekundarstufe I gestartet und dauerte fünf Jahr lang an. Dabei wurden die Potentiale der Nutzung des CAS-fähigen Taschencomputers V-200 untersucht (vgl.: Ingelmann 2009; Ingelmann/Bruder 2007: 94; Barzel 2012: 21). Obwohl sich bei diesem Projekt alles um die Nutzung eines Taschencomputers dreht, können die Ergebnisse des Projektes CALiMERO auch auf das Programm GeoGebra übertragen werden, denn GeoGebra umfasst alle Funktionen des Taschenrechners, genauer gesagt sogar mehr Funktionen als der Taschencomputer. Auch Ingelmann (2009) konnte mit ihrem Projekt teilweise bestätigen, dass der CAS-Einsatz zu einem selbstbewussten Umgang mit Objekten der Algebra sowie zu einer Verknüpfung der verschiedenen Darstellungsformen mathematischer Sachverhalte beiträgt. Die Schüler*innen des Projektes wiesen bezüglich der Kompetenz „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“, hohe positive Entwicklungen auf (vgl.: Ingelmann 2009: 197).

Zusätzlich dazu konnte in der siebten Jahrgangsstufe bei den leistungsschwächeren Schüler*innen durch den Einsatz eines CAS eine Leistungssteigerung festgestellt werden, die über dem Durchschnitt der restlichen Schüler*innen lag. Diese Leistungssteigerung konnte vor allem in den Bereichen der algebraischen Argumentation und der Interpretation von Graphiken festgestellt werden (vgl.: Ingelmann/Bruder 2007: 95-96).

Ein weiterer Punkt, der von Barzel (2012: 41-44) thematisiert wird, ist die Tatsache, dass die Nutzung von einem CAS die Verwendung der mathematischen Sprache in der schriftlichen Kommunikation fördert. Die Sprache der Mathematik ist ein lang entwickeltes Kulturgut und wird von den Schüler*innen heutzutage beim Lesen und Erstellen von Dokumenten, sei es auf Papier oder im Rechner, genutzt. Da ein CAS jedoch meist über eine eigene Sprache verfügt, wird das schriftliche Kommunizieren auf eine neue Ebene gebracht, da die Sprache nicht nur neu erlernt und reflektiert werden muss, sondern auch in die traditionelle Sprache der Mathematik übersetzt werden muss und umgekehrt (vgl.: Barzel 2012: 41-43).

Zum Abschluss wird der Zusammenhang der Strukturierung des Unterrichts und der Art des Einsatzes eines CAS thematisiert, denn eine australische Forschung, in de-

ren Forschungsgruppe Kaye Stacey tätig war, konnte einen hohen Zusammenhang erkennen. Aus diesem Grund sollen nun beide Grundstrukturen von Unterricht thematisiert werden. Bei der ersten Grundstruktur, dem fachsystematischen Aufbau, wird der Lernstoff Einheit für Einheit, gemäß seiner Komplexität, abgearbeitet (vgl.: Barzel 2012: 48). *„CAS unterstützt diesen Weg beim Erlernen der syntaktischen Fertigkeiten und später durch die Übernahme dieser Fertigkeiten und die damit verbundene Zeitersparnis.“* (ebd.: 48).

Die zweite Struktur von Unterricht, das genetische Lernen, zielt darauf ab, Begriffe selbst zu erarbeiten und auf realitätsbezogene Problemstellungen anzuwenden. Dabei werden die einzelnen Einheiten parallel erarbeitet und immer weiter vertieft. CAS findet bei dieser Struktur im gesamten Lernprozess einen Platz und zusätzlich dazu dient es zur Entwicklung des konzeptuellen Wissens (vgl.: ebd.: 48).

4.2.3 Aspekte der Individualisierung und Differenzierung

Obwohl diese beiden Begriffe oft synonym verwendet werden, bedeuten sie nicht eins zu eins dasselbe. Laut Saldner-Gridling (2009: 18-19) steht der Begriff „Differenzierung“ für die Seite des Lehrens, während bei dem Begriff „Individualisierung“ das Lernen im Zentrum steht. Ziel der institutionellen Differenzierung, der äußeren Differenzierung und der inneren Differenzierung, ist eine möglichst kriterienbezogene Bildung von Lerngruppen innerhalb der Schule. Im Unterrichtsgeschehen selbst kann die Lehrperson durch die innere Differenzierung den Individuen unterschiedliche Zugänge und Aneignungsmöglichkeiten bieten sowie Aufgabenstellungen nach Aufgabenschwierigkeit, Lernziel, Lernzeit und Unterrichtsmethode differenzieren (vgl.: Saldner-Gridling 2009: 18). Die Individualisierung hingegen setzt beim einzelnen Individuum an und versucht, durch die Persönlichkeit sowie die Potenziale der Lernenden die bestmögliche Ausbildung der Leistungsfähigkeit und verschiedene Talente aus den Schüler*innen herauszuholen (vgl.: ebd.: 19). Doch wie können nun digitale Medien und digitale Werkzeuge zur Differenzierung und Individualisierung im (Mathematik-)Unterricht beitragen?

Leutner (2011) grenzte bereits „adaptive“ von „adaptierbaren“ computerbasierten Lernprogrammen ab. Während sich die Adaptivität von Lehr- und Informationssystemen darin äußert, wie sich ein Programm mit Hilfe der technischen Voraussetzungen an die Lernvoraussetzungen und an das Lernverhalten einer Person anpasst und ein individuelles Lernangebot für diese Person bereitstellt, widmet sich die Adaptierbarkeit dem Thema, inwieweit ein Programm aufgrund einer externen Diagnose so an-

gewendet werden kann, dass es der lernenden Person ein möglichst individuelles Lernen ermöglicht (vgl.: Leutner 2011: 117-118).

Um Individualisierung und Differenzierung in Hinblick auf adaptive Lernprogramme zu ermöglichen, können unter anderem folgende Faktoren verändert werden: der Instruktionsumfang und die Lernzeit, die Instruktionssequenz sowie die Aufgabenschwierigkeit (vgl.: ebd.: 120-121). Auch angesichts der Adaptierbarkeit bringen digitale Lernarrangements viele Vorteile mit sich, die zur Individualisierung und Differenzierung beitragen können. Durch die Möglichkeit der Bereitstellung einer Fülle von Informationen können unterschiedliche Lerninteressen sowie Neigungen thematisiert werden. Die vielfältigen Darstellungsmöglichkeiten des Lernangebotes mit Bildern, Texten, Filmen etc. nehmen auch Rücksicht auf die unterschiedlichen Lernpräferenzen und Lernstile. Zusätzlich dazu kann mit Hilfe von digitalem Übungs- und Zusatzmaterial auf unterschiedliches Vorwissen sowie unterschiedliche Leistungsfähigkeiten von Lernenden eingegangen werden (vgl.: Schaumburg 2015: 65). Im Folgenden sollen noch Beispiele aus der Praxis vorgestellt werden, wie Lehrkräfte digitale Medien und digitale Werkzeuge im Unterricht einsetzen, um die Individualisierung und die Differenzierung zu fördern.

An der Schule von Markus Bölling werden digitale Medien und digitale Werkzeuge vielfältig im Unterricht eingesetzt. In der Biologiestunde des Lehrers Lohrke soll ein Schweineherz seziiert werden. Dies geschieht mit Hilfe einer Anleitung für die Sezierung, die in einem YouTube-Video verpackt ist und vom Lehrer selbst erstellt wurde. So kann jede*r Lernende in ihrem*seinem Tempo arbeiten, das Video beliebig vor- und zurückspulen und die Lehrperson hat Zeit dazu, auf individuelle Fragen einzugehen. Ob die einzelnen Bestandteile des Herzes von den Schüler*innen erkannt werden, wird später durch eine vom Lehrer selbst kreierte Übung, die mit dem Programm LearningApps erstellt wurde, überprüft werden und diese gibt den Schüler*innen anschließend sofort Feedback (vgl.: Muuß-Merholz 2015: 231). Der Geschichtslehrer Daniel Bernsen verzichtet bereits auf den Frontalunterricht mit dem Schulbuch und setzt auf digitale Medien. Von digitalen Landkarten und Erzählungen bis hin zu Kurzfilmen und Comics kommt in seinem Unterricht nahezu alles vor (vgl.: ebd.: 258-260).

Wir können stark differenzieren, was die Lerninhalte angeht. Und wir können stark differenzieren, was die Lernprodukte und damit in der Folge auch was die

Lernwege angeht. Digitale Medien helfen nicht bei der Individualisierung – sie ermöglichen die konsequente Individualisierung erst! (Muuß-Merholz 2015: 258)

Bei einem „Innovationen machen Schule Top“ (kurz: IMST) Projekt im österreichischen Pitzelstätten wurde der Einsatz von GeoGebra und Excel evaluiert. Obwohl diese Evaluierung an einer berufsbildenden höheren Schule (kurz: BHS) im Fach Angewandte Mathematik durchgeführt worden war, können die Ergebnisse durchaus auch für die AHS von Nutzen sein. Für Erwin Höferer, der gleichzeitig als Leiter dieses Projektes und Lehrer agiert, ergeben sich durch den Einsatz digitaler Werkzeuge verschiedenste neue didaktische Möglichkeiten (vgl.: Höferer 2014: 4-5). Er ist der Meinung *„durch die Auslagerung rein operativer Handlungen auf das digitale System kann Zeit für weiterführende Erklärungen, Übungen und eine Individualisierung des Unterrichts gewonnen werden.“* (Höferer 2014: 9) Was das Experimentieren mit GeoGebra anbelangt, genauer gesagt die Verwendung von Parametern beim Bearbeiten von Funktionen, geht Höferer nochmals explizit auf die Individualisierung und Differenzierung der Schüler*innen ein (vgl.: Höferer 2014: 24-25). Er gibt an, dass der Unterricht durch den Einsatz von GeoGebra *„individueller und leitungsdifferenzierter erfolgen kann. Die „talentierten“ Schülerinnen und Schüler können mehr gefordert, die etwas „schwächeren“ können hingegen mehr gefördert werden.“* (Höferer 2014: 25) Was Höferer mit dieser Aussage jedoch meint, wird nicht näher beschrieben.

4.3 Lehrplanaspekte im Fach Mathematik

Auch der Lehrplan des Faches Mathematik der Oberstufe der AHS widmet sich in seinen didaktischen Grundsätzen den Themen Medien und Technologie. In dem Absatz „Lernen mit medialer Unterstützung“ wird beschrieben, dass nicht nur klassische Medien wie Bücher, sondern auch elektronische Medien und das Internet verwendet werden sollten, um Informationen zu beschaffen, zu bearbeiten und zu bewerten. Ein weiterer Absatz mit dem Titel „Lernen mit technologischer Unterstützung“ widmet sich den zu verwendenden digitalen Werkzeugen (vgl.: Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020a).

Technologische Hilfsmittel sollen in allen Kompetenzbereichen sinnvoll zum Einsatz kommen. Sie müssen zumindest über grundlegende Funktionen zur Darstellung von Funktionen, Kurven und anderen geometrischen Objekten, zum symbolischen Umformen von Termen und Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen, zur Ermittlung von Ableitungs- und Stammfunktionen, zur Integration so-

wie zur Unterstützung bei Methoden und Verfahren in der Stochastik verfügen.
(vgl.: Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020a)

Dieser Ausschnitt aus dem Lehrplan legt ganz klar fest, dass im Mathematikunterricht der Oberstufe nicht nur mit einer einzigen Art von digitalen Werkzeugen gearbeitet werden soll. Denn, um all die beschriebenen Tätigkeiten mit digitalen Werkzeugen durchführen zu können, wäre es entweder notwendig mit mehreren einzelnen Programmen zu arbeiten oder ein Multirepräsentationswerkzeug wie GeoGebra zu verwenden.

4.4 Reifeprüfungsaspekte im Fach Mathematik

In puncto Reifeprüfung gibt es ebenfalls gewisse Richtlinien. Im § 18 Absatz 3 der Prüfungsordnung der AHS werden neben dem Einsatz von klassischen Hilfsmitteln, wie beispielsweise dem Bleistift und dem Lineal, auch Minimalanforderungen für den Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln festgelegt. Während diese ab dem Haupttermin 2018 verpflichtend einzusetzen sind, war es bereits davor erlaubt, sie zu verwenden (vgl.: Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020b).

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. (Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020b)

Vergleicht man dieses Zitat mit den didaktischen Grundsätzen in Bezug auf das „Lernen mit technologischer Unterstützung“ aus dem Lehrplan des Faches Mathematik, das im vorherigen Abschnitt thematisiert wurde, so kann man schnell feststellen, dass es sich dabei um ähnliche Mindestanforderungen handelt. Aus diesem Grund gilt hier einmal mehr, dass verschiedene Arten von digitalen Werkzeugen Anwendung finden müssen oder besser gleich ein Multirepräsentationswerkzeug bei der Reifeprüfung eingesetzt werden sollte.

5 Forschungserkenntnisse in Hinblick auf digitale Werkzeuge wie GeoGebra

Obwohl in der Einleitung bereits einige Forschungserkenntnisse zum Thema der digitalen Werkzeuge präsentiert wurden, soll Kapitel 5 nun speziell Forschungsergebnisse hinsichtlich der Wirksamkeit und den *Nutzungsgewohnheiten* von digitalen Werkzeugen wie GeoGebra aufzeigen, die mit den Merkmalen *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* zusammenhängen und daher besonders relevant für die vorliegende Masterarbeit sind.

5.1 Geschlecht

Im folgenden Unterabschnitt sollen bisherige Forschungserkenntnisse zu geschlechtsspezifischen *Nutzungsgewohnheiten* von Jugendlichen aufgezeigt werden, die nicht nur Medien allgemein, sondern auch digitale Werkzeuge und das digitale Werkzeug GeoGebra betreffen.

5.1.1 Geschlecht und Medien allgemein

Seit der Zeit rund um die Jahrtausendwende zeigen viele Studien auf, dass die Wahl eines Mediums und die Nutzungshäufigkeit geschlechterspezifisch variieren können (vgl.: u.a. Schulz-Zander 2002; Herzig/Grafe 2006). Auch die Studie über Jugend, Information, (Multi-)Media (kurz: JIM) untersucht in Deutschland seit 1998 jährlich den Medienumgang von Jugendlichen im Alter von zwölf bis 19 Jahren und wertet manche Daten unter Berücksichtigung des Merkmals *Geschlecht* aus (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 1998). Da Österreich und Deutschland beide Industriestaaten im Zentrum von Europa sind und diese beiden Länder auch eine ähnliche Kultur verbindet, kann angenommen werden, dass die auf Deutschland bezogenen Daten auch näherungsweise die Entwicklung in Österreich beschreiben.

Abbildung 11 legt dar, wie viel Prozent der Mädchen und Jungen im Jahr 2015 verschiedenste Medien in der Freizeit täglich oder mehrmals pro Woche nutzen. Hierbei lassen sich auch unterschiedliche Nutzungsmuster von Jungen und Mädchen feststellen. Manche Medien, wie beispielsweise das Internet, das Fernsehen, MP3 oder Musik-CDs werden von ähnlich vielen Mädchen und Burschen benutzt. Die Prozentsätze der Mädchen und Burschen, die diese Medien täglich oder mehrmals pro Woche nutzen, unterscheiden sich um weniger als fünf Prozentpunkte (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2015: 12).

Bei anderen Medien wiederum gibt es größere Unterschiede. Während mehr Prozent der Mädchen als der Jungen das Smartphone nutzen, Radio hören und digitale Fotos machen, benützen mehr Prozent der Jungen als der Mädchen DVDs/Videos sowie Tablets und lesen Zeitungen/Zeitschriften online oder offline. Zwei Medien weisen extreme Nutzungsunterschiede auf. Nur 17 % der Mädchen verwenden täglich oder mehrmals pro Woche Computer-/Konsolen- und Onlinespiele. Bei den Jungen hingegen sind es 76 %. Beim Lesen von Büchern dreht sich der Spieß um. Während 45 % der Mädchen täglich oder mehrmals pro Woche Bücher lesen, sind es bei den Jungen nur 27 % (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2015: 12).

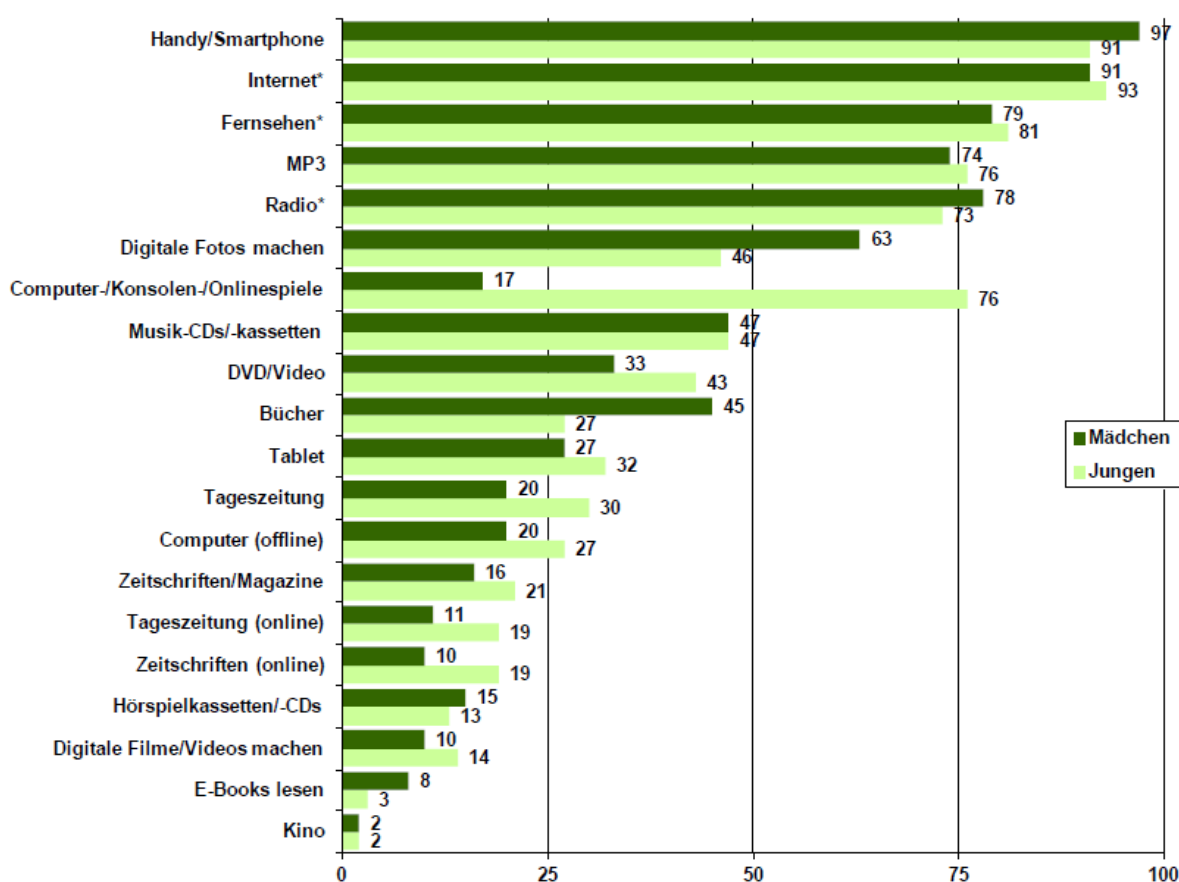


Abbildung 11: Medienbeschäftigung in der Freizeit - täglich/mehrmals pro Woche - Angaben in Prozent (Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2015: 12).

Diese Nutzungsmuster konnten schon in den Jahren nach der Jahrtausendwende bemerkt werden (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2004; Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2009). Im Jahr 2014 beschreibt Klimmt (2004: 706), dass geschlechterspezifische Unterschiede in der Präferenz bereits aus der Fernsehforschung bekannt sind und dass Videospiele weniger von

Mädchen gespielt werden, weil die Themen, die diese Spiele behandeln, eher auf das männliche Geschlecht spezifiziert sind.

Auch die JIM-Studie aus dem Jahr 2019 untersuchte die Nutzung von Medien bei Mädchen und Jungen in der Freizeit, wie in Abbildung 12 zu sehen ist. Während das Internet, das Smartphone, das Musikhören und das Ansehen von Serien sowie Filmen von nahezu gleich viel Prozent der beiden Geschlechter in Anspruch genommen wird, sind bei Jungen digitale Spiele und Online-Videos viel beliebter als bei Mädchen. Dahingegen nutzen mehr Prozent der Mädchen als Jungen das Fernsehen, Online-Streaming-Dienste, Bücher sowie E-Books (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2019).

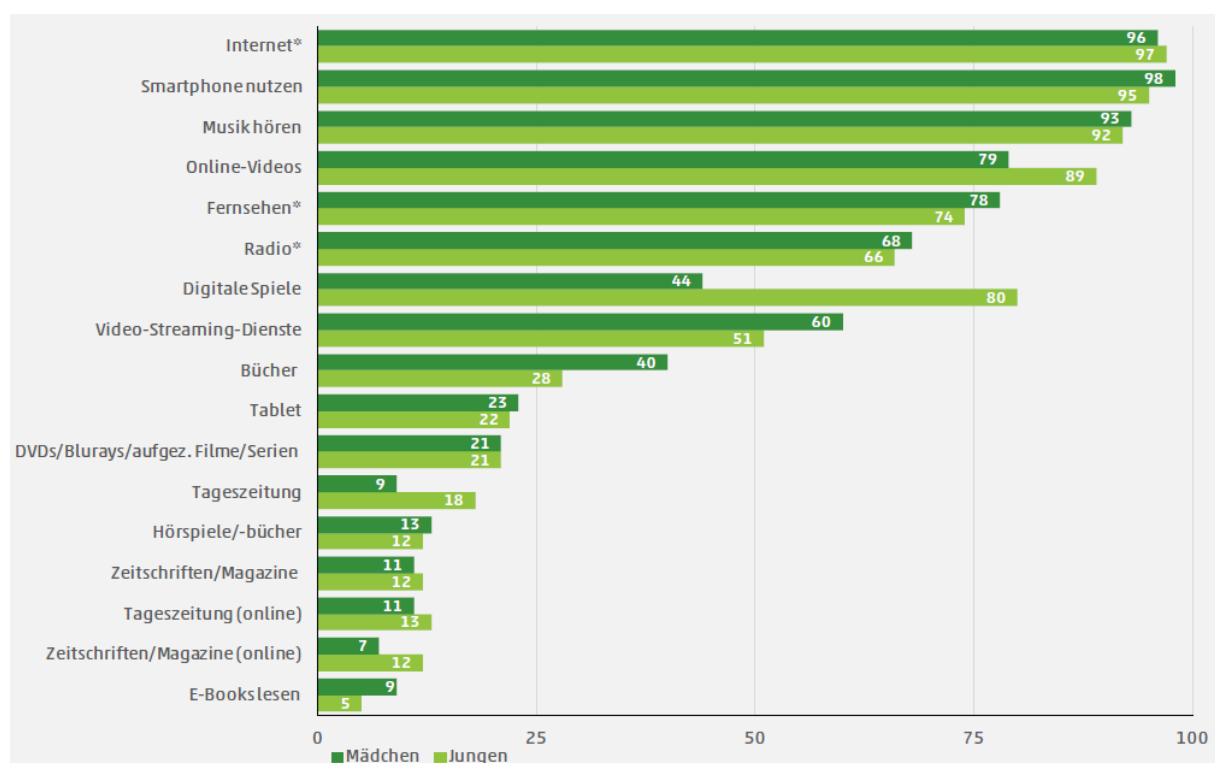


Abbildung 12: Medienbeschäftigung in der Freizeit - täglich/mehrmals pro Woche - Angaben in Prozent (Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2019: 13).

Vergleicht man die JIM-Studien aus dem Jahr 2015 und aus dem Jahr 2019 lässt sich die Tendenz erkennen, dass die Differenzen der geschlechterspezifischen Nutzung der einzelnen Medien abnehmen. Nichtsdestotrotz gibt es einzelne Medien, die viel stärker von einem Geschlecht genutzt werden, wie es beispielsweise bei den Tageszeitungen, den Büchern, den digitalen Spielen, den Video-Streaming-Diensten und den Online-Videos der Fall ist.

Aus der ersten Studie Programme for International Student Assessment (kurz: PISA) resultierten bereits geschlechterspezifische Unterschiede in Hinblick auf die Computernutzung. Erstens zeigen sich Mädchen im Umgang mit IKT unsicherer als Jungen, jedoch nicht bei grundlegenden Aufgaben, sondern nur bei komplexeren. Zweitens verwenden Mädchen den Computer allgemein weniger häufig als Jungen, wobei die Werte bei einzelnen Tätigkeiten variieren. Während beide Geschlechter beispielsweise gleich oft E-Mails verfassen oder Textverarbeitungsprogramme nutzen, widmen sich Burschen viel öfters Computerspielen sowie dem Programmieren als Mädchen (vgl.: OECD 2006: 38).

PISA 2012 verdeutlichte, dass sich auch der frühe Umgang mit dem Computer und dem Internet geschlechterspezifisch deutlich unterscheidet. In allen bis auf vier an der Studie teilnehmenden Ländern wurde festgestellt, Jungen haben signifikant häufiger zu einem früheren Zeitpunkt mit der Nutzung des Computers und des Internets begonnen als Mädchen. Durch diese Ergebnisse stellt sich heraus, dass für das Erlernen der digitalen Kompetenz nicht nur materielle Voraussetzungen eine Rolle spielen, sondern Normen und Kultur sind ebenfalls von Bedeutung. Die Eltern wenden bei Mädchen oft strengere Regeln und Einschränkungen für die Computer- und Internetnutzung an als bei Burschen. Dies kann jedoch langfristige Konsequenzen mit sich bringen, wie zum Beispiel, dass Mädchen Gefühle der Inkompetenz oder wenig Zuversicht bei der Erfüllung von schwierigen Aufgaben im Bereich der IKT entwickeln (vgl.: OECD 2015: 130-132).

5.1.2 Geschlecht und digitale Werkzeuge in der Schule

Da bisher Medien nur allgemein thematisiert wurden, soll dieses Unterkapitel dazu dienen, noch etwas näher auf digitale Medien und vor allem digitale Werkzeuge im Kontext Schule einzugehen.

Die JIM-Studie beschäftigte sich im Jahr 2017 auch dem Thema digitale Medien und Schule. Laut dieser Studie widmen sich Mädchen zu Hause im Schnitt täglich 115 Minuten dem Lernen für die Schule, wobei 49 Minuten davon auf die Computer-/Internetnutzung für die Schule entfallen. Jungen nutzen täglich durchschnittlich 80 Minuten, um für die Schule zu lernen. Davon nehmen sie 39 Minuten lang den Computer oder das Internet für die Schule in Anspruch (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2017: 52). Was dabei jedoch konkret mit Computer-/Internetnutzung gemeint ist, wird nicht genauer definiert.

Zusätzlich dazu behandelte die JIM-Studie 2017 die Nutzung digitaler Medien im Unterricht und die Nutzung des Internets zu Hause oder im Unterricht. Obwohl die Auswertung dieser beiden Merkmale bezüglich des Geschlechts der Lernenden für diese Arbeit sehr interessant wäre, liegen hier leider keine geschlechterspezifischen Daten vor (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2017: 53-55). Trotz der Tatsache, dass die JIM-Studie jährlich durchgeführt wird, geht sie sowohl 2018 als auch 2019 nicht näher auf das Thema digitale Medien und Schule ein. Aus diesem Grund können hier keine aktuelleren Daten angeführt werden (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2018; Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2019).

Studien zu finden, die sich mit der geschlechterspezifischen Nutzung von digitalen Werkzeugen in der Schule oder sogar im Mathematikunterricht auseinandersetzen, gestaltet sich als sehr schwierig.

Although technology was put forward in equity discussions a long time ago [...], studies on computers in mathematics education dealing with gender issues are rare. Those who do, primarily address students' approaches to, and their perceptions of, computers in mathematics [...]. Achievement [...], [...] teaching and learning processes have attracted much less attention. (Jungwirth 2008: 579)

Im Schuljahr 1993/1994 begann man in Österreich von der siebten bis zur zwölften Schulstufe mit dem Computer, genauer gesagt mit dem CAS *Derive*, zu arbeiten. Es wird beschrieben, dass seit dem Einsatz von *Derive* die Freude am Mathematikunterricht zunimmt, dies ist vor allem in der neunten und zwölften Schulstufe zu erkennen. Zusätzlich wird angemerkt, dass Jungen stärker an Freude zunehmen als Mädchen. Bei Schüler*innen, die auch zu Hause mit *Derive* arbeiten, wird die Zunahme als „bedeutsam“ bezeichnet (vgl.: Heugl/Klinger/Lechner 1996: 237).

Grogger (1998) widmete sich im Schuljahr 1997/1998 dem Einsatz des CAS-fähigen Taschenrechners *TI-92*. Für Burschen brachte die Nutzung dieses Gerätes weniger zusätzliche Belastung als für Mädchen und nahezu keinen Rückgang der mathematischen Grundkompetenzen mit sich. Zusätzlich dazu kommentierten die Mädchen häufiger als die Jungen, dass es Probleme bei der Nutzung des *TI-92* gab und dass für sie ein CAS-Rechner keine Vorteile gegenüber einem herkömmlichen, numerischen Rechner hat (vgl.: Grogger 1998: 37).

Ähnliche Ergebnisse erzielte auch Schmidt (2010), der von 2002 bis 2005 den Einsatz des *TI-89* sowohl in der Schule als auch außerhalb dieser Institution evaluierte. Diese Studie wurde 2005 erneut durchgeführt. Mit Blick auf das Geschlecht konnte diese Studie zeigen, dass Jungen viel weniger Probleme mit der Bedienung des *TI-89* hatten und diese die Geräte viel häufiger einsetzten als Mädchen (vgl.: Schmidt 2010).

Ingelmann (2009), die die ersten beiden Jahre des fünfjährigen Projektes CALiMERO evaluierte, konnte feststellen, dass die an dem Projekt beteiligten Jungen nach den ersten beiden Projektjahren einen signifikanten Unterschied im Leistungszuwachs mit sich brachten, die Mädchen jedoch nicht. Daher schneiden auch die am Projekt teilnehmenden männlichen Schüler signifikant besser ab als die männlichen Schüler der Kontrollgruppen (vgl.: Ingelmann 2009: 147). Bei den weiblichen Lernenden konnte kein solcher signifikanter Unterschied erkannt werden. Für diese entsteht durch die Nutzung des CAS aber auch kein Nachteil, da sie ähnliche Ergebnisse wie die Kontrollgruppe erzielen (vgl.: ebd.: 152). Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die teilnehmenden Schüler in den ersten beiden Jahren in Hinblick auf den Leistungszuwachs deutlicher vom Projekt CALiMERO profitieren konnten als die teilnehmenden Schülerinnen (vgl.: Ingelmann 2009).

Auch bei drei Befragungen der Schüler*innen, die im Laufe der ersten beiden Jahre des Projektes CALiMERO durchgeführt wurden, sind geschlechterspezifische Unterschiede zu erkennen. Die Kategorien „Problemsicht auf den Taschencomputer“ und „Individuelle Wahrnehmung des Taschencomputers für das Lernen von Mathematik“ werden von den Schüler*innen sehr unterschiedlich bewertet (vgl.: Ingelmann 2009: 162).

So fällt Mädchen die Bedienung des Taschencomputers wesentlich schwerer als Jungen [...], auch wenn sich die Werte zur Gewöhnung an diesen [...] nicht bedeutsam von denen der Jungen unterscheiden. Selbst wenn der Umgang mit dem Taschencomputer bei der Mehrzahl der Mädchen eher positive Emotionen hervorruft [...], liegen diese Werte doch sehr deutlich unter denen der Jungen. (Ingelmann 2009: 162)

In der sehr umfangreichen Metastudie von Barzel (2012) über den Einsatz von CAS im Mathematikunterricht werden, entgegen den Erwartungen der Autorin dieser Masterarbeit, geschlechtsspezifische Unterschiede kaum thematisiert. Lediglich die einbezogenen Studien von dem eben zitierten Autor Schmidt (2010) und Leng (2003)

geben kleine Hinweise auf geschlechtsspezifische Unterschiede (vgl.: Barzel 2012: 22-23). Leng (2003) widmete sich in Singapur sechs Monate lang dem Einsatz des Gerätes TI-92. Es konnte festgestellt werden, dass männliche Lernende leicht positivere Haltungen in Hinblick auf CAS aufzeigten als weibliche Lernende (vgl.: Leng 2003).

Auch Hankeln (2019: 85-87) thematisiert in ihrer Dissertation die bisher geringen Erkenntnisse über die geschlechterspezifischen Unterschiede bei der Nutzung von digitalen Werkzeugen. Einerseits deuten Studien darauf hin, dass deren Nutzung tendenziell bei Jungen positive Effekte in puncto Leistungen in Mathematik hervorrufen. Andererseits gibt es aber auch Studien, die keine Unterschiede in Bezug auf das Geschlecht feststellen konnten. Zusätzlich dazu verweist die Autorin auf Studien zu Einstellungen und Selbsteinschätzungen in Hinblick auf den Einsatz von digitalen Werkzeugen, da bei diesen Studien sehr häufig geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden konnten. Studien oder Aussagen zum Thema der *Nutzungsge-wohnheiten* von digitalen Werkzeugen, beispielsweise über die Häufigkeit, die Funktion oder den Ort der Nutzung, kommen jedoch nicht vor (vgl.: Hankeln 2019: 86). Auch Höferer (2014: 26) geht im IMST-Projekt auf das Geschlecht ein.

Im Umgang mit Geogebra und Excel waren und sind Schülerinnen im gleichen Maße motiviert wie die Schüler. Der selbstverständliche Umgang mit Geogebra und Excel im Mathematikunterricht bewirkt, dass eine geschlechtermäßige Differenzierung im Umgang mit digitalen Medien nicht zum Tragen kam. (Höferer 2014: 26)

Was mit den Ausdrücken „im gleichen Maße motiviert“ und „im Umgang mit digitalen Medien“ genau gemeint ist, bleibt offen. Hier muss erneut angemerkt werden, dass mir als Autorin dieser Masterarbeit konkretere Angaben zu den Erhebungs- sowie Auswertungsmethoden fehlen und ich die erhaltenen Ergebnisse nicht selbstständig nachvollziehen kann (vgl.: Höferer 2014).

Auch in Oberösterreich wird alle zwei Jahre die sogenannte Jugend-Medien-Studie durchgeführt. Ziel dieser Studie ist es, die Mediennutzung und Medienkompetenz der elf- bis achtzehnjährigen Jugendlichen festzustellen und die Entwicklungen in den letzten Jahren nachvollziehen zu können (vgl.: Herndl 2019). Ein Themenblock, der sehr interessant ist, ist die Nutzung von Lernprogrammen/LernApps, zu denen man auch das digitale Werkzeug GeoGebra zählen kann. Die Prozentanzahl der Jugendlichen, die Lernprogramme/LernApps verwenden, lag im Jahr 2008 noch bei 38 %,

während 2019 bereits 71 % der Jugendlichen solche Programme nutzten. Obwohl gleich viel Prozent der Mädchen und Jungen diese allgemein nützen, nämlich 71 %, gibt es geschlechterspezifische Unterschiede darin, an welchem Ort diese Programme überwiegend genutzt werden. Während 40 % der Mädchen Lernprogramme überwiegend zu Hause nutzen, sind es bei den Jungen nur 33 %. Im Gegenteil dazu, nutzen mehr Jungen (34 %) als Mädchen (28 %) die Programme überwiegend in der Schule. Nur ein geringer Teil der Jugendlichen, 4 % der Jungen und 3 % der Mädchen, nutzen Lernprogramme/LernApps überwiegend bei Freunden (vgl.: EduGroup 2019: 57).

5.2 Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht

Das Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht soll bei der Untersuchung in dieser Arbeit eine Rolle spielen. Aus diesem Grund wird im Folgenden die *schulische Lernfreude* nicht nur definiert, sondern auch Forschungserkenntnisse in Hinblick auf Zusammenhänge zwischen der *schulischen Lernfreude* und den *Nutzungsgewohnheiten* von digitalen Medien sowie digitalen Werkzeugen aufgezeigt. Anzumerken ist, es wird größtenteils der noch weiter gefasste Terminus digitale Medien verwendet; was den Begriff digitale Werkzeuge anbelangt, konnten nur wenige Forschungserkenntnisse gefunden werden.

5.2.1 Definition der *schulischen Lernfreude*

Um sich mit dem Merkmal *schulischer Lernfreude* beschäftigen zu können, bedarf es zunächst einer Definition dieses Begriffes. *Schulische Lernfreude* als psychologisches Konstrukt wird zu den Lernemotionen gezählt. Anders als Leistungseemotionen findet man Lernemotionen vorwiegend in Situationen des Lernens vor, in denen das Erbringen und Bewerten von Leistungen keine Rolle spielt (vgl.: Hagenauer 2011: 21).

Während die Definitionen der Lernfreude als psychologisches Konstrukt in der wissenschaftlichen Literatur sehr unterschiedlich sind, versucht Hagenauer (2011) die *schulische Lernfreude* anhand der sie konstruierenden Elemente, das heißt mit Hilfe eines Mehrkomponentenmodelles, zu definieren:

Schulische Lernfreude wird als ganzheitlicher Prozess verstanden, der durch das schulische Lernen betreffende Bewertungsprozesse (bewusst und unbewusst) ausgelöst wird und durch ein Vorherrschen des *Gefühls von Freude* (affektiv), von *positiven Wertzuschreibungen* (kognitiv) und einer pro-aktiven *motivierten*

Handlungsbereitschaft- bzw. Ausführung (motivational) dem schulischen Lernen gegenüber gekennzeichnet ist. Diese drei Bereiche gehen mit spezifischen *mimischen Charakteristiken* sowie mit spezifischen *physiologischen Veränderungen* einher. (Hagenauer 2011: 31, Hervorhebungen im Original)

Das Merkmal *schulische Lernfreude* wird als ein Konstrukt der folgenden fünf Komponenten angesehen: der expressiven Komponente, der affektiven Komponente, der motivationalen Komponente, der kognitiven Komponente und der physiologischen Komponente. Möchte man das Merkmal *schulische Lernfreude* erheben, so kann es je nach Fragestellung und Ziel der Untersuchung auch angebracht sein, nur einzelne Komponenten zu erheben. Dennoch entsteht durch die Erhebung mehrerer Komponenten ein differenzierteres Bild der *schulischen Lernfreude* (vgl.: Hagenauer 2011: 24).



Abbildung 13: *Schulische Lernfreude* als Mehrkomponentenmodell (Hagenauer 2011: 25)

Erfährt ein*e Schüler*in *schulische Lernfreude*, so können Veränderungen der fünf Komponenten festgestellt werden. Veränderungen in der expressiven Komponente werden durch die Mimik oder die Gestik festgestellt, beispielsweise sind entspannte Gesichtsmuskeln und ein Lächeln Anzeichen für das Verspüren von Lernfreude. Was die affektive Komponente betrifft, empfindet die lernende Person das Gefühl der Freude. Auf motivationaler Ebene wird durch das Verspüren von *schulischer Lernfreude* eine Annäherung an das Lernen erzeugt, das bedeutet, man möchte sich mit dem zu lernenden Stoff beschäftigen. Das Empfinden *schulischer Lernfreude* bewirkt in Bezug auf die kognitive Komponente eine affirmative, aussichtsreiche Einschätzung der aktuellen Situation. Bei der physiologischen Komponente lassen sich Veränderungen der Körperfunktionen feststellen, wie beispielsweise ein erhöhter Pulsschlag (vgl.: Hagenauer 2011: 25).

Die hier angeführte Definition von *schulischer Lernfreude* bezieht sich sowohl auf die habituelle als auch auf die aktuelle Lernfreude (vgl.: ebd.: 31). *Schulische Lernfreude* kann daher in einzelnen Situationen (=aktuelle Lernfreude) empfunden werden, oder sie kann durch verschiedenste Lernerfahrungen das Lernen bestimmter Dinge (nicht) mit Freude in Verbindung setzen (vgl.: Hagenauer/Hascher 2011: 64). „*Schüler und Schülerinnen, die eine hohe habituelle Lernfreude besitzen, erleben im Schulalltag häufiger Lernfreude als gering lernfreudige Schüler und Schülerinnen.*“ (Hagenauer/Hascher 2011: 64) Für die vorliegende Arbeit und die durchgeführte Untersuchung wird die habituelle schulische Lernfreude im Mathematikunterricht eine Rolle spielen.

5.2.2 Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht und digitale Medien/digitale Werkzeuge

Bevor nun einige Forschungserkenntnisse präsentiert werden, soll noch ein wichtiger allgemeiner Punkt hinsichtlich der *schulischen Lernfreude* thematisiert werden. Viele Studien haben bereits gezeigt, dass während der Schulzeit die *schulische Lernfreude* von Schüler*innen einen Rückgang verzeichnet. Während sich die Abnahme in den ersten Schuljahren noch in Maßen hält, setzt sich dieser Trend in der Sekundarstufe deutlich fort (vgl.: Hagenauer/Hascher 2011: 65). Die Studien, die im Anschluss präsentiert werden und sich mit der *schulischen Lernfreude* und digitalen Medien oder digitalen Werkzeugen beschäftigen, umfassen meist nur eine geringe Erhebungszeitspanne. Aus diesem Grund soll die Tatsache, dass keine konkreten Ergebnisse über die Änderungen der *schulischen Lernfreude* beim Einsatz von digitalen Medien oder digitalen Werkzeugen im Laufe der Zeit vorliegen, im Hinterkopf behalten werden.

Im Jahr 1996 wurde in Deutschland das Projekt „Schulen ans Netz“ gestartet, das sich zum Ziel gesetzt hatte, alle Schulen Deutschlands bis zum Jahr 2002 an das Internet anzuschließen (vgl.: Schulz-Zander 2001: 185). Die ersten empirischen Befunde dieses Projektes, die in den Jahren 1998 und 1999 erhoben wurden, zeigten, dass Lehrpersonen am Ende des Projektes angaben, der Einsatz von digitalen Medien hatte zu einer höheren Motivation und Lernfreude der Schüler*innen geführt. Genau dieses Ergebnis hatten die Lehrkräfte vor dem Projekt erwartet. Auch die Einschätzungen der Lernenden selbst stimmten mit diesen Einschätzungen der Lehrkräfte überein (vgl.: ebd.: 193-194).

Im Jahr 2002 befragte Preussler (2002) in ihrer Diplomarbeit an der Universität Dortmund die Koordinator*innen dieses Projektes erneut. Es konnte dabei ein signifi-

kanter linearer Zusammenhang zwischen der Nutzung des Internets und der Lernfreude beziehungsweise der Motivation der Schüler*innen festgestellt werden (vgl.: Preussler 2002: 104). Das bedeutet, beim Arbeiten mit dem Internet, genauer gesagt, mit den im Internet verfügbaren Diensten, ist die Lernfreude der Lernenden höher (vgl.: ebd.: 109).

Im Schuljahr 2011/2012 wurden in Deutschland zwei Hauptschulklassen der siebten Schulstufe vollständig mit iPads ausgestattet, um verschiedenste Apps, unter anderem Safari als Webbrowser, YouTube, iWorks und Rechtschreibduden, im Unterricht nutzen zu können (vgl.: Groebel 2012: 10). Dadurch, dass Lehrkräfte mit Hilfe des iPads sehr schnell auf die Interessen und Wünsche der Schüler*innen eingehen konnten, beeinflusste die Verwendung der iPads die Lernfreude der Lernenden positiv (vgl.: ebd.: 70).

Ingelmann (2009) berichtet, dass die Lehrkräfte durch die Anwendung eines CAS-gestützten Mathematikunterrichts in den ersten beiden Jahren des Projektes CALIMERO eine Steigerung der Lernmotivation der Schüler*innen beobachten konnten (vgl.: Ingelmann 2009: 173). Arbain und Shukor (2015) untersuchten in Malaysia die Effekte des Einsatzes von GeoGebra in Hinblick auf die Leistungen von Schüler*innen. Es konnte nicht nur gezeigt werden, dass GeoGebra einen positiven Einfluss auf die Leistungen der Schüler*innen im Bereich der Statistik mit sich brachte, sondern auch auf deren Enthusiasmus, deren Selbstvertrauen und deren Motivation (vgl.: Arbain/Shukor 2015: 213). Denkt man an die *schulische Lernfreude*, so spielen in diesem Konstrukt ja auch die affektive, motivationale und kognitive Komponente eine Rolle. Das bedeutet, es könnte durchaus sein, dass eine erhöhte Motivation, ein erhöhtes Selbstvertrauen und viel Enthusiasmus, von denen in den beiden eben angeführten Studien gesprochen wird, auch zu einer höheren *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht führen.

Dorfinger (2019) untersuchte in seiner Studie, bei der 151 zehn- bis 14-jährige Schüler*innen aus ostösterreichischen Schulen von Microsoft mit digitalen Endgeräten bestückt worden waren, unter anderem auch, wie sich der individuelle Einsatz der digitalen Endgeräte auf die Lernfreude auswirkte. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, die Lernfreude ist durch die Verwendung der digitalen Endgeräte deutlich gestiegen. Der Autor weist jedoch darauf hin, dass technische Probleme negative Folgen für die Lernfreude hatten (vgl.: Dorfinger 2019: 10).

Bemerkenswert ist auch, dass in der sehr umfangreichen und viel zitierten Metastudie von Barzel (2012), die den Einsatz von einem CAS im Mathematikunterricht untersucht, Lernfreude ganz und gar keine Rolle spielt (vgl.: Barzel 2012).

Obwohl sich die Forschung von Schulz (2020) zwar nicht auf den Kontext Schule bezieht, sondern auf die berufliche Weiterbildung, konnte auch sie feststellen, dass das Merkmal der Digitalität seitens der Lernenden als wichtiger Faktor anerkannt wird, damit Lernfreude entstehen kann (vgl.: Schulz 2020: 174).

Abschließend soll auf Herzig (2008: 501) verwiesen werden. Dieser betont, dass die meisten Studien, die durch den Einsatz von digitalen Medien im Bereich der Selbststeuerung und Lernstrategien oder im Bereich der Motivation und Lernfreude positive Effekte verzeichnen, nicht mit Kompetenzmessungen im psychometrischen Sinne arbeiten, sondern auf den Meinungen sowie Selbstauskünften von Lehrpersonen oder Schüler*innen basieren.

6 Das Forschungsmodell

Aufgrund der in der Einleitung bereits erläuterten Zielsetzung leitet sich folgende zentrale Forschungsfrage für diese Arbeit ab:

Welche unterschiedlichen *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten treten bei Schüler*innen von oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen am Ende der elften Schulstufe unter Berücksichtigung der Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht auf?

Dieses Kapitel soll nicht nur den Begriff *Nutzungsgewohnheiten* genauer definieren, sondern vor allem auch auf die Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht näher eingehen. Ziel ist es, durch die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen ein Forschungsmodell erstellen zu können, mit dessen Hilfe die Forschungsfrage beantwortet werden kann.

6.1 Der Begriff *Nutzungsgewohnheiten*

Um sich der Forschungsfrage sowie dem dazugehörigen Forschungsmodell genauer widmen zu können, sollte zuerst definiert werden, was unter *Nutzungsgewohnheiten* allgemein verstanden wird und welche Aspekte dieses Begriffes für diese Arbeit relevant sind. Allgemein kann das Wort *Nutzungsgewohnheit* in die beiden Begriffe „Nutzung“ und „Gewohnheit“ unterteilt werden. Das Wort „Nutzung“ definiert die Brockhaus Enzyklopädie nur in Hinblick auf die rechtliche Perspektive als „*die Frucht einer Sache oder eines Rechts sowie darüber hinaus die Vorteile, die der Gebrauch der Sache oder des Rechts gewährt [...], z. B. das Wohnen in einem Haus.*“ (Brockhaus o.J. c) Das Bedeutungswörterbuch von Duden beschreibt den Begriff „Nutzung“ jedoch als „*das Anwenden, Benutzen, Einsetzen o. Ä. von etwas (in der Weise, dass es einen Nutzen, Ertrag bringt): die friedliche Nutzung der Kernenergie; die landwirtschaftliche Nutzung eines Gebietes. Anwendung, Einsatz, Gebrauch.*“ (PONS GmbH o.J.) Legt man diese Definition auf das Programm GeoGebra aus, so sagt diese aus, dass die Nutzung der Software auch immer einen Ertrag mit sich bringen soll.

Als „Gewohnheit“ bezeichnet die Brockhaus Enzyklopädie „*eine durch Nachahmung, Wiederholung und Aneignung gelernte und weitgehend verfestigte Verhaltensweise, die in bestimmten wiederkehrenden Situationen routinemäßig, gleichsam automatisch-reflexartig und nahezu instinktiv praktiziert wird.*“ (Brockhaus o.J. d) Duden charakterisiert diesen Terminus als eine „*durch häufige und stete Wiederholung selbst-*

verständlich gewordene Handlung, Haltung, Eigenheit; etwas oft nur noch mechanisch oder unbewusst Ausgeführtes.“ (Dudenredaktion o.J.)

Da der Terminus *Nutzungsgewohnheiten* sehr umfangreich ist, wurden für die vorliegende Untersuchung fünf relevante Aspekte dieses Begriffes ausgewählt, die im Folgenden begründet und näher beschrieben werden.

Im Projekt CALiMERO, das bereits im Unterabschnitt 4.2.2 näher beschrieben wurde, fanden sogenannte Stundenprotokolle Einsatz, die unter anderem aufzeigten, ob ein CAS-Rechner in einer Unterrichtsstunde eingesetzt wurde oder nicht. Obwohl die Nutzung des digitalen Werkzeuges in allen Gruppen durch eine hohe Frequenz charakterisiert wurde, wurden zwei Gruppen gebildet. Eine Schüler*innengruppe (N = 78) verwendete den CAS-Rechner in mindestens 90 % aller aufgezeichneten Unterrichtsstunden, während die zweite Schüler*innengruppe (N = 45) dieses digitale Werkzeug weniger häufig nutzte (vgl.: Pinkernell/Bruder 2019: 158).

Mit Hilfe von rechnerfreien Vor- und Nachtests wurde die Leistungsentwicklung sowohl in der neunten als auch in der zehnten Schulstufe in Hinblick auf die Häufigkeit des Einsatzes des digitalen Werkzeuges analysiert, wie in Abbildung 14 zu sehen ist. Die vertikale Achse beschreibt den Durchschnitt der Erfüllungsraten in diesen Tests. Obwohl die beiden Gruppen zu Beginn der neunten Schulstufe große Leistungsunterschiede aufzeigten, reduzierten sich diese Differenzen im Laufe der beiden Schuljahre etwas (vgl.: Pinkernell/Bruder 2019: 158-159).

Eine ANOVA mit Messwiederholung bestätigt eine signifikant bessere Leistungsentwicklung der Schülerinnen und Schüler, bei denen der CAS-Rechner nahezu immer zum Einsatz kam. Auch hier scheint ein Zusammenhang zwischen der Einsatzhäufigkeit des Rechners und der Mathematikleistung zu bestehen, [...]. (Pinkernell/Bruder 2019: 158)

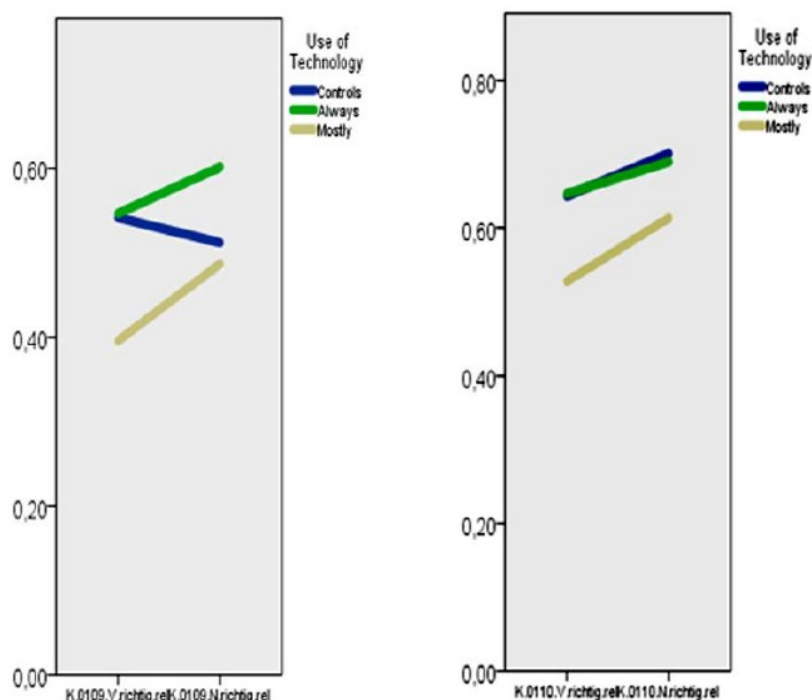


Abbildung 14: Leistungsentwicklung in der 9. Klasse (links) und in der 10. Klasse (rechts) nach der Häufigkeit der Nutzung des CAS-Rechners (Pinkernell/Bruder 2019: 159)

Die Häufigkeit der Nutzung von digitalen Werkzeugen wirkt sich nach den eben ausgeführten Erkenntnissen auf die Mathematikleistung aus. Da die Nutzung von etwas auch immer einen Effekt haben soll, wie zu Beginn dieses Kapitels bereits angeführt, und dies bei der Häufigkeit der Nutzung der Fall zu sein scheint, wird als erster Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* thematisiert. Diese soll aufzeigen, wie häufig die Schüler*innen GeoGebra allgemein verwenden. Bei der zu ermittelnden Frequenz der Nutzung wird mit Hilfe vieler Abstufungen zwischen „täglich“ bis hin zu „seltener“ als monatlich unterschieden. Diese werden in 7.3.2.3 näher beschrieben.

Bereits die PISA-Studie des Jahres 2003 befragte die Schüler*innen, an welchem Ort sie den Computer nutzen, ob in der Schule, zu Hause oder an anderen Orten (vgl.: OECD 2006). In der PISA-Studie 2012 wurde sowohl ein Index für die Nutzung von IKT in der Schule als auch ein Index für die Nutzung von IKT außerhalb der Schule für schulische Tätigkeiten erhoben. Während Österreich bei der Nutzung von IKT in der Schule etwas über dem Durchschnitt der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (kurz: OECD) liegt, findet sich Österreich bei der Nutzung von IKT außerhalb der Schule für schulische Tätigkeiten knapp unter dem OECD-Durchschnitt wieder. Dennoch verweist PISA darauf, dass es allgemein einen positiven linearen Zusammenhang zwischen der Nutzung von IKT in der Schule und der Nutzung von IKT außerhalb der Schule für schulische Tätigkeiten gibt. Was die

Nutzung von IKT außerhalb der Schule angeht, wird jedoch nicht genauer definiert, welche Orte dies sein könnten (vgl.: OECD 2015: 51-61).

Die oberösterreichische Jugend-Medien-Studie geht bereits konkreter auf diese Orte ein, indem sie analysiert, an welchen Orten Jugendliche Lernprogramme/LernApps, zu denen man eben auch die Software GeoGebra zählen kann, verwenden. Diese Studie verzeichnet auch geschlechterspezifische Unterschiede den *Ort der Nutzung* betreffend. Diese Erkenntnis ist für die vorliegende Arbeit von großer Relevanz (vgl.: EduGroup 2019: 57). Vor allem aufgrund des fortschreitenden Trends der Miniaturisierung von technischen Geräten, wird es auch immer einfacher, Geräte an verschiedenste Orte mitzubringen und dort mit ihnen zu arbeiten (vgl.: Weigand 2013: xi). Daher soll als zweiter Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* der Aspekt *Ort der Nutzung von GeoGebra* betrachtet werden. Dieser soll aufzeigen, wo diese Software konkret genutzt wird, z. B. in der Schule, zu Hause, bei Freunden oder an anderen Orten.

Damit der Einsatz von einem CAS gelingen kann, gibt Barzel (2012) in ihrer Meta-studie über die Nutzung von einem CAS im Mathematikunterricht auch für die Rahmenbedingungen des Einsatzes Empfehlungen ab. In Hinblick auf das Gerät, mit dem im Mathematikunterricht gearbeitet wird, sollten ihrer Meinung nach für Lehrpersonen klare und einheitliche Vorgehensweisen angeboten werden, wie diese Geräte angeschafft und finanziert werden können (vgl.: Barzel 2012: 77). Bei dem digitalen Werkzeug GeoGebra wurde ja bereits festgestellt, dass es auf verschiedenen Endgeräten mit unterschiedlichen Betriebssystemen heruntergeladen werden kann (vgl.: International GeoGebra Institute 2020c). Diese Tatsache wirft beispielsweise die Frage auf, welche Geräte die Schüler*innen besitzen oder welche Geräte man für die Schule anschafft, auf denen die Software installiert werden kann, um mit ihr arbeiten zu können. Bezieht man sich auf den Begriff *Nutzungsgewohnheiten*, so ist hier vor allem die Frage wichtig, auf welchen elektronischen Geräten die Schüler*innen das Programm auch tatsächlich verwenden. Aufgrund der Tatsache, dass auf verschiedensten Endgeräten mit GeoGebra gearbeitet werden kann, soll der Aspekt *verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra* genau darauf eingehen, welche Geräte die Schüler*innen verwenden. Aufgrund des Trends der Miniaturisierung von technischen Geräten ist vor allem interessant, ob GeoGebra nicht nur auf den typischen Geräten, wie dem Laptop und dem Computer, sondern auch auf

den „neueren“ Geräten, wie auf Tablets oder Smartphones, genutzt wird (vgl.: Weigand 2013: xi).

Wie in der Einleitung dieser Arbeit erwähnt, wird bei Forschungen in Hinblick auf digitale Werkzeuge oft nur die Nutzung im Unterricht selbst betrachtet. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass digitale Werkzeuge wie GeoGebra durchaus in verschiedensten Kontexten eingesetzt werden können. Hohenwarter (2006) hat in den Schüler*innenbefragungen, die im Zuge seiner Dissertation durchgeführt worden waren, auch Fragen gestellt, die die Häufigkeit der Nutzung von GeoGebra in der Schule und zu Hause ermittelten sowie ob GeoGebra schon einmal in Prüfungen eingesetzt wurde. Um die Frage der verschiedenen Nutzungskontexte auch in die vorliegende Untersuchung einzubinden, soll die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten* als vierter Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* ermittelt werden. Der zentrale Punkt dieses Aspektes ist, herauszufinden, wie häufig die Schüler*innen die Software in den Kontexten *im Mathematikunterricht in der Schule, in anderen Fächern in der Schule, bei der Vorbereitung für eine Prüfung/Schularbeit, beim Machen der Hausübung und in meiner Freizeit* verwenden. Diese Frage dient vor allem dazu, ein etwas detaillierteres Bild der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* zu bekommen.

Im Projekt CALIMERO, das bereits in 4.2.2 beschrieben wurde, kamen Stundenprotokolle zum Einsatz. Unter anderem wurde bei diesen Protokollen beispielsweise ermittelt, für welche Tätigkeiten die CAS-fähigen Geräte in einer Unterrichtsstunde hauptsächlich eingesetzt wurden. Für Tätigkeiten wie „zur Ergebniskontrolle“, „zum Rechnen mit Termen“, „zum Ausprobieren/Experimentieren“ oder „zum Rechnen mit Zahlen“ konnten die Schüler*innen jeweils den Grad ihrer Zustimmung angeben (vgl.: Ingelmann 2009: 181/225). Es konnte gezeigt werden, dass das CAS-fähige Gerät am häufigsten zur Kontrolle von Ergebnissen genutzt wurde (vgl.: Ingelmann 2009: 181). Angeregt durch Ingelmann (2009) scheint es interessant zu sein, eine Erkenntnis darüber zu bekommen, für welche mathematischen Tätigkeiten GeoGebra konkret eingesetzt wird. Zusätzlich dazu stellt sich die Frage, in welchen Ansichten von GeoGebra diese mathematischen Tätigkeiten ausgeführt werden. Daher soll der fünfte und letzte Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten*, die *Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten*, zwei Fragen beinhalten. Die erste Frage wird sich voll und ganz konkreten mathematischen Tätigkeiten widmen und untersuchen, wie häufig diese von den Schüler*innen mit GeoGebra durchgeführt werden.

Es wurden mathematische Tätigkeiten ausgewählt, die allesamt fundamental sind in der elften Schulstufe. Sie basieren auf dem Lehrplan der elften Schulstufe sowie auf dem Grundkompetenzkatalog für die standardisierte Reife- und Diplomprüfung, erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit (vgl.: Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem 2020a; Crillovich-Cocoglia 2013). Die gewählten mathematischen Tätigkeiten werden in Tabelle 1 aufgelistet.

• Faktorisieren von Polynomen • Rechnen mit komplexen Zahlen • Zeichnen von Funktionsgraphen • Ermitteln von (höheren) Ableitungen • Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]	• Zeichnen von Kegelschnitten [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel] • Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten • Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung
--	---

Tabelle 1: Ausgewählte mathematische Tätigkeiten

Für den zweiten Aspekt werden die Schüler*innen danach gefragt, in welchen Ansichten von GeoGebra sie die konkreten mathematischen Tätigkeiten ausführen. Die Ansichten von GeoGebra wurden im Abschnitt 3.2 näher thematisiert und werden in der neuesten Version von GeoGebra „Grafikrechner“, „Geometrie“, „3D Grafik“, „CAS“, „Tabellenkalkulation“ und „Statistik“ genannt. Da die Ansicht „3D Grafik“ in der elften Schulstufe durch den Lehrplan nicht zwingend benötigt wird, wird diese Ansicht nicht thematisiert. Leider birgt diese Frage zwei Schwierigkeiten in sich. Einerseits kann nicht zwingend angenommen werden, dass die Schüler*innen über das Metawissen verfügen, wie die Ansichten genannt werden, in denen sie arbeiten. Andererseits variieren die Bezeichnungen der Ansichten in GeoGebra bei den verschiedenen Versionen von GeoGebra auch leicht. Dies könnte zu Verwirrung bei denjenigen Schüler*innen führen, die nicht die aktuelle Version von GeoGebra nutzen. Trotz diesen möglichen Schwierigkeiten soll diese Frage gestellt werden, um erste Erkenntnisse über die Nutzung der einzelnen Ansichten bei konkreten mathematischen Tätigkeiten zu erlangen. Abbildung 15 dient zur Veranschaulichung der fünf ausgewählten Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten*.

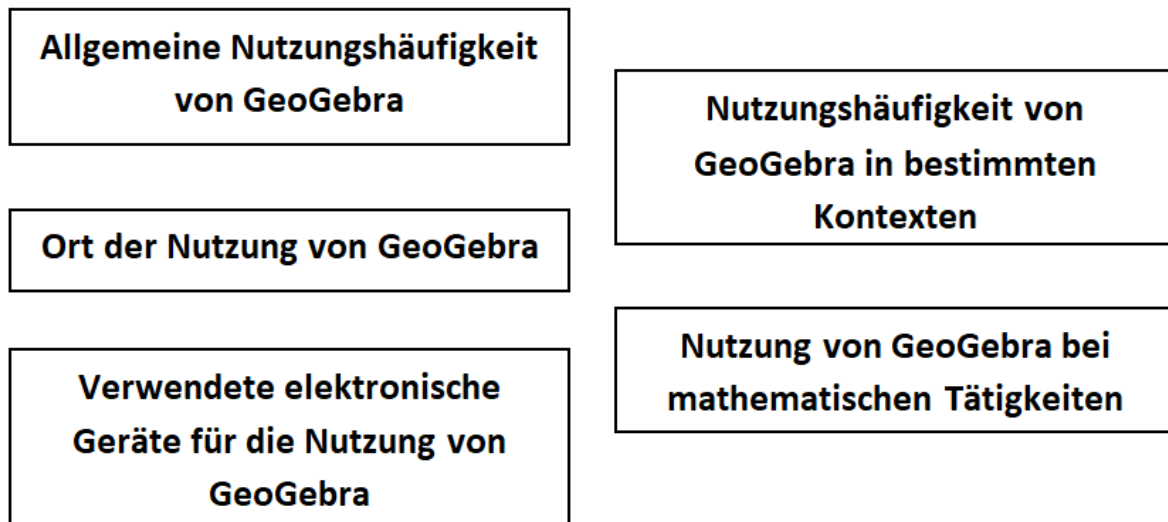


Abbildung 15: Verwendete Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* für die vorliegende Forschung

6.2 Herleitung der Hypothesen

6.2.1 Erwartete Ergebnisse: Geschlecht

Obwohl es bisher nur wenige Studien zum Thema der geschlechterspezifischen Nutzung von digitalen Werkzeugen gibt, wie auch Jungwirth (2008: 579) beschreibt, legen jedoch vor allem die JIM-Studien klar dar, dass die Wahl eines Mediums und die Nutzungshäufigkeit zwischen Mädchen und Jungen variieren (vgl.: u.a. Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2015; Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2019). Auch in Hinblick auf digitale Werkzeuge, vor allem bei verschiedensten Taschencomputern, konnten geschlechterspezifische Unterschiede festgestellt werden. Jungen weisen eine häufigere Nutzungshäufigkeit, weniger Probleme bei der Bedienung und positivere Einstellungen in Bezug auf die Geräte auf als Mädchen (vgl.: Grogger 1998; Schmidt 2010; Leng 2003; Ingelmann 2009). Zusätzlich dazu zeigt die Jugend-Medien-Studie im Jahr 2019 in Oberösterreich geschlechtsspezifische Unterschiede im überwiegenden Ort der Nutzung von Lernprogrammen/LernApps auf (vgl.: EduGroup 2019: 57).

Aus diesem Grund lässt sich vermuten, dass es auch bei den *Nutzungsgewohnheiten* des digitalen Werkzeuges GeoGebra geschlechterspezifische Unterschiede gibt. Auf Hypothesen hinsichtlich jedes einzelnen, im Abschnitt 6.1 beschriebenen, Aspektes des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* wird hier verzichtet. Später wird die folgende allgemeine Hypothese jedoch sehr wohl in einzelne Nullhypothesen aufgegliedert.

Hypothese: Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra* nicht die gleichen Verteilungen auf.

6.2.2 Erwartete Ergebnisse: *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht

Bisher haben bereits einige Studien die Erkenntnis gebracht, dass der Einsatz von digitalen Medien die *schulische Lernfreude* der Schüler*innen fördern kann (vgl.: u.a.: Schulz-Zander 2001; Preussler 2002; Dorfinger 2019). In dieser Arbeit soll der Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und den *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra jedoch von der anderen Seite her aufgerollt und analysiert werden.

Unter anderem kann beispielsweise analysiert werden, ob Schüler*innen mit einer höheren Ausprägung des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht, auch höhere Ausprägungen der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* haben, oder vice versa. Wie das Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht genau gemessen wird, kann im Unterabschnitt 7.1.2 nachgelesen werden. Auch hier wird zu diesem Zeitpunkt der Arbeit auf einzelne Hypothesen in Bezug auf alle Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* verzichtet, es wird nur eine allgemeine Hypothese formuliert, die später weiter spezifiziert wird.

Hypothese: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und den *Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra*.

6.3 Zusammenführung in ein Forschungsmodell

Führt man alle Erkenntnisse aus diesem Kapitel, sowohl die Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* als auch die beiden Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht zu einem Forschungsmodell zusammen, so ergibt sich Abbildung 16.

Mit Hilfe dieses Modelles kann nun untersucht werden, welche unterschiedlichen *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten bei Schüler*innen der elften Schulstufe von oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen unter Berücksichtigung der Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht auftreten.

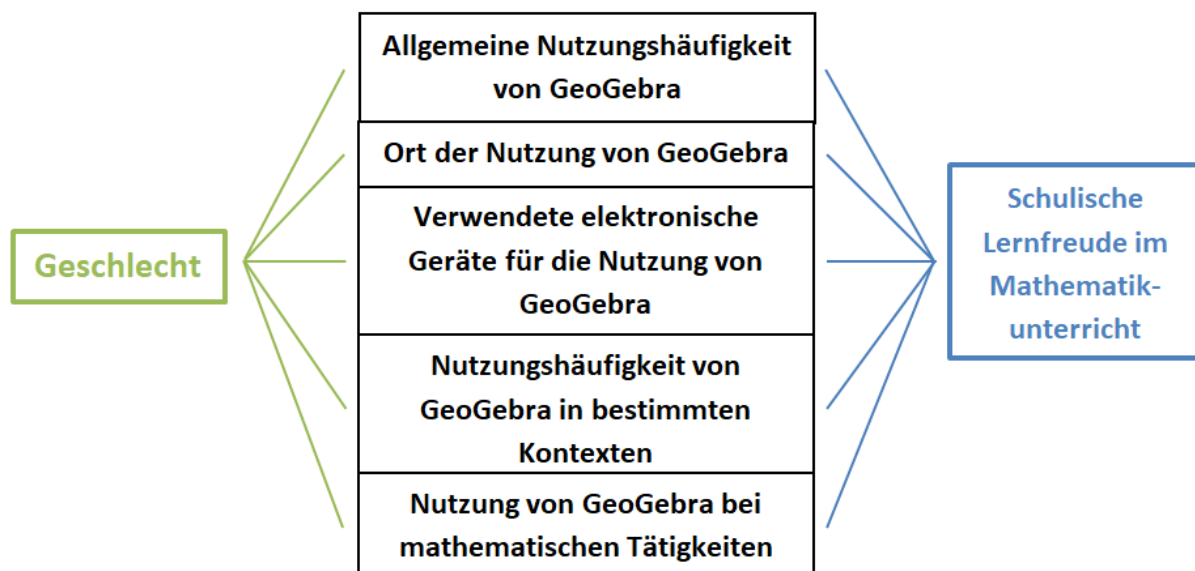


Abbildung 16: Forschungsmodell

7 Forschungsdesign

Um die zentrale Forschungsfrage mit Hilfe des bereits aufgestellten Forschungsmodells beantworten zu können, wird eine Untersuchung im Querschnittsdesign mit einem Onlinefragebogen als Erhebungsinstrument eingesetzt. Das zugrundeliegende Forschungsdesign wird im Folgenden näher beschrieben. Dabei werden nicht nur die Erhebung der beiden Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und die allgemeine Datenerhebung thematisiert, sondern auch die Untersuchungsgruppe sowie die Datenverarbeitung werden explizit beschrieben.

7.1 Erhebung der Merkmale

7.1.1 Geschlecht

Das Merkmal *Geschlecht* wird durch einfaches Ankreuzen abgefragt. Neben den beiden Möglichkeiten „männlich“ und „weiblich“ wird auch eine weitere Wahlmöglichkeit zur Verfügung gestellt, bei dem man die Geschlechtsbezeichnung eigens eintragen kann. So müssen sich die befragten Personen nicht zwanghaft in das System der Zweigeschlechtlichkeit integrieren, sondern können ihre Geschlechtsbezeichnung frei wählen (vgl.: Stein-Hilbers 2000: 35).

In der Statistik können Merkmale in sogenannte Skalentypen eingeteilt werden. Die vier Skalentypen Nominalskala, Ordinalskala, Intervallskala und Verhältnisskala sind hierarchisch geordnet, denn je höher das Skalenniveau, desto vielfältiger sind die möglichen Aussagen mit Hilfe von statistischen Kennzahlen (vgl.: Rasch et al. 2014: 6). Das Merkmal *Geschlecht* kann der niedrigsten Skala, der Nominalskala, zugeordnet werden, da sich diese dadurch auszeichnet, nur Aussagen über die Gleichheit oder Unterschiede eines Merkmals zu machen, ohne dass eine sinnvolle Reihung der Merkmale möglich wäre (vgl.: ebd.: 7).

7.1.2 Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht

Um das Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht zu erheben, wurde die in Anlehnung an die Lernfreude-Skala von Titz (2001) neu entwickelte Skala zur Lernfreude von Hagenauer und Hascher (2011) verwendet (vgl.: Hagenauer 2011: 165,183; Hagenauer/Hascher 2011: 68). Sie wurde, wie später noch genauer beschrieben wird, in Hinblick auf die durchgeführte Untersuchung für das Fach Mathematik passend abgeändert, um die habituelle *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht erheben zu können.

Die von Hagenauer und Hascher (2011) konzipierte Lernfreude-Skala besteht aus 13 Items, die drei psychologischen Komponenten des Mehrkomponentenmodelles der Lernfreude zuzuschreiben sind (vgl.: Hagenauer/Hascher 2011: 68). Wie bereits im Unterabschnitt 5.2.1 beschrieben, wurde hier die Möglichkeit genutzt, *schulische Lernfreude* nur durch einzelne, genauer gesagt durch drei der fünf Komponenten des Mehrkomponentensystems zu erheben (vgl.: Hagenauer 2011: 24).

Mit fünf der 13 Items wird die affektive Komponente ermittelt, mit jeweils vier Items die motivationale und die kognitive Komponente (vgl.: Hagenauer/Hascher: 68). Sämtliche Items können, ihren jeweiligen Komponenten zugeordnet, Tabelle 2 entnommen werden. Sowohl die expressive Komponente als auch die physiologische Komponente wurde im Fragebogen nicht berücksichtigt, da sich ein Fragebogen für das Erheben von Veränderungen der Mimik oder der Gestik sowie der Körperfunktionen nicht eignet (vgl.: Hagenauer/Hascher 2011: 68).

Affektive Komponente

- Ich freue mich auf das Lernen in der Schule.
- Beim Lernen bin ich gut gelaunt.
- Das Lernen macht mir Freude.
- Ich habe Freude daran, wenn ich in der Schule Neues lerne.
- Beim Lernen fühle ich mich wohl.

Motivationale Komponente

- Ich will in der Schule viel Neues lernen.
- Ich würde das Lernen am liebsten auf morgen verschieben.(-)
- Ich will mich mit den Themen beschäftigen, die wir im Unterricht behandeln.
- Aufgaben, die mir meine Lehrer/innen stellen, würde ich am liebsten gar nicht lösen.(-)

Kognitive Komponente

- Das Lernen ist doof.(-)
- Das Lernen ist anstrengend und kann deshalb keinen Spaß machen.(-)
- Ich denke, dass das Lernen eine gute Sache ist.
- Ich finde, das Lernen in der Schule ist spannend.

Anmerkung: Bei den mit (-) bezeichneten Items handelt es sich um negativ formulierte Items die in Folge umgepolt werden.

Tabelle 2: Lernfreude-Skala: 13 Items um die *schulische Lernfreude* zu ermitteln, eingeteilt in die affektive, die motivationale und die kognitive Komponente (Hagenauer 2011: 333)

Dieses Konstrukt der *schulischen Lernfreude* wurde explorativen Faktorenanalysen unterzogen, wobei sich eine eindimensionale Struktur mit einer aufgeklärten Varianz von rund 56 % ergab. Anschließende konfirmatorische Faktorenanalysen verglichen zwei Modelle der Lernfreude-Skala. Beim ersten Modell wurden alle Items der drei Komponenten zu einem latenten Faktor zusammengefasst, während beim zweiten Modell diese drei Komponenten zu einzelnen Faktoren zusammengefasst wurden. Man entschied sich für ein eindimensionales Modell, das bedeutet, alle 13 Items wurden zu einem Faktor zusammengefasst, um die *schulische Lernfreude* zu ermitteln (vgl.: Hagenauer/Hascher 2011: 68).

Aus drei Gründen werden in den Analysen zur schulischen Lernfreude alle 13 Lernfreude-Items zu einem Faktor zusammengefasst: (a) die lediglich sehr geringe Veränderung der Fitindices von Modell 1 auf Modell 2; (2) die hohen Faktorladungen der Items auf den ersten Faktor (eine Extraktion weiterer Faktoren hätte keine bedeutend höhere Varianzaufklärung zur Folge) sowie die hohen Interkorrelationen der Faktoren untereinander; und (3) die theoretische Argumentation, dass die Emotionskomponenten während des emotionalen Erlebens eine Einheit bilden und somit keine unabhängigen Faktoren darstellen. (Hagenauer/Hascher 2011: 68)

Hagenauer und Hascher (2011) verwendeten die eindimensionale Lernfreude-Skala zu vier verschiedenen Messzeitpunkten. Da die interne Konsistenz der eindimensionalen Lernfreude-Skala im Durchschnitt bei Cronbachs $\alpha = 0,9325$ liegt, kann eine exzellente Reliabilität angenommen werden (vgl.: Hagenauer 2011: 332-333; Hagenauer/Hascher 2011: 68).

Damit die habituelle *schulische Lernfreude* erhoben werden kann, müssen die Schüler*innen für jedes der 13 Items den Grad ihrer Zustimmung oder Ablehnung angeben (vgl.: Hagenauer/Hascher 2011: 69). Die Skala reicht von „stimmt gar nicht“ (=1), über „stimmt kaum“ (=2) und „stimmt ziemlich“ (=3) bis hin zu „stimmt genau“ (=4) (vgl.: ebd.: 80). Wie in der vorhergehenden Tabelle angemerkt, muss nur darauf Acht gegeben werden, welche Items negativ formuliert sind, denn diese müssen vor der Berechnung der Ausprägung der *schulischen Lernfreude* umgepolt werden.

Da in der vorliegenden Arbeit die *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht ermittelt werden soll, werden die einzelnen Items aus der Skala leicht abgeändert. Die in den Items enthaltenen Begriffe „in der Schule“ und „im Unterricht“ werden durch den Begriff „im Mathematikunterricht“ ersetzt, denn so können sich die Schüler*innen

beim Grad ihrer Zustimmung oder Ablehnung der einzelnen Items auch wirklich nur auf den Mathematikunterricht beziehen. Anstatt den Begriff „Lernen“ zu verwenden, wird der etwas spezifischere Terminus „Mathematiklernen“ in den einzelnen Items benutzt. Zuletzt soll auch noch der allgemeine Begriff „Lehrer*in“ auf das Fach Mathematik bezogen werden. Daher wird er durch das fachspezifische Synonym „Mathematiklehrer*in“ ausgewechselt. In Tabelle 3 können die abgeänderten Items, gegliedert in die affektive, die motivationale und die kognitive Komponente, nachgelesen werden.

Affektive Komponente

- Ich freue mich auf das Lernen im Mathematikunterricht.
- Beim Mathematiklernen bin ich gut gelaunt.
- Das Mathematiklernen macht mir Freude.
- Ich habe Freude daran, wenn ich im Mathematikunterricht Neues lerne.
- Beim Mathematiklernen fühle ich mich wohl.

Motivationale Komponente

- Ich will im Mathematikunterricht viel Neues lernen.
- Ich würde das Mathematiklernen am liebsten auf morgen verschieben.(-)
- Ich will mich mit den Themen beschäftigen, die wir im Mathematikunterricht behandeln.
- Aufgaben, die mir mein*e Mathematiklehrer*in stellt, würde ich am liebsten gar nicht lösen.(-)

Kognitive Komponente

- Das Mathematiklernen ist doof.(-)
- Das Mathematiklernen ist anstrengend und kann deshalb keinen Spaß machen.(-)
- Ich denke, dass das Mathematiklernen eine gute Sache ist.
- Ich finde das Mathematiklernen in der Schule spannend.

Anmerkung: Bei den mit (-) bezeichneten Items handelt es sich um negativ formulierte Items die in Folge umgepolt werden.

Tabelle 3: Abgeänderte Lernfreude-Skala: 13 Items um die *schulische Lernfreude* zu ermitteln, eingeteilt in die affektive, die motivationale und die kognitive Komponente

Um die endgültige Ausprägung des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht der einzelnen Lernenden zu ermitteln, wird, nachdem die mit (-) bezeichneten Items umgepolt worden sind ($n_+ = 5 - n_-$), das arithmetische Mittel aus den einzelnen Werten der 13 Items berechnet. Das arithmetische Mittel dieser 13 Werte

steht für die Merkmalsausprägung der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht.

Während die einzelnen Items des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht der sogenannten Ordinalskala zugeordnet werden können, kann die finale Ausprägung der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht der Intervallskala zugeordnet werden (vgl.: Rasch et al. 2014: 7-8). In wissenschaftlichen Arbeiten ist es üblich, dass Daten, die eigentlich ordinalskaliert sind, oft wie Intervallskalen behandelt werden, damit beispielsweise das arithmetische Mittel berechnet werden kann (vgl.: Stangl 2020). Dies ist eben auch bei der Lernfreude-Skala von Hagenauer und Hascher (2011) der Fall.

7.2 Stichprobe

Um die Hypothesen zu prüfen und dadurch eine Antwort auf die zentrale Fragestellung zu finden, ist es wichtig, dass die Personengruppe, über die eine Aussage getroffen werden soll, klar feststeht. Diese wird auch Grundgesamtheit genannt (vgl.: Raithel 2008: 55). Bereits das Forschungsinteresse dieser Arbeit definiert die Grundgesamtheit relativ genau, denn diese besteht aus allen Schüler*innen die im Schuljahr 2019/2020 die elfte Schulstufe von oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen besuchen. Da es jedoch meist aufgrund von zeitlichen und ökonomischen Ressourcen nicht möglich ist, die gesamte Grundgesamtheit zu befragen, soll nur ein Teil der Grundgesamtheit, eine sogenannte Stichprobe, untersucht werden (vgl.: Raithel 2008: 55).

Es gibt verschiedenste Auswahlverfahren, wie Stichproben gebildet werden können. Für diese Untersuchung wird eine willkürliche Auswahl verwendet, das bedeutet, die Auswahl richtet sich nicht nach stichprobentechnischen Kriterien (vgl.: Raithel 2008: 56). Die Stichprobe dieser Erhebung setzt sich aus Elfthklässler*innen jener oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen zusammen, deren Direktor*innen oder Schulleiter*innen der Durchführung dieser Erhebung zugestimmt haben. Insgesamt nahmen an der Erhebung demnach zwölf verschiedene allgemeinbildende höhere Schulen teil, die sich sowohl über städtisches als auch über ländliches Gebiet verteilen. Dabei beantworteten 262 Schüler*innen den Onlinefragebogen.

7.3 Datenerhebung

7.3.1 Art des Erhebungsinstrumentes

Die Datenerhebung erfolgt mit Hilfe eines Fragebogens. Generell wird der Fragebogen als eine der wichtigsten Methoden quantitativer Forschung bezeichnet. Die Gründe dafür liegen vor allem in seinen sehr umfangreichen Anwendungsgebieten und in seiner ökonomischen Einsetzbarkeit (vgl.: Reinders 2011: 53). Bevor auf den Inhalt des Fragebogens genauer eingegangen wird, sollen zuerst seine äußeren Rahmenbedingungen abgesteckt werden. Die Untersuchung soll durch die Verwendung eines Onlinefragebogens anstatt eines herkömmlichen Fragebogens durchgeführt werden, da dies einige Vorteile mit sich bringt. Es können Ressourcen, wie Papier und vor allem Zeit, beispielsweise beim Austeilen und Einsammeln des Fragebogens, gespart werden. Aber auch der administrative Aufwand kann in Grenzen gehalten werden, weil lediglich der Umfragelink an die befragten Personen ausgesendet werden muss. Da die Untersuchung in der Zeit der Corona-Krise durchgeführt wurde, konnte durch einen Onlinefragebogen auch verhindert werden, dass schulexterne Personen an die Schulen kommen mussten.

Die für die Onlineumfrage verwendete Webseite trägt den Namen *UmfrageOnline* und kann unter dem Link <https://www.umfrageonline.com/> aufgerufen werden. Für Student*innen bietet diese Webseite ein kostenloses Angebot an, in dem die meisten der möglichen Features inkludiert sind, beispielsweise der Export der Daten in Programme wie Excel oder SPSS (vgl.: UmfrageOnline o.J.).

Natürlich spielt bei einem Fragebogen auch die Art der Fragestellung eine Rolle. Während bei geschlossenen Fragestellungen alle möglichen Antwortmöglichkeiten vorgegeben sind und bei offenen Fragestellungen keine Antwortmöglichkeit angegeben wird, kombinieren halboffene Fragestellungen beide zuvor erwähnte Arten, indem fest vorgegebene Antwortmöglichkeiten um ein freies Feld für eine beliebige Antwort ergänzt werden (vgl.: Reinders 2011: 59-60). Beim vorliegenden Onlinefragebogen wurden hauptsächlich geschlossene Fragen verwendet, halboffene und offene Fragen kommen nur vereinzelt vor.

7.3.2 Aufbau des Erhebungsinstrumentes

Der verwendete Onlinefragebogen teilt sich in vier Teile. Er beginnt mit einer kurzen Instruktion und einem Einstiegs- und Aufwärmteil. Danach folgt der wohl wichtigste Teil, der Hauptteil. Beendet wird der Fragebogen mit einem Abschluss. Dieser Auf-

bau entspricht einem klassischen Fragebogendesign (vgl.: Reinders 2011: 55). Im Anschluss werden die Inhalte der einzelnen Teile näher erläutert. Der gesamte Fragebogen ist dem Anhang zu entnehmen.

7.3.2.1 Instruktionsteil

Die Instruktion eines Fragebogens hat zum Ziel, die befragten Personen auf die Thematik des Fragebogens einzustellen, sie mit dem Befragungsprinzip vertraut zu machen sowie sie über die datenschutzrechtlichen Grundlagen zu informieren (vgl.: Reinders 2011: 56). Der für diese Onlineumfrage formulierte Einleitungstext deckt alle diese drei Aspekte ab. Die Schüler*innen sollen vor dem Ausfüllen des Fragebogens zustimmen, dass sie mit der Auswertung ihrer anonymisierten Daten einverstanden sind. Wählt eine Person die Antwortmöglichkeit „Ja“ so geht es über zum nächsten Teil des Onlinefragebogens, wählt sie oder er jedoch „Nein“, so gelangt die Person direkt zum Abschluss des Onlinefragebogens.

7.3.2.2 Einstiegs- und Aufwärmteil

Der Einstiegs- und Aufwärmteil eines Fragebogens hat die Intention, sowohl die Aufmerksamkeit und das Interesse der befragten Personen zu aktivieren als auch sie an das Befragungsschema des Fragebogens zu gewöhnen (vgl.: Reinders 2011: 56-57). Die erste Frage, bei der die Schüler*innen ihr Alter eingeben müssen, ist für die Untersuchung an sich wenig relevant, da alle Lernenden in die gleiche Schulstufe gehen und nahezu gleich alt sind. Sie dient lediglich zur Einstimmung auf den Fragebogen.

Laut Literatur können im Einstiegs- und Aufwärmteil aber auch gleichzeitig Inhalte abgefragt werden, die für die eigentliche Befragung relevant sind (vgl.: ebd.: 57). Genau dies wird im Fragebogen zur Nutzung von GeoGebra auch gemacht, denn im Folgenden werden die Befragten nach dem Merkmal *Geschlecht* gefragt. Wie dieses Merkmal gemessen wird, wurde bereits im Unterabschnitt 7.1.1 beschrieben. Gleich darauf folgt die Erhebung des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht, dessen Messung ebenfalls bereits im Unterabschnitt 7.1.2 erklärt wurde.

Zum Abschluss des Einstiegs- und Aufwärmteil sollen die Schüler*innen noch angeben, welche elektronischen Geräte sie besitzen oder es bei ihnen zu Hause gibt, so dass sie diese jederzeit nutzen könnten. Dabei sind vier Antwortmöglichkeiten vorgegeben: „Smartphone“, „Computer“, „Laptop“ und „Tablet“. Diese vier Möglichkeiten widerspiegeln die technischen Geräte, auf denen GeoGebra genutzt werden kann.

Die Schüler*innen können bei dieser Frage mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen.

7.3.2.3 Hauptteil

Im Hauptteil eines Fragebogens sollen die für das Forschungsinteresse zentralen Inhalte erhoben werden (vgl.: Reinders 2011: 57-58). Daher werden in diesem Teil die *Nutzungsgewohnheiten* von Schüler*innen der elften Schulstufe bei der Verwendung von GeoGebra, genauer gesagt die fünf definierten Aspekte der *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra, untersucht.

Um Aussagen über die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* treffen zu können, wird den Schüler*innen die Frage gestellt, wie häufig sie GeoGebra nutzen. Um diese Frage zu beantworten, müssen sie sich aus den sechs Antwortmöglichkeiten „täglich“, „mehrmals pro Woche“, „einmal pro Woche“, „mehrmals im Monat“, „monatlich“ und „seltener“ für eine Antwort entscheiden. Die Antwortmöglichkeiten wurden zum größten Teil von der oberösterreichischen Jugend-Medien-Studie, die die Nutzungsintensität verschiedenster Geräte untersuchte, übernommen (vgl.: EduGroup 2019: 23). Diese Studie nutzt die Auswahlmöglichkeiten „täglich“, „fast jeden Tag“, „mehrmals pro Woche“, „einmal pro Woche“, „monatlich“ und „seltener“. Da die Auswahlmöglichkeiten „fast jeden Tag“ und „mehrmals pro Woche“ zeitlich sehr eng beisammen liegen, währenddessen die Auswahlmöglichkeiten „einmal pro Woche“ und „monatlich“ einen großen zeitlichen Abstand mitbringen, wird die Auswahlmöglichkeit „fast jeden Tag“ weggegeben und durch die Auswahlmöglichkeit „mehrmals pro Monat“ ersetzt. Aufgrund dieser Wahlmöglichkeiten liegt der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* eine Ordinalskala zugrunde (vgl.: Rasch et al. 2014: 7-8).

Beim zweiten Aspekt der *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra, dem *Ort der Nutzung von GeoGebra*, wurden die Lernenden gefragt, an welchen Orten sie GeoGebra in Anspruch nehmen. Bei dieser Frage ist es möglich, mehrere Antwortmöglichkeiten gleichzeitig auszuwählen. Zur Wahl stehen die Orte „zu Hause“, „in der Schule“, „bei Freunden“ und „andere“. Auch diese Antwortmöglichkeiten wurden aus der oberösterreichischen Jugend-Medien-Studie übernommen (vgl.: EduGroup 2019: 57). Da hier die Merkmalsausprägungen wieder nur durch Gleich- oder Verschiedenheit zu differenzieren sind, spricht man von nominalskalierten Daten (vgl.: Rasch et al. 2014: 7).

Was den dritten ausgewählten Aspekt der *Nutzungsgewohnheiten*, die *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra*, betrifft, können die Schüler*innen den „Computer“, den „Laptop“, das „Smartphone“ oder das „Tablet“ auswählen. Diese Antwortmöglichkeiten widerspiegeln die Geräte, auf denen man GeoGebra downloaden kann und auch hier können mehrere Antwortmöglichkeiten gewählt werden. Diese Antwortmöglichkeiten können auch der Nominalskala zugeordnet werden (vgl.: Rasch et al. 2014: 7).

Um den Aspekt *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten* zu erheben, müssen die Schüler*innen angeben, wie häufig sie GeoGebra „im Mathematikunterricht in der Schule“, „in anderen Fächern in der Schule“, „bei der Vorbereitung für eine Prüfung/Schularbeit“, „beim Machen der Hausübung“ und „in meiner Freizeit“ verwenden. Als Antwortmöglichkeiten stehen auch hier wieder die Häufigkeitsadverbien „täglich“, „mehrmals pro Woche“, „einmal pro Woche“, „mehrmals im Monat“, „monatlich“ und „seltener“ zur Verfügung, wobei bei jedem Kontext nur eine dieser Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden kann. Da die möglichen Ausprägungen hier sowohl durch Gleich- und Verschiedenheit als auch durch ihrer Reihenfolge charakterisiert werden können, spricht man von ordinalskalierten Daten (vgl.: Rasch et al. 2014: 7-8).

Um den Hauptteil des Onlinefragebogens zu beenden, soll der fünfte Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten*, die *Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten*, erhoben werden. Die erste Frage dafür lautet „Wie häufig nutzt du GeoGebra bei folgenden mathematischen Tätigkeiten?“. Die Nutzungshäufigkeit der Software GeoGebra bei den ausgewählten fundamentalen mathematischen Tätigkeiten der elften Schulstufe, die bereits im Abschnitt 6.1 definiert wurden, kann jedoch nicht mit den Antwortmöglichkeiten „täglich“, „mehrmals pro Woche“, „einmal pro Woche“, „mehrmals im Monat“, „monatlich“ und „seltener“, die auch zuvor im Fragebogen verwendet wurden, abgefragt werden. Grund dafür ist, dass die fundamentalen mathematischen Tätigkeiten zwar alle im Laufe des aktuellen Schuljahres durchgenommen worden sind, aber höchstwahrscheinlich kein*e Schüler*in sagen könnte, dass sie oder er beispielsweise mehrmals pro Woche mit komplexen Zahlen rechnet, denn dieses Themengebiet wurde im Mathematikunterricht mit hoher Wahrscheinlichkeit vor mehreren Monaten bereits abgeschlossen. Aus diesem Grund werden die Antwortmöglichkeiten „immer“, „oft“, „selten“ und „nie“ gewählt. Die Schüler*innen sollen sich also selbst fragen, ob sie, wenn sie zum Beispiel mit komplexen Zahlen

rechnen, „immer“, „oft“, „selten“ oder „nie“ GeoGebra nutzen. Diesen Wahlmöglichkeiten liegt eine Ordinalskala zugrunde (vgl.: Rasch et al. 2014: 7-8).

In einem zweiten Schritt werden alle mathematischen Tätigkeiten, bei denen zumindest „selten“ GeoGebra verwendet wird, erneut aufgegriffen. Die Schüler*innen werden gefragt, welche Ansichten von GeoGebra sie verwenden, um die jeweiligen mathematischen Tätigkeiten mit GeoGebra durchzuführen. Dabei können die Lernenden mehrere der Antwortmöglichkeiten „CAS“, „Geometrie“, „Grafikrechner“, „Statistik“ und „Tabellenkalkulation“ auswählen. Auch bei diesen Antwortmöglichkeiten handelt es sich um nominalskalierte Daten (vgl.: Rasch et al. 2014: 7).

7.3.2.4 Abschlussteil

Der Abschlussteil eines Fragebogens dient primär dazu, sich für die Teilnahme an der Befragung zu bedanken und sich zu verabschieden (vgl.: Reinders 2011: 58). Der Abschlussteil beginnt mit der einzigen offenen Frage, die dieser Fragebogen anbietet. Falls die Schüler*innen noch etwas anmerken wollen, können sie das freie Eingabefeld nutzen. Danach folgt ein Abschlusstext, der einerseits dazu genutzt wird, um sich für die Teilnahme zu bedanken, andererseits wird jedoch auch die E-Mail-Adresse der Autorin zur Verfügung gestellt, sodass sich die Befragten bei Fragen oder Anliegen jederzeit an sie wenden könnten.

7.3.3 Zeitlicher Ablauf der Erhebung

Wie bereits in der Forschungsfrage definiert wird, sollen die *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten bei Schüler*innen am Ende der elften Schulstufe erhoben werden, das bedeutet die Erhebung fand am Ende des Schuljahres 2019/2020 statt. Erwähnenswert ist hierbei, dass in diesem Schuljahr aufgrund der Corona-Krise für die Schüler*innen auch eine Zeit lang *Distance Learning* angesagt war. Zu Beginn dieses Kapitels wurde schon erwähnt, dass es sich bei der vorliegenden Untersuchung um ein Querschnittsdesign handelt, weil eben nur eine Erhebungsphase geplant ist und diese in einer kurzen Zeitspanne von rund zwei Wochen durchgeführt wird (vgl.: Raithel 2008: 50).

Bevor die Onlinebefragung durchgeführt werden konnte, wurde eine Bestätigung von der Bildungsdirektion Oberösterreich eingeholt. Diese kann dem Anhang entnommen werden. Mit dieser Bestätigung wurden anschließend sämtliche allgemeinbildenden höheren Schulen in Oberösterreich kontaktiert und die jeweiligen Direktor*innen oder Schulleiter*innen gefragt, ob sie mit ihrer Schule an der Erhebung teilnehmen wür-

den. Den zwölf teilnehmenden allgemeinbildenden höheren Schulen wurden genaue Informationen zur Erhebung sowie der direkte Link zum Onlinefragebogen gesendet. Mit Hilfe dieses Links war die Teilnahme am Onlinefragebogen zwei Wochen lang, vom 29.06.2020, 00:00 Uhr, bis zum 10.07.2020, 23:59 Uhr möglich. Zu Beginn des Erhebungszeitraumes wurde an alle Schulen noch einmal eine Erinnerung an die Erhebung ausgeschickt.

7.4 Datenverarbeitung

Nach der Erhebung werden die Daten in das Statistikprogramm SPSS exportiert und ausgewertet. Für die Datenverarbeitung werden sowohl deskriptive Statistiken als auch statistische Verfahren verwendet. Die deskriptive oder beschreibende Statistik hat die Intention, die nach einer Untersuchung vorliegenden Daten mit Hilfe von Kennwerten, Grafiken und Tabellen zu beschreiben. Für bestimmte Fragestellungen reicht es oft, nur deskriptive Statistiken zu nutzen. Zu den wichtigsten statistischen Kennzahlen zählen Anteile und Häufigkeiten, Lagemaße und Streuungsmaße (vgl.: Schäfer 2010: 59-60).

Als statistische Verfahren werden der Chi-Quadrat-Homogenitätstest und die Rangkorrelation nach Spearman verwendet. Der Chi-Quadrat Homogenitätstest gehört zur Familie der Chi-Quadrat Tests, wobei es einen Anpassungstest, einen Unabhängigkeitstest und einen Homogenitätstest gibt. Sie alle zählen zu den Verteilungstests, die Hypothesen in Hinblick auf die unbekannten Verteilungen von Grundgesamtheiten überprüfen (vgl.: Auer/Rottmann 2015: 390-403). Der Chi-Quadrat Homogenitätstest kann den Zwei- und Mehrstichprobentests zugeordnet werden (vgl.: ebd.: 401). Ziel dieses Tests ist es, zu untersuchen, ob *„mehrere unabhängige Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit (oder aus verschiedenen Grundgesamtheiten mit gleicher Verteilung) stammen oder nicht.“* (Auer/Rottmann 2015: 401)

Allgemein wird mit dem Begriff „Korrelation“ eine Wechselbeziehung zwischen zwei oder mehreren Variablen bezeichnet. Je nachdem, welchem Skalentyp die vorliegenden Daten angehören, müssen andere Verfahren für die Berechnung einer Korrelation angewendet werden. Die Stärke des Zusammenhangs wird immer mit einem Koeffizienten ausgedrückt (vgl.: Kuckartz et al. 2010: 189). Für zwei ordinalskalierte Variablen verwendet man die sogenannte Rangkorrelation nach Spearman. Bei dieser Korrelation wird der Rangkorrelationskoeffizient nach Charles Spearman ausge-

rechnet, der mit „Rho“ bezeichnet und mit r_s abgekürzt wird (vgl.: Kuckartz et al. 2010: 199).

Die *Nutzungsgewohnheiten* werden in Hinblick auf das Merkmal *Geschlecht* zuerst deskriptiv ausgewertet. Danach wird jeweils ein Homogenitätstest angewendet. Dabei wird die gesamte Stichprobe in zwei Teile geteilt, in den weiblichen Teil und den männlichen Teil der befragten Personen. So soll herausgefunden werden, ob die zwei Stichproben identisch verteilt sind oder nicht.

Beim Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht werden die *Nutzungsgewohnheiten* ebenfalls zuerst deskriptiv beschrieben. Die *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht soll in vier Bereiche eingeteilt werden, wobei der erste Bereich eine sehr niedrige *schulische Lernfreude* und der vierte eine sehr hohe *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht bezeichnet. Die einzelnen Schüler*innen werden gemäß ihrer Ausprägung der *schulischen Lernfreude* einem der vier Bereiche zugeordnet. Zusätzlich dazu wird bei manchen Aspekten des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* die Rangkorrelation angewendet. Die Abbildungen 17 und 18 zeigen jeweils, welche statistischen Verfahren im Forschungsmodell verwendet werden.

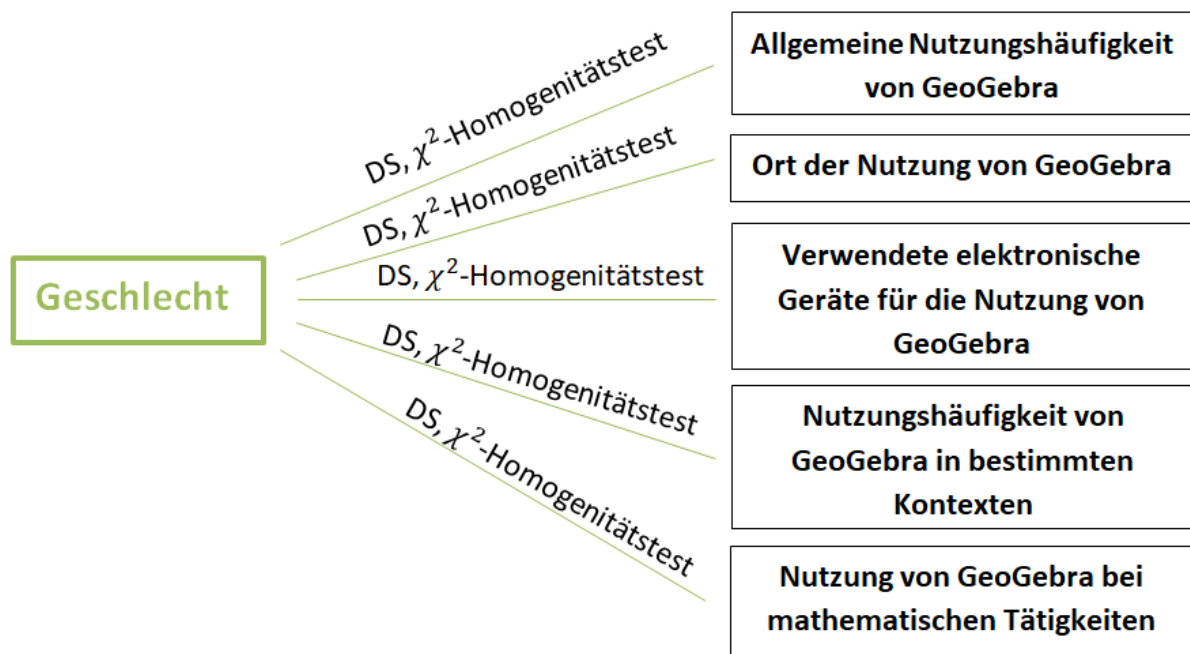


Abbildung 17: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil I

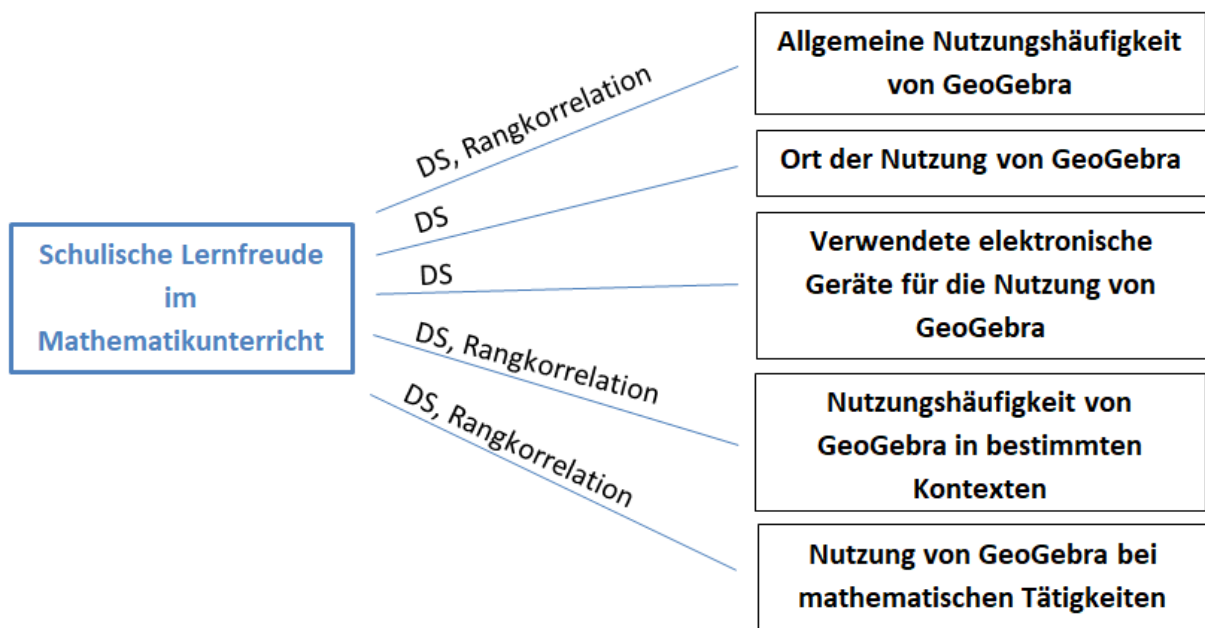


Abbildung 18: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil II

8 Ergebnisse

Dieses Kapitel zeigt die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung auf. Zu Beginn wird die Stichprobe etwas genauer beschrieben. Anschließend werden die fünf ausgewählten Aspekte der *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra allgemein ausgewertet, bevor sie bezüglich der Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht analysiert werden.

8.1 Beschreibung der Stichprobe

Von den 262 Teilnehmer*innen des Onlinefragebogens wurden nur jene zur Auswertung herangezogen, die den Onlinefragebogen vollständig ausgefüllt haben. Gemäß Tabelle 4 basiert die Auswertung daher auf einem Datensatz von $N = 246$, der sich in 73 männliche, 172 weibliche und eine*n nicht definierte*n Teilnehmer*in aufteilen lässt. Es sind 29,7 % der Teilnehmer*innen männlich, 69,9 % weiblich und 0,4 % nicht definiert.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	männlich	73	29,7
	weiblich	172	69,9
	nicht definiert	1	,4
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 4: Teilnehmer*innen nach Geschlecht

Obwohl es nicht Teil der Forschungsfrage ist, wurden die Schüler*innen gefragt, welche elektronischen Geräte sie besitzen oder es bei ihnen zu Hause gibt, sodass sie diese jederzeit benützen könnten. Tabelle 5 zeigt, nahezu alle Schüler*innen haben Zugang zu einem Laptop (98 %) oder zu einem Smartphone (97,6 %), während etwas mehr als die Hälfte einen Computer (56,9 %) oder ein Tablet (53,3 %) verwenden können. Da nahezu 100 % der Schüler*innen Zugang zu einem Laptop und einem Smartphone haben, kann ausgeschlossen werden, dass die Verfügbarkeit dieser Ressourcen Einfluss auf die *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra hat.

		Antworten		Prozent der Fälle
		N	Prozent	
Zugang zu elektronischen Geräten ^a	Computer	140	18,6%	56,9%
	Laptop	241	32,0%	98,0%
	Tablet	131	17,4%	53,3%
	Smartphone	240	31,9%	97,6%
Gesamt		752	100,0%	305,7%

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 5: Zugang zu elektronischen Geräten zu Hause

8.2 Allgemeine Datenauswertung der *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra

Zu Beginn werden die Daten der Erhebung mit Hilfe von deskriptiven Statistiken allgemein ausgewertet, um einen groben Überblick über die Ergebnisse zu gewinnen.

8.2.1 Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra

Als erster Aspekt soll hier die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* näher betrachtet werden. Von den Elftklässler*innen, die den Onlinefragebogen abgeschlossen haben, geben 0,8 % an, das Computerprogramm GeoGebra „täglich“ zu nutzen. 21,1 % verwenden GeoGebra „mehrmals pro Woche“, 17,9 % „einmal pro Woche“. Rund ein Drittel der Teilnehmer*innen, genauer gesagt 30,1 %, nimmt diese Software „mehrmals im Monat“ in Anspruch, während 17,9 % sie „monatlich“ und 12,2 % sie „seltener“ als monatlich verwenden. Tabelle 6 veranschaulicht diesen Sachverhalt und enthält zusätzlich auch die absoluten Häufigkeiten der einzelnen Kategorien, wie es auch im weiteren Verlauf dieser Auswertung der Fall sein wird.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	täglich	2	,8
	mehrmals pro Woche	52	21,1
	einmal pro Woche	44	17,9
	mehrmals im Monat	74	30,1
	monatlich	44	17,9
	seltener	30	12,2
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 6: Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra

Zur graphischen Veranschaulichung der prozentuellen Aufteilung der einzelnen Kategorien dient Abbildung 19.

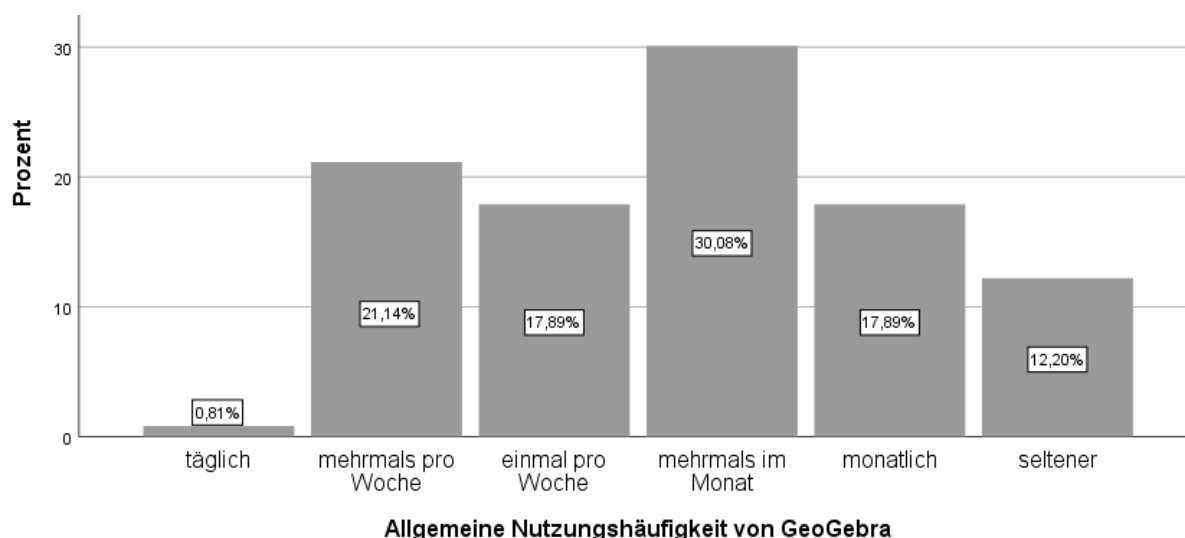


Abbildung 19: Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra

8.2.2 Ort der Nutzung von GeoGebra

Was den *Ort der Nutzung von GeoGebra* betrifft, kann Tabelle 7 entnommen werden, dass 95,1 % der Elftklässler*innen das Programm „in der Schule“ verwenden und 90,2 % es „zu Hause“ nutzen. Im Gegenteil zu diesen sehr hohen Prozentsätzen wird die Software „bei Freunden“ und an „anderen Orten“ nur von jeweils 3,7 % der Schüler*innen in Anspruch genommen.

		Antworten		Prozent der Fälle
		N	Prozent	
Ort der Nutzung von GeoGebra ^a	in der Schule	234	49,4%	95,1%
	zu Hause	222	46,8%	90,2%
	bei Freunden	9	1,9%	3,7%
	andere	9	1,9%	3,7%
Gesamt		474	100,0%	192,7%

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 7: Ort der Nutzung von GeoGebra

8.2.3 Verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra

Der dritte Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* widmet sich den *verwendeten elektronischen Geräten für die Nutzung von GeoGebra*. Laut Tabelle 8 geben 26,4 % der Schüler*innen an, GeoGebra auf dem „Computer“ zu nutzen, 93,5 % verwenden es auf dem „Laptop“, 10,2 % auf dem „Tablet“ und 22 % auf dem „Smartphone“.

		Antworten		Prozent der Fälle
		N	Prozent	
Verwendete elektronische Geräte ^a	Computer	65	17,4%	26,4%
	Laptop	230	61,5%	93,5%
	Tablet	25	6,7%	10,2%
	Smartphone	54	14,4%	22,0%
Gesamt		374	100,0%	152,0%

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 8: Verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra

8.2.4 Nutzungshäufigkeiten von GeoGebra in bestimmten Kontexten

Im Folgenden sollen die *Nutzungshäufigkeiten von GeoGebra in bestimmten Kontexten* ausgewertet werden. Die fünf verschiedenen Kontexte werden dabei jeweils einzeln betrachtet. Zuerst wird in Tabelle 9 auf die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule* näher eingegangen. Dort verwenden 1,6 % der Schüler*innen GeoGebra „täglich“, 19,5 % nutzen es „mehrmals pro Woche“ und 13,4 % „einmal pro Woche“. Weitere 31,3 % der Elftklässler*innen beanspruchen diese Software „mehrmals im Monat“, während 21,5 % GeoGebra nur „monatlich“

nutzen. Der Rest der Schüler*innen, 12,6 %, benutzt GeoGebra „seltener“ als monatlich in diesem Kontext.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	täglich	4	1,6
	mehrmals pro Woche	48	19,5
	einmal pro Woche	33	13,4
	mehrmals im Monat	77	31,3
	monatlich	53	21,5
	seltener	31	12,6
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 9: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule

Abbildung 20 veranschaulicht diesen Sachverhalt graphisch.

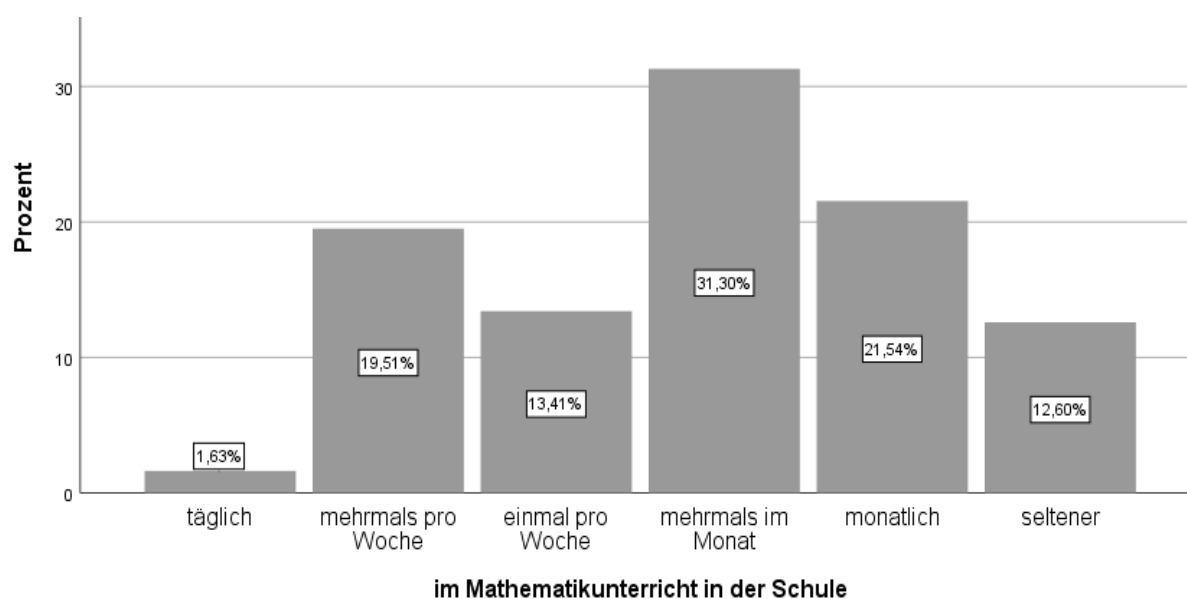


Abbildung 20: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule

An zweiter Stelle soll die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule* analysiert werden. Tabelle 10 zeigt, dass der Großteil der Schüler*innen (97,2 %) angibt, GeoGebra in diesem Kontext nur „seltener“ als monatlich zu verwenden. Lediglich 0,4 % nutzen GeoGebra „täglich“, 0,8 % „mehrmals im Monat“ und 1,6 % „monatlich“. Die in der Tabelle nicht aufgelisteten Kategorien wurden von keinem*r Schüler*in ausgewählt.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	täglich	1	,4
	mehrmals im Monat	2	,8
	monatlich	4	1,6
	seltener	239	97,2
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 10: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule

Die prozentuelle Aufteilung der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule* wird durch Abbildung 21 noch besser ersichtlich.

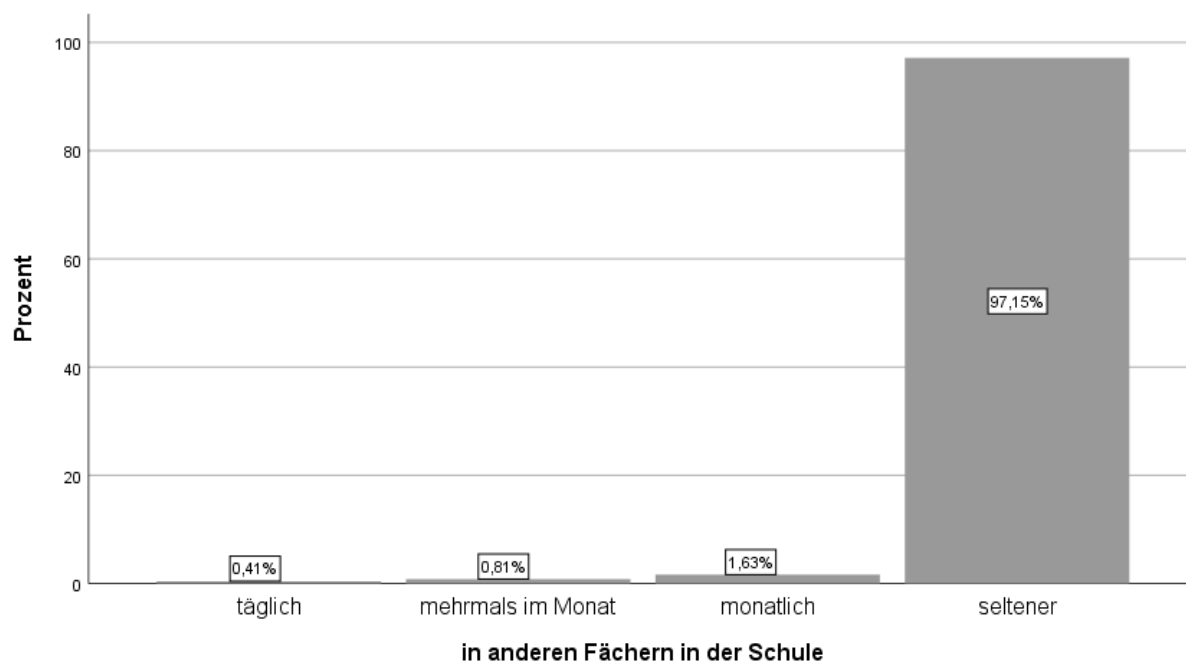


Abbildung 21: *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule*

An dritter Stelle mussten die Schüler*innen auswählen, wie häufig sie GeoGebra *beim Machen der Hausübung* benutzen. Laut Tabelle 11 geben von den Teilnehmer*innen des Onlinefragebogens 1,2 % an, bei dieser Tätigkeit GeoGebra „täglich“ zu nutzen, 19,1 % verwenden die Software dabei „mehrmals pro Woche“ und 15,9 % „einmal pro Woche“. 26,8 % der Schüler*innen nehmen *beim Machen der Hausübung* die Software „mehrmals im Monat“ in Anspruch, 17,9 % „monatlich“ und 19,1 % nutzen sie „seltener“ als monatlich.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	täglich	3	1,2
	mehrmals pro Woche	47	19,1
	einmal pro Woche	39	15,9
	mehrmals im Monat	66	26,8
	monatlich	44	17,9
	seltener	47	19,1
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 11: *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung*

Abbildung 22 demonstriert diesen Sachverhalt.

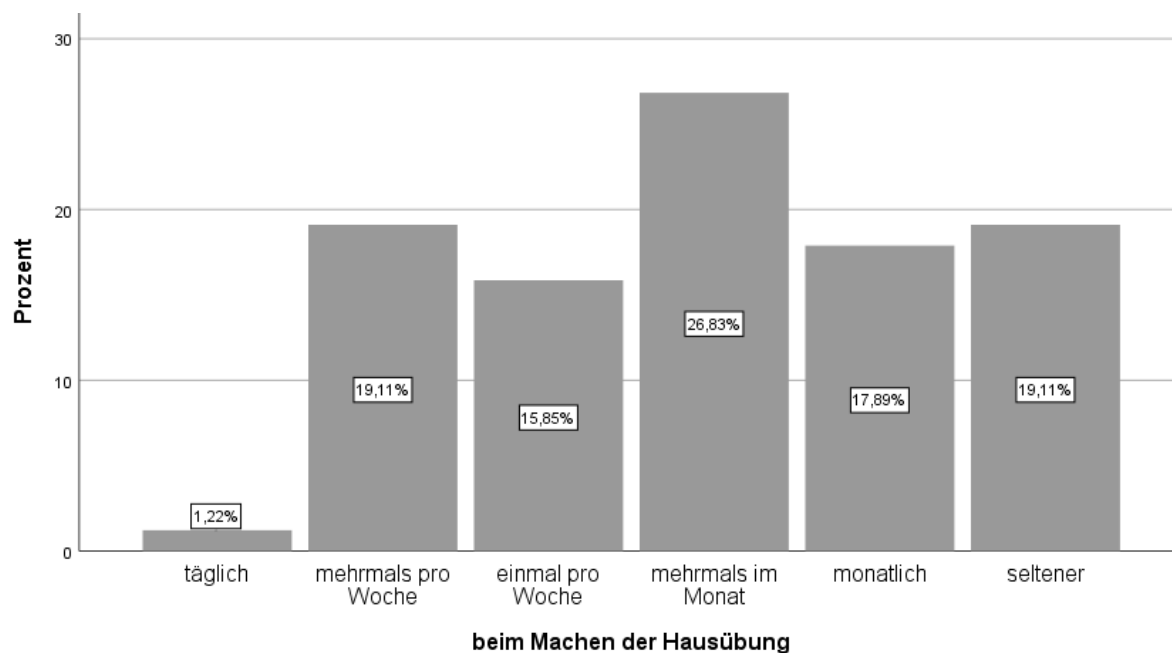


Abbildung 22: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung

Der vierte Kontext, die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit*, setzt voraus, dass eine Prüfung/Schularbeit bevorsteht. Ist dies der Fall, so nutzen rund zwei Drittel aller Schüler*innen diese Software sehr häufig, denn gemäß Tabelle 12 verwenden 29,3 % der Schüler*innen GeoGebra „täglich“ und 39,8 % „mehrmals pro Woche“. Nur rund ein Drittel nutzt GeoGebra weniger oft. Jeweils 6,1 % geben an, die Software *bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* „einmal pro Woche“ sowie „monatlich“ zu verwenden, 6,9 % nutzen sie „mehrmals im Monat“. Die restlichen 11,8 % der Schüler*innen nehmen GeoGebra „seltener“ als monatlich in Anspruch.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	täglich	72	29,3
	mehrmals pro Woche	98	39,8
	einmal pro Woche	15	6,1
	mehrmals im Monat	17	6,9
	monatlich	15	6,1
	seltener	29	11,8
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 12: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit

Die häufige Nutzung von GeoGebra *bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* wird durch Abbildung 23 noch deutlicher gemacht.

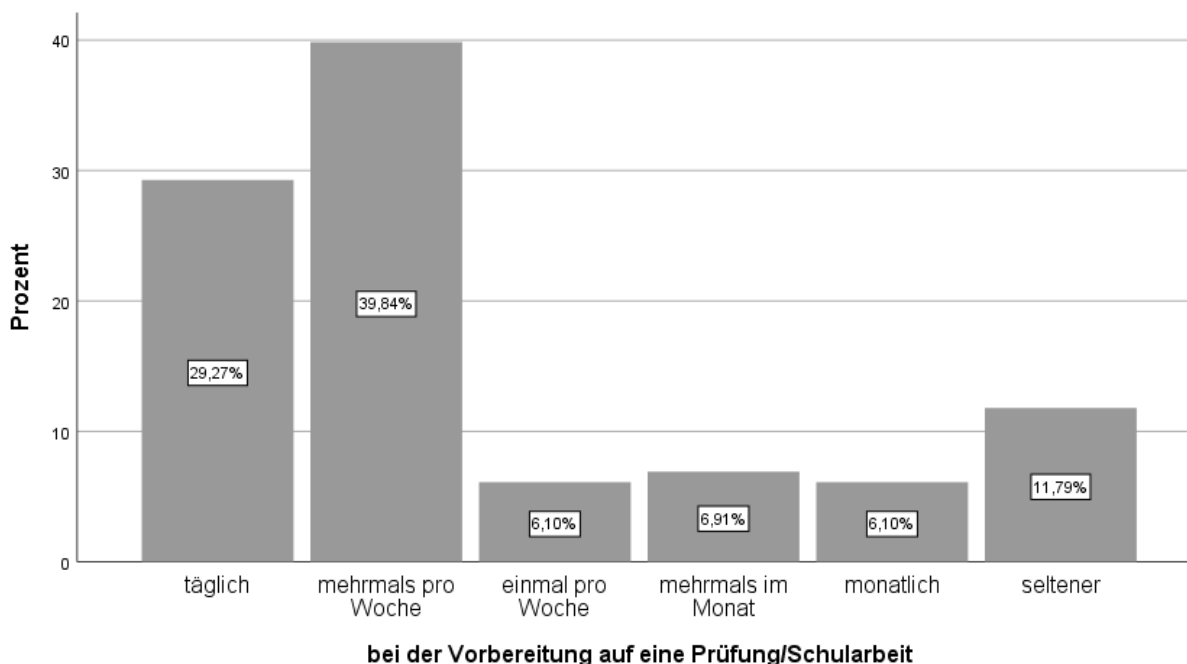


Abbildung 23: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit

Der letzte Kontext, bei dem die Schüler*innen entscheiden mussten, wie häufig sie GeoGebra verwenden, ist die Freizeit. Tabelle 13 kann entnommen werden, dass jeweils 0,4 % der Elftklässler*innen angeben, GeoGebra in ihrer Freizeit „täglich“, „mehrmals pro Monat“ und „einmal pro Woche“ zu verwenden. 1,6 % nutzen die Software „mehrmals im Monat“, 4,5 % tun dies „monatlich“. Der Großteil der Teilnehmer*innen des Onlinefragebogens (92,7 %) gibt jedoch an, dass GeoGebra „seltener“ als monatlich zum Einsatz kommt.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	täglich	1	,4
	mehrmals pro Monat	1	,4
	einmal pro Woche	1	,4
	mehrmals im Monat	4	1,6
	monatlich	11	4,5
	seltener	228	92,7
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 13: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit

Abbildung 24 verdeutlicht die Tendenz, dass GeoGebra in der Freizeit eher weniger häufig verwendet wird.

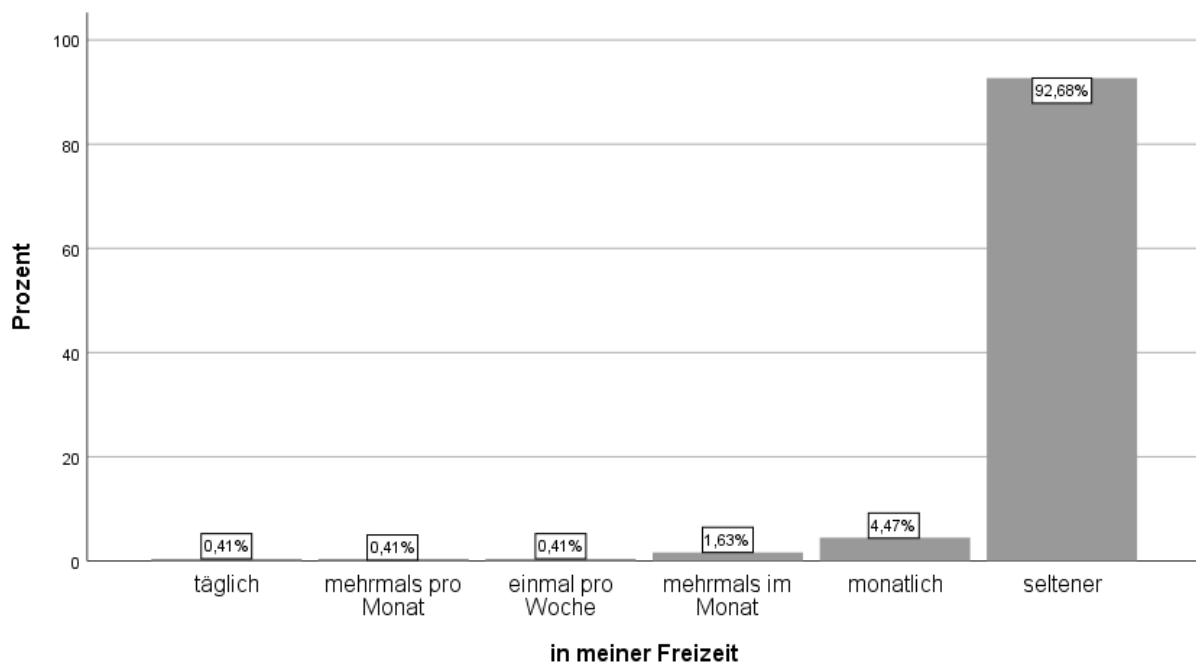


Abbildung 24: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit

8.2.5 Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten

Der fünfte Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* ist die *Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten*. Dabei wurde nicht nur untersucht wie häufig, sondern auch in welchen Ansichten von GeoGebra diese acht mathematischen Tätigkeiten ausgeführt wurden. Tabelle 14 zeigt, wie viele Schüler*innen, absolut und prozentuell, wie häufig GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen nutzen. 16,7 % nehmen GeoGebra „immer“ in Anspruch, 35,8 % nutzen diese Software „oft“ und 31,3 % verwenden sie „selten“. 16,3 % der Schüler*innen setzen GeoGebra bei dieser Tätigkeit „nie“ ein.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	41	16,7
	oft	88	35,8
	selten	77	31,3
	nie	40	16,3
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 14: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen

All jene 206 Schüler*innen, die beim *Faktorisieren von Polynomen* „immer“, „oft“ oder „selten“ GeoGebra verwenden, wurden gefragt, welche Ansicht(en) von GeoGebra sie für diese Tätigkeit verwenden. 87,4 % dieser neuen Grundgesamtheit nutzen die CAS-Ansicht, 19,9 % die Geometrie-Ansicht, 33,5 % die Grafikrechner-Ansicht, 3,9 % die Statistik-Ansicht und 3,4 % die Tabellenkalkulations-Ansicht. Tabelle 15 repräsentiert diesen Sachverhalt.

		Antworten		Prozent der Fälle
		N	Prozent	
Ansichten: Faktorisieren von Polynomen ^a	CAS	180	59,0%	87,4%
	Geometrie	41	13,4%	19,9%
	Grafikrechner	69	22,6%	33,5%
	Statistik	8	2,6%	3,9%
	Tabellenkalkulation	7	2,3%	3,4%
Gesamt		305	100,0%	148,1%

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 15: Ansichten: *Faktorisieren von Polynomen*

Es fällt auf, dass alle fünf möglichen Ansichten ausgewählt wurden. Das *Faktorisieren von Polynomen* kann sowohl in der CAS-Ansicht als auch in der Grafikrechner-Ansicht getätigt werden, in den anderen Ansichten ist dies jedoch nicht möglich. Nichtsdestotrotz haben 19,9 % der Elftklässler*innen angegeben, sie benutzen für diese Tätigkeit die Geometrie-Ansicht, 3,9 % die Statistik-Ansicht und 3,4 % die Tabellenkalkulations-Ansicht.

Es gilt anzumerken, dass bei allen weiteren Auswertungen der Ansichten von GeoGebra, in denen die restlichen sieben mathematischen Tätigkeiten durchgeführt werden, ebenfalls immer alle fünf Ansichten von den Schüler*innen ausgewählt wurden. Das bedeutet, bei jeder mathematischen Tätigkeit wurden von den Schüler*innen immer auch Ansichten ausgewählt, in denen man diese Tätigkeit eigentlich gar nicht ausführen kann.

Aufgrund dieser Tatsache kann vermutet werden, dass die Schüler*innen sich entweder der Namen und/oder den Funktionen der einzelnen Ansichten von GeoGebra nicht bewusst sind. Obwohl sie mit der Software umgehen können, verfügen sie möglicherweise über nur wenig Metawissen über dieses Programm.

Diese erste Vermutung lässt sich auch durch die folgende Anmerkung einer Person, die an dem Onlinefragebogen teilgenommen hat, bestätigen. „*Mitlerweile [sic] benutze ich einige Funktionen von Geigebra [sic] ohne wirklich auf den Namen der Jeweiligen [sic] Fenster zu achten. Das heißt ich habe bei der Seite davor keine Ahnung ob das stimmen kann.*“ Mit dieser Aussage, die der Auswertung des Onlinefragebogens entnommen wurde, bezieht sich die Person auf die Seite der Onlineumfrage, bei der sie oder er angeben musste, in welchen Ansichten von GeoGebra die gewählten mathematischen Tätigkeiten durchgeführt werden.

In weiterer Folge werden die verwendeten Ansichten von GeoGebra für bestimmte mathematische Tätigkeiten sowohl allgemein als auch in Hinblick auf die beiden Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht nicht mehr weiter ausgewertet. Grund dafür ist, dass die Angaben der Schüler*innen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht den tatsächlich genutzten Ansichten von GeoGebra entsprechen.

Die zweite mathematische Tätigkeit, die untersucht wurde, ist das *Rechnen mit komplexen Zahlen*. Tabelle 16 legt dar, dass bei der Durchführung dieser Tätigkeit 11,8 % der Schüler*innen „immer“, 27,2 % „oft“, 32,1 % „selten“ und 28,9 % „nie“ die Software GeoGebra in Anspruch nehmen.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	29	11,8
	oft	67	27,2
	selten	79	32,1
	nie	71	28,9
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 16: Nutzungshäufigkeit beim Rechnen mit komplexen Zahlen

Eine weitere mathematische Tätigkeit ist das *Zeichnen von Funktionsgraphen*. Um dies zu tun, beanspruchen laut Tabelle 17 55,7 % der Schüler*innen GeoGebra „immer“, 34,1 % „oft“, 8,9 % „selten“ und 1,2 % „nie“.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	137	55,7
	oft	84	34,1
	selten	22	8,9
	nie	3	1,2
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 17: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen

Beim *Ermitteln von (höheren) Ableitungen* verwenden 39 % von den Lernenden „immer“ und 40,7 % „oft“ die Software GeoGebra. 15,4 % der Elftklässler*innen nehmen bei dieser mathematischen Tätigkeit das Programm „selten“ in Anspruch und 4,9 % „nie“. Tabelle 18 gibt einen Überblick über diesen Sachverhalt.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	96	39,0
	oft	100	40,7
	selten	38	15,4
	nie	12	4,9
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 18: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von höheren Ableitungen

Die fünfte mathematische Tätigkeit, die hinsichtlich ihrer Durchführung mittels GeoGebra untersucht wurde, ist das *Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen*. Wie Tabelle 19 zu entnehmen ist, beanspruchen dabei 44,3 % der Schüler*innen „immer“, 43,5 % „oft“ und 10,2 % „selten“ das Programm GeoGebra, während 2,0 % dieser Lernenden dies „nie“ tun.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	109	44,3
	oft	107	43,5
	selten	25	10,2
	nie	5	2,0
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 19: *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen* [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]

Beim *Zeichnen von Kegelschnitten* geben 38,6 % der Schüler*innen an, GeoGebra „immer“ zu verwenden, während 27,2 % dies „oft“ tun. Weitere 19,1 % nutzen die Software dabei „selten“ und die restlichen 15 % berichten, sie „nie“ zu beanspruchen. Tabelle 20 gibt einen Überblick über diesen Sachverhalt.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	95	38,6
	oft	67	27,2
	selten	47	19,1
	nie	37	15,0
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 20: *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten* [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]

Tabelle 21 zeigt, dass *beim Arbeiten mit Kegelschnitten* 40,2 % der Schüler*innen GeoGebra „immer“ nutzen, 28,9 % verwenden diese Software „oft“ und 17,9 % nutzen sie „selten“. 13 % beanspruchen GeoGebra bei dieser Tätigkeit „nie“.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	99	40,2
	oft	71	28,9
	selten	44	17,9
	nie	32	13,0
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 21: *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten*

Der letzten mathematischen Tätigkeit, dem *Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung*, widmet sich Tabelle 22. Während 26,4 % der Schüler*innen GeoGebra dabei

„immer“ und 38,2 % dabei „oft“ nutzen, verwenden 22,8 % GeoGebra dafür „selten“ und 12,6 % „nie“.

		absolute Häufigkeit	Prozent
Gültig	immer	65	26,4
	oft	94	38,2
	selten	56	22,8
	nie	31	12,6
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 22: Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung

8.3 Auswertung der *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra unter Berücksichtigung des Merkmals *Geschlecht*

In der zweiten Phase der Auswertung sollen die Daten unter Berücksichtigung des Merkmals *Geschlecht* analysiert werden. Das Merkmal *Geschlecht* kann in die drei Kategorien „männlich“, „weiblich“ und „nicht definiert“ aufgeteilt werden. Da für das Merkmal „nicht definiert“ nur ein Datensatz vorliegt und dieser nicht als repräsentativ angesehen werden kann, wird diese Kategorie bei der Auswertung außer Acht gelassen.

Aus diesem Grund basiert die Auswertung hinsichtlich des Geschlechts auf einem Datensatz von $N = 245$, der sich in 73 männliche und 172 weibliche Teilnehmer*innen aufteilen lässt. Sämtliche Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* werden zuerst mit Hilfe von deskriptiven Statistiken ausgewertet. Danach wird zu jedem Aspekt sowie seinen Unterpunkten eine Hypothese aufgestellt. Diese Hypothesen werden mit Hilfe von Homogenitätstests untersucht.

8.3.1 Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra

Begonnen wird hier erneut mit dem ersten Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten*, der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*. Während 2,7 % der Schüler GeoGebra „täglich“ verwenden, gibt es keine Schülerinnen, die dies „täglich“ tun. „Mehrere Male pro Woche“ nutzen die Software 20,5 % der Elftklässler sowie 21,5 % der Elftklässlerinnen. Ähnlich viele Prozent der Schüler (17,8 %) wie Schülerinnen (18 %) setzen das Programm „einmal pro Woche“ ein.

34,9 % der Schülerinnen geben an, GeoGebra „mehrere Male im Monat“ einzusetzen, bei den Schülern sind dies nur 19,2 %. „Monatlich“ wird GeoGebra von 23,3 % der männlichen und 15,1 % der weiblichen Fragebogenteilnehmer*innen verwendet. Bei denjenigen Personen, die die Software „seltener“ nutzen, liegen die Schüler mit

16,4 % vor den Schülerinnen, denn von den Schülerinnen tun dies nur 10,5 %. Die zugehörige Tabelle 32 kann dem Anhang entnommen werden.

Durch die graphische Veranschaulichung des Sachverhaltes mit einem Balkendiagrammes in Abbildung 25 können die Unterschiede in den prozentuellen Häufigkeitsverteilungen der männlichen und weiblichen Fragebogenteilnehmer*innen deutlicher gemacht werden.

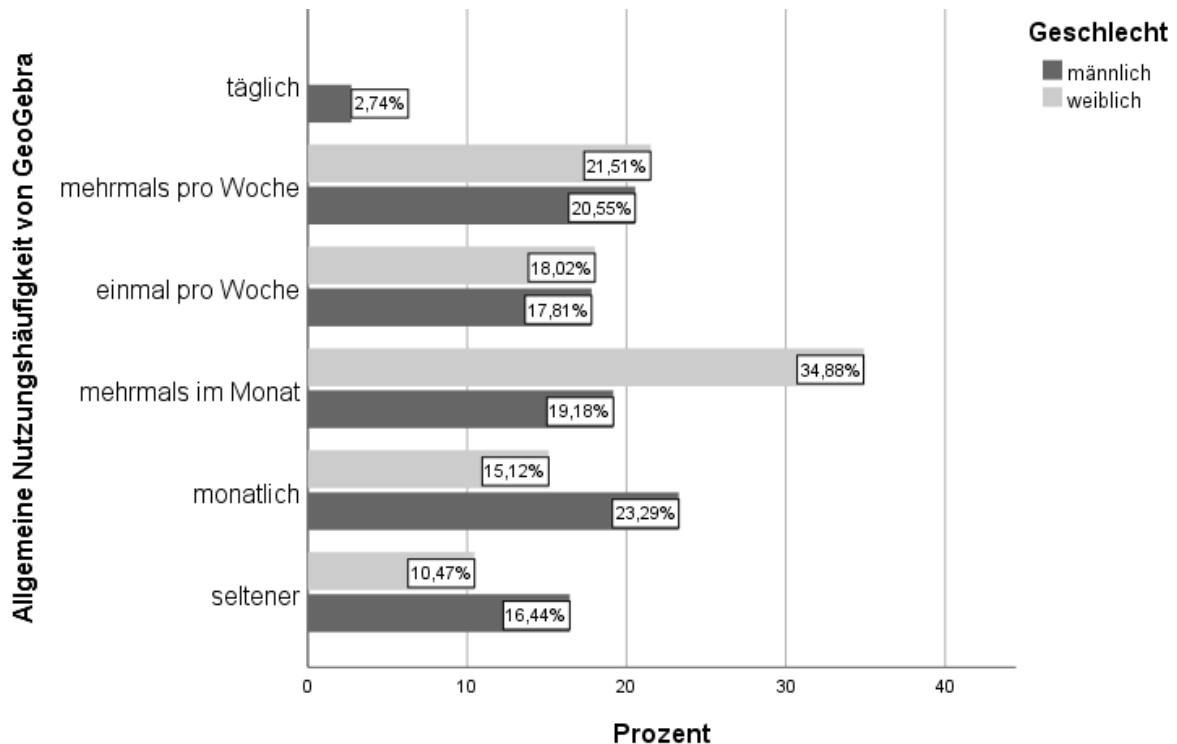


Abbildung 25: Geschlecht und *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*

Der vorliegende Sachverhalt soll mit Hilfe eines Chi-Quadrat-Homogenitätstests näher analysiert werden, bei dem wie üblich folgende Nullhypothese formuliert wird:

H_{0_1} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* die gleiche Verteilung auf.

Die Nullhypothese H_{0_1} kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % verworfen werden (Chi-Quadrat-Homogenitätstest, $p = 0,03$; Tabelle 33 im Anhang). Man kann daher auf die Alternativhypothese, dass Mädchen und Jungen hinsichtlich der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* nicht die gleiche Verteilung aufweisen, schließen.

8.3.2 Ort der Nutzung von GeoGebra

Im Folgenden wird analysiert, von welchen Anteilen der männlichen und weiblichen Nutzer*innen GeoGebra an bestimmten Orten verwendet wird. „In der Schule“ nutzen

nahezu gleich viele Schüler (94,5 %) wie Schülerinnen (95,3 %) GeoGebra. Mehr Schülerinnen (92,4 %) als Schüler (84,9 %) nehmen die Software „zu Hause“ in Anspruch. Im Gegenteil dazu verwenden mehr Jungen GeoGebra „bei Freunden“ und an „anderen Orten“, jeweils 4,1 %. Der Anteil der Mädchen, die GeoGebra an diesen Orten gebrauchen, liegt jeweils bei 3,5 %. Tabelle 34 im Anhang liefert einen Überblick über diesen Sachverhalt. Nachfolgend wird die Nullhypothese H_{0_2} überprüft:

H_{0_2} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich des *Orts der Nutzung von GeoGebra* die gleiche Verteilung auf.

Es wird ein Chi-Quadrat-Homogenitätstest angewendet. Obwohl bei diesem Test mehr als 20 % der erwarteten Häufigkeiten kleinere Werte als 5 annehmen, kann kein exakter Test nach Fischer durchgeführt werden, denn dies ist für in SPSS erstellte Mehrfachantwortsets nicht möglich. Deshalb wird der Chi-Quadrat-Homogenitätstest zwar ausgewertet, die Interpretation soll jedoch mit großer Vorsicht genossen werden. Die Anzahl der Freiheitsgrade beträgt vier, weil es sich um Mehrfachantwortmöglichkeiten handelt.

Ergebnis: die beiden Verteilungen unterscheiden sich nicht signifikant ($p = 0,484$; Tabelle 35 im Anhang) und die Nullhypothese H_{0_2} kann weder als bestätigt bezeichnet, noch verworfen werden.

8.3.3 Verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra

Was die *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra* betrifft, zeigt sich, dass 42,5 % aller Schüler GeoGebra auf dem „Computer“ verwenden, jedoch nur 19,8 % der Schülerinnen den „Computer“ dafür benützen. Das beliebteste elektronische Gerät beider Geschlechter, um mit der Software GeoGebra zu arbeiten, ist eindeutig der „Laptop“. Diesen benutzen 89 % der Jungen und 95,3 % der Mädchen. Für die Nutzung von GeoGebra wird das „Tablet“ von 15,1 % der Schüler sowie von 8,1 % der Schülerinnen in Anspruch genommen. Auf dem „Smartphone“ wird GeoGebra von 28,8 % der Schüler und von 19,2 % der Schülerinnen verwendet. Diese Prozentwerte können in Tabelle 36 im Anhang nachgelesen werden. Nun steht die folgende Nullhypothese im Mittelpunkt:

H_{0_3} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra* die gleiche Verteilung auf.

Da die gleiche Ausgangssituation wie zuvor vorliegt, weil auch bei diesem Mehrfachantwortset mehr als 20 % der erwarteten Häufigkeiten kleinere Werte als 5 haben, soll auch diese Interpretation des Chi-Quadrat-Homogenitätstest mit großer Vorsicht genossen werden. Die Anzahl der Freiheitsgrade beträgt vier, weil es sich um Mehrfachantwortmöglichkeiten handelt.

Infolgedessen unterscheiden sich die beiden Verteilungen signifikant voneinander ($p \approx 0$; Tabelle 37 im Anhang). Die Nullhypothese H_{03} kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % abgelehnt werden. Währenddessen kann die Alternativhypothese, dass Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Variable *verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra* nicht die gleiche Verteilung aufweisen, angenommen werden.

8.3.4 Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten

Wie im Unterabschnitt 8.2.4 werden auch hier die fünf verschiedenen Kontexte jeweils einzeln ausgewertet, nur diesmal unter Berücksichtigung des Merkmals *Geschlecht*.

8.3.4.1 Im Mathematikunterricht in der Schule

Im Mathematikunterricht in der Schule verwenden 2,7 % der Schüler und 1,2 % der Schülerinnen GeoGebra „täglich“. „Mehrere Male pro Woche“ wird die Software von ähnlich viel Prozent der Mädchen sowie der Jungen benutzt, von 19,2 % der Schüler und von 19,8 % der Schülerinnen, während ein geringerer Anteil der Schüler (9,6 %) als der Schülerinnen (15,1 %) die Software „einmal pro Woche“ zur Anwendung bringt.

Je etwas weniger als ein Drittel, 30,1 % der Schüler und 31,4 % der Schülerinnen setzen GeoGebra „mehrere Male im Monat“ ein. „Monatlich“ wird die Software GeoGebra von 23,3 % der Schüler sowie von 20,9 % der Schülerinnen benutzt und noch „seltener“ von 15,1 % der Jungen und von 11,6 % der Mädchen. Dieser Sachverhalt kann in Tabelle 38 im Anhang nachgelesen werden.

Das Balkendiagramm in Abbildung 26 dient zur graphischen Veranschaulichung der eben beschriebenen prozentuellen Häufigkeitsverteilungen der Jungen und Mädchen bei der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule*.

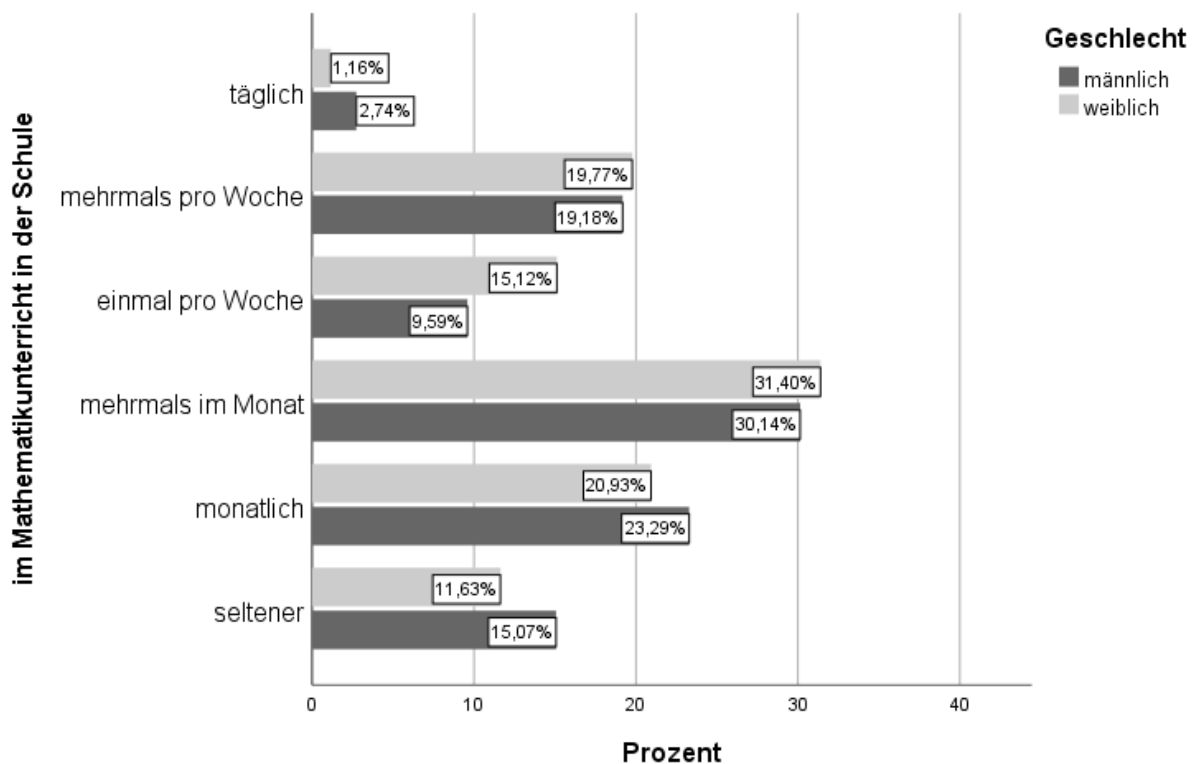


Abbildung 26: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht*

Nachfolgend wird die Nullhypothese H_{0_4} überprüft:

H_{0_4} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule* die gleiche Verteilung auf.

Der Unterschied zwischen Jungen und Mädchen ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht signifikant (Chi-Quadrat-Homogenitätstest, $p = 0,763$; Tabelle 39 im Anhang). Insofern kann die Nullhypothese H_{0_4} weder verworfen, noch angenommen werden.

8.3.4.2 In anderen Fächern in der Schule

Bei der Frage, wie häufig GeoGebra *in anderen Fächern in der Schule* Verwendung findet, geben 1,4 % der Schüler und 0 % der Schülerinnen an, dass dies „täglich“ geschieht. Die Kategorien „mehrmals pro Woche“ und „einmal pro Woche“ wurden weder von Mädchen noch von Jungen ausgewählt. 1,4 % der Jungen und 0,6 % der Mädchen nutzen GeoGebra „mehrmals im Monat“, während 2,7 % der Jungen sowie 1,2 % der Mädchen das Programm „monatlich“ verwenden. Der Großteil aller Schüler*innen, genauer gesagt 94,5 % der Elftklässler und 98,3 % der Elftklässlerinnen, teilt mit, GeoGebra „seltener“ als monatlich *in anderen Fächern in der Schule* in An-

spruch zu nehmen. Tabelle 40 im Anhang gibt einen Überblick über diesen Sachverhalt.

Das Balkendiagramm in Abbildung 27 macht deutlich, dass sich die Antworten der Mädchen und Jungen hinsichtlich der prozentuellen Aufteilung *der Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule* wenig unterscheiden.

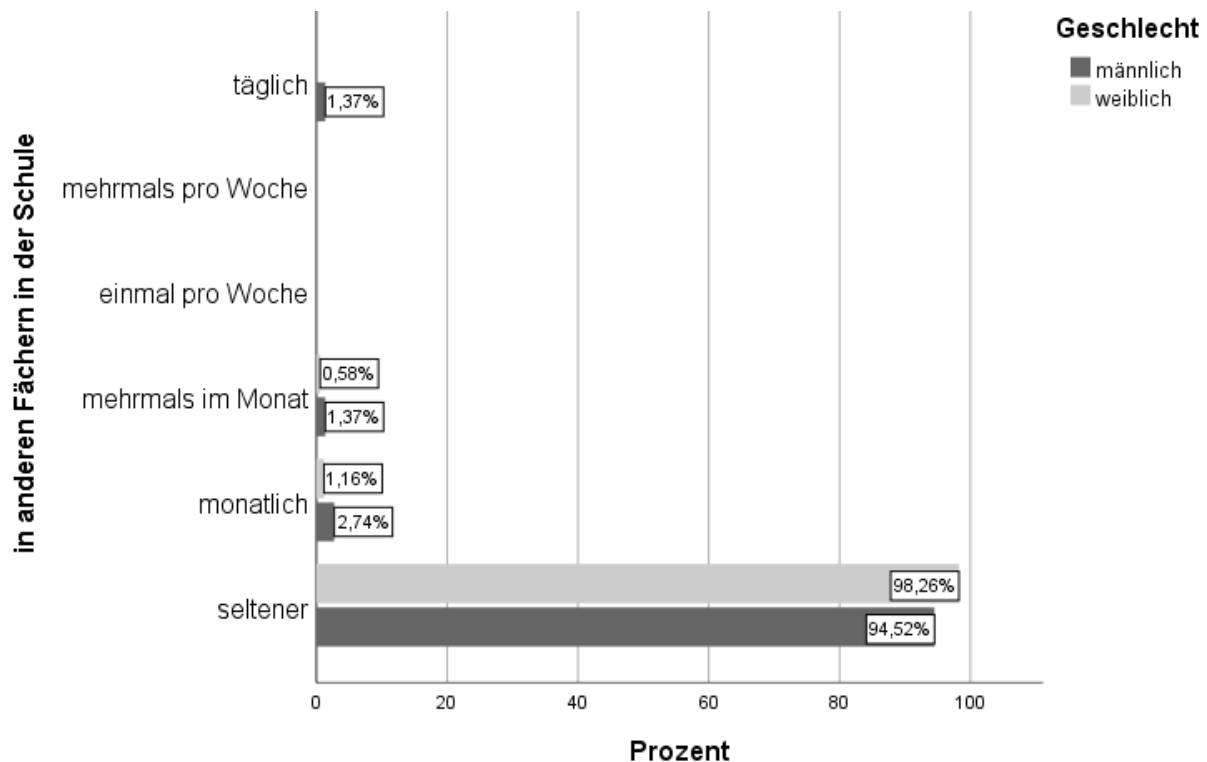


Abbildung 27: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule*

Im Anschluss wird daher die folgende Nullhypothese überprüft:

H_{05} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule* die gleiche Verteilung auf.

In der Tabelle 40 nehmen mehr als 20 % der erwarteten Häufigkeiten Werte kleiner als 5 an, daher muss statt dem Chi-Quadrat-Homogenitätstest, der exakte Test nach Fischer verwendet werden. Das Testergebnis kann in der Tabelle 41 im Anhang nachgelesen werden. Weil der p-Wert größer ist als 0,05 (0,225) unterscheiden sich beide Verteilungen nicht signifikant. Die fünfte Nullhypothese H_{05} kann aus diesem Grund weder falsifiziert, noch verifiziert werden.

8.3.4.3 Beim Machen der Hausübung

Der dritte Kontext, bei dem die Schüler*innen gefragt wurden, wie häufig sie GeoGebra verwenden, ist das *Machen der Hausübung*. 2,7 % der Schüler und 0,6 % der Schülerinnen geben an, dies „täglich“ zu tun. Gleich viel Prozent der Mädchen sowie der Jungen, 19,2 %, beanspruchen GeoGebra „mehrmals pro Woche“ beim *Machen der Hausübung*. „Einmal pro Woche“ wird die Software von 13,7 % der Elftklässler und von 16,9 % der Elftklässlerinnen benutzt. Während jeweils 19,2 % der Jungen „mehrmals im Monat“ sowie „monatlich“ GeoGebra bei der Hausübung verwenden, wenden das Programm 29,7 % der Mädchen „mehrmals im Monat“ und 17,4 % der Mädchen „monatlich“ an. „Seltener“ als monatlich nutzen GeoGebra 26 % der Schüler und 16,3 % der Schülerinnen beim *Machen der Hausübung*. Die zugehörige Tabelle 42 kann dem Anhang entnommen werden.

Das Balkendiagramm in Abbildung 28 veranschaulicht die prozentuellen Häufigkeitsverteilungen der Jungen und Mädchen der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung*.

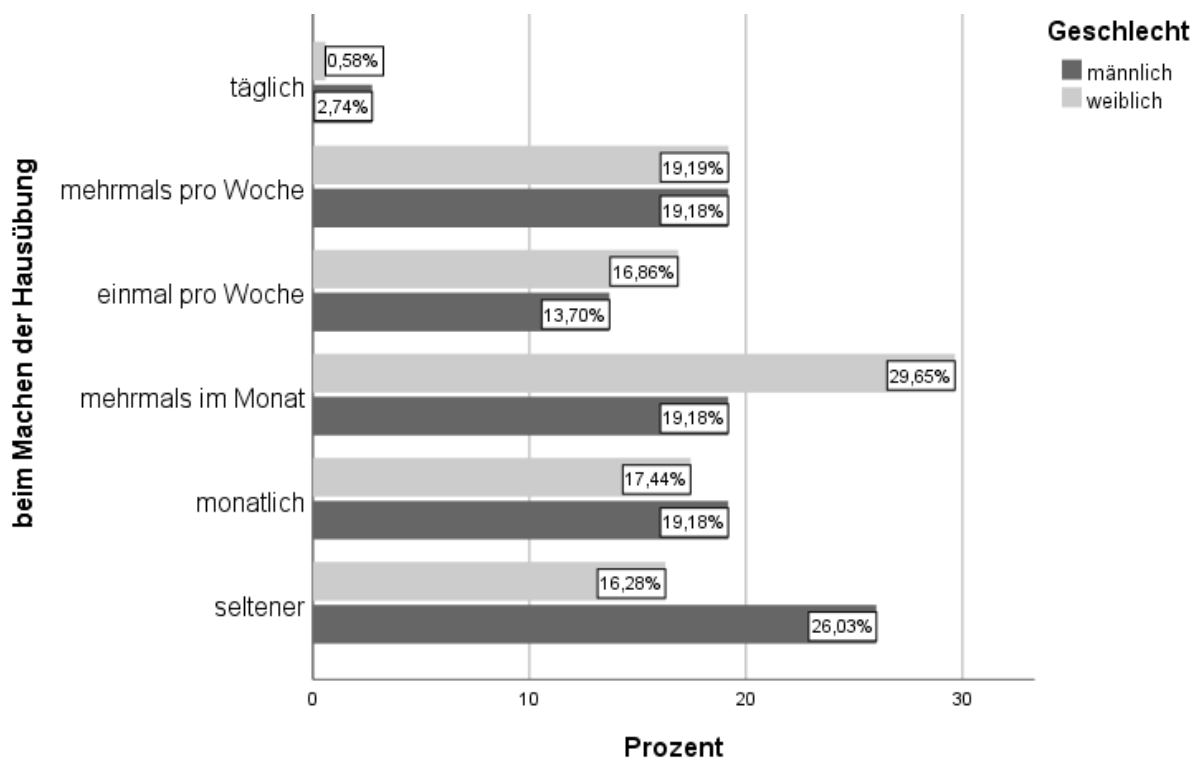


Abbildung 28: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung*

Nun soll die folgende Nullhypothese überprüft werden:

H_{0_6} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung* die gleiche Verteilung auf.

Da der p-Wert größer als 0,05 ist (Chi-Quadrat-Homogenitätstest, $p = 0,22$; Tabelle 43 im Anhang), weisen die beiden Verteilungen keinen signifikanten Unterschied auf und H_{0_6} kann weder als bestätigt bezeichnet, noch verworfen werden.

8.3.4.4 Bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit

Steht eine Prüfung/Schularbeit an, so geben 26 % der Jungen und 30,8 % der Mädchen an, GeoGebra „täglich“ zu verwenden. „Mehrere Male pro Woche“ setzen die Software in dieser Zeit 27,4 % der Schüler ein, während viel mehr Prozentpunkte der Mädchen dies tun, genauer gesagt 45,3 %. Bei der Verwendung von GeoGebra „einmal pro Woche“ liegen jedoch die Jungen mit 9,6 % vor den Mädchen (4,7 %).

Jeweils 5,5 % der Burschen verwenden GeoGebra *bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* „mehrere Male im Monat“ sowie „monatlich“. Bei den Mädchen dagegen nehmen 7 % GeoGebra „mehrere Male im Monat“ und 6,4 % „monatlich“ in Anspruch. „Seltener“ als monatlich wird die Software in diesem Kontext von 26 % der Jungen und von lediglich 5,8 % der Mädchen eingesetzt. Tabelle 44 im Anhang gibt einen Überblick über diese Ergebnisse.

Das Balkendiagramm in Abbildung 29 verdeutlicht, dass ein größerer prozentueller Anteil von den Schülerinnen eine häufigere Nutzung von GeoGebra *bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* hat als von den Schülern.

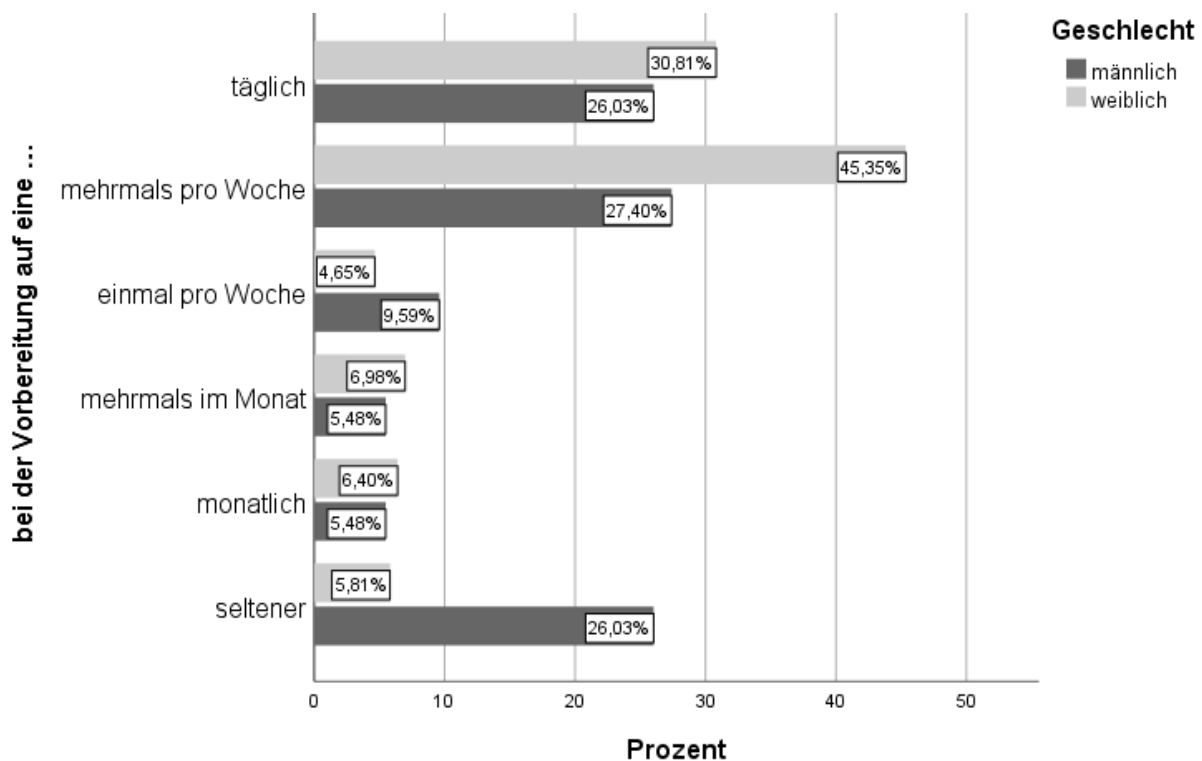


Abbildung 29: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit*

Nun steht die Nullhypothese H_{0_7} im Mittelpunkt:

H_{0_7} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* die gleiche Verteilung auf.

Ein Chi-Quadrat-Homogenitätstest kann hier nicht durchgeführt werden, weil mehr als 20 % der erwarteten Häufigkeiten kleinere Werte als die Zahl 5 haben. Aus diesem Grund kommt der exakte Test nach Fischer zum Einsatz, dessen Ergebnis in Tabelle 45 im Anhang dargestellt ist. Da der p-Wert jedoch gerundet null ergibt und daher nahe bei null liegt, unterscheiden sich die beiden Verteilungen signifikant. Die Nullhypothese H_{0_7} kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % verworfen werden. Man kann daraus auf die Alternativhypothese, dass Mädchen und Jungen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* nicht die gleiche Verteilung aufweisen, schließen.

8.3.4.5 In meiner Freizeit

Zum Abschluss dieses Aspektes sollten die Schüler*innen auswählen, wie häufig sie GeoGebra in ihrer Freizeit verwenden. Je 1,4 % der Schüler nutzen GeoGebra in diesem Kontext „täglich“, „mehrmals pro Woche“, „einmal pro Woche“ und „mehrmals im Monat“. „Monatlich“ verwenden 8,2 % der Schüler GeoGebra in ihrer Freizeit. Be-

trachtet man nun die Schülerinnen, so haben lediglich 1,7 % angegeben, GeoGebra „mehrmals im Monat“ zu nutzen und 2,9 % tun dies „monatlich“. Der Großteil aller Schüler*innen, 86,3 % der Jungen und 95,3 % der Mädchen geben an, GeoGebra „seltener“ als monatlich in ihrer Freizeit zu verwenden. Die Ergebnisse können in Tabelle 46 im Anhang nachgelesen werden.

Abbildung 30 verdeutlicht die Tendenz, dass GeoGebra zwar sowohl von Jungen als auch von Mädchen im Kontext *in meiner Freizeit* eher weniger häufig verwendet wird, nichtdestotrotz nutzt ein größerer Anteil der Jungen als der Mädchen GeoGebra häufiger.

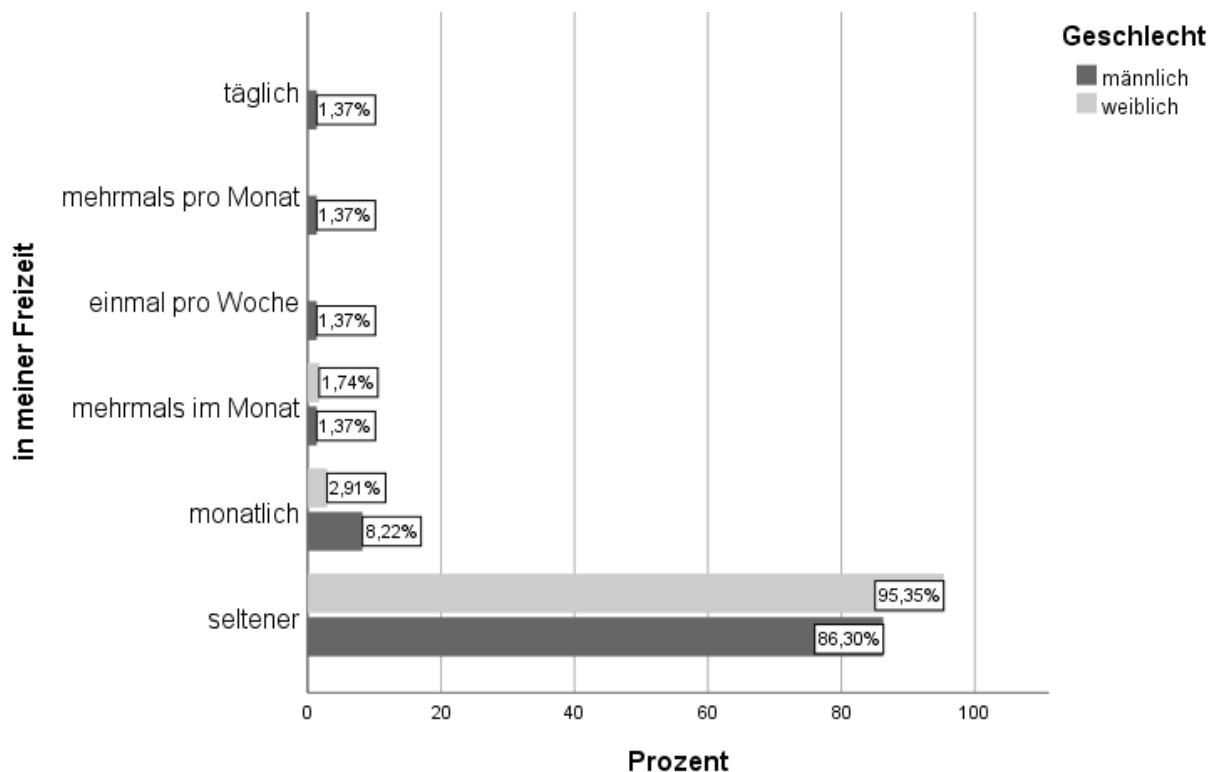


Abbildung 30: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit*

Im Anschluss wird die folgende Nullhypothese überprüft:

H_{0g} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit* die gleiche Verteilung auf.

In Tabelle 46 im Anhang weisen mehr als 20 % der erwarteten Häufigkeiten Werte auf, die kleiner als 5 sind. Deshalb wird nicht der Chi-Quadrat-Homogenitätstest, sondern der exakte Test nach Fischer angewendet. Das Testergebnis ist in Tabelle 47 im Anhang zu finden. Der p-Wert ist kleiner als 0,05 (0,024). Das bedeutet, dass sich die beiden Verteilungen signifikant unterscheiden. Die Hypothese H_{0g} kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % abgelehnt und die Alternativhypothese an-

genommen werden. Man kann daraus schließen, dass Mädchen und Jungen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit* nicht die gleiche Verteilung aufweisen.

8.3.4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den folgenden beiden Absätzen werden die Ergebnisse aus Kapitel 8.3.4 resümiert. Es stellt sich heraus, dass hinsichtlich der Verteilungsdifferenzen von Mädchen und Jungen in Bezug auf die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule*, die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule* und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung* keine Aussagen getätigt werden können.

Im Gegensatz dazu zeigen die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit* nicht die gleichen Verteilungen auf. Die Alternativhypothesen, Jungen und Mädchen nehmen in diesen Kontexten GeoGebra nicht gleich häufig in Anspruch, können angenommen werden.

8.3.5 Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten

Auch die Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten wurde unter Berücksichtigung des Merkmals *Geschlecht* ausgewertet. Die acht mathematischen Tätigkeiten werden der Reihe nach einzeln ausgewertet.

8.3.5.1 Faktorisieren von Polynomen

Beim *Faktorisieren von Polynomen* nutzen 15,1 % der Jungen und 17,4 % der Mädchen „immer“ GeoGebra. Rund ein Drittel beider Geschlechter, 32,9 % der Schüler und 37,2 % der Schülerinnen bedienen sich bei dieser Tätigkeit „oft“ der Software GeoGebra. Für die Option „selten“ stimmen 30,1 % der Elftklässler und 31,4 % der Elftklässlerinnen. Während 21,9 % der Jungen GeoGebra beim *Faktorisieren von Polynomen* „nie“ benutzen, tun dies nur 14 % der Mädchen. Tabelle 48 im Anhang dient zum Nachlesen dieser Ergebnisse. In weiterer Folge soll die Nullhypothese H_{09} untersucht werden:

H_{09} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen* die gleiche Verteilung auf.

Der p-Wert ist größer als 0,05 (0,483), daher weisen die beiden Verteilungen keinen signifikanten Unterschied auf (Chi-Quadrat-Homogenitätstest; Tabelle 49 im Anhang). Die Nullhypothese H_{0_9} kann weder falsifiziert, noch verifiziert werden.

8.3.5.2 Rechnen mit komplexen Zahlen

Beim *Rechnen mit komplexen Zahlen* wird GeoGebra „immer“ von 9,6 % der Schüler und 12,8 % der Schülerinnen verwendet. 23,3 % der männlichen und 29,1 % der weiblichen Fragebogenteilnehmer*innen geben an, dies „oft“ zu tun. „Selten“ kommt GeoGebra beim *Rechnen mit komplexen Zahlen* für 34,2 % der Schüler und 30,8 % der Schülerinnen zum Einsatz. Die restlichen 32,9 % der Jungen und 27,3 % der Mädchen nutzen GeoGebra bei dieser mathematischen Tätigkeit „nie“. Die zugehörige Tabelle 50 kann dem Anhang entnommen werden. Im Folgenden wird die zugehörige Nullhypothese präsentiert:

$H_{0_{10}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen* die gleiche Verteilung auf.

Der durchgeführte Homogenitätstest, der in Tabelle 51 im Anhang eingesehen werden kann, kommt zu einem Ergebnis von $p = 0,614$. Der p-Wert ist also größer als 0,05. Aus diesem Grund unterscheiden sich die beiden Verteilungen nicht signifikant und die Nullhypothese $H_{0_{10}}$ kann weder als bestätigt bezeichnet, noch verworfen werden.

8.3.5.3 Zeichnen von Funktionsgraphen

Die dritte mathematische Tätigkeit, bei der die Nutzungshäufigkeit von GeoGebra angegeben werden sollte, war das *Zeichnen von Funktionsgraphen*. Bei dieser Tätigkeit geben mehr als die Hälfte der beiden Geschlechter, 50,7 % der Jungen und 57,6 % der Mädchen an, GeoGebra „immer“ zu nutzen. Jeweils über 30 %, genauer gesagt 30,1 % der Schüler und 36 % der Schülerinnen nehmen die Software dafür „oft“ in Anspruch. „Selten“ kommt das Programm bei 15,1 % der Jungen und 6,4 % der Mädchen zum Einsatz. Während 4,1 % der Schüler GeoGebra zum *Zeichnen von Funktionsgraphen* „nie“ nutzen, wählten diese Kategorie keine Schülerinnen. Tabelle 52 im Anhang gibt einen Überblick über diese Ergebnisse. Nun steht die Nullhypothese $H_{0_{11}}$ im Mittelpunkt:

H_{011} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen* die gleiche Verteilung auf.

Ein Chi-Quadrat-Homogenitätstest kann hier nicht durchgeführt werden, weil mehr als 20 % der erwarteten Häufigkeiten kleinere Werte als die Zahl 5 haben. Aus diesem Grund kommt der exakte Test nach Fischer zum Einsatz, dessen Ergebnis in Tabelle 53 im Anhang dargestellt ist. Da der p-Wert (0,008) sehr nahe bei null liegt, unterscheiden sich die beiden Verteilungen signifikant. Die Nullhypothese H_{011} kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % verworfen werden. Man kann daher auf die Alternativhypothese, dass Mädchen und Jungen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen* nicht die gleiche Verteilung aufweisen, schließen.

8.3.5.4 Ermitteln von (höheren) Ableitungen

Auch *beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen* wird von vielen Schüler*innen GeoGebra eingesetzt. Nahezu 40 % beider Geschlechter, genauer gesagt 38,4 % der Schüler und 39,5 % der Schülerinnen, gebrauchen GeoGebra dafür „immer“. Weitere 35,6 % der Jungen und 43 % der Mädchen geben an, dass die Software bei ihnen dabei „oft“ zum Einsatz kommt. 17,8 % der Elftklässler und 14 % der Elftklässlerinnen nutzen GeoGebra beim *Ermitteln von (höheren) Ableitungen* „selten“ und die restlichen 8,2 % der Schüler und 3,5 % der Schülerinnen „nie“. Diese Ergebnisse können in Tabelle 54 im Anhang nachgelesen werden. Nun soll die folgende Nullhypothese überprüft werden:

H_{012} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen* die gleiche Verteilung auf.

Es wird ein Chi-Quadrat-Homogenitätstest angewandt, dessen Ergebnisse in Tabelle 55 im Anhang zu finden sind. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ist der p-Wert (0,314) größer als 0,05. Daher weichen die beiden Verteilungen nicht signifikant voneinander ab und die Nullhypothese kann weder angenommen, noch verworfen werden.

8.3.5.5 Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen

Wenn es um das *Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen* geht, wird GeoGebra von 39,7 % der Schüler und von 46,5 % der Schülerinnen „immer“ zum Einsatz gebracht. 42,5 % der Jungen sowie 44,2 % der Mädchen entscheiden sich in diesem Fall für die Option „oft“, und 11 % der Jungen sowie 9,3 % der Mädchen für die Auswahlmöglichkeit „selten“. „Nie“ wird GeoGebra bei dieser Tätigkeit von 6,8 % der Elftklässler und 0,0 % der Elftklässlerinnen genutzt. Die zugehörige Tabelle 56 kann dem Anhang entnommen werden. Die nun präsentierte Nullhypothese wird im Folgenden analysiert:

H_{013} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen* die gleiche Verteilung auf.

20 % der erwarteten Häufigkeiten in der nachfolgenden Kreuztabelle kennzeichnen sich durch Werte kleiner als 5. Deswegen wird nicht der Chi-Quadrat-Homogenitätstest, sondern der exakte Test nach Fischer angewandt, der Tabelle 57 im Anhang entnommen werden kann. Da der p-Wert kleiner ist als 0,05 (0,009) kann der Unterschied der beiden Verteilungen als signifikant bezeichnet werden und die Hypothese H_{013} muss abgelehnt werden. Währenddessen wird die Alternativhypothese, die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen* nicht die gleiche Verteilung auf, unterstützt.

8.3.5.6 Zeichnen von Kegelschnitten

Beim *Zeichnen von Kegelschnitten* werden 34,2 % der Schüler und 40,1% der Schülerinnen „immer“ von GeoGebra unterstützt. 28,8 % der Jungen und 26,7 % der Mädchen nehmen die Software dabei „oft“ in Anspruch, 23,3 % der Jungen und 17,4 % der Mädchen „selten“. Die Kategorie „nie“ wurde von 13,7 % der männlichen und 15,7 % der weiblichen Teilnehmer*innen des Onlinefragebogens ausgewählt. Dieser Sachverhalt kann in Tabelle 58 im Anhang nachgelesen werden. Nun widmet sich die Arbeit der Nullhypothese H_{014} :

H_{014} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten* die gleiche Verteilung auf.

Der durchgeführte Homogenitätstest, der in Tabelle 59 im Anhang dargestellt wird, kommt zu einem Ergebnis von $p = 0,663$. Da der p-Wert größer ist als 0,05, kann gesagt werden, dass die beiden Verteilungen keine signifikanten Unterschiede aufweisen und die Nullhypothese H_{014} weder angenommen, noch verworfen werden kann.

8.3.5.7 Arbeiten mit Kegelschnitten

Die siebte mathematische Tätigkeit, bei der die Nutzungshäufigkeit von GeoGebra angegeben werden sollte, war das *Arbeiten mit Kegelschnitten*. 34,2 % der Elftklässler und 42,2 % der Elftklässlerinnen geben an, das Programm „immer“ zu nutzen, 28,8 % der Jungen und 29,1 % der Mädchen verwenden es „oft“. Die Kategorie „selten“ wurde von 21,9 % der Schüler und 16,3 % der Schülerinnen gewählt. „Nie“ wird GeoGebra beim *Arbeiten mit Kegelschnitten* von 15,1 % der Schüler und 12,2 % der Schülerinnen genutzt. Tabelle 60 im Anhang gibt einen Überblick über diese Ergebnisse. Im folgenden Abschnitt wird Hypothese H_{015} genauer betrachtet:

H_{015} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra Arbeiten mit Kegelschnitten* die gleiche Verteilung auf.

Es wird ein Chi-Quadrat-Homogenitätstest angewandt, dessen Ergebnisse in Tabelle 61 im Anhang nachgelesen werden können. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ist der p-Wert (0,554) größer als 0,05. Man kann daraus schlussfolgern, dass die beiden Verteilungen nicht signifikant voneinander abweichen und die Nullhypothese nicht abgelehnt, aber auch nicht bestätigt werden kann.

8.3.5.8 Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung

Beim *Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung* geben zum ersten Mal mehr Prozent der Jungen (27,4 %) als der Mädchen (25,6 %) an, GeoGebra dabei „immer“ zu verwenden. „Oft“ verwenden GeoGebra bei dieser Tätigkeit 37 % der Schüler sowie 39 % der Schülerinnen. Während 13,7 % der Schüler und 26,7 % der Schülerinnen GeoGebra „selten“ in Gebrauch nehmen, tun dies 21,9 % der Schüler und 8,7 % der Schülerinnen bei dieser Tätigkeit „nie“. Die zugehörige Tabelle 62 ist dem Anhang zu entnehmen. Nun widmet sich die Arbeit der folgenden Nullhypothese:

H_{016} = Die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung* die gleiche Verteilung auf.

Der Chi-Quadrat-Homogenitätstest führt zum Ergebnis *Chi-Quadrat* (3) = 10,986 und $p = 0,012$, das Tabelle 63 im Anhang entnommen werden kann. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ist der p-Wert kleiner als 0,05 ($0,012 < 0,05$). Folglich unterscheiden sich die beiden Verteilungen signifikant voneinander und die Hypothese H_{016} kann verworfen werden. Alternativ wird die Hypothese, die Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* weisen hinsichtlich der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung* nicht die gleiche Verteilung auf, angenommen.

8.3.5.9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Auswertungen konnten einerseits aufzeigen, dass über die Verteilungen der Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* in Bezug auf fünf Unterpunkte (*Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen, Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen, Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen, Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten*) keine Aussagen getroffen werden konnten. Die Nullhypothesen konnten in diesen Fällen weder verworfen, noch bestätigt werden.

Andererseits wurde deutlich sichtbar, dass die Verteilungen der Ausprägungen des Merkmals *Geschlecht* hinsichtlich der drei Unterpunkte *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen, Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung* nicht die gleichen Verteilungen besitzen. Jungen und Mädchen nehmen bei diesen mathematischen Tätigkeiten GeoGebra daher nicht gleich häufig in Anspruch.

8.4 Auswertung der Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra unter Berücksichtigung des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht

In einem dritten Auswertungsschritt werden die Daten unter Berücksichtigung des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht analysiert. Einerseits werden die Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* in Bezug auf die *schulische*

Lernfreude mit Hilfe von deskriptiven Statistiken ausgewertet. Da das Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht als intervallskaliert angenommen wird, werden die 246 Teilnehmer*innen des Onlinefragebogens in vier Gruppen eingeteilt. Die erste Kategorie ist durch eine sehr niedrige *schulische Lernfreude* gekennzeichnet und beinhaltet alle Schüler*innen, deren Ausprägung des Merkmals *schulische Lernfreude* im Intervall [1; 1,49] liegt.

Befindet sich die Ausprägung des Merkmals im Intervall [1,5; 2,49] so werden die Personen der zweiten Kategorie mit einer niedrigen *schulischen Lernfreude* zugeordnet. Bei Elftklässler*innen, deren Ausprägung der *schulischen Lernfreude* im Intervall [2,5; 3,49] zu finden ist, kann man von einer hohen *schulischen Lernfreude* sprechen. Diese Personen werden in der dritten Kategorie zusammengefasst. Eine sehr hohe *schulische Lernfreude* besitzen die Schüler*innen der vierten Kategorie, deren Ausprägung der *schulischen Lernfreude* in das Intervall [3,5; 4] fällt. Tabelle 23 gibt sowohl in absoluten Zahlen als auch in Prozent an, wie viele der 246 Schüler*innen jeder Kategorie zuzuordnen sind.

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	sehr niedrige Lernfreude	19	7,7
	niedrige Lernfreude	105	42,7
	hohe Lernfreude	104	42,3
	sehr hohe Lernfreude	18	7,3
	Gesamt	246	100,0

Tabelle 23: Absolute und prozentuelle Häufigkeiten der Schüler*innen, die den vier Kategorien des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht zuzuordnen sind

Da das Merkmal *schulische Lernfreude* als intervallskaliert angenommen wird, werden bei der Auswertung der ordinalskalierten Aspekte des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* zusätzlich zu den deskriptiven Statistiken Rangkorrelationen angewendet.

8.4.1 Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra

Als erster Aspekt wird die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* bezüglich der *schulischen Lernfreude* mit Hilfe der deskriptiven Statistik ausgewertet. Tabelle 24, wie auch alle nachfolgenden Tabellen, zeigt einerseits die absoluten Zahlen, wie viele Personen aus den einzelnen Kategorien der *schulischen Lernfreude* wie häufig GeoGebra allgemein verwenden. Andererseits wird jedoch auch angegeben, wie viel Prozent der Schüler*innen aus den einzelnen Kategorien wie häufig GeoGebra allgemein verwenden.

		Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra							
			seltener	monatlich	mehrmals im Monat	einmal pro Woche	mehrmals pro Wo- che	täglich	Gesamt
Schulische Lernfreude - Katego- rien	sehr niedri- ge schuli- sche Lern- freude	Anzahl	4	4	4	4	3	0	19
		% innerhalb von Kate- gorie 1	21,1%	21,1%	21,1%	21,1%	15,8%	0,0%	100,0%
	niedrige	Anzahl	15	20	35	20	14	1	105
	schulische Lernfreude	% innerhalb von Kate- gorie 2	14,3%	19,0%	33,3%	19,0%	13,3%	1,0%	100,0%
	hohe schu- lische Lern- freude	Anzahl	7	17	31	18	30	1	104
		% innerhalb von Kate- gorie 3	6,7%	16,3%	29,8%	17,3%	28,8%	1,0%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	4	3	4	2	5	0	18
		% innerhalb von Kate- gorie 4	22,2%	16,7%	22,2%	11,1%	27,8%	0,0%	100,0%
Gesamt		Anzahl	30	44	74	44	52	2	246
		% innerhalb von allen Kategorien	12,2%	17,9%	30,1%	17,9%	21,1%	0,8%	100,0%

Tabelle 24: Schulische Lernfreude und allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra

Es soll die folgende Nullhypothese überprüft werden:

H_{017} = Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*.

Die Rangkorrelation nach Spearman zeigt, dass der Korrelationskoeffizient von Spearman zwischen der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* bei $r_s = 0,154$ liegt. Dies kann in Tabelle 64 im Anhang nachgelesen werden. Nach Cohen (1992) handelt es sich um einen schwachen positiven Zusammenhang. Da der p-Wert 0,016 beträgt und bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % somit kleiner als 0,05 ist, kann diese Korrelation als statistisch signifikant bezeichnet und die Nullhypothese verworfen werden. Das bedeutet die Alternativhypothese, es besteht ein signifikanter Zusammenhang, kann angenommen werden. Je höher der Wert der *schulischen Lernfreude* im Mathema-

tikunterricht, desto höher der Wert der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*, und umgekehrt.

8.4.2 Ort der Nutzung von GeoGebra

Im folgenden Subkapitel wird der *Ort der Nutzung von GeoGebra* unter Berücksichtigung der *schulischen Lernfreude* ausgewertet. Von den Personen der Kategorie 1 (sehr niedrige *schulische Lernfreude*) geben 94,7 % an, GeoGebra „in der Schule“ zu verwenden und 78,9 % nutzen es „zu Hause“. Jeweils 5,3 % dieser Kategorie nehmen GeoGebra „bei Freunden“ oder „an anderen Orten“ in Anspruch. Von den Schüler*innen mit einer niedrigen *schulischen Lernfreude* (Kategorie 2) setzen 91,4 % GeoGebra „in der Schule“, 89,5 % „zu Hause“, 2,9 % „bei Freunden“ und 4,8 % an „anderen“ Orten ein.

98,1 % der Elftklässler*innen aus Kategorie 3 (hohe *schulische Lernfreude*) verwenden GeoGebra „in der Schule“, 91,3 % „zu Hause“, 4,8 % „bei Freunden“ und 2,9 % an „anderen“ Orten. Entgegen so mancher Vermutungen gebrauchen zwar 100 % der Schüler*innen mit einer sehr hohen *schulischen Lernfreude* (Kategorie 4) GeoGebra „in der Schule“ und „zu Hause“, jedoch an keinen weiteren Orten. Tabelle 65 im Anhang gibt einen Überblick über diese Ergebnisse.

8.4.3 Verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra

In einem nächsten Schritt werden die *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra* unter Berücksichtigung der *schulischen Lernfreude* genauer unter die Lupe genommen. Von den Schüler*innen, die der Kategorie 1 (sehr niedrige *schulische Lernfreude*) zugeordnet werden können, gebrauchen jeweils 10,5 % den „Computer“ und das „Smartphone“. 94,7 % der Schüler*innen aus dieser Kategorie verwenden den „Laptop“, wenn GeoGebra zum Einsatz kommt, während das Tablet von 0 % eingesetzt wird. 28,6 % der Elftklässler*innen, die der zweiten Kategorie (niedrige *schulische Lernfreude*) angehören, nutzen den „Computer“, 91,4 % den „Laptop“, 9,5 % das „Tablet“ und 16,2 % das „Smartphone“.

Von den Schüler*innen, die eine hohe *schulische Lernfreude* (Kategorie 3) verzeichnen, verwenden für die Nutzung von GeoGebra 25 % den „Computer“, 96,2 % den „Laptop“, 12,5 % das „Tablet“ und 26 % das „Smartphone“. 38,9 % der Schüler*innen aus Kategorie 4 (sehr hohe *schulische Lernfreude*) nehmen den „Computer“ in Anspruch und 88,9 % den „Laptop“. Des Weiteren verwenden 11,1 % das „Tablet“ und

44,4 % das „Smartphone“. Tabelle 66 im Anhang dient zum Nachlesen dieser Ergebnisse.

8.4.4 Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten

Wie in 8.2.4 werden auch hier die fünf verschiedenen Kontexte jeweils einzeln ausgewertet, nur dieses Mal unter Berücksichtigung des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht.

8.4.4.1 Im Mathematikunterricht in der Schule

Mit Hilfe von Tabelle 25 wird ausgewertet, wie viele Personen aus den vier Kategorien der *schulischen Lernfreude*, absolut und prozentuell, wie häufig die Software GeoGebra *im Mathematikunterricht in der Schule* in Anspruch nehmen.

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule						Gesamt
			seltener	monatlich	mehrmals im Monat	einmal pro Woche	mehrmals pro Woche	täglich	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige	Anzahl	3	1	7	4	3	1	19
	schulische Lernfreude	% innerhalb von Kategorie 1	15,8%	5,3%	36,8%	21,1%	15,8%	5,3%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	15	32	23	15	18	2	105
		% innerhalb von Kategorie 2	14,3%	30,5%	21,9%	14,3%	17,1%	1,9%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	9	19	41	12	22	1	104
		% innerhalb von Kategorie 3	8,7%	18,3%	39,4%	11,5%	21,2%	1,0%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	4	1	6	2	5	0	18
		% innerhalb von Kategorie 4	22,2%	5,6%	33,3%	11,1%	27,8%	0,0%	100,0%
Gesamt		Anzahl	31	53	77	33	48	4	246
		% innerhalb von allen Kategorien	12,6%	21,5%	31,3%	13,4%	19,5%	1,6%	100,0%

Tabelle 25: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule

Bereits die Tatsache, dass 0 % der Schüler*innen mit einer sehr hohen *schulischen Lernfreude* GeoGebra „täglich“ verwenden und 22,2 % dies „seltener“ als monatlich tun, während bei 5,3 % der Schüler*innen mit einer sehr niedrigen *schulischen Lernfreude* GeoGebra „täglich“ zum Einsatz kommt und bei 15,8 % „seltener“ als monatlich, lässt vermuten, dass kein Zusammenhang zwischen der *schulischen Lernfreude*

und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht* besteht. Im Anschluss widmet sich die Arbeit daher der Analyse der folgenden Nullhypothese:

H_{018} = Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule*.

Mit Hilfe einer Rangkorrelation nach Spearman ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $r_s = 0,087$, der Tabelle 67 im Anhang entnommen werden kann. Wegen dieses Wertes nahe null liegt kein Zusammenhang der Variablen vor. Infolgedessen, dass der zugehörige p-Wert 0,174 ist und daher größer als 0,05 ist, korrelieren die *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht* statistisch nicht signifikant. Die Nullhypothese H_{018} kann somit beibehalten werden.

8.4.4.2 In anderen Fächern in der Schule

Tabelle 26 präsentiert die Auswertungen der deskriptiven Statistik.

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule				
			seltener	monatlich	mehrmals im Monat	täglich	Gesamt
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	19	0	0	0	19
		% innerhalb von Kategorie 1	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	104	0	1	0	105
		% innerhalb von Kategorie 2	99,0%	0,0%	1,0%	0,0%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	99	3	1	1	104
		% innerhalb von Kategorie 3	95,2%	2,9%	1,0%	1,0%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	17	1	0	0	18
		% innerhalb von Kategorie 4	94,4%	5,6%	0,0%	0,0%	100,0%
Gesamt	Anzahl	239	4	2	1	246	
	% innerhalb von allen Kategorien	97,2%	1,6%	0,8%	0,4%	100,0%	

Tabelle 26: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule

Auffällig ist, dass alle Schüler*innen mit einer sehr niedrigen *schulischen Lernfreude* „seltener“ als monatlich GeoGebra *in anderen Fächern in der Schule* verwenden. Aus Kategorie 2 nutzten immerhin 1 % der Schüler*innen (i.e. ein*e Schüler*in) GeoGebra „mehrmals im Monat“ und aus Kategorie 4 5,6 % „monatlich“. Der Rest gibt ebenfalls an, GeoGebra „seltener“ als monatlich *in anderen Fächern in der Schule* einzusetzen.

Die Schüler*innen mit einer hohen *schulischen Lernfreude* (Kategorie 3), die GeoGebra „monatlich“, „mehrmals im Monat“ und „täglich“ nutzen, machen 4,9 % der gesamten Kategorie aus. Die restlichen 95,2 % nehmen GeoGebra „seltener“ in Anspruch. Es lässt sich daher vermuten, dass eine höhere Ausprägung der *schulische Lernfreude* zu einer höheren Ausprägung der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule* führt, oder umgekehrt. Aus diesem Grund soll nun folgende Nullhypothese untersucht werden:

H_{019} = Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule*.

Laut der Rangkorrelation nach Spearman korreliert die *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht signifikant ($p = 0,045 < 0,05$) mit der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern*. Der Korrelationskoeffizient r_s beträgt 0,128, das bedeutet es handelt sich nach Cohen (1992) um einen schwachen positive Zusammenhang. Tabelle 68 im Anhang stellt diesen Sachverhalt dar. Die Nullhypothese H_{019} kann somit verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden. Es gilt daher, je höher der Wert der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht ist, desto höher der Wert der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule*, oder umgekehrt.

8.4.4.3 Beim Machen der Hausübung

Der dritte Kontext ist die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung*. Mit der nachfolgenden Tabelle 27 wird dieses Merkmal unter Berücksichtigung der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht deskriptiv ausgewertet.

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung						Gesamt
			selte- ner	monat- lich	mehr- mals im Monat	einmal pro Woche	mehr- mals pro Woche	täg- lich	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige	Anzahl	5	2	4	5	2	1	19
	schulische Lernfreude	% innerhalb von Kategorie 1	26,3%	10,5%	21,1%	26,3%	10,5%	5,3%	100,0%
	niedrige schu-	Anzahl	21	24	30	15	15	0	105
	lische Lernfreude	% innerhalb von Kategorie 2	20,0%	22,9%	28,6%	14,3%	14,3%	0,0%	100,0%
	hohe schuli-	Anzahl	16	15	29	17	25	2	104
	sche Lernfreude	% innerhalb von Kategorie 3	15,4%	14,4%	27,9%	16,3%	24,0%	1,9%	100,0%
	sehr hohe	Anzahl	5	3	3	2	5	0	18
	schulische Lernfreude	% innerhalb von Kategorie 4	27,8%	16,7%	16,7%	11,1%	27,8%	0,0%	100,0%
Gesamt		Anzahl	47	44	66	39	47	3	246
		% innerhalb von allen Kategorien	19,1%	17,9%	26,8%	15,9%	19,1%	1,2%	100,0%

Tabelle 27: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung

Im Anschluss wird die Nullhypothese $H_{0_{20}}$ untersucht:

$H_{0_{20}}$ = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung*.

Tabelle 69 im Anhang widmet sich der Rangkorrelation zur Nullhypothese $H_{0_{20}}$. Aufgrund des Wertes des Korrelationskoeffizienten ($r_s = 0,131$) haben wir es laut Cohen (1992) mit einem schwachen positiven Zusammenhang zu tun. Es gilt $p = 0,041$. Infolgedessen ist der p-Wert kleiner als 0,05 und diese Korrelation kann als statistisch signifikant bezeichnet werden. Die Nullhypothese $H_{0_{20}}$ muss abgelehnt und die Gegenhypothese kann angenommen werden. Es gilt, je höher der Wert der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht, desto höher der Wert der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung*, oder vice versa.

8.4.4.4 Bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit

Tabelle 28 präsentiert, wie viele Personen aus den vier Kategorien der *schulischen Lernfreude*, absolut und prozentuell, wie häufig GeoGebra *bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* einsetzen.

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit						
			selte- ner	mo- nat- lich	mehr- mals im Monat	einmal pro Woche	mehr- mals pro Woche	täglich	Gesamt
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	3	0	3	0	7	6	19
		% innerhalb von Kategorie 1	15,8%	0,0%	15,8%	0,0%	36,8%	31,6%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	10	9	7	4	51	24	105
		% innerhalb von Kategorie 2	9,5%	8,6%	6,7%	3,8%	48,6%	22,9%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	11	6	6	9	36	36	104
		% innerhalb von Kategorie 3	10,6%	5,8%	5,8%	8,7%	34,6%	34,6%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	5	0	1	2	4	6	18
		% innerhalb von Kategorie 4	27,8%	0,0%	5,6%	11,1%	22,2%	33,3%	100,0%
Gesamt		Anzahl	29	15	17	15	98	72	246
		% innerhalb von allen Kategorien	11,8%	6,1%	6,9%	6,1%	39,8%	29,3%	100,0%

Tabelle 28: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit

Auch hier wird nun folgende Nullhypothese genauer analysiert:

H_{021} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit*.

Mit Hilfe der Rangkorrelation nach Spearman kann aufgezeigt werden, dass die *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* nicht signifikant korrelieren. Grund dafür ist, dass $p = 0,872$ größer als 0,05 ist, was Tabelle 70 im Anhang entnommen werden kann. Der Korrelationskoeffizient r_s liegt mit 0,01 nahe bei null und deutet so auf keinen Zusammenhang hin. Aus diesem Grund kann die Nullhypothese H_{021} nicht verworfen werden.

8.4.4.5 In meiner Freizeit

Die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit* ist der fünfte und letzte Kontext dieses Aspektes. Die zugehörigen Daten wurden unter der Berücksichtigung des Merkmals *schulische Lernfreude* deskriptiv analysiert und die Auswertung kann der Tabelle 29 entnommen werden.

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit						Gesamt
			selte- ner	monat- lich	mehr- mals im Monat	einmal pro Woche	mehr- mals pro Monat	täg- lich	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige	Anzahl	19	0	0	0	0	0	19
	schulische	% innerhalb von	100,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	Lernfreude	Kategorie 1	%						
	niedrige schu-	Anzahl	99	3	2	0	1	0	105
	lische Lern-	% innerhalb von	94,3%	2,9%	1,9%	0,0%	1,0%	0,0%	100,0%
	freude	Kategorie 2							
	hohe schuli-	Anzahl	95	6	2	0	0	1	104
	sche Lern-	% innerhalb von	91,3%	5,8%	1,9%	0,0%	0,0%	1,0%	100,0%
	freude	Kategorie 3							
	sehr hohe	Anzahl	15	2	0	1	0	0	18
	schulische	% innerhalb von	83,3%	11,1%	0,0%	5,6%	0,0%	0,0%	100,0%
	Lernfreude	Kategorie 4							
Gesamt		Anzahl	228	11	4	1	1	1	246
		% innerhalb von allen Katego- rien	92,7%	4,5%	1,6%	0,4%	0,4%	0,4%	100,0%

Tabelle 29: *Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit*

Betrachtet man die Tabelle etwas genauer, so kann vermutet werden, dass mit einem höheren Wert der *schulischen Lernfreude* auch eine häufigere *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in der Freizeit* einhergeht. Die Masterarbeit widmet sich daher der folgenden Nullhypothese:

H_{022} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit*.

Die Durchführung einer Rangkorrelation nach Spearman zeigt, dass der Korrelationskoeffizient bei $r_s = 0,185$ liegt, wobei nach Cohen (1992) von einem schwachen positiven Zusammenhang gesprochen werden kann. Wie Tabelle 71 im Anhang entnommen werden kann, beträgt der p-Wert 0,004, daher kann nicht nur bei einer Irr-

tumswahrscheinlichkeit von 5 % ($p = 0,004 < 0,05$), sondern auch bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % ($p = 0,004 < 0,01$) von einer signifikanten Korrelation gesprochen werden. Infolgedessen kann die Nullhypothese verworfen werden und die Alternativhypothese rückt an ihre Stelle. Das bedeutet, je höher die Ausprägung der *schulischen Lernfreude* ist, desto höher ist die Ausprägung der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit* (desto häufiger wird GeoGebra in der Freizeit benutzt), oder umgekehrt.

8.4.4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Unterabschnitt 8.4.4 zeigt, dass die Nutzung von GeoGebra in einigen Kontexten mit der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht in Zusammenhang steht. Während die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in der Schule* sowie die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* nicht mit der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht korrelieren, ist dies bei den restlichen Kontexten der Fall. Je höher die Ausprägung der schulische Lernfreude, desto höher die Ausprägung der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule*, oder umgekehrt. Dies gilt ebenso für die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung* und für die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit*. Es muss jedoch angemerkt werden, dass sämtliche Zusammenhänge nach Cohen (1992) nur einem schwachen positiven Zusammenhang entsprechen.

8.4.5 Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten

Dieser Unterabschnitt widmet sich den Analysen der Nutzung von GeoGebra bei den acht gewählten mathematischen Tätigkeiten bezüglich des Merkmals *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht. Die deskriptiven Statistiken, wie häufig GeoGebra bei jeder der acht mathematischen Tätigkeiten von wie vielen der Schüler*innen aus den einzelnen Kategorien der *schulischen Lernfreude*, genutzt wird, kann den Tabellen 72 bis 79 im Anhang entnommen werden.

Da die Rangkorrelationen nach Spearman gezeigt haben, dass es zwischen der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten* keine Zusammenhänge gibt, wird auf die einzelnen Analysen nicht näher eingegangen.

Tabelle 30 stellt die einzelnen Hypothesen dar. Alle Nutzungshäufigkeiten der acht mathematischen Tätigkeiten korrelieren nicht signifikant mit der *schulischen Lern-*

freude, daher können die Nullhypothesen beibehalten werden. Die allgemeine Hypothese aus 6.2.2 muss für sämtliche mathematischen Tätigkeiten verworfen werden.

Hypothese	Ergebnis
H_{023} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{024} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{025} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{026} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{027} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{028} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{029} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{030} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung</i> .	Nullhypothese beibehalten

Tabelle 30: Zusammenfassung der untersuchten Hypothesen in 8.4.5

9 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Auswertungen bezüglich der anfangs präsentierten Theorie interpretiert. Während sich der erste Abschnitt dem Merkmal *Geschlecht* widmet, geht der zweite Abschnitt auf das Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht näher ein. Zu erwähnen ist, dass im zweiten Abschnitt nur drei der fünf Aspekte thematisiert werden, da mit den Daten der Aspekte *Ort der Nutzung von GeoGebra* und *verwendete elektronische Geräte* die in dieser Arbeit verwendeten statistischen Verfahren nicht durchgeführt werden konnten.

9.1 Merkmal *Geschlecht*

Dass nicht nur unterschiedliche Medien, sondern beispielsweise auch verschiedene Taschencomputer geschlechterspezifische Unterschiede in ihren Nutzungshäufigkeiten aufweisen, dies haben uns bereits die im Abschnitt 5.1 dargestellten Forschungserkenntnisse gezeigt (vgl.: u.a. Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2015; Grogger 1998; Schmidt 2010). Diese Forschungserkenntnisse spiegeln sich in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit wieder, denn Mädchen und Jungen weisen hinsichtlich der Variable *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* nicht die gleiche Verteilung auf. GeoGebra wird von den Geschlechtern unterschiedlich häufig genutzt. Aus diesem Grund gilt es nun einerseits herauszufinden, warum GeoGebra von beiden Geschlechtern unterschiedlich häufig in Anspruch genommen wird und welche Faktoren dafür verantwortlich sind. Im Projekt CALIMERO wurde erkannt, dass sich die Häufigkeit der Nutzung von digitalen Werkzeugen auf die Mathematikleistung auswirkt (vgl.: Pinkernell/Bruder 2019: 158-159). Daher stellt sich andererseits auch die Frage, ob sich Unterschiede in den Nutzungshäufigkeiten der Software GeoGebra auch verschieden auf die Mathematikleistung von Mädchen und Jungen auswirken.

Die Studie der EduGroup in Oberösterreich brachte deutliche Unterschiede in den Prozentsätzen der Mädchen und Jungen hervor, die Lernprogrammen/LernApps an unterschiedlichen Orten gebrauchen (vgl.: EduGroup 2019: 57). Im Gegensatz dazu zeigt die vorliegende Arbeit keine eindeutigen Ergebnisse hinsichtlich des *Orts der Nutzung von GeoGebra* auf, da die Nullhypothese nicht abgelehnt werden konnte. In Hinblick auf diesen Aspekt könnten daher noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um herauszufinden, ob Jungen und Mädchen die gleiche Verteilung aufweisen oder nicht.

Für die Verwendung von GeoGebra greifen Schüler und Schülerinnen nicht immer zu den gleichen elektronischen Geräten. Die Ergebnisse dieser Erhebung haben gezeigt, dass Mädchen und Jungen hinsichtlich der *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra* nicht die gleiche Verteilung aufweisen. Dieses Erkenntnis bestärkt die Tatsache, dass die Wahl eines Mediums vom Geschlecht abhängt und vor allem der Computer immer häufiger von Jungen als von Mädchen verwendet wird (vgl.: Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2015; Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2019). Verfügt man jedoch beispielsweise als Lehrkraft über das Wissen, dass die jeweiligen Geschlechter möglicherweise unterschiedliche elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra bevorzugen, so kann man dies in den Unterricht oder allgemein in das Mathematiklernen mit diesem Programm miteinbeziehen. Ob infolgedessen positive Effekte erzielt werden können, beispielsweise was die Individualisierung und Differenzierung oder die Motivation betrifft, könnte durch zukünftige Forschungen untersucht werden.

Der vierte Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten*, die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten*, brachte ebenfalls sehr interessante Ergebnisse mit sich. Einerseits ist auffällig, dass die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule*, die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule* und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung* keine eindeutigen Erkenntnisse bezüglich der Verteilungen von Jungen und Mädchen brachten, denn die Nullhypothesen konnten nicht widerlegt werden.

Andererseits zeigen Mädchen und Jungen in allen anderen Kontexten, in denen GeoGebra mehr oder weniger „freiwillig“ von den Schüler*innen in Anspruch genommen werden kann, nicht die gleichen Verteilungen auf. Die Verteilungen der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit* unterscheiden sich geschlechterspezifisch.

Beim Betrachten der deskriptiven Statistiken lässt sich vermuten, dass Mädchen *beim Machen der Hausübung* und *bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* GeoGebra häufiger verwenden als Jungen, bei der Verwendung von *GeoGebra in meiner Freizeit* ist genau das Gegenteil der Fall. Obwohl diese erste Vermutung noch statistisch bestätigt werden müsste, könnten im Mathematikunterricht bewusst Maßnahmen gesetzt werden, um diese Tendenzen etwas zu vermindern.

Zum Abschluss dieses Abschnitts wird die *Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten* thematisiert. Warum Jungen und Mädchen genau hinsichtlich der drei Unterpunkte *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen*, *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen* und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung* nicht die gleichen Verteilungen aufweisen, bleibt hier als offene Frage stehen, denn diese kann mit Hilfe der vorliegenden Arbeit nicht beantwortet werden. Bei den restlichen mathematischen Tätigkeiten (*Faktorisieren von Polynomen*, *Rechnen mit komplexen Zahlen*, *Zeichnen von Kegelschnitten*, *Ermitteln von (höheren) Ableitungen* und *Arbeiten mit Kegelschnitten*) konnten die Nullhypothesen nicht verworfen werden.

9.2 Merkmal *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht

Preussler (2002: 104) konnte einen signifikanten lineareren Zusammenhang zwischen der Nutzung des Internets und der Lernfreude beziehungsweise der Motivation der Schüler*innen feststellen. Ähnliche Ergebnisse zeigt auch die vorliegende Erhebung, denn es besteht ein schwacher positiver Zusammenhang zwischen der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*. Das bedeutet, je höher die *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht, desto höher auch die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*, oder vice versa. Mathematiklehrkräfte könnten versuchen, sich diese Korrelation zu Nutze zu machen. Sie könnten den Versuch starten, durch den häufigeren Einsatz von GeoGebra die *schulische Lernfreude* der Schüler*innen zu erhöhen. Durch die verschiedenen Komponenten der *schulischen Lernfreude*, der affektiven, motivationalen und kognitiven Komponente, könnten daher auch der Enthusiasmus, das Selbstvertrauen und die Motivation der Schüler*innen gesteigert werden.

Geht man konkreter auf den dritten Aspekt, die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten*, ein, ergeben sich folgende Erkenntnisse. Die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in der Schule* und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* korrelieren nicht mit der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht. Ein Grund dafür, dass dies im Mathematikunterricht nicht der Fall ist, könnte die gemeinsame und eben nicht individuelle Nutzung von GeoGebra im Klassenverband sein. Jede*r Schüler*in nimmt GeoGebra in Anspruch, wenn es die Lehrkraft will, egal wie hoch oder niedrig die *schulische Lernfreude* dieses*r Schülers*in ist. Beim Kontext *Vorbereitung auf eine Prü-*

fung/Schularbeit kann dieser Nicht-Zusammenhang auch dadurch erklärt werden, dass oft vor allem auch diejenigen Schüler*innen GeoGebra in Anspruch nehmen, die keine sehr hohe *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht besitzen und daher möglichst viele Tätigkeiten auf die Software GeoGebra auslagern wollen.

Im Gegensatz dazu besteht ein positiver Zusammenhang, wenn auch nur ein schwacher, zwischen der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule*. Dies gilt ebenfalls für die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung* und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit*. Das bedeutet, je höher die Ausprägung der *schulischen Lernfreude*, desto höher die Ausprägung der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* in dem jeweiligen Kontext, oder vice versa. Auch hier kann man interpretieren, dass in den Kontexten, in denen GeoGebra meist „freiwillig“ eingesetzt werden kann, Schüler*innen mit einer höheren Ausprägung der *schulischen Lernfreude* dazu tendieren, GeoGebra häufiger zu nutzen.

Am Ende dieses Abschnitts soll noch näher auf *die Nutzung von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten* eingegangen werden. Es gilt hier kurz und prägnant anzumerken, die Nutzungshäufigkeiten der acht untersuchten mathematischen Tätigkeiten korrelieren nicht signifikant mit der *schulischen Lernfreude*. Konkrete mathematische Tätigkeiten, bei denen Schüler*innen mit einem höheren Wert der *schulischen Lernfreude* häufiger GeoGebra verwenden, gibt es daher nicht.

10 Zusammenfassung und Folgerungen

Die vorliegende Masterarbeit hat sich zum Ziel gesetzt, die folgende Forschungsfrage zu beantworten:

Welche unterschiedlichen *Nutzungsgewohnheiten* von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten treten bei Schüler*innen von oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen am Ende der elften Schulstufe unter Berücksichtigung der Merkmale *Geschlecht* und *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht auf?

Nach einer allgemeinen theoretischen Einführung in die Thematik der digitalen Werkzeuge und die Software GeoGebra, wurde näher spezifiziert, was unter dem Begriff *Nutzungsgewohnheiten* verstanden wird. Dabei wurden fünf Aspekte dieses Begriffes ausgewählt, die in der vorliegenden Arbeit eine Rolle spielen: die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*, der *Ort der Nutzung von GeoGebra*, die *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra*, die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten* und die *Nutzung von GeoGebra für mathematische Tätigkeiten*.

Um eine Antwort auf die zentrale Forschungsfrage finden zu können, wurden mit Hilfe eines Onlinefragebogens im Zeitraum vom 29.06.2020 bis zum 10.07.2020 Daten erhoben. Insgesamt nahmen 246 Schüler*innen aus den elften Schulstufen von zwölf oberösterreichischen allgemeinbildenden höheren Schulen vollständig an diesem Fragebogen teil. Die erhaltenen Daten wurden unter Verwendung von SPSS mit Hilfe von deskriptiven Statistiken und statistischen Verfahren ausgewertet. Während die Ergebnisse der deskriptiven Statistiken dem Kapitel acht entnommen werden können, zeigt die Tabelle 31 einen Überblick über die Ergebnisse der untersuchten Hypothesen:

Hypothese	Ergebnis
H_{0_1} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: Schülerinnen und Schüler weisen nicht die gleiche Verteilung auf
H_{0_2} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich des <i>Orts der Nutzung von GeoGebra</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
H_{0_3} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: Schülerinnen und Schüler weisen nicht die gleiche Verteilung auf

H_{0_4} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
H_{0_5} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
H_{0_6} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
H_{0_7} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: Schülerinnen und Schüler weisen nicht die gleiche Verteilung auf
H_{0_8} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: Schülerinnen und Schüler weisen nicht die gleiche Verteilung auf
H_{0_9} = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
$H_{0_{10}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
$H_{0_{11}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: Schülerinnen und Schüler weisen nicht die gleiche Verteilung auf
$H_{0_{12}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
$H_{0_{13}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: Schülerinnen und Schüler weisen nicht die gleiche Verteilung auf
$H_{0_{14}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
$H_{0_{15}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra Arbeiten mit Kegelschnitten</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese weder widerlegt, noch bestätigt
$H_{0_{16}}$ = Die Ausprägungen des Merkmals <i>Geschlecht</i> weisen hinsichtlich der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung</i> die gleiche Verteilung auf.	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: Schülerinnen und Schüler weisen nicht die gleiche Verteilung auf

H_{017} = Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i> .	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: es besteht ein (schwacher positiver) Zusammenhang
H_{018} = Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{019} = Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i> .	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: es besteht ein (schwacher positiver) Zusammenhang
H_{020} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i> .	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: es besteht ein (schwacher positiver) Zusammenhang
H_{021} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{022} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i> .	Nullhypothese verworfen, Alternativhypothese angenommen: es besteht ein (schwacher positiver) Zusammenhang
H_{023} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{024} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{025} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{026} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{027} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen</i> .	Nullhypothese beibehalten
H_{028} = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten</i> .	Nullhypothese beibehalten

$H_{0_{29}}$ = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten</i> .	Nullhypothese beibehalten
$H_{0_{30}}$ = Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Merkmal <i>schulische Lernfreude</i> im Mathematikunterricht und der <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung</i> .	Nullhypothese beibehalten

Tabelle 31: Überblick über die Ergebnisse der untersuchten Hypothesen

Die vorliegenden Ergebnisse können auch erste praxisrelevante Anhaltspunkte für die Schule beziehungsweise für Lehrpersonen darstellen, von denen im Anschluss einige näher thematisiert werden.

Der erste untersuchte Aspekt des Begriffes *Nutzungsgewohnheiten* ist die *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*. Es konnte erkannt werden, dass ein schwacher positiver Zusammenhang zwischen der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *allgemeinen Nutzungshäufigkeit von GeoGebra* besteht. Wissen Lehrkräfte über diese Korrelation Bescheid, könnten diese den Versuch starten, bei Schüler*innen mit einer niedrigeren *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht durch den häufigeren Einsatz von GeoGebra die *schulische Lernfreude* zu erhöhen. Um dies in der Praxis anwenden zu können, müsste zuvor die *schulische Lernfreude* im Mathematikunterricht der Schüler*innen erhoben werden.

Obwohl hinsichtlich des *Ortes der Nutzung von GeoGebra* die Nullhypothese H_{0_2} nicht verworfen werden konnte, zeigt die Auswertung der deskriptiven Statistik, dass die Orte, an denen GeoGebra hauptsächlich genutzt wird, „in der Schule“ und „zu Hause“ sind. Die Lehrpersonen könnten es den Schüler*innen schmackhaft machen, GeoGebra beispielsweise auch bei der Nachhilfe oder beim gemeinsamen Lernen, Üben oder Wiederholen bei und mit Freuden zu nutzen. Dadurch könnte GeoGebra nicht nur an mehr(eren) Orten, sondern auch häufiger von den Schüler*innen genutzt werden.

Schüler und Schülerinnen weisen in Bezug auf die *verwendeten elektronischen Geräte für die Nutzung von GeoGebra* nicht die gleiche Verteilung auf. Dies kann Lehrkräfte dazu anspornen, den Schüler*innen freizustellen, auf welchen Geräten sie die Software nutzen. Zukünftige Untersuchungen könnten sich der Frage widmen, ob dadurch positive Effekte hinsichtlich der Individualisierung und Differenzierung oder der Motivation erzielt werden können.

Die Auswertung der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in bestimmten Kontexten* bezüglich des Geschlechts brachte bei den Unterpunkten *im Mathematikunterricht in der Schule, in anderen Fächern in der Schule* und *beim Machen der Hausübung* keine Erkenntnisse. Bei den restlichen Kontexten liegt keine gleiche Verteilung der Nutzungshäufigkeit vor, aber es lässt sich unter Betrachtung der deskriptiven Statistiken eine Vermutung erkennen. Mädchen verwenden bei der *Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* GeoGebra häufiger als Jungen, während bei der Verwendung von GeoGebra *in meiner Freizeit* genau das Gegenteil der Fall ist. Obwohl diese erste Vermutung noch statistisch bestätigt werden müsste, könnten Mathematiklehrkräfte hier ebenfalls versuchen, diesen Geschlechtertendenzen entgegenzuwirken.

Bei diesem vierten Aspekt wurde der schwache positive Zusammenhang zwischen der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht und der *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule, beim Machen der Hausübung* und *in meiner Freizeit* deutlich. Schüler*innen mit einer höheren Ausprägung der *schulischen Lernfreude* weisen eine höhere Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in diesen Kontexten, oder vice versa, auf. Lehrer*innen könnten dieses Wissen einsetzen und durch eine entsprechende Vorbereitung des Mathematikunterrichtes vor allem die Schüler*innen mit einer niedrigeren Ausprägung der *schulischen Lernfreude* zu einer häufigeren Nutzung von GeoGebra ermutigen. Im Gegensatz dazu korrelieren die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in der Schule* und die *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit* nicht mit der *schulischen Lernfreude* im Mathematikunterricht.

In diesem Absatz werden die Ergebnisse der Nutzungshäufigkeit sowie die verwendeten Ansichten von GeoGebra bei mathematischen Tätigkeiten näher beschrieben. Die Nutzungshäufigkeiten der acht untersuchten mathematischen Tätigkeiten korrelieren nicht signifikant mit der *schulischen Lernfreude*. Bei drei Tätigkeiten (*Zeichnen von Funktionsgraphen, Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen* und *Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung*) konnte jedoch eine unterschiedliche Verteilung der Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei Mädchen und Jungen festgestellt werden.

Zusätzlich dazu hat ein hoher Prozentsatz der Schüler*innen bei den mathematischen Tätigkeiten Ansichten von GeoGebra gewählt, in denen man die jeweilige Tätigkeit jedoch nicht ausführen kann. Infolgedessen lässt sich schlussfolgern, dass die Schüler*innen nur wenig Metawissen über die Software GeoGebra aufweisen. Ist diese Tatsache auch Lehrkräften bewusst, so können diese einerseits Metawissen

über GeoGebra expliziter vermitteln und andererseits auch (Prüfungs-)Aufgaben auf eine Art und Weise formulieren, ohne ein solches Metawissen abzufragen.

Abschließend lässt sich sagen, dass die zwei allgemeinen Hypothesen, die in dieser Arbeit formuliert wurden, teilweise bestätigt werden konnten. Trotz den sehr vielseitigen und interessanten Ergebnissen der vorliegenden Arbeit steht die Untersuchung in Bezug auf die *Nutzungsgewohnheiten* von Schüler*innen bei der Verwendung von GeoGebra erst an ihrem Ausgangspunkt und hat ihren Höhepunkt noch lange nicht erreicht. In weiterer Zukunft gilt es nicht nur die Gründe und Ursachen der erhaltenen Ergebnisse näher zu hinterfragen sowie zu erforschen, sondern auch, die Untersuchung zu wiederholen und auf Schüler*innen unterschiedlichen Alters oder auch auf verschiedene Schultypen auszuweiten.

11 Bibliographie

11.1 Printquellen

- Arbain, Nazihatulhasanah/Shukor, Nurbiha A. (2015): The effects of GeoGebra on students achievement, in: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 172, 208-214.
- Auer, Benjamin/Rottmann, Horst (2015): Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler. Eine anwendungsorientierte Einführung, 3. Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Barzel, Bärbel (2012): Computeralgebra im Mathematikunterricht: Ein Mehrwert - aber wann?, Münster: Waxmann Verlag.
- Barzel, Bärbel/Greefrath, Gilbert (2015): Digitale Mathematikwerkzeuge sinnvoll integrieren, in: Blum, Werner/Vogel, Sebastian/Drücke-Noe, Christina/Roppelt, Alexander (Hrsg.): *Bildungsstandards aktuell: Mathematik in der Sekundarstufe II*, Braunschweig: Westermann Schroedel Diesterweg, 145-157.
- Barzel, Bärbel/Hußmann, Stephan/Leuders, Timo (Hrsg.) (2005): Computer, Internet & Co. im Mathematikunterricht, Berlin: Cornelsen Scriptor Verlag.
- Cheung, Alan C. K/Slavin, Robert E. (2013): The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis, in: *Educational Research Review*, 9, 88-113.
- Chevallard, Yves (1999): L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique, in: *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19, 221-266.
- Clark-Wilson, Alison/Oldknow, Adrian/Sutherland, Rosamund (2011): Digital technologies and mathematics education: executive summary, London: Joint Mathematical Council of the United Kingdom.
- Cohen, Jacob (1992): A power primer, in: *Psychological Bulletin*, 112 (1): 155-159.
- Dorner, Christian (2014): Einsatzmöglichkeiten für GeoGebra in der 5. Klasse AHS, in: *Schriftenreihe zur Didaktik der Mathematik der Österreichischen Mathematischen Gesellschaft (ÖMG)*, Heft 47, 33-47.

- Ebel, Christian (2015): Lernen mit digitalen Medien in der Schule – Erweiterung der didaktischen Möglichkeiten für individuelle Förderung, in: Bertelsmann Stiftung (Hrsg.): *Individuell fördern mit digitalen Medien. Chancen, Risiken, Erfolgsfaktoren*, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung Verlag, 12-19.
- Freiman, Viktor (2014): Types of Technology in Mathematics Education, in: Lerman, Stephen (ed.): *Encyclopedia of Mathematics Education*, Dordrecht: Springer Reference Verlag, 623-629.
- Gerick, Julia/Eickelmann, Birgit/Bos, Wilfried (2015): Vermittlung digitaler Kompetenzen als neues Handlungsfeld für Schulen und Schulleitungen. Zentrale Ergebnisse der internationalen Schulleistungsstudie ICILS 2013, in: Birkigt, Gerd (Hrsg.): *Digitale Medien in der Schule?*, Stuttgart: Dr. Josef Raabe Verlag, 35-52.
- Gómez-Chacón, Inés M. (2011): Mathematics Attitudes in Computerized Environments. A proposal using GeoGebra, in: Bu, Lingguo/Schoen, Robert (eds.): *Model-Centered Learning. Pathways to Mathematical Understanding Using GeoGebra*, Auflage 6, Rotterdam/Boston/Taipei: Sense Publishers Verlag, 145-168.
- Greefrath, Gilbert (2011): Using Technologies: New Possibilities of Teaching and Learning Modelling - Overview, in: Kaiser, Gabriele/Blum, Werner/Borromeo Ferri, Rita/Stillman, Gloria (eds.): *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling. ICTMA 14*, Dordrecht: Springer Science+Business Media Verlag, 301-304.
- Greefrath, Gilbert/Weitendorf, Jens (2013): Modellieren mit digitalen Werkzeugen, in: Borromeo Ferri, Rita/Greefrath, Gilbert/Kaiser, Gabriele (Hrsg.): *Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule: Theoretische und didaktische Hintergründe*, Wiesbaden: Springer Verlag, 181-201.
- Hagenauer, Gerda (2011): Lernfreude in der Schule, Münster: Waxmann Verlag.
- Hagenauer, Gerda/Hascher, Tina (2011): Schulische Lernfreude in der Sekundarstufe 1 und deren Beziehung zu Kontroll- und Valenzkognitionen, in: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 25 (1), 63-80.

- Hankeln, Corinna (2019): Mathematisches Modellieren mit dynamischer Geometrie-Software. Ergebnisse einer Interventionsstudie, Wiesbaden: Springer Spektrum Verlag.
- Harel, Guershon/Sowder, Larry (1998): Students' proof schemes: results from exploratory studies, in: Schoenfeld, Alan H./Kaput, Jim/Dubinsky, Ed (eds.): *Issues in mathematics education: Vol. 7. Research in collegiate mathematics education*, Providence, RI: American Mathematical Society, 234-283.
- Heintz, Gaby/Elschenbroich, Hans-Jürgen/Laakmann, Heinz/Langlotz, Hubert/Rüsing, Michael/Schacht, Florian/Schmidt, Reinhard/Tietz, Carsten (2017): Werkzeugkompetenzen. Kompetent mit digitalen Werkzeugen Mathematik betreiben, Menden: medienstatt Verlag.
- Heintz, Gaby/Elschenbroich, Hans-Jürgen/Laakmann, Heinz/Schacht, Florian/Schmidt, Reinhard (2014): Digitale Werkzeugkompetenzen im Mathematikunterricht, in: Roth, Jürgen/Ames, Judith (Hrsg.): *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Band 1. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 10. bis 14. März 2014 in Koblenz*, Münster: WTM Verlag, 507-510.
- Herget, Wilfried (1993): Mathe-(Klausur-)Aufgaben - einmal anders?!, in Hirscher, Horst: *Wieviel Termumformung braucht der Mensch? Fragen zu Zielen und Inhalten eines künftigen Mathematikunterrichts angesichts der Verfügbarkeit informatischer Methoden*, Hildesheim: Franzbecker Verlag.
- Herzig, Bardo (2008): Schule und digitale Medien, in: Sander, Uwe/Von Gross, Fredericke/Hugger, Kai Uwe (Hrsg): *Handbuch Medienpädagogik*, Wiesbaden: Springer Verlag, 498-504.
- Heugl, Helmut (2014): Mathematikunterricht mit Technologie. Ein didaktisches Handbuch mit einer Vielzahl an Aufgaben, Linz: Veritas Verlag.
- Hischer, Horst (2002): Mathematikunterricht und Neue Medien. Hintergründe und Begründungen in fachdidaktischer und fachübergreifender Sicht, Hildesheim/Berlin: Franzbecker Verlag.
- Hohenwarter, Markus (2006): GeoGebra - didaktische Materialien und Anwendungen für den Mathematikunterricht, Universität Salzburg, Dissertation.

- Hohenwarter, Markus (2018): Der Weg mathematischer Unterrichtssoftware vom Desktop aufs Telefon am Beispiel von GeoGebra, in: Fothe, Michael/Skorsetz, Birgit/Szűcs, Kinga (Hrsg.): *Medien im Mathematikunterricht*, Thillm: Thüringer Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien, 50-58.
- Hohenwarter, Markus/Jarvis, Daniel/Lavicza, Zsolt (2009): Linking Geometry, Algebra, and Mathematics Teachers: GeoGebra Software and the Establishment of the International GeoGebra Institute, in: *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 16 (2), 83-86.
- Hohenwarter, Markus/Kimeswenger, Barbara (2013): Mathematik begreifen mit GeoGebra für Tablets, in: Micheuz, Peter/Reiter, Anton/Brandhofer, Gerhard/Ebner, Martin/Sabitzer, Barbara (Hrsg.): *25 Jahre Digitale Schule in Österreich. Eine analoge Standortbestimmung anlässlich der eEducation Sommertagung 2013*, Wien: Österreichische Computer Gesellschaft, 353-358.
- Hohenwarter, Markus/Kovács, Zoltán/Ancsin, Gábor (2013): GeoGebra goes Web, in: *The electronic journal of mathematics and technology*, 7 (6), 412-418.
- Ingelmann, Maria (2009): Evaluation eines Unterrichtskonzeptes für einen CAS-gestützten Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I, Berlin: Logos Verlag.
- Ingelmann, Maria/Bruder, Regina (2007): Sinnvoller Einsatz von CAS in den Klassen 7 und 8, in: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2007*, Hildesheim/Berlin: Franzbecker Verlag, 94-97.
- Jungwirth, Helga (2008): On the role of computers and complementary situations for gendering in mathematics classrooms. *ZDM Mathematics Education*, 40, 579-590.
- Kieran, Carolyn/Drijvers, Paul (2006): The co-emergence of machine techniques, paper-and-pencil techniques, and theoretical reflection: a study of cas use in secondary School algebra, in: *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 11 (2), 205-263.
- Klimmt, Christoph (2004): Computer und Videospiele, in: Mangold, Roland/Vorderer, Peter/Bente, Gary (Hrsg.): *Lehrbuch der Medienpsychologie*, Göttingen: Hogrefe, 695-716.

- Krauthausen, Günther (2012): Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundstufe, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Kuckartz, Udo/Rädiker, Stefan/Elbert, Thomas/Schehl, Julia (2010): Statistik. Eine verständliche Einführung, Wiesbaden: Springer Verlag.
- Laborde, Colette/Sträßer, Rudolf (2010): Place and use of new technology in the teaching of mathematics: ICMI activities in the past 25 years, in: *ZDM Mathematics Education*, 42 (1), 121-133.
- Leng, Ng Wee (2003): Effects of Computer Algebra System on Secondary Students' Achievement in Mathematics: A Pilot Study in Singapore, in: *The International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education*, 10 (4), 235-250.
- Leutner, Detlev (2011): Adaptivität und Adaptierbarkeit beim Online-Lernen, in: Klimsa, Paul/Issing, Ludwig J. (Hrsg.): *Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis*, 2. Auflage, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 115-124.
- Li, Qing/Ma, Xin (2010): A Meta-analysis of the Effects of Computer Technology on School Students' Mathematics Learning, in: *Educational Psychology Review*, 22, 215-243.
- Muuß-Merholz, Jöran (2015): Teil 4: Chancen der Digitalisierung für individuelle Förderung im Unterricht – zehn gute Beispiele aus der Schulpraxis, in: Bertelsmann Stiftung (Hrsg.): *Individuell fördern mit digitalen Medien. Chancen, Risiken, Erfolgsfaktoren*, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung Verlag, 224-310.
- OECD (2006): Haben Schüler das Rüstzeug für eine technologieintensive Welt? Erkenntnisse aus den PISA-Studien, OECD-Publishing.
- OECD (2015): Students, Computers and Learning: Making the connection. PISA, OECD Publishing.
- Pallak, Andreas (2018): Digitale Medien im Mathematikunterricht der Sekundarstufen I + II, Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum Verlag.
- Peschek, Werner/Schneider, Edith (2002): CAS in general mathematics education, in: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34 (5), 189-195.

- Pinkernell, Guido/Bruder, Regina (2019): Ergebnisse aus Stundenprotokollen im niedersächsischen Projekt CALiMERO zum CAS-Einsatz in der Sekundarstufe I, in: Büchter, Andreas/Glade, Matthias/Herold-Blasius, Raja/Klinger, Marcel/Schacht, Florian/Scherer, Petra (Hrsg.): *Vielfältige Zugänge zum Mathematikunterricht. Konzepte und Beispiele aus Forschung und Praxis*, Wiesbaden: Springer Spektrum Verlag. 147-162.
- Preussler, Annabell (2002): Neue Medien und erziehungswissenschaftliche Innovationsprozesse in Schulen. Empirische Befunde der zweiten Koordinatorenbefragung "Schulen ans Netz", Diplomarbeit an der Universität Dortmund, Hamburg: Diplomica Verlag.
- Raithel, Jürgen (2008): Quantitative Forschung. Ein Praxiskurs, 2. Auflage, Wiesbaden: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rakes, Christopher/Valentine, Jeffrey C./McGatha, Maggie B./Ronau, Robert (2010): Methods of instructional improvement in Algebra: A systematic review and meta-analysis, in: *Review of Educational Research*, 80 (3), 372-400.
- Rasch, Björn/Friese, Malte/Hofmann, Wilhelm/Naumann, Ewald (2014): Quantitative Methoden 1. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler, 4. Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Reinders, Heinz (2011): Fragebogen, in: Reinders, Heinz/Ditton, Hartmut/Gräsel, Cornelia/Gniewosz, Burkhard (Hrsg.) (2011): *Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden*, Wiesbaden: Springer Verlag, 53-66.
- Rieß, Michael (2018): Zum Einfluss digitaler Werkzeuge auf die Konstruktion mathematischen Wissens. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Gilbert Greefrath, Wiesbaden: Springer Spektrum Verlag.
- Salner-Gridling, Ingrid (2009): Querfeldein: individuell lernen – differenziert lehren, Wien: AMEDIA.
- Schäfer, Thomas (2010): Statistik I. Deskriptive und Explorative Datenanalyse, Wiesbaden: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schaumburg Heike (2015): Teil 1: Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. Medienpädagogische und -didaktische Perspektiven, in: Bertelsmann Stiftung

- (Hrsg.): *Individuell fördern mit digitalen Medien. Chancen, Risiken, Erfolgsfaktoren*, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung Verlag, 20-95.
- Schaumburg, Heike/Issing, Ludwig. J. (2004): Lernpsychologische und didaktische Aspekte des Online-Lernens, in: Meister, Dorothee M. (Hrsg.): *Online-Lernen und Weiterbildung*, Wiesbaden: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften, 77-90.
- Schmidt, Karsten (2010): Mathematics Education with a Handheld CAS –The Students' Perspective, in: *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 17 (2), 105-110.
- Schneider, Edith (1999): Mathematische Bildung trotz des und mit dem TI-92, in: Kadunz, Gert/Ossimitz, Günther/Peschek, Werner/Schneider, Edith/Winkelmann, Bernard (Hrsg.): *Mathematische Bildung und neue Technologien. Vorträge beim 8. Internationalen Symposium zur Didaktik der Mathematik, Universität Klagenfurt, 28.9. - 2.10.1998*, Stuttgart: Teubner Verlag, 287-294.
- Schulz, Sandra (2020): Selbstreguliertes Lernen mit mobil nutzbaren Technologien. Lernstrategien in der beruflichen Weiterbildung, Wiesbaden: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schulz-Zander, Renate (2001): Lernen mit neuen Medien in der Schule, in: Oelkers, Jürgen (Hrsg.): *Zukunftsfragen der Bildung. 43. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik*, Weinheim/Basel: Beltz Verlag.
- Schulz-Zander, Renate (2002): Geschlecht und neue Medien im Bildungsbereich Schule – Empirische Befunde zur Computernutzung, zu Interessen, Selbstkonzept, Interaktionen und Fördermaßnahmen, in: Kampshoff, Marita/Lumer, Beatrix (Hrsg.): *Chancengleichheit im Bildungswesen*, Opladen: Leske + Budrich Verlag, 251-271.
- Stein-Hilbers (2000): Sexuell werden: Sexuelle Sozialisation und Geschlechterverhältnisse, Wiesbaden: Springer Fachmedien Verlag.
- Steinmetz, Ralf (2000): Multimedia-Technologie: Grundlagen, Komponenten und Systeme, 3. Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.

- Thurm, Daniel (2020): Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht integrieren. Zur Rolle von Lehrerüberzeugungen und der Wirksamkeit von Fortbildungen, Wiesbaden: Springer Spektrum Verlag.
- Titz, Wolfram (2001): Emotionen von Studierenden in Lernsituationen. Explorative Analysen und Entwicklung von Selbstberichtsskalen, Münster: Waxmann Verlag.
- Tulodziecki, Gerhard (1992): Medien in Erziehung und Bildung, 2. Auflage, Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Tulodziecki, Gerhard (2005): Schule und Medien, in: Hüther, Jürgen/Scorb, Bernd (Hrsg.): *Grundbegriffe Medienpädagogik*, 4. Auflage, München: Kopaed Verlag, 367-374.
- Van Merriënboer, Jeroen J. G./Sweller, John (2005): Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions, in: *Educational psychology review*, 17 (2), 147-177.
- Vollrath, Hans- Joachim/Roth, Jürgen (2012): Grundlagen des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe, 2. Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Weigand, Hans-Georg (2013): Technologien im Mathematikunterricht (TiMu) – eine fortwährende Herausforderung, in: Ruppert, Markus/Wörler, Jan (Hrsg.): *Technologien im Mathematikunterricht: Eine Sammlung von Trends und Ideen*, Wiesbaden: Springer Spektrum Verlag, ix-xii.
- Winter, Heinrich W. (2016): Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. Einblicke in die Ideengeschichte und ihre Bedeutung für die Pädagogik, 3. Auflage, Wiesbaden: Springer Spektrum Verlag.
- Zulnaidi, Hutkemri/Oktavika, Enny/Hidayat, Riyan (2020): Effect of use of GeoGebra on achievement of high school mathematics students, in: *Education and Information Technologies*, 25, 51-72.

11.2 Onlinequellen

- Baumgartner, Peter/Brandhofer, Gerhard/Ebner, Martin/Gradingner, Petra/Korte, Martin (2015): Medienkompetenz fördern – Lehren und Lernen im digitalen Zeitalter, in: Brune forth, Michael/Eder, Ferdinand/Krainer, Konrad/Schreiner, Claudia/Seel, Andrea/Spiel, Christiane Spiel (Hrsg.): *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2015. Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen*, Band 2;

online verfügbar unter: https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/05/NBB_2015_Band2_v1_final_WEB.pdf [letzter Zugriff am 11.09.2020].

BIFIE (Hrsg.) (2013): Praxishandbuch Mathematik AHS Oberstufe. Auf dem Weg zur standardisierten kompetenzorientierten Reifeprüfung Teil 1; online verfügbar unter: http://www.grg8.at/HP_GRG8_2016/lernen1/m/praxishandbuch01.pdf [letzter Zugriff am 10.04.2020].

Brockhaus (o.J. a): „Werkzeug“; online verfügbar unter: <http://brockhaus-at.uaccess.univie.ac.at/ecs/enzy/article/werkzeug> [letzter Zugriff am 13.04.2020].

Brockhaus (o.J. b): „digital“; online verfügbar unter: <https://brockhaus-at.uaccess.univie.ac.at/ecs/julex/article/digital-informatik> [letzter Zugriff am 13.04.2020].

Brockhaus (o.J. c): „Nutzung“; online verfügbar unter: <https://brockhaus-at.uaccess.univie.ac.at/ecs/enzy/article/nutzung-recht> [letzter Zugriff am 26.04.2020].

Brockhaus (o.J. d): „Gewohnheit“; online verfügbar unter: <https://brockhaus-at.uaccess.univie.ac.at/ecs/enzy/article/gewohnheit-allgemein> [letzter Zugriff am 23.04.2020].

Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem (2018): Änderung der Verordnung über die Lehrpläne der Neuen Mittelschulen sowie der Verordnung über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen; online verfügbar unter: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2018_II_71/BGBLA_2018_II_71.html [letzter Zugriff am 16.04.2020].

Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem (2020a): Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen; online verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> [letzter Zugriff am 15.04.2020].

Bundeskanzleramt Österreich – Rechtsinformationssystem (2020b): Prüfungsordnung AHS; online verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007845> [letzter Zugriff am 15.04.2020].

Crillovich-Cocoglia, Mone (2013): Grundkompetenzen für die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik; online verfügbar unter:

http://www.erlgasse.at/wp-content/uploads/2013/11/Grundkompetenzen_alle_nachKlassen.pdf [letzter Zugriff am 05.06.2020].

Dorfinger, Johannes (2019): How to pimp up digital learning. Eine Wirksamkeitsstudie zum verstärkten Einsatz von Microsoft-Tools im Regelunterricht; online verfügbar unter: <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/713/733> [letzter Zugriff am 03.05.2020].

Drijvers, Paul (2004): Learning algebra in a computer algebra environment. Summary of the PhD thesis; online verfügbar unter: <http://www.fi.uu.nl/~pauld/dissertation/summary-site.pdf> [letzter Zugriff am 17.08.2020].

Drijvers, Paul (2016): Evidence for benefit? Reviewing empirical research on the use of digital tools in mathematics education; online verfügbar unter: https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/343233/TSG42_PA_Drijvers.pdf?sequence=1&isAllowed=y [letzter Zugriff am 03.05.2020].

Drijvers, Paul/Ball, Lynda/Barzel, Bärbel/Heid, M. Kathleen/Cao, Yiming/Maschietto, Michela (2016): Uses of Technology in Lower Secondary Mathematics Education. A Concise Topical Survey; online verfügbar unter: http://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/334856/DrijversEtAl2016TS42_ICME13.pdf?sequence=1&isAllowed=y [letzter Zugriff am 04.05.2020].

Dudenredaktion (o.J.): „Gewohnheit“. Duden online; online verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Gewohnheit> [letzter Zugriff am 26.04.2020].

EduGroup (2019): Medienverhalten der Jugendlichen im Trend. Aus dem Blickwinkel der Jugendlichen; online verfügbar unter: https://www.edugroup.at/fileadmin/DAM/Innovation/Forschung/Dateien/Charts_Jugendliche_2019.pdf [letzter Zugriff am 22.04.2020].

Ferrari, Anusca (2012). Digital competence in practice: An analysis of frameworks; online verfügbar unter: <https://www.ifap.ru/library/book522.pdf> [letzter Zugriff am 21.04.2020].

Fürst, Siglinde (2012): Technologieeinsatz im Mathematikunterricht, in: BIFIE (Hrsg.): *Praxishandbuch für „Mathematik“ 8. Schulstufe. Band 2*; online verfügbar unter:

https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_m_sek1_praxishandbuch_band2_2012-12-21.pdf [letzter Zugriff am 13.04.2020].

GeoGebra Material Team (o.J.): Differenzen- und Differenzialquotient; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/m/tmsgXZAR> [22.04.2020].

Groebel, Jo (2012): Digitale Lernwerkzeuge. Eine Metastudie der BSP Business School Berlin Potsdam; online verfügbar unter: https://tablets.schule/wp-content/uploads/2014/03/bsp_studie_final_2_-11.pdf [letzter Zugriff am 26.04.2020].

Grogger, Günther (1998): Evaluation zur Erprobung des TI 92 im Mathematikunterricht an allgemeinbildenden höheren Schulen. Ergebnisse der bundesweiten Schüler- und Lehrerbefragungen im Schuljahr 1997/98; online verfügbar unter: <http://www.acdca.ac.at/projekt2/evaluat/evaluat2.htm> [letzter Zugriff am 24.04.2020].

Hegedus, Stephen/Laborde, Colette/Brady, Corey/Dalton, Sara/Siller, Hans-Stefan/Tabach, Michal/Trgalova, Jana/Moreno-Armella, Luis (2017): Uses of Technology in Upper Secondary Mathematics Education; online verfügbar unter: <http://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/27695/1002311.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [letzter Zugriff am 04.05.2020].

Herndl, Elisabeth (2019): 6. Oö. Jugend-Medien-Studie 2019. 19.06.2019; online verfügbar unter: <https://www.edugroup.at/innovation/forschung/jugend-medien-studie/detail/6-ooe-jugend-medien-studie-2019.html> [letzter Zugriff am 22.04.2020].

Herzig, Bardo/Grafe, Silke (2006): Digitale Medien in der Schule. Standortbestimmung und Handlungsfelder für die Zukunft. Studie zur Nutzung digitaler Medien in allgemeinbildenden Schulen in Deutschland; online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Silke_Grafe/publication/265092173_Digitale_Medien_in_der_Schule_Standortbestimmung_und_Handlungsempfehlungen_fur_die_Zukunft_Studie_zur_Nutzung_digitaler_Medien_in_allgemein_bildenden_Schulen_in_Deutschland/links/58f35255a6fdcc11e569eff3/Digitale-Medien-in-der-Schule-Standortbestimmung-und-Handlungsempfehlungen-fuer-die-Zukunft-Studie-zur-Nutzung-digitaler-Medien-in-allgemein-bildenden-Schulen-in-Deutschland.pdf [letzter Zugriff am 20.04.2020].

Heugl, Helmut/Klinger, Walter/Lechner, Josef (1996): Mathematiklehren und -lernen mit Computeralgebra-Systemen Unterrichtsbeispiele und didaktische Konzepte aus dem österreichischen DERIVE-Projekt; online verfügbar unter: www.acdca.ac.at/material/allgem/buch/buch96.pdf [letzter Zugriff am 24.04.2020].

Höferer, Erwin (2014): Evaluierung des Einsatzes von GeoGebra und Excel im Mathematikunterricht. Unter Berücksichtigung des Kompetenzmodells der Angewandten Mathematik in Hinblick auf die Standardisierte Reife- und Diplomprüfung; online verfügbar unter: https://www.imst.ac.at/files/projekte/1375/berichte/1375_Langfassung_Hoeferer.pdf [letzter Zugriff am 20.04.2020].

Hohenwarter, Markus/Lavicza, Zsolt (2010): GeoGebra, its community and future; Paper presented at the Asian Technology Conference in Mathematics; online verfügbar unter: www.unsam.edu.ar/escuelas/humanidades/centros/c_didacticas/Hohenwarter-Lavicza-GeoGebra-ATCM-Final.pdf [letzter Zugriff am 09.04.2020].

International GeoGebra Institute (2020a): Was ist GeoGebra?; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/about> [letzter Zugriff am 08.04.2020].

International GeoGebra Institute (2020b): Netzwerk der GeoGebra Institute; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/institutes> [letzter Zugriff am 10.04.2020].

International GeoGebra Institute (2020c): GeoGebra; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/> [letzter Zugriff am 08.04.2020].

International GeoGebra Institute (2020d): Download GeoGebra Apps; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/download> [letzter Zugriff am 10.04.2020].

International GeoGebra Institute (2020e): Team; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/team> [letzter Zugriff am 10.04.2020].

Lindenbauer, Edith (o.J.): Quadratische Funktion; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/m/ztSWq576> [letzter Zugriff am 23.04.2020].

Lindner, Andreas (o.J.): Linear inhomogene Funktion; online verfügbar unter: <https://www.geogebra.org/m/kV9S5Qqs> [letzter Zugriff am 23.04.2020].

- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (1998): JIM-Studie 1998. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland; online verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/1998/JIM_Studie_1998.pdf [letzter Zugriff am 20.04.2020].
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (2004): JIM-Studie 2004. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland; online verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2004/JIM_Studie_2004.pdf [letzter Zugriff am 20.04.2020].
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (2009): JIM-Studie 2009. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland; online verfügbar unter: <https://www.mpfs.de/studien/jim-studie/2009/> [letzter Zugriff am 20.04.2020].
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (2015): JIM-Studie 2015. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland; online verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2015/JIM_Studie_2015.pdf [letzter Zugriff am 20.04.2020].
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (2017): JIM-Studie 2017. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland; online verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2017/JIM_2017.pdf [letzter Zugriff am 19.04.2020].
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (2018): JIM-Studie 2018. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland; online verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM2018_Gesamt.pdf [letzter Zugriff am 19.04.2020].
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (2019): JIM-Studie 2019. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland; online verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2019/JIM_2019.pdf [letzter Zugriff am 19.04.2020].
- PONS GmbH (o.J.): „Nutzung“; online verfügbar unter: <https://owb-langenscheidt-com.uaccess.univie.ac.at/Nutzung?directions=ar-%3Ede%2Ccs-%3Ede%2Cda-%3Ede%2Cde-%3Ear%2Cde-%3Ecs%2Cde-%3Eda%2Cde-%3Ede%2Cde-%3>

[Ede%2Cde-%3Eel%2Cde-%3Een%2Cde-%3Ees%2Cde-%3Efr%2Cde-%3Ehr%2Cde-%3Ede%2Cit-%3Een%2Cjp-%3Ede%2Cjp-%3Een%2Cko-%3Een%2Clt-%3Ede%2Cnl-%3Ede%2Cnl-%3Een%2Cpl-%3Ede%2Cpl-%3Een%2Cpt-%3Ede%2Cpt-%3Een%2Cru-%3Ede%2Cru-%3Een%2Csl-%3Ede%2Csv-%3Ede%2Ctr-%3Ede%2Cvi-%3Een%2Czh-%3Ede%2Czh-%3Een&dictionaries=d8%2Cd9%2Cda%2Cdb%2Cdd%2Cde%2Cdf%2Ce0%2Ce1](#) [letzter Zugriff am 18.05.2020].

Schmidt, Reinhard (2011): GeoGebra – Die neuen Möglichkeiten des Alleskönners, in: *Computeralgebra Rundbrief*. 49. 18–21; online verfügbar unter: <http://www.fachgruppe-computeralgebra.de/data/CA-Rundbrief/car49.pdf> [letzter Zugriff am 08.02.2020].

Stangl, Werner (2020): Skalenniveaus psychologischer Messung. Lexikon für Psychologie und Pädagogik; online verfügbar unter: <https://lexikon.stangl.eu/10500/skalenniveaus-psychologischer-messung/> [letzter Zugriff am 14.08.2020].

UmfrageOnline (o.J.): Features; online verfügbar unter: <https://www.umfrageonline.com/features&student> [letzter Zugriff am 28.04.2020].

12 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

12.1 Abbildungen

Abbildung 1: Forschungsmodell	7
Abbildung 2: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil I	8
Abbildung 3: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil II	8
Abbildung 4: Webseite GeoGebra (International GeoGebra Institute 2020c)	21
Abbildung 5: Ansicht GeoGebra Classic 6 Desktopversion	22
Abbildung 6: Verschiedene Ansichten bei GeoGebra Classic 6 Desktopversion	23
Abbildung 7: Übersicht Nutzungsweisen von GeoGebra (Dorner 2014: 35)	27
Abbildung 8: Beispiel Demonstrationsapplet: Differenzen- und Differenzialquotient (GeoGebra Material Team o.J.)	28
Abbildung 9: Beispiel Entdeckungsapplet: Quadratische Funktion (Lindenbauer o.J.)	29
Abbildung 10: Beispiel: Lernapplet: Linear inhomogene Funktion (Lindner o.J.)	30
Abbildung 11: Medienbeschäftigung in der Freizeit - täglich/mehrmals pro Woche - Angaben in Prozent (Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2015: 12)	44
Abbildung 12: Medienbeschäftigung in der Freizeit - täglich/mehrmals pro Woche - Angaben in Prozent (Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest 2019: 13)	45
Abbildung 13: <i>Schulische Lernfreude</i> als Mehrkomponentenmodell (Hagenauer 2011: 25)	51
Abbildung 14: Leistungsentwicklung in der 9. Klasse (links) und in der 10. Klasse (rechts) nach der Häufigkeit der Nutzung des CAS-Rechners (Pinkernell/Bruder 2019: 159)	57
Abbildung 15: Verwendete Aspekte des Begriffes <i>Nutzungsgewohnheiten</i> für die vorliegende Forschung	61
Abbildung 16: Forschungsmodell	63
Abbildung 17: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil I	75
Abbildung 18: Anwendung der deskriptiven Statistiken und der statistischen Verfahren Teil II	76

Abbildung 19: <i>Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i>	78
Abbildung 20: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule</i>	80
Abbildung 21: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i>	81
Abbildung 22: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i>	82
Abbildung 23: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i>	83
Abbildung 24: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i>	84
Abbildung 25: <i>Geschlecht und allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i>	89
Abbildung 26: <i>Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht</i>	92
Abbildung 27: <i>Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i>	93
Abbildung 28: <i>Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i>	94
Abbildung 29: <i>Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i>	96
Abbildung 30: <i>Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i>	97

12.2 Tabellen

Tabelle 1: <i>Ausgewählte mathematische Tätigkeiten</i>	60
Tabelle 2: <i>Lernfreude-Skala: 13 Items um die schulische Lernfreude zu ermitteln, eingeteilt in die affektive, die motivationale und die kognitive Komponente (Hagenauer 2011: 333)</i>	65
Tabelle 3: <i>Abgeänderte Lernfreude-Skala: 13 Items um die schulische Lernfreude zu ermitteln, eingeteilt in die affektive, die motivationale und die kognitive Komponente</i>	67
Tabelle 4: <i>Teilnehmer*innen nach Geschlecht</i>	77
Tabelle 5: <i>Zugang zu elektronischen Geräten zu Hause</i>	77
Tabelle 6: <i>Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i>	78
Tabelle 7: <i>Ort der Nutzung von GeoGebra</i>	79
Tabelle 8: <i>Verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra</i>	79

Tabelle 9: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule</i>	80
Tabelle 10: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i> ..	80
Tabelle 11: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i>	81
Tabelle 12: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i>	82
Tabelle 13: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i>	83
Tabelle 14: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen</i>	84
Tabelle 15: <i>Ansichten: Faktorisieren von Polynomen</i>	85
Tabelle 16: <i>Nutzungshäufigkeit beim Rechnen mit komplexen Zahlen</i>	86
Tabelle 17: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen</i>	86
Tabelle 18: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von höheren Ableitungen</i>	86
Tabelle 19: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]</i>	87
Tabelle 20: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]</i>	87
Tabelle 21: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten</i>	87
Tabelle 22: <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung</i>	88
Tabelle 23: <i>Absolute und prozentuelle Häufigkeiten der Schüler*innen, die den vier Kategorien des Merkmals schulische Lernfreude im Mathematikunterricht zuzuordnen sind</i>	104
Tabelle 24: <i>Schulische Lernfreude und allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i>	105
Tabelle 25: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule</i>	107
Tabelle 26: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i>	108
Tabelle 27: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i>	110

Tabelle 28: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i>	111
Tabelle 29: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i>	112
Tabelle 30: Zusammenfassung der untersuchten Hypothesen in 8.4.5.....	114
Tabelle 31: Überblick über die Ergebnisse der untersuchten Hypothesen	122
Tabelle 32: Geschlecht und <i>allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i>	154
Tabelle 33: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H01	154
Tabelle 34: Geschlecht und <i>Ort der Nutzung von GeoGebra</i>	155
Tabelle 35: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H02	155
Tabelle 36: Geschlecht und <i>verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra</i>	155
Tabelle 37: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H03	156
Tabelle 38: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule</i>	156
Tabelle 39: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H04	157
Tabelle 40: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i>	157
Tabelle 41: Chi-Quadrat-Homogenitätstest der Hypothese H05	157
Tabelle 42: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i>	158
Tabelle 43: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H06	158
Tabelle 44: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i>	159
Tabelle 45: Exakter Test nach Fischer zur Hypothese H07	159
Tabelle 46: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i>	160
Tabelle 47: Exakter Test nach Fischer zur Hypothese H08	160
Tabelle 48: <i>Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen</i>	161
Tabelle 49: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H09	161
Tabelle 50: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen</i>	162
Tabelle 51: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H010	162

Tabelle 52: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen</i>	163
Tabelle 53: Exakter Test nach Fischer zur Hypothese H011	163
Tabelle 54: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen</i>	164
Tabelle 55: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H012	164
Tabelle 56: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]</i>	165
Tabelle 57: Exakter Test nach Fischer zur Hypothese H013	165
Tabelle 58: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]</i>	166
Tabelle 59: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H014	166
Tabelle 60: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten</i>	167
Tabelle 61: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H015	167
Tabelle 62: Geschlecht und <i>Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung</i>	168
Tabelle 63: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H016	168
Tabelle 64: Rangkorrelation H017 - <i>schulische Lernfreude und allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra</i>	168
Tabelle 65: <i>Schulische Lernfreude und Ort der Nutzung von GeoGebra</i>	169
Tabelle 66: <i>Schulische Lernfreude und verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra</i>	169
Tabelle 67: Rangkorrelation H018 - <i>schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule</i>	169
Tabelle 68: Rangkorrelation H019 - <i>schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule</i>	170
Tabelle 69: Rangkorrelation H020 - <i>schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung</i>	170
Tabelle 70: Rangkorrelation H021 - <i>schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit</i>	170
Tabelle 71: Rangkorrelation H022 - <i>schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit</i>	171
Tabelle 72: <i>Schulische Lernfreude und Faktorisieren von Polynomen</i>	171

Tabelle 73: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen</i>	172
Tabelle 74: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen</i>	172
Tabelle 75: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen</i>	173
Tabelle 76: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]</i>	173
Tabelle 77: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]</i>	174
Tabelle 78: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten</i>	174
Tabelle 79: <i>Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung</i>	175

13 Anhang

13.1 Bestätigung zur Durchführung der Untersuchung der Bildungsdirektion Oberösterreich



www.bildung-ooe.gv.at

Frau
Sarah Maria Aigner
Universität Wien
E-Mail: ao1547557@unet.univie.ac.at

Abteilung PräS/6
Sonnensteinstraße 20, 4040 Linz

Katharina Strasser
Sachbearbeiterin

Tel.: 0732 / 7071-2321
Fax: 0732 / 7071-2330
E-Mail: bd.post@bildung-ooe.gv.at

Antwortschreiben bitte unter Anführung der
Geschäftszahl

Linz, 15.06.2020

Ihr Zeichen: --

Geschäftszahl: PräS/6 – 14/32 – 2020

Befragung im Rahmen Ihrer Masterarbeit zum Thema "Nutzung von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten"

Sehr geehrte Frau Aigner!

Sie haben bei der Bildungsdirektion Oberösterreich um Genehmigung der gegenständlichen Befragung an allgemein bildenden höheren Schulen in Oberösterreich angesucht.

Nach Prüfung der Unterlagen genehmigt die Bildungsdirektion Ihre Umfrage unter den üblichen Bedingungen:

- Freiwilligkeit der Teilnahme
- Information der Erziehungsberechtigten (bzw. Einverständniserklärung bei Schüler/innen im Pflichtschulalter)
- Einhaltung der Datenschutzbestimmungen
- Übermittlung des Endberichtes an die oö. Bildungsdirektion.

Bei der Kontaktaufnahme mit den Schulen verweisen Sie bitte auf diese Genehmigung.

Freundliche Grüße

Für den Bildungsdirektor
Mag. Andreas Girzikovsky

Elektronisch gefertigt

Signaturwert	59beb48737a34011a3dff34c9394bef5	
	Unterzeichner	Bildungsdirektion Oberösterreich
	Datum/Zeit-UTC	15.06.2020 16:07:13
	Aussteller-Zertifikat	CN=a-sign-corporate-light-02, OU=a-sign-corporate-light-02, O=A-Trust Ges. f. Sicherheitssysteme im elektr. Datenverkehr GmbH, C=AT
	Serien-Nr.	379005855786
	Methode	
	Parameter	
Prüfinformation	Informationen zur Prüfung der elektronischen Signatur finden Sie unter: https://www.signaturpruefung.gv.at Informationen zur Prüfung des Ausdrucks finden Sie unter: http://www.bildung-ooe.gv.at/amtssignatur.html	
Hinweis	Dieses Dokument wurde amtssigniert. Auch ein Ausdruck dieses Dokuments hat gemäß § 20 E-Government-Gesetz die Beweiskraft einer öffentlichen Urkunde. Informationen zu Datenschutz finden Sie unter: https://www.bildung-ooe.gv.at/fileadmin/hauptseite/Datenschutzerklärung.pdf . Wenn Sie mit uns schriftlich in Verbindung treten wollen, richten Sie Ihr Schreiben bitte an die Bildungsdirektion Oberösterreich, Sonnensteinstraße 20, 4040 Linz, und führen Sie das Geschäftszeichen dieses Schreibens an.	

13.2 Onlinefragebogen

Nutzung von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten

Einleitung

Liebe*r Schüler*in!

Mein Name ist Sarah Maria Aigner und ich führe im Rahmen der Masterarbeit meines Lehramtstudiums Mathematik/Spanisch eine Umfrage zum Thema "Nutzung von GeoGebra in Bezug auf mathematische Tätigkeiten" durch. Ich würde mich freuen, wenn du dir zur Beantwortung dieser Befragung etwa 10 Minuten Zeit nehmen würdest.

Die Umfrage zielt nicht darauf ab, Wissen abzufragen, sondern deine Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra zu erheben. Aus diesem Grund gibt es auch keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte fülle den Fragebogen ehrlich, spontan und möglichst vollständig aus. Die verwendeten Antwortformate des Fragebogens sind selbsterklärend, es wird jedoch immer angegeben, ob eine oder mehrere Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden können. Fragen, die mit (*) bezeichnet sind, sind für die Erhebung besonders wichtig.

Die Teilnahme an diesem Fragebogen ist freiwillig und die Angaben werden selbstverständlich anonym ausgewertet. Sie können daher nicht auf deine Person rückgeführt werden.

Ich bin mit der Auswertung meiner anonymisierten Daten einverstanden und möchte an der Befragung teilnehmen. *

Bitte wähle eine Antwortmöglichkeit aus!

☐ ja

☐ nein

Teil 1: Allgemeine Informationen

Alter

Jahre

Geschlecht *

☐ männlich

☐ weiblich

☐

Teil 1: Allgemeine Informationen

Versuche die folgenden Aussagen in Hinblick auf den Mathematikunterricht einzuschätzen: *

Bitte wähle pro Zeile eine Antwortmöglichkeit aus!

	stimmt gar nicht	stimmt kaum	stimmt ziemlich	stimmt genau
Ich freue mich auf das Lernen im Mathematikunterricht.	☐	☐	☐	☐
Das Mathematiklernen ist doof.	☐	☐	☐	☐
Ich finde das Mathematiklernen in der Schule spannend.	☐	☐	☐	☐
Ich würde das Mathematiklernen am liebsten auf morgen verschieben.	☐	☐	☐	☐
Beim Mathematiklernen bin ich gut gelaunt.	☐	☐	☐	☐
Das Mathematiklernen macht mir Freude.	☐	☐	☐	☐
Ich will mich mit den Themen beschäftigen, die wir im Mathematikunterricht behandeln.	☐	☐	☐	☐
Das Mathematiklernen ist anstrengend und kann deshalb keinen Spaß machen.	☐	☐	☐	☐
Ich will im Mathematikunterricht viel Neues lernen.	☐	☐	☐	☐
Ich habe Freude daran, wenn ich im Mathematikunterricht Neues lerne.	☐	☐	☐	☐
Aufgaben, die mir mein*e Mathematiklehrer*in stellt, würde ich am liebsten gar nicht lösen.	☐	☐	☐	☐
Beim Mathematiklernen fühle ich mich wohl.	☐	☐	☐	☐
Ich denke, dass das Mathematiklernen eine gute Sache ist.	☐	☐	☐	☐

Welche elektronischen Geräte besitzt du oder gibt es bei dir zu Hause, sodass du sie jederzeit benutzen könntest? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ Computer
- ☐ Laptop
- ☐ Tablet
- ☐ Smartphone

Teil 2: Nutzung von GeoGebra I

Wie häufig nutzt du GeoGebra allgemein? *

Wähle eine Antwortmöglichkeit aus!

- ☐ täglich
- ☐ mehrmals pro Woche
- ☐ einmal pro Woche
- ☐ mehrmals im Monat
- ☐ monatlich
- ☐ seltener

An welchen Orten nutzt du GeoGebra? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ in der Schule
- ☐ zu Hause
- ☐ bei Freunden
- ☐ andere

Teil 2: Nutzung von GeoGebra II

Auf welchen elektronischen Geräten nutzt du GeoGebra? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ Computer
- ☐ Laptop
- ☐ Tablet
- ☐ Smartphone

Wie häufig nutzt du GeoGebra in den folgenden Kontexten? *

Bitte wähle pro Zeile eine Antwortmöglichkeit aus!

	täglich	mehrmals pro Woche	einmal pro Woche	mehrmals im Monat	monatlich	seltener
im Mathematikunterricht in der Schule	☐	☐	☐	☐	☐	☐
in anderen Fächern in der Schule	☐	☐	☐	☐	☐	☐
beim Machen der Hausübung	☐	☐	☐	☐	☐	☐
bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit	☐	☐	☐	☐	☐	☐
in meiner Freizeit	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Teil 3: Mathematische Tätigkeiten I

Wie häufig nutzt du GeoGebra bei folgenden mathematischen Tätigkeiten? *

Bitte wähle pro Zeile eine Antwortmöglichkeit aus!

	immer	oft	selten	nie
Faktorisieren von Polynomen	☐	☐	☐	☐
Rechnen mit komplexen Zahlen	☐	☐	☐	☐
Zeichnen von Funktionsgraphen	☐	☐	☐	☐
Ermitteln von (höheren) Ableitungen	☐	☐	☐	☐
Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z.B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]	☐	☐	☐	☐
Zeichnen von Kegelschnitten [z.B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]	☐	☐	☐	☐
Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten	☐	☐	☐	☐
Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung	☐	☐	☐	☐

Teil 3: Mathematische Tätigkeiten II

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Faktorisieren von Polynomen? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Rechnen mit komplexen Zahlen? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Zeichnen von Funktionsgraphen? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z.B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Zeichnen von Kegelschnitten [z.B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Welche Ansichten von GeoGebra verwendest du beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung? *

Hier kannst du mehrere Antwortmöglichkeiten auswählen!

- ☐ CAS
- ☐ Geometrie
- ☐ Grafikrechner
- ☐ Statistik
- ☐ Tabellenkalkulation

Teil 4: Abschluss

Bitte beende den Onlinefragebogen, indem du auf das Feld "Beenden" klickst.

Bei Fragen und Anliegen kannst du dich gerne jederzeit an a01547557@unet.univie.ac.at wenden. Vielen Dank für deine Teilnahme!

Möchtest du noch etwas anmerken? Falls ja, benutze das folgende Eingabefeld.

» [Umleitung auf Schlussseite von Umfrage Online](#) (ändern)

13.3 Tabellen

13.3.1 Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra unter Berücksichtigung des Merkmals Geschlecht

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra	täglich	Anzahl	2	0	2
		Erwartete Anzahl	,6	1,4	2,0
		% innerhalb von Geschlecht	2,7%	0,0%	0,8%
	mehrmals pro Woche	Anzahl	15	37	52
		Erwartete Anzahl	15,5	36,5	52,0
		% innerhalb von Geschlecht	20,5%	21,5%	21,2%
	einmal pro Woche	Anzahl	13	31	44
		Erwartete Anzahl	13,1	30,9	44,0
		% innerhalb von Geschlecht	17,8%	18,0%	18,0%
	mehrmals im Monat	Anzahl	14	60	74
		Erwartete Anzahl	22,0	52,0	74,0
		% innerhalb von Geschlecht	19,2%	34,9%	30,2%
	monatlich	Anzahl	17	26	43
		Erwartete Anzahl	12,8	30,2	43,0
		% innerhalb von Geschlecht	23,3%	15,1%	17,6%
	seltener	Anzahl	12	18	30
		Erwartete Anzahl	8,9	21,1	30,0
		% innerhalb von Geschlecht	16,4%	10,5%	12,2%
	Gesamt	Anzahl	73	172	245
		Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 32: Geschlecht und *allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	12,364 ^a	5	,030
Likelihood-Quotient	12,698	5	,026
Zusammenhang linear-mit-linear	,584	1	,445
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 2 Zellen (16,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,60.

Tabelle 33: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H_{01}

			Geschlecht		
			männlich	weiblich	Gesamt
Ort der Nutzung von GeoGebra ^a	in der Schule	Anzahl	69	164	233
		Innerhalb Geschlecht %	94,5%	95,3%	
	zu Hause	Anzahl	62	159	221
		Innerhalb Geschlecht %	84,9%	92,4%	
	bei Freunden	Anzahl	3	6	9
		Innerhalb Geschlecht %	4,1%	3,5%	
	andere	Anzahl	3	6	9
		Innerhalb Geschlecht %	4,1%	3,5%	
Gesamt		Anzahl	73	172	245

Prozentsätze und Gesamtwerte beruhen auf den Befragten.

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 34: Geschlecht und *Ort der Nutzung von GeoGebra*

		Geschlecht
Ort der Nutzung von GeoGebra	Chi-Quadrat	3,459
	df	4
	Sig.	,484 ^a

Die Ergebnisse beruhen auf den nicht leeren Zeilen und Spalten der innersten Untertabellen.

a. In dieser Untertabelle weisen mehr als 20 % der Zellen erwartete Zellenhäufigkeiten von weniger als 5 auf.

Daher sind die Ergebnisse von Chi-Quadrat möglicherweise ungültig.

Tabelle 35: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H_{02}

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra ^a	Computer	Anzahl	31	34	65
		Innerhalb Geschlecht %	42,5%	19,8%	
	Laptop	Anzahl	65	164	229
		Innerhalb Geschlecht %	89,0%	95,3%	
	Tablet	Anzahl	11	14	25
		Innerhalb Geschlecht %	15,1%	8,1%	
	Smartphone	Anzahl	21	33	54
		Innerhalb Geschlecht %	28,8%	19,2%	
Gesamt		Anzahl	73	172	245

Prozentsätze und Gesamtwerte beruhen auf den Befragten.

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 36: Geschlecht und *verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra*

		Geschlecht
verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra	Chi-Quadrat	22,310
	df	4
	Sig.	,000 ^{*.b}

Die Ergebnisse beruhen auf den nicht leeren Zeilen und Spalten der innersten Untertabellen.

*. Die Chi-Quadrat-Statistik ist auf dem Niveau ,05 signifikant.

b. In dieser Untertabelle weisen mehr als 20 % der Zellen erwartete Zellenhäufigkeiten von weniger als 5 auf.

Daher sind die Ergebnisse von Chi-Quadrat möglicherweise ungültig.

Tabelle 37: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H_{03}

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule	täglich	Anzahl	2	2	4
		Erwartete Anzahl	1,2	2,8	4,0
		% innerhalb von Geschlecht	2,7%	1,2%	1,6%
	mehrmals pro Woche	Anzahl	14	34	48
		Erwartete Anzahl	14,3	33,7	48,0
		% innerhalb von Geschlecht	19,2%	19,8%	19,6%
	einmal pro Woche	Anzahl	7	26	33
		Erwartete Anzahl	9,8	23,2	33,0
		% innerhalb von Geschlecht	9,6%	15,1%	13,5%
	mehrmals im Monat	Anzahl	22	54	76
		Erwartete Anzahl	22,6	53,4	76,0
		% innerhalb von Geschlecht	30,1%	31,4%	31,0%
	monatlich	Anzahl	17	36	53
		Erwartete Anzahl	15,8	37,2	53,0
		% innerhalb von Geschlecht	23,3%	20,9%	21,6%
	seltener	Anzahl	11	20	31
		Erwartete Anzahl	9,2	21,8	31,0
		% innerhalb von Geschlecht	15,1%	11,6%	12,7%
	Gesamt	Anzahl	73	172	245
		Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 38: Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	2,589 ^a	5	,763
Likelihood-Quotient	2,583	5	,764
Zusammenhang linear-mit-linear	,361	1	,548
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 2 Zellen (16,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,19.

Tabelle 39: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H_{04}

			Geschlecht		
			männlich	weiblich	Gesamt
in anderen Fächern in der Schule	täglich	Anzahl	1	0	1
		Erwartete Anzahl	,3	,7	1,0
		% innerhalb von Geschlecht	1,4%	0,0%	0,4%
	mehrmals im Monat	Anzahl	1	1	2
		Erwartete Anzahl	,6	1,4	2,0
		% innerhalb von Geschlecht	1,4%	0,6%	0,8%
	monatlich	Anzahl	2	2	4
		Erwartete Anzahl	1,2	2,8	4,0
		% innerhalb von Geschlecht	2,7%	1,2%	1,6%
	seltener	Anzahl	69	169	238
		Erwartete Anzahl	70,9	167,1	238,0
		% innerhalb von Geschlecht	94,5%	98,3%	97,1%
Gesamt	Anzahl	73	172	245	
	Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0	
	% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelle 40: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Chi-Quadrat nach Pearson	3,601 ^a	3	,308	,299		
Likelihood-Quotient	3,565	3	,312	,513		
Exakter Test nach Fisher	3,998			,225		
Zusammenhang linear-mit-linear	3,446 ^b	1	,063	,069	,069	,040
Anzahl der gültigen Fälle	245					

a. 6 Zellen (75,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,30.

b. Die standardisierte Statistik ist -1,856.

Tabelle 41: Chi-Quadrat-Homogenitätstest der Hypothese H_{05}

		Geschlecht		Gesamt
		männlich	weiblich	
beim Machen der Hausübung	täglich	Anzahl	2	3
		Erwartete Anzahl	,9	3,0
		% innerhalb von Geschlecht	2,7%	1,2%
	mehrmals pro Woche	Anzahl	14	47
		Erwartete Anzahl	14,0	47,0
		% innerhalb von Geschlecht	19,2%	19,2%
	einmal pro Woche	Anzahl	10	39
		Erwartete Anzahl	11,6	39,0
		% innerhalb von Geschlecht	13,7%	15,9%
	mehrmals im Monat	Anzahl	14	65
		Erwartete Anzahl	19,4	65,0
		% innerhalb von Geschlecht	19,2%	26,5%
	monatlich	Anzahl	14	44
		Erwartete Anzahl	13,1	44,0
		% innerhalb von Geschlecht	19,2%	18,0%
	seltener	Anzahl	19	47
		Erwartete Anzahl	14,0	47,0
		% innerhalb von Geschlecht	26,0%	19,2%
Gesamt		Anzahl	73	245
		Erwartete Anzahl	73,0	245,0
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%

Tabelle 42: Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	7,015 ^a	5	,220
Likelihood-Quotient	6,803	5	,236
Zusammenhang linear-mit-linear	,828	1	,363
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 2 Zellen (16,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,89.

Tabelle 43: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H_{0_6}

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit	täglich	Anzahl	19	53	72
		Erwartete Anzahl	21,5	50,5	72,0
		% innerhalb von Geschlecht	26,0%	30,8%	29,4%
	mehrmals pro Woche	Anzahl	20	78	98
		Erwartete Anzahl	29,2	68,8	98,0
		% innerhalb von Geschlecht	27,4%	45,3%	40,0%
	einmal pro Woche	Anzahl	7	8	15
		Erwartete Anzahl	4,5	10,5	15,0
		% innerhalb von Geschlecht	9,6%	4,7%	6,1%
	mehrmals im Monat	Anzahl	4	12	16
		Erwartete Anzahl	4,8	11,2	16,0
		% innerhalb von Geschlecht	5,5%	7,0%	6,5%
	monatlich	Anzahl	4	11	15
		Erwartete Anzahl	4,5	10,5	15,0
		% innerhalb von Geschlecht	5,5%	6,4%	6,1%
	seltener	Anzahl	19	10	29
		Erwartete Anzahl	8,6	20,4	29,0
		% innerhalb von Geschlecht	26,0%	5,8%	11,8%
	Gesamt	Anzahl	73	172	245
		Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 44: Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifi- kanz (2-seitig)	Exakte Signifi- kanz (1-seitig)	Punkt- Wahrschein- lichkeit
Chi-Quadrat nach Pearson	24,506 ^a	5	,000	,000		
Likelihood-Quotient	22,711	5	,000	,001		
Exakter Test nach Fisher	22,617			,000		
Zusammenhang linear- mit-linear	13,343 ^b	1	,000	,000	,000	,000
Anzahl der gültigen Fälle	245					

a. 3 Zellen (25,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 4,47.

b. Die standardisierte Statistik ist 3,653.

Tabelle 45: Exakter Test nach Fisher zur Hypothese H_{07}

			Geschlecht		
			männlich	weiblich	Gesamt
in meiner Freizeit	täglich	Anzahl	1	0	1
		Erwartete Anzahl	,3	,7	1,0
		% innerhalb von Geschlecht	1,4%	0,0%	0,4%
	mehrmals pro Monat	Anzahl	1	0	1
		Erwartete Anzahl	,3	,7	1,0
		% innerhalb von Geschlecht	1,4%	0,0%	0,4%
	einmal pro Woche	Anzahl	1	0	1
		Erwartete Anzahl	,3	,7	1,0
		% innerhalb von Geschlecht	1,4%	0,0%	0,4%
	mehrmals im Monat	Anzahl	1	3	4
		Erwartete Anzahl	1,2	2,8	4,0
		% innerhalb von Geschlecht	1,4%	1,7%	1,6%
	monatlich	Anzahl	6	5	11
		Erwartete Anzahl	3,3	7,7	11,0
		% innerhalb von Geschlecht	8,2%	2,9%	4,5%
	seltener	Anzahl	63	164	227
		Erwartete Anzahl	67,6	159,4	227,0
		% innerhalb von Geschlecht	86,3%	95,3%	92,7%
Gesamt	Anzahl	73	172	245	
	Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0	
	% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelle 46: Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifi- kanz (2-seitig)	Exakte Signifi- kanz (1-seitig)	Punkt- Wahrschein- lichkeit
Chi-Quadrat nach Pear- son	10,786 ^a	5	,056	,027		
Likelihood-Quotient	10,678	5	,058	,050		
Exakter Test nach Fisher	10,099			,024		
Zusammenhang linear- mit-linear	7,548 ^b	1	,006	,007	,007	,004
Anzahl der gültigen Fälle	245					

a. 9 Zellen (75,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,30.

b. Die standardisierte Statistik ist -2,747.

Tabelle 47: Exakter Test nach Fisher zur Hypothese H_{0g}

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Faktorisieren von Polynomen	immer	Anzahl	11	30	41
		Erwartete Anzahl	12,2	28,8	41,0
		% innerhalb von Geschlecht	15,1%	17,4%	16,7%
	oft	Anzahl	24	64	88
		Erwartete Anzahl	26,2	61,8	88,0
		% innerhalb von Geschlecht	32,9%	37,2%	35,9%
	selten	Anzahl	22	54	76
		Erwartete Anzahl	22,6	53,4	76,0
		% innerhalb von Geschlecht	30,1%	31,4%	31,0%
	nie	Anzahl	16	24	40
		Erwartete Anzahl	11,9	28,1	40,0
		% innerhalb von Geschlecht	21,9%	14,0%	16,3%
Gesamt		Anzahl	73	172	245
		Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 48: *Geschlecht und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	2,458 ^a	3	,483
Likelihood-Quotient	2,360	3	,501
Zusammenhang linear-mit-linear	1,629	1	,202
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 11,92.

Tabelle 49: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese H_{09}

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Rechnen mit komplexen Zahlen	immer	Anzahl	7	22	29
		Erwartete Anzahl	8,6	20,4	29,0
		% innerhalb von Geschlecht	9,6%	12,8%	11,8%
	oft	Anzahl	17	50	67
		Erwartete Anzahl	20,0	47,0	67,0
		% innerhalb von Geschlecht	23,3%	29,1%	27,3%
	selten	Anzahl	25	53	78
		Erwartete Anzahl	23,2	54,8	78,0
		% innerhalb von Geschlecht	34,2%	30,8%	31,8%
	nie	Anzahl	24	47	71
		Erwartete Anzahl	21,2	49,8	71,0
		% innerhalb von Geschlecht	32,9%	27,3%	29,0%
Gesamt		Anzahl	73	172	245
		Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 50: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	1,805 ^a	3	,614
Likelihood-Quotient	1,828	3	,609
Zusammenhang linear-mit-linear	1,625	1	,202
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,64.

Tabelle 51: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese $H_{0_{10}}$

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Zeichnen von Funktionsgraphen	immer	Anzahl	37	99	136
		Erwartete Anzahl	40,5	95,5	136,0
		% innerhalb von Geschlecht	50,7%	57,6%	55,5%
	oft	Anzahl	22	62	84
		Erwartete Anzahl	25,0	59,0	84,0
		% innerhalb von Geschlecht	30,1%	36,0%	34,3%
	selten	Anzahl	11	11	22
		Erwartete Anzahl	6,6	15,4	22,0
		% innerhalb von Geschlecht	15,1%	6,4%	9,0%
	nie	Anzahl	3	0	3
		Erwartete Anzahl	,9	2,1	3,0
		% innerhalb von Geschlecht	4,1%	0,0%	1,2%
Gesamt	Anzahl		73	172	245
	Erwartete Anzahl		73,0	172,0	245,0
	% innerhalb von Geschlecht		100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 52: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signi- fikanz (2- seitig)	Exakte Signi- fikanz (1- seitig)	Punkt- Wahrschein- lichkeit
Chi-Quadrat nach Pearson	12,320 ^a	3	,006	,005		
Likelihood-Quotient	12,166	3	,007	,008		
Exakter Test nach Fisher	10,872			,008		
Zusammenhang linear- mit-linear	5,771 ^b	1	,016	,018	,012	,005
Anzahl der gültigen Fälle	245					

a. 2 Zellen (25,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,89.

b. Die standardisierte Statistik ist 2,402.

Tabelle 53: Exakter Test nach Fisher zur Hypothese H_{011}

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Ermitteln von (höheren) Ableitungen	immer	Anzahl	28	68	96
		Erwartete Anzahl	28,6	67,4	96,0
		% innerhalb von Geschlecht	38,4%	39,5%	39,2%
	oft	Anzahl	26	74	100
		Erwartete Anzahl	29,8	70,2	100,0
		% innerhalb von Geschlecht	35,6%	43,0%	40,8%
	selten	Anzahl	13	24	37
		Erwartete Anzahl	11,0	26,0	37,0
		% innerhalb von Geschlecht	17,8%	14,0%	15,1%
	nie	Anzahl	6	6	12
		Erwartete Anzahl	3,6	8,4	12,0
		% innerhalb von Geschlecht	8,2%	3,5%	4,9%
Gesamt		Anzahl	73	172	245
		Erwartete Anzahl	73,0	172,0	245,0
		% innerhalb von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 54: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	3,553 ^a	3	,314
Likelihood-Quotient	3,353	3	,340
Zusammenhang linear-mit-linear	1,493	1	,222
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 1 Zellen (12,5%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 3,58.

Tabelle 55: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese $H_{0_{12}}$

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]	immer	Anzahl	29	80	109
		Erwartete Anzahl	32,5	76,5	109,0
		% innerhalb von Geschlecht	39,7%	46,5%	44,5%
	oft	Anzahl	31	76	107
		Erwartete Anzahl	31,9	75,1	107,0
		% innerhalb von Geschlecht	42,5%	44,2%	43,7%
	selten	Anzahl	8	16	24
		Erwartete Anzahl	7,2	16,8	24,0
		% innerhalb von Geschlecht	11,0%	9,3%	9,8%
	nie	Anzahl	5	0	5
		Erwartete Anzahl	1,5	3,5	5,0
		% innerhalb von Geschlecht	6,8%	0,0%	2,0%
Gesamt	Anzahl		73	172	245
	Erwartete Anzahl		73,0	172,0	245,0
	% innerhalb von Geschlecht		100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 56: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen* [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Chi-Quadrat nach Pearson	12,490 ^a	3	,006	,006		
Likelihood-Quotient	12,826	3	,005	,006		
Exakter Test nach Fisher	10,952			,009		
Zusammenhang linear-mit-linear	4,714 ^b	1	,030	,035	,020	,007
Anzahl der gültigen Fälle	245					

a. 2 Zellen (25,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,49.

b. Die standardisierte Statistik ist 2,171.

Tabelle 57: Exakter Test nach Fischer zur Hypothese H_{013}

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Zeichnen von Kegelschnitten [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]	immer	Anzahl	25	69	94
		Erwartete Anzahl	28,0	66,0	94,0
		% innerhalb von Geschlecht	34,2%	40,1%	38,4%
	oft	Anzahl	21	46	67
		Erwartete Anzahl	20,0	47,0	67,0
		% innerhalb von Geschlecht	28,8%	26,7%	27,3%
	selten	Anzahl	17	30	47
		Erwartete Anzahl	14,0	33,0	47,0
		% innerhalb von Geschlecht	23,3%	17,4%	19,2%
	nie	Anzahl	10	27	37
		Erwartete Anzahl	11,0	26,0	37,0
		% innerhalb von Geschlecht	13,7%	15,7%	15,1%
Gesamt	Anzahl		73	172	245
	Erwartete Anzahl		73,0	172,0	245,0
	% innerhalb von Geschlecht		100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 58: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten* [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	1,585 ^a	3	,663
Likelihood-Quotient	1,565	3	,667
Zusammenhang linear-mit-linear	,260	1	,610
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 11,02.

Tabelle 59: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese $H_{0,14}$

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten	immer	Anzahl	25	73	98
		Erwartete Anzahl	29,2	68,8	98,0
		% innerhalb von Geschlecht	34,2%	42,4%	40,0%
	oft	Anzahl	21	50	71
		Erwartete Anzahl	21,2	49,8	71,0
		% innerhalb von Geschlecht	28,8%	29,1%	29,0%
	selten	Anzahl	16	28	44
		Erwartete Anzahl	13,1	30,9	44,0
		% innerhalb von Geschlecht	21,9%	16,3%	18,0%
	nie	Anzahl	11	21	32
		Erwartete Anzahl	9,5	22,5	32,0
		% innerhalb von Geschlecht	15,1%	12,2%	13,1%
Gesamt	Anzahl		73	172	245
	Erwartete Anzahl		73,0	172,0	245,0
	% innerhalb von Geschlecht		100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 60: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	2,090 ^a	3	,554
Likelihood-Quotient	2,074	3	,557
Zusammenhang linear-mit-linear	1,773	1	,183
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 9,53.

Tabelle 61: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese $H_{0,15}$

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung	immer	Anzahl	20	44	64
		Erwartete Anzahl	19,1	44,9	64,0
		% innerhalb von Geschlecht	27,4%	25,6%	26,1%
	oft	Anzahl	27	67	94
		Erwartete Anzahl	28,0	66,0	94,0
		% innerhalb von Geschlecht	37,0%	39,0%	38,4%
	selten	Anzahl	10	46	56
		Erwartete Anzahl	16,7	39,3	56,0
		% innerhalb von Geschlecht	13,7%	26,7%	22,9%
	nie	Anzahl	16	15	31
		Erwartete Anzahl	9,2	21,8	31,0
		% innerhalb von Geschlecht	21,9%	8,7%	12,7%
Gesamt	Anzahl		73	172	245
	Erwartete Anzahl		73,0	172,0	245,0
	% innerhalb von Geschlecht		100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 62: Geschlecht und *Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung*

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	10,986 ^a	3	,012
Likelihood-Quotient	10,741	3	,013
Zusammenhang linear-mit-linear	,717	1	,397
Anzahl der gültigen Fälle	245		

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 9,24.

Tabelle 63: Chi-Quadrat-Homogenitätstest zur Hypothese $H_{0,16}$

13.3.2 Auswertung der *Nutzungsgewohnheiten von GeoGebra unter Berücksichtigung des Merkmals schulische Lernfreude im Mathematikunterricht*

			Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht
Spearman-Rho	Allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra	Korrelationskoeffizient	1,000	,154*
		Sig. (2-seitig)	.	,016
		N	246	246
	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht	Korrelationskoeffizient	,154*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,016	.
		N	246	246

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 64: Rangkorrelation $H_{0,17}$ - *schulische Lernfreude und allgemeine Nutzungshäufigkeit von GeoGebra*

			Ort der Nutzung von GeoGebra ^a				Gesamt
			in der Schule	zu Hause	bei Freunden	andere	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	18	15	1	1	19
		% innerhalb Kategorie 1	94,7%	78,9%	5,3%	5,3%	
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	96	94	3	5	105
		% innerhalb Kategorie 2	91,4%	89,5%	2,9%	4,8%	
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	102	95	5	3	104
		% innerhalb Kategorie 3	98,1%	91,3%	4,8%	2,9%	
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	18	18	0	0	18
		% innerhalb Kategorie 4	100,0%	100,0%	0,0%	0,0%	
Gesamt		Anzahl	234	222	9	9	246

Prozentsätze und Gesamtwerte beruhen auf den Befragten.

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 65: Schulische Lernfreude und Ort der Nutzung von GeoGebra

			verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra ^a				Gesamt
			Computer	Laptop	Tablet	Smart phone	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	2	18	0	2	19
		% innerhalb Kategorie 1	10,5%	94,7%	0,0%	10,5%	
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	30	96	10	17	105
		% innerhalb Kategorie 2	28,6%	91,4%	9,5%	16,2%	
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	26	100	13	27	104
		% innerhalb Kategorie 3	25,0%	96,2%	12,5%	26,0%	
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	7	16	2	8	18
		% innerhalb Kategorie 4	38,9%	88,9%	11,1%	44,4%	
Gesamt		Anzahl	65	230	25	54	246

Prozentsätze und Gesamtwerte beruhen auf den Befragten.

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Tabelle 66: Schulische Lernfreude und verwendete elektronische Geräte für die Nutzung von GeoGebra

			im Mathematikunterricht in der Schule	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht
Spearman-Rho	im Mathematikunterricht in der Schule	Korrelationskoeffizient	1,000	,087
		Sig. (2-seitig)	.	,174
		N	246	246
	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht	Korrelationskoeffizient	,087	1,000
		Sig. (2-seitig)	,174	.
		N	246	246

Tabelle 67: Rangkorrelation $H_{0,18}$ - schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra im Mathematikunterricht in der Schule

			in anderen Fächern in der Schule	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht
Spearman- Rho	in anderen Fächern in der Schule	Korrelationskoeffizient	1,000	,128*
		Sig. (2-seitig)	.	,045
		N	246	246
	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht	Korrelationskoeffizient	,128*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,045	.
		N	246	246

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 68: Rangkorrelation H_{019} - schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in anderen Fächern in der Schule

			beim Machen der Hausübung	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht
Spearman- Rho	beim Machen der Haus- übung	Korrelationskoeffizient	1,000	,131*
		Sig. (2-seitig)	.	,041
		N	246	246
	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht	Korrelationskoeffizient	,131*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,041	.
		N	246	246

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 69: Rangkorrelation H_{020} - schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Machen der Hausübung

			bei der Vorberei- tung auf eine Prü- fung/Schularbeit	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht
Spearman- Rho	bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit	Korrelationskoeffizient	1,000	,010
		Sig. (2-seitig)	.	,872
		N	246	246
	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht	Korrelationskoeffizient	,010	1,000
		Sig. (2-seitig)	,872	.
		N	246	246

Tabelle 70: Rangkorrelation H_{021} - schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra bei der Vorbereitung auf eine Prüfung/Schularbeit

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht
Spearman- Rho	in meiner Freizeit	Korrelationskoeffizient	1,000	,185**
		Sig. (2-seitig)	.	,004
		N	246	246
	Schulische Lernfreude im Mathematikunterricht	Korrelationskoeffizient	,185**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	.
		N	246	246

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 71: Rangkorrelation H_{022} - schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra in meiner Freizeit

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Faktorisieren von Polynomen				Gesamt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	3	7	5	4	19
		% innerhalb von Kategorie 1	15,8%	36,8%	26,3%	21,1%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	17	36	39	13	105
		% innerhalb von Kategorie 3	16,2%	34,3%	37,1%	12,4%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	16	28	39	21	104
		% innerhalb von Kategorie 3	15,4%	26,9%	37,5%	20,2%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	4	6	5	3	18
		% innerhalb von Kategorie 4	22,2%	33,3%	27,8%	16,7%	100,0%
Gesamt		Anzahl	40	77	88	41	246
		% innerhalb von allen Kategorien	16,3%	31,3%	35,8%	16,7%	100,0%

Tabelle 72: Schulische Lernfreude und Faktorisieren von Polynomen

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen				Gesamt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	5	7	4	3	19
		% innerhalb von Kategorie 1	26,3%	36,8%	21,1%	15,8%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	28	35	31	11	105
		% innerhalb von Kategorie 2	26,7%	33,3%	29,5%	10,5%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	31	35	26	12	104
		% innerhalb von Kategorie 3	29,8%	33,7%	25,0%	11,5%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	7	2	6	3	18
		% innerhalb von Kategorie 4	38,9%	11,1%	33,3%	16,7%	100,0%
Gesamt		Anzahl	71	79	67	29	246
		% innerhalb von allen Kategorien	28,9%	32,1%	27,2%	11,8%	100,0%

Tabelle 73: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Rechnen mit komplexen Zahlen

			Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen				Gesamt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	0	4	3	12	19
		% innerhalb von Kategorie 1	0,0%	21,1%	15,8%	63,2%	100,0 %
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	1	7	33	64	105
		% innerhalb von Kategorie 2	1,0%	6,7%	31,4%	61,0%	100,0 %
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	1	6	45	52	104
		% innerhalb von Kategorie 3	1,0%	5,8%	43,3%	50,0%	100,0 %
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	1	5	3	9	18
		% innerhalb von Kategorie 4	5,6%	27,8%	16,7%	50,0%	100,0 %
Gesamt		Anzahl	3	22	84	137	246
		% innerhalb von allen Kategorien	1,2%	8,9%	34,1%	55,7%	100,0 %

Tabelle 74: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Funktionsgraphen

			Ermitteln von (höheren) Ableitungen				Gesamt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude – Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	2	6	0	11	19
		% innerhalb von Kategorie 1	10,5%	31,6%	0,0%	57,9%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	3	18	43	41	105
		% innerhalb von Kategorie 2	2,9%	17,1%	41,0%	39,0%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	4	11	51	38	104
		% innerhalb von Kategorie 3	3,8%	10,6%	49,0%	36,5%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	3	3	6	6	18
		% innerhalb von Kategorie 4	16,7%	16,7%	33,3%	33,3%	100,0%
Gesamt		Anzahl	12	38	100	96	246
		% innerhalb von allen Kategorien	4,9%	15,4%	40,7%	39,0%	100,0%

Tabelle 75: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Ermitteln von (höheren) Ableitungen

			Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen				Gesamt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude – Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	0	5	4	10	19
		% innerhalb von Kategorie 1	0,0%	26,3%	21,1%	52,6%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	2	8	44	51	105
		% innerhalb von Kategorie 2	1,9%	7,6%	41,9%	48,6%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	2	9	52	41	104
		% innerhalb von Kategorie 3	1,9%	8,7%	50,0%	39,4%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	1	3	7	7	18
		% innerhalb von Kategorie 4	5,6%	16,7%	38,9%	38,9%	100,0%
Gesamt		Anzahl	5	25	107	109	246
		% innerhalb von allen Kategorien	2,0%	10,2%	43,5%	44,3%	100,0%

Tabelle 76: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Untersuchen der Eigenschaften von Funktionen [z. B.: Nullstellen, Extremstellen, Monotonie, Wendestellen, Krümmungsverhalten]

			Zeichnen von Kegelschnitten [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]				Gesamt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	1	5	3	10	19
		% innerhalb von Kategorie 1	5,3%	26,3%	15,8%	52,6%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	20	21	29	35	105
		% innerhalb von Kategorie 2	19,0%	20,0%	27,6%	33,3%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	13	19	28	44	104
		% innerhalb von Kategorie 3	12,5%	18,3%	26,9%	42,3%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	3	2	7	6	18
		% innerhalb von Kategorie 4	16,7%	11,1%	38,9%	33,3%	100,0%
Gesamt		Anzahl	37	47	67	95	246
		% innerhalb von Kategorie 5	15,0%	19,1%	27,2%	38,6%	100,0%

Tabelle 77: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Zeichnen von Kegelschnitten [z. B.: Ellipse, Hyperbel, Parabel]

			Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten				Gesamt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	2	5	2	10	19
		% innerhalb von Kategorie 1	10,5%	26,3%	10,5%	52,6%	100,0%
	niedrige schulische Lernfreude	Anzahl	16	18	29	42	105
		% innerhalb von Kategorie 2	15,2%	17,1%	27,6%	40,0%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	10	19	36	39	104
		% innerhalb von Kategorie 3	9,6%	18,3%	34,6%	37,5%	100,0%
	sehr hohe schulische Lernfreude	Anzahl	4	2	4	8	18
		% innerhalb von Kategorie 4	22,2%	11,1%	22,2%	44,4%	100,0%
Gesamt		Anzahl	32	44	71	99	246
		% innerhalb von allen Kategorien	13,0%	17,9%	28,9%	40,2%	100,0%

Tabelle 78: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Arbeiten mit Kegelschnitten: Ermitteln von Schnittpunkten und Tangenten

			Lösen von Aufgaben zur Binomial- verteilung				Ge- samt
			nie	selten	oft	immer	
Schulische Lernfreude - Kategorien	sehr niedrige	Anzahl	3	7	4	5	19
	schulische Lern- freude	% innerhalb von Kategorie 1	15,8%	36,8%	21,1%	26,3%	100,0%
	niedrige schuli- sche Lernfreude	Anzahl	11	29	36	29	105
		% innerhalb von Kategorie 2	10,5%	27,6%	34,3%	27,6%	100,0%
	hohe schulische Lernfreude	Anzahl	12	18	47	27	104
		% innerhalb von Kategorie 3	11,5%	17,3%	45,2%	26,0%	100,0%
	sehr hohe schuli- sche Lernfreude	Anzahl	5	2	7	4	18
		% innerhalb von Kategorie 4	27,8%	11,1%	38,9%	22,2%	100,0%
Gesamt		Anzahl	31	56	94	65	246
		% innerhalb von allen Katego- rien	12,6%	22,8%	38,2%	26,4%	100,0%

Tabelle 79: Schulische Lernfreude und Nutzungshäufigkeit von GeoGebra beim Lösen von Aufgaben zur Binomialverteilung