

i. Eidesstattliche Erklärung

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008 Genehmigung des Senates am 1.12.2008

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Englische Fassung:

Statutory declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

date

.....

(signature)

ii. Danksagung

Allen voran möchte mich bei meinem Betreuer Martin Ebner bedanken, welcher mich bei der Studie und beim Schreiben der Arbeit begleitet und unterstützt hat. Vielen Dank für diese angenehme Betreuung.

Des Weiteren gilt ein großer Dank Johann Mischlinger, dem Direktor des BG-BRG Judenburg. Er ermöglichte mir die Studie an seiner Schule durchzuführen und ermutigte die Lehrerinnen und Lehrer daran auch teilzunehmen. Ohne diese Großzügigkeit wäre diese Arbeit nie möglich gewesen. Danke!

Um gleich beim BG/BRG Judenburg zu bleiben: Vielen herzlichen Dank den Mathematiklehrerinnen und -lehrern der ersten Klassen, welche an der Studie teilgenommen und mich großartig unterstützt haben. Ohne eure Hilfe, euren Einsatz und eure Mitarbeit hätte die ganze Studie nicht ablaufen können. Danke an: Günter Grayer, Ruth Kofler, Elisabeth Rieger, Birgit Schauerl, Susanne Stadler und Lisa Widowitz.

Einen Dank auch an meinen Kollegen und ehemaligen Deutschprofessor Manfred Weissenbacher für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Ich möchte auch meiner Freundin Barbara für ihre eifrige Unterstützung danken, welche mir bei der Auswertung, der Erstellung von Unterlagen und etlichen anderen Arbeiten tatkräftig unter die Arme gegriffen hat.

Zu guter Letzt gebührt der größte Dank meinen Eltern, welche es mir ermöglicht haben, meinen eigenen Weg zu gehen und dieses Studium zu absolvieren. Vielen Dank für eure Unterstützung über die Jahre, die Begleitung meines Weges und den aufmunternden Worten, die ich hin und wieder gebraucht habe. Vielen Dank für eure Liebe!

iii. Kurzfassung

Technische Hilfsmittel werden im Unterricht immer beliebter. Durch Hilfsmittel, wie Computer, Laptops, Smartphones oder Tablets, gibt es viel mehr Möglichkeiten, den Unterricht zu gestalten. Dieser Trend ist schon seit Jahren zu beobachten und führt dazu, dass neue Konzepte benötigt werden.

Learning Analytics bietet für Lehrende innovative Möglichkeiten, ihren Unterricht und ihre Übungen neu zu gestalten. Es sollen natürlich bei Verwendung von Learning-Analytics-Software Vorteile für Lehrende und Lernende entstehen. Deshalb müssen neue Applikationen in diesem Gebiet auf deren Auswirkungen untersucht werden.

In dieser Arbeit wird eine Langzeitstudie im Bereich Learning Analytics vorgestellt. Diese Studie beschäftigt sich mit den Learning-Analytics-Applikationen der Technischen Universität Graz, welche im Rahmen von Diplom-, Master- oder Projektarbeiten entstanden sind. Zu erreichen sind diese unter der Adresse: <http://schule.learninglab.tugraz.at/>

Besonders im Blickpunkt der Studie steht der Divisionstrainer (Geier, 2015). Dieser Trainer wurde im Rahmen der Studie in den ersten Klassen der Unterstufe einer AHS-Schule über den Zeitraum eines Semesters als Hausübung aufgegeben. Es gab drei Versuchsklassen und drei Kontrollklassen, wobei in den Versuchsklassen der Online-Trainer als Hausübung aufgegeben wurde und in den Kontrollklassen äquivalente Aufgaben in Form von einem Aufgabenblatt.

Mit den Daten und Ergebnissen dieser Studie werden der Leistungszuwachs zwischen den Versuchs- und Kontrollklassen verglichen, das Verhalten einzelner Schülerinnen und Schüler analysiert und der Aufwand beider Methoden für einen Lehrer gemessen. Somit können die beiden Forschungsfragen mit Hilfe der Daten beantwortet und die aufgestellten Hypothesen bestätigt oder abgelehnt werden. Eine dieser Forschungsfragen beschäftigt sich mit der Leistung der Schüler und möchte über einen möglichen Unterschied zwischen Versuchsklasse und Kontrollklasse Bescheid wissen. Die zweite Forschungsfrage benötigt Informationen über den Zeitaufwand und den Nutzen für Lehrende.

Als Ergebnis der Studie zeigt sich, dass Lehrende beim Einsatz des Divisionstrainers einen großen zeitlichen Nutzen ziehen können, während der Lernerfolg der Versuchsklassen äquivalent zu dem der Kontrollklassen ist.

iv. Abstract

The use of technical equipment in class is increasing. There are huge possibilities to design lessons with media devices like computers, notebooks, smartphones or even tablets. This trend can be observed since years and because of the possibilities, new ideas for lesson design are required.

Innovative ways to create new lessons offers learning analytics. Teachers and students should benefit from the use, so there must be advantages on both sides. For this reason, just the creation of a learning-analytics application is not enough. The applications has to be studied and proven in real life.

In this work a long-term study in the scope of analytics will be presented. This study is about learning analytics applications from Graz University of Technology. The applications were invented within diploma and master thesis and some other projects. They are available at <http://schule.learninglab.tugraz.at/>

The main part of the study was the divisions trainer (Geier, 2015). This trainer was given for homework over one semester in several classes. The classes were in the fifth academic year and were divided in three experiment classes and three control classes. In the experiment classes the pupils got as homework the online trainer, whereas in the control classes they got traditional working sheets as homework.

With the data and the results of the study, the increase of performance of experiment and control classes can be compared. Also the behavior of some special pupils can be analyzed. Furthermore, the effort for teacher was measured for experiment and control classes. With these results the research questions can be answered and hypothesis can be confirmed or rejected. One of the research questions asked for the difference of performance in experiment and control class. The second one examined the amount of time for the teacher, when using online trainer or traditional method.

As result of the study, the use of the division trainer causes less amount of time for the teacher, but with the same learning profit as in control class.

Inhaltsverzeichnis

i.	Eidesstattliche Erklärung.....	1
ii.	Danksagung.....	3
iii.	Kurzfassung.....	4
iv.	Abstract.....	5
v.	Tabellenverzeichnis.....	10
vi.	Abbildungsverzeichnis.....	12
vii.	Abkürzungsverzeichnis.....	14
1	Einleitung.....	15
1.1	Forschungsfragen.....	16
1.2	Struktur der Arbeit.....	19
2	Learning Analytics.....	21
2.1	Learning-Analytics-Applikationen.....	23
2.2	Konzepte von Learning Analytics.....	26
2.2.1	Learning-Management-System.....	27
2.2.2	Personal Learning Environment.....	28
2.2.3	Intelligente Tutoring-Systeme.....	30
2.3	Learning-Analytics-Kreislauf.....	33
2.3.1	Learning-Analytics-Kreislauf nach Clow.....	33
2.3.2	Theorien hinter dem Learning-Analytics-Kreislauf.....	34
2.4	Learning Analytics an der Technischen Universität Graz.....	36
3	Mathematischer Hintergrund.....	39
3.1	Erlernen der Grundrechnungsarten.....	39
3.2	Division.....	40
3.2.1	Schriftliches Rechenverfahren.....	41
3.2.2	Häufige systematische Fehler bei der schriftlichen Division.....	47

3.2.3	Division im Lehrplan	48
4	Langzeitstudie	49
4.1	Forschungsdesign	49
4.2	Versuchs- und Kontrollklassen	50
4.3	Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer	51
4.4	Mögliche Störfaktoren/Probleme	53
4.5	Verwendete Learning-Analytics-Applikationen.....	55
4.6	Übungsmaterialien	61
4.7	Vor- und Nachtest.....	62
4.8	Ausführung und Gliederung des Versuchs	63
4.8.1	Vorbereitungsphase	64
4.8.2	Versuchsphase.....	65
4.8.3	Nachbereitungsphase.....	67
4.9	Erhobene Daten.....	68
4.9.1	Lernzuwachs	69
4.9.2	Kompetenzzuwachs.....	69
4.9.3	Zeitaufwand.....	70
4.9.4	Daten für die Hypothesenprüfung	70
5	Ergebnisse	72
5.1	Vergleich Vor- und Nachtest.....	72
5.2	Betrachtung der Rechenaufgaben der Versuchsklassen.....	78
5.2.1	Anzahl erledigter Aufgaben.....	78
5.2.2	Erreichtes Kompetenzlevel.....	79
5.2.3	Erfolgsquote	82
5.3	Betrachtung der Rechenaufgaben der Kontrollklassen	83
5.3.1	Erfolgsquote erledigter Beispiele.....	83

5.3.2	Erledigungsquote der Hausübung.....	84
5.4	Zeitaufwand für Lehrerinnen und Lehrer	85
5.4.1	Traditionelle Aufgabenblätter	85
5.4.2	Online-Trainer	86
5.5	Überprüfen der Hypothesen	88
6	Diskussion.....	96
7	Zusammenfassung.....	103
8	Literaturverzeichnis.....	105
9	Anhang	108
9.1	Handout für Lehrerinnen und Lehrer	108
9.2	Elternbrief.....	113
9.3	Handout für Schülerinnen und Schüler	114
9.4	Rätselaufgaben	116

v. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Kolbs Erfahrungsbezogener Lernkreislauf mit Clows Learning-Analytics-Kreislauf (Clow, 2012)	35
Tabelle 2: Beispiel zum Divisionsalgorithmus 2	46
Tabelle 3: Gegenüberstellung systematischer Fehler und typischer Fehler nach Padberg (Padberg, 2011)	47
Tabelle 4: Abhängige und unabhängige Variablen des Experiments.....	50
Tabelle 5: Klassen-Identifikationsnummern	51
Tabelle 6: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf Versuchs- und Kontrollklassen.....	52
Tabelle 7: Verteilung weiblicher und männlicher Schüler auf VK und KK	52
Tabelle 8: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die einzelnen Klassen	52
Tabelle 9: Übersicht über die verwendeten LAA	55
Tabelle 10: Kompetenzlevel des Divisionstrainers (Geier, 2015)	58
Tabelle 11: Kompetenzlevel der Rechnungen des Vor- bzw. Nachtests.....	63
Tabelle 12: Zeitlicher Ablauf der Studie	64
Tabelle 13: Übersicht über verwendete Datenquellen für die Hypothesenauswertung	71
Tabelle 14: Übersicht der Ergebnisse von Vor- und Nachtest von VK und KK.....	73
Tabelle 15: Daten der Tests der einzelnen VK	75
Tabelle 16: Daten der Tests der einzelnen KK.....	77
Tabelle 17: Vergleich der Anzahl erledigter Division der VK.....	79
Tabelle 18: Durchschnittlich erreichtes KL pro Aufgabenwoche	80
Tabelle 19: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Kompetenzlevel	80
Tabelle 20: Durchschnittliche Erfolgsquote der Aufgaben in den VK	82
Tabelle 21: Erfolgsquote erledigter Aufgaben der KK.....	84
Tabelle 22: Erledigungsquote der Hausübungen in den KK.....	85
Tabelle 23: Zeitaufwand für das Zusammenstellen der Aufgabenblätter	85
Tabelle 24: Zeitaufwand für das Korrigieren der Aufgabenblätter pro Klasse pro Woche	86
Tabelle 25: Aufwand für das Erstellen einer Statistik beim traditionellen Verfahren.....	86
Tabelle 26: Gesamtaufwand beim traditionellen Verfahren mit und ohne dem Erstellen einer Statistik.....	86
Tabelle 27: Zeitaufwand für die Analyse der Online-Statistik.....	87

Tabelle 28: Zeitaufwand für das Erstellen der individuellen Hausübungsliste	87
Tabelle 29: Gesamtaufwand für eine Klasse mit Online-Trainer	87
Tabelle 30: Übersicht über den Gesamtaufwand der verschiedenen Methoden	87
Tabelle 31: Vergleich der Änderungen von Vor- bzw. Nachtest zwischen VK und KK.....	88
Tabelle 32: Stand der Kompetenzlevel am 26.11.2015	91
Tabelle 33: Leistungszuwachs und Kompetenzlevel von Schülerinnen und Schülern, welche unregelmäßig und nicht die geforderte Anzahl an Aufgaben erledigten	92
Tabelle 34: Vergleich des Gesamtaufwands für Lehrerinnen und Lehrer bei unterschiedlichen Methoden.....	95
Tabelle 35: Übersicht der Hypothesen.....	95

vi. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einmaleins-Trainer Login	25
Abbildung 2: Das Trainingsprogramm in Aktion	25
Abbildung 3: Statistische Auswertung einer Klasse (anonymisiert) (Ebner, 2015).....	26
Abbildung 4: Personalisierte PLE der TU Graz	29
Abbildung 5: Widget-Store des PLE der TU Graz	30
Abbildung 6: Vier-Modul-Architektur eines ITS (Yang, 2010)	31
Abbildung 7: Fünf-Modul-Architektur (Yang, 2010)	32
Abbildung 8: Learning-Analytics-Kreislauf nach Clow (Clow, 2012)	34
Abbildung 9: TeachCenter – Startseite	36
Abbildung 10: Learning Analytics für Schulen – Übersicht	37
Abbildung 11: Learning Analytics Software für Sprachen.....	37
Abbildung 12: Pseudocode für Divisionsalgorithmus 1	42
Abbildung 13: Beispiel für Divisionsalgorithmus 1.....	42
Abbildung 14: Divisionsalgorithmus nach Bathelt, Post und Padberg (Bathelt, Post, & Padberg, 1986, S. 30).....	44
Abbildung 15: Mathe-Multi-Trainer.....	56
Abbildung 16: Plus-Minus-Trainer.....	56
Abbildung 17: Ein-Mal-Eins-Trainer	56
Abbildung 18: Login-Seite des Divisionstrainers	57
Abbildung 19: Eine Division des Divisionstrainers	57
Abbildung 20: Vergleich der alternativen Ansicht (links) mit der Standardansicht (rechts) ...	59
Abbildung 21: Klassenstatistik des Divisionstrainers	60
Abbildung 22: Kompetenzlevel-Verlauf	60
Abbildung 23: Statistik der Kompetenzkategorien	60
Abbildung 24: Statistik einzelner Rechnungen eines Kompetenzlevels	61
Abbildung 25: Beispiel eines Aufgabenzettels	61
Abbildung 26: Vor- bzw. Nachtest.....	62
Abbildung 27: Rückmeldung bzw. neue Hausübung einer VK.....	67
Abbildung 28: Vergleich der Daten von VK mit KK (in %)	73
Abbildung 29: Vergleich der Daten VK mit KK (Anzahl)	74

Abbildung 30: Daten einzelner VK (in %)	76
Abbildung 31: Daten einzelner VK (Anzahl)	76
Abbildung 32: Daten einzelner KK (in %).....	77
Abbildung 33: Daten einzelner KK (Anzahl)	78
Abbildung 34: Durchschnitt erledigter Aufgaben der einzelnen VK	79
Abbildung 35: Durchschnittlich erreichtes KL pro Aufgabenwoche	80
Abbildung 36: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die einzelnen KL (ohne KL 16) ..	81
Abbildung 37: Verteilung der Schülerinnen und Schüler im höchsten KL auf die einzelnen Klassen.....	81
Abbildung 38: Durchschnittliche Erfolgsquote der Aufgaben in den VK	82
Abbildung 39: Erfolgsquote erledigter Aufgaben der KK	84
Abbildung 40: Erledigungsquote der Hausübungen in den KK	85
Abbildung 41: Kompetenzlevel-Verlauf in Versuchs- und Kontrollklassen.....	89
Abbildung 42: Übersicht über die Statistik beim Online-Trainer	93

vii. Abkürzungsverzeichnis

<i>Abkürzung</i>	<i>Bedeutung</i>
AHS	Allgemeinbildende höhere Schule
BMBWF	Bundesministerium für Bildung und Frauen
EDM	Educational Data Mining
HY	Hypothese
HY1	Hypothese 1
HY2	Hypothese 2
HY3	Hypothese 3
HY4	Hypothese 4
HY5	Hypothese 5
HY6	Hypothese 6
HY7	Hypothese 7
HY8	Hypothese 8
ITS	Intelligent Tutorin System
K-ID	Klassen-Identifikationsnummer
KK	Kontrollklassen
KL	Kompetenzlevel
L3T	Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien
LA	Learning Analytics
LAA	Learning-Analytics-Applikationen
LD	Learning Design
LMS	Learning Management System
m	männlich
PLE	Personal Learning Environment
S-ID	Schüler-Identifikationsnummer
TU Graz	Technische Universität Graz
VK	Versuchsklassen
w	weiblich

1 Einleitung

Heutzutage wird es immer wichtiger, eine fundierte Bildung im technologischen Bereich erfahren zu haben. Sehr viele Berufe erfordern digitale Kompetenzen. Daher sollte jeder Mensch Grundkompetenzen im Bereich der Informatik aufweisen können. In heimischen Betrieben wird sehr oft zusätzlich eine Spezialsoftware verwendet, welche noch weitere Kenntnisse erfordert. Doch wie soll man diese bedienen können, wenn man schon Probleme bei einfachen Aufgaben am Computer hat?

Darum ist es umso wichtiger, dass digitale Kompetenzen schon früh in den Unterricht mit einfließen. Dass es an österreichischen Schulen Computer gibt, ist mittlerweile Standard und schon fast eine unausgesprochene Voraussetzung für jede Schule.¹ Einzelne Schulen setzen seit einigen Jahren auch auf Unterricht mit Tablets und forcieren somit den Umgang mit neuen Medien und Technologien.²

Man sieht also, dass sich die Schulen bemühen, genügend Möglichkeiten für junge Menschen bereitzustellen, um mit der wachsenden Integration der Technologien in den Alltag fertig zu werden.¹ Darüber hinaus muss auch der Unterricht dementsprechend angepasst werden. Hiermit sind die Lehrerinnen und Lehrer gefordert, eine zeitgemäße Adaption ihres Unterrichtstils durchzuführen, um auch mit den neuen Medien hochwertigen Unterricht abhalten zu können. Dies geschieht oft mit Hilfe von Online-Plattformen, welche das sogenannte E-Learning unterstützen und Online-Möglichkeiten bieten, verschiedenste Inhalte bereitzustellen.

In der Mathematik gibt es schon seit längerem einige Programme und Online-Plattformen, welche in den Unterricht mit eingebaut werden. Sei es einfach nur mithilfe des Computers und des Beamer in der Klasse, den Notebooks der Schülerinnen und Schüler, den Computern im Computerraum der Schule oder den von der Schule bereitgestellten Tablets. Ein Beispiel dafür wäre der erfolgreiche Grafikrechner Geogebra³, welcher bei Funktionen, Geometrie, Analysis, Statistik und 3D-Objekten zum Einsatz kommen kann. Dieses Programm bietet den

¹ <https://www.bifie.at/buch/875/9/1> (besucht am 20.04.2016)

² <https://tabletteacherlive.wordpress.com/category/windowsschool/> (besucht am 20.04.2016)

³ <http://www.geogebra.org/> (besucht am 10.03.2016)

Schülerinnen und Schülern eine innovative Oberfläche auf verschiedensten Geräten und kann so beim Verständnis des Lehrstoffs helfen.

Der Fokus dieser Arbeit bleibt im Bereich E-Learning und geht in den Bereich technologiegestütztes Lernen mit Hilfe von Learning-Analytics-Applikationen (LAA) im Mathematikunterricht. Es wurden für das Fach Mathematik im Bereich der Sekundarstufe 1 und der Primarstufe, von der Technischen Universität Graz (TU Graz) im Rahmen von weiteren Diplomarbeiten (Steyrer, 2012) (Geier, 2015) (Neuhold, 2013) vier Trainer entwickelt, welche die Grundrechnungsarten trainieren sollen. Eine Feldstudie über diese vier Trainer wurde bereits abgeschlossen (Pronegg, 2015).

Für diese Arbeit wurde eine Langzeitstudie über ein Semester durchgeführt, welche sich hauptsächlich mit dem Divisionstrainer (Geier, 2015) befasst. Im Folgenden werden die Forschungsfragen zu der Studie vorgestellt und kurz diskutiert.

1.1 Forschungsfragen

Diese Langzeitstudie untersuchte speziell den Divisionstrainer der TU Graz. Es wurden über den Zeitraum von einem Semester wöchentlich Aufgaben aufgegeben. Es gab insgesamt drei Versuchsklassen (VK) und 3 Kontrollklassen (KK), wobei sich die VK mit den Online-Trainern beschäftigte, während die KK schriftlich eine gewisse Anzahl an Aufgaben zu erledigen hatten.

Die Aufgaben wurden in Form von Hausübungen aufgegeben und fließen somit auch in die Beurteilung der Schülerinnen und Schüler mit ein. Die erste Forschungsfrage beschäftigt sich mit dem Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler und deren Verbesserung beim Lösen von Divisionen.

Die zweite Forschungsfrage betrachtet die Sicht der Lehrerinnen und Lehrer und versucht Vor- oder Nachteile für Lehrerinnen und Lehrer beim Verwenden von LAA im Unterricht herauszufinden. Zu jeder der Forschungsfragen gibt es mehrere Hypothesen, welche mit HY abgekürzt und mit einer Laufnummer versehen wurden.

Forschungsfrage 1:

Welchen Lernfortschritt können Schülerinnen und Schüler beim Verwenden von Learning-Analytics-Applikationen aufweisen, wenn auf ihre analysierten Fehler wöchentlich reagiert wird?

Hypothese 1 (HY1): Schülerinnen und Schüler haben bei ähnlichem Aufwand in den Versuchsklassen und den Kontrollklassen denselben Lernfortschritt bei der Kompetenz Dividieren.

Nachdem in den Versuchsklassen und in den Kontrollklassen dieselbe Art von Aufgaben aufgegeben und auch in jeder Klasse eine ähnliche Anzahl an Aufgaben erledigt wurden, ist es sicherlich sehr interessant zu wissen, ob Versuchsklassen und Kontrollklassen auch dieselbe Steigerung bei der Kompetenz Dividieren erlangt haben. HY1 erwartet sich also einen gleichen Leistungsertrag in VK und KK.

Hypothese 2 (HY2): Gute Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen erledigen mehr Aufgaben als aufgegeben werden, da sie keine begrenzte Anzahl pro Woche haben.

In HY2 wird erwartet, dass vor allem gute Schülerinnen und Schüler ein höheres Engagement aufweisen und mehr Aufgaben pro Woche erledigen, als eigentlich für sie geplant wäre. Da Schülerinnen und Schüler in den KK nur eine begrenzte Anzahl an Aufgaben pro Woche zur Verfügung haben, können diese nicht mehr Aufgaben pro Woche erledigen. Der Aufgabenpool für VK ist aber nicht begrenzt und somit ist es mit Sicherheit interessant zu sehen, ob wirklich mehr Aufgaben bearbeitet werden oder ob trotzdem nur die erforderlichen Aufgaben erledigt wurden.

Hypothese 3 (HY3): Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen sind schneller auf einem höheren Kompetenzlevel als in den Versuchsklassen.

In den KK wird das Kompetenzlevel (KL) wöchentlich um ein oder zwei Level erhöht, sodass in den insgesamt 11 Wochen alle Kompetenzlevel abgedeckt wurden. Das heißt, dass der letzte Aufgabenzettel in den KK auf dem Kompetenzlevel 16 zu erledigen ist. Im Gegensatz dazu wird in den VK das Kompetenzlevel nach vier hintereinander richtig erledigten Aufgaben

automatisch erhöht. Laut HY3 sollten also Schülerinnen und Schüler in den VK schneller auf ein höheres Level kommen.

Hypothese 4 (HY4): Nicht alle Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen erreichen das höchste Kompetenzlevel.

Nachdem sich das Kompetenzlevel in den VK online automatisch anpasst und bei fünf falschen Aufgaben hintereinander sogar verringert wird, werden wahrscheinlich nicht alle Schülerinnen und Schüler das höchste Level bis zum Ende des Versuchs erreichen.

Hypothese 5 (HY5): Vor allem Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen, die nicht regelmäßig die geforderte Anzahl an Aufgaben erledigen, haben eine schwächere Leistungskurve und erreichen nicht das höchste Kompetenzlevel.

HY5 ist eine Erweiterung von HY4 und zielt auf weniger engagierte Schülerinnen und Schüler ab. Es wird erwartet, dass die Regelmäßigkeit der Erledigung der Aufgaben sichtbar in den Ergebnissen und vor allem im erreichten Kompetenzlevel ist.

Forschungsfrage 2:

Welcher Aufwand entsteht in den Versuchsklassen und in den Kontrollklassen für die Lehrerinnen und Lehrer und welcher Vorteil ergibt sich aus dem Einsatz von Learning-Analytics-Applikationen im Mathematikunterricht?

Hypothese 6 (HY6): Lehrerinnen und Lehrer haben einen größeren Aufwand für die Erstellung einer Übersicht über den Lernfortschritt und die Leistung der Schülerinnen und Schüler in den Kontrollklassen als in den Versuchsklassen.

Da die KK mit selbst erstellten Aufgaben auf normalem Papier rechnen müssen, ergibt das viele einzelne Blätter, welche erst ausgewertet werden müssen. Diese Auswertung muss für jede Schülerin und jeden Schüler geschehen und erfordert somit einen großen Aufwand. Vor allem, wenn man mit vorhergehenden Rechnungen vergleichen möchte, muss man die

entsprechenden vorhergehenden Aufgaben nehmen und Vergleiche anstellen. Da in den VK die Auswertung online von der Software erledigt wird, besagt also HY6, dass für die einzelnen Schülerinnen und Schüler und deren Fortschritt schneller eine Übersicht entsteht.

Hypothese 7 (HY7): Lehrerinnen und Lehrer können beim Verwenden des Online-Trainers aufgrund der automatischen Auswertung leichter und schneller auf die auftretenden Probleme von Schülerinnen und Schüler individuell reagieren.

Mit HY7 geht man auf die Probleme einer einzelnen Schülerin/eines einzelnen Schülers ein. Diese besagt, dass man aufgrund der automatischen Auswertung der LAA als Lehrerin und Lehrer dadurch profitiert, dass man individuell auf die Probleme eingehen und mithilfe der richtigen Schritte entgegenwirken kann.

Hypothese 8 (HY8): Durch den Wegfall der Erstellung von Arbeitsblättern und deren Auswertung in den Versuchsklassen beim Arbeiten mit Learning-Analytics-Applikationen entsteht eine Zeitersparnis für Lehrerinnen und Lehrer.

HY8 besagt in dem Fall, dass Lehrerinnen und Lehrer, welche LAA in ihrem Unterricht verwenden, eine Zeitersparnis haben. Beim Verwenden fällt in der Regel das Erstellen von Arbeits- und Aufgabenblättern weg und die Rechnungen werden automatisch ausgewertet, sodass laut HY8 eine Zeitersparnis für die Lehrerin und den Lehrer entsteht.

1.2 Struktur der Arbeit

In dieser Arbeit wird die oben schon vorgestellte Langzeitstudie durchgeführt und zugehörige Theorie besprochen. Daraus folgt die nachstehende Strukturierung der Arbeit:

Der theoretische Teil gliedert sich in 3 Bereiche: Im Kapitel 1 (Einleitung) wird in das Thema eingeleitet und die Forschungsfrage mitsamt den Hypothesen vorgestellt. Darauf folgt das Thema Learning Analytics (LA) in Kapitel 2, in welchem verschiedene Ansätze und Konzepte von Learning Analytics vorgestellt werden. Als drittes und letztes Thema im theoretischen Bereich wird der mathematische Hintergrund im Kapitel 3 betrachtet.

Auf den theoretischen Teil folgt die Vorstellung der Langzeitstudie in Kapitel 4, wobei der gesamte Aufbau der Studie, wie auch die verwendeten Mittel und sämtlich notwendige Eckdaten erklärt werden. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Studie präsentiert mit Blickpunkt auf die Tests, den Rechenaufgaben und dem Aufwand und Nutzen für Lehrerinnen und Lehrer. Daraufhin folgt die Diskussion der Ergebnisse in Kapitel Nummer 6.

Abschließend gibt es eine Zusammenfassung der Arbeit gefolgt vom Literaturverzeichnis und dem Anhang für zusätzliches Material.

2 Learning Analytics

Den Begriff Learning Analytics findet man in der Wissenschaft erstmals im Jahr 2000 (Schön & Ebner, 2013). Es dauerte jedoch fast zehn Jahre, bis sich der Begriff etablierte und erste Konferenzen zu diesem Thema abgehalten wurden. In der Zwischenzeit entwickelte sich das Web 2.0 immer weiter - es entstanden soziale Plattformen und viele weitere Möglichkeiten, bei denen man Daten zu sammeln begann. Zunächst wurden die Daten für einen wissenschaftlichen Zweck gesammelt, doch schon bald erkannte man, dass man aufgrund der Analyse von Nutzerdaten Dienstleistungen anpassen und zum Beispiel den Gewinn einer Firma steigern kann.

Schon lange vor dem Web 2.0 versuchte man mit dem Computer automatisiert Daten zu sammeln und mit Hilfe dieser Daten Prognosen zu erstellen. Diese Methode nennt man Educational Data Mining (EDM). Da man als Lehrperson auch nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung hat und sich nicht alle Daten, alle Fehler etc. einer Schülerin/eines Schülers merken kann, beziehungsweise dann schon gar nicht für alle Schülerinnen und Schüler, kann man mithilfe von EDM-Systemen diese Daten automatisiert sammeln. Aus diesen Daten werden vom EDM-System Prognosen für jede Schülerin und jeden Schüler. (Schön & Ebner, 2013)

Mit dieser Hilfe lassen sich automatisiert Zusammenhänge zwischen den gesammelten Daten herstellen. Es geht sogar so weit, dass das System beim Erreichen von kritischen Werten benachrichtigt und der Lehrerin/dem Lehrer Hilfestellungen zum Lösen des Problems bereitstellen kann. (Schön & Ebner, 2013)

EDM wird von Schön und Ebner wie folgt definiert:

„Das Ziel von Educational Data Mining ist es aus riesigen Datenmengen überschaubare Typen, Profile, Zusammenhänge, Cluster und darauf bezogene typische Abfolgen, Zusammenhänge und kritische Werte zu ermitteln, um daraus Prognosen zu errechnen und Empfehlungen für sinnvolle pädagogische Handlungen ableiten zu können“ (Schön & Ebner, 2013, S. 4)

Man könnte aus dieser Definition erschließen, dass es mit EDM möglich ist, dass Lehrerinnen und Lehrer auf kritische Lernerfolge von Schülerinnen und Schüler rechtzeitig reagieren

können. Da sogar Empfehlungen für sinnvolle pädagogische Handlungen mitgeteilt werden, ist es für die Lehrerin/den Lehrer umso leichter, den Problemen der Schülerin/des Schülers effizient entgegenzuwirken.

Mit Learning Analytics geht man in eine ähnliche Richtung wie mit EDM. Auch bei LA werden jede Menge Daten gesammelt, um dadurch den Lernenden als Lehrerin und Lehrer besser unterstützen zu können. Des Weiteren können die Lernfortschritte einer Schülerin/eines Schülers besser beobachtet und deren Erfolg prognostiziert werden.

Learning Analytics wird von Schön und Ebner wie folgt definiert:

„Learning Analytics ist die Interpretation von lernerinnen- und lernerspezifischen Daten, um individuelle Lernprozesse gezielt zu verbessern. Learning Analytics stellt dazu dem Lehrpersonal Werkzeuge bereit. Lehrpersonen gelangen so an Informationen, die sie ohne solche Tools eventuell gar nicht einholen könnte, bleiben aber auch im Zentrum des pädagogischen Handelns.“ (Schön & Ebner, 2013, S. 4)

Worin liegt nun also der Unterschied zwischen EDM und LA?

Da sich die Gebiete sehr überschneiden und ein gemeinsames Ziel verfolgen, ist es wichtig zu wissen, worin sich diese unterscheiden. Der grundlegende Unterschied bei den beiden Ansätzen, den Lernerfolg mit dem Sammeln von Daten und deren Auswertung den Lernerfolg zu steigern, liegt darin, dass sich LA im Gegensatz zu EDM mit der individuellen Verbesserung der Lernprozesse befasst. Bei EDM stehen nicht die individuellen Lernprozesse im Mittelpunkt, sondern das Herstellen von Zusammenhängen und Erkennen von kritischen Werten. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass LA ein Werkzeug für den Lehrenden ist und beim Interpretieren der Daten hilft. EDM hingegen bringt primär automatisierte Unterstützung für Lernende, ohne dass eine Lehrerin/ein Lehrer viel beitragen muss. (Ebner, 2015)

Learning Analytics ist ein breitgefächertes Gebiet, in dem Ergebnisse von vielen Forschungsrichtungen zusammenkommen. Darunter fallen laut Lockyer und Dawson folgende Gebiete: Data Mining, Soziale Netzwerke, Visualisierung von Daten, maschinelles Lernen, Semantik, E-Learning und Lerntheorien. (Lockyer & Dawson, 2011)

Diese beiden Autoren verknüpfen zusätzlich LA mit Learning Design (LD) und versuchen eine Verbindung herzustellen. Learning Design beschäftigt sich mit dem Aufbereiten von Inhalten und Erstellen von Materialien. Der Grundgedanke ist, dass Inhalte in einer bestimmten Form dem/der Lernenden präsentiert werden, sodass diese/r einfach das gezeigte Wissen replizieren kann. Das Forschungsgebiet LD nimmt jedoch immer mehr die Lehrerin/den Lehrer in den Fokus, welche/r die/der eigentliche Designer/in der Information ist. Das heißt, es werden die Forschungsergebnisse in der Form aufbereitet, sodass sie als Richtlinie zur Erstellung von Inhalten dienen, an denen sich die/der Lehrende einfach orientieren kann. (Lockyer & Dawson, 2011)

Wie oben schon erwähnt, verbinden die beiden Autoren Lockyer und Dawson nun die beiden Forschungsgebiete miteinander und begründen dies wie folgt:

„Seemingly, learning analytics takes up where learning design finishes in the educational experience continuum-implementation and outcomes.“

(Lockyer & Dawson, 2011, S. 153)

Daraus kann man also schließen, dass bevor Learning Analytics überhaupt stattfinden kann, es einer fundierten Grundlage an LD bedarf, welche erst die Inhalte aufbereitet, die dann analysiert werden und die Daten bereitstellt. Des Weiteren benötigt es neue Konzepte für Lehrende, um LA in ihren Unterricht einzubinden und zu verwenden. In diesem Fall muss LD hier ansetzen und neue Wege finden, wie LA sinnvoll ein Teil des Unterrichts werden kann.

2.1 Learning-Analytics-Applikationen

Die Zukunft des Unterrichtens und des Lernens liegt in der ständigen Weiterentwicklung der Methoden und der Materialien. Deshalb gibt es fortlaufend Studien und Untersuchungen zu verschiedensten Themengebieten, welche einen besseren Lernertrag versprechen⁴ (Steffens & Höfer, 2014). Eines dieser Themen ist das eben behandelte Modell von Learning Analytics.

Wird dieses Modell in der Praxis umgesetzt und Software dafür bereitgestellt, so nennt man die Anwendungen Learning-Analytics-Applikationen (LAA). Diese Applikationen sind speziell darauf ausgerichtet, LA in den Unterricht einbauen zu können und bieten eigene Strukturen

⁴ <http://www.sga.at/> (besucht am 27.04.2016)

für Daten und Datenanalysen. Weiterführend helfen an die Aufgaben angepasste Datenvisualisierungen und spezielle Algorithmen zur Analyse beim Verständnis und der Interpretation der Daten.

LAA sollten das individuelle Betreuen von Lernenden erleichtern und deshalb auch an Lernarten und Lerngeschwindigkeiten angepasst sein. Es sollte für eine möglichst große Bandbreite an unterschiedlichen Lerntypen ausgerichtet sein und diese ansprechen, sodass nicht viele verschiedene Softwareversionen für unterschiedliche Lernende entwickelt werden müssen. (Erpenbeck & Sauter, 2013)

Ein Beispiel für die Umsetzung einer solchen Software gibt es an der TU Graz. Im Rahmen von verschiedenen Diplom-, Master- und Projektarbeiten entstanden verschiedenste Trainingsprogramme. Das erste Trainingsprogramm, welches entwickelt wurde, war der Ein-Mal-Eins-Trainer. Dieser bietet eine intuitive Oberfläche und versucht mit einem ausgeklügelten Algorithmus den Lernstand des Lernenden einzuschätzen und dementsprechend Beispiele bereitzustellen. Dieser Trainer (und noch weitere) kann von jedem frei verwendet werden. Man findet ihn unter <http://schule.learninglab.tugraz.at/>⁵.

Lehrende wie auch Lernende können sich anmelden und das Trainingsprogramm nutzen. Lehrende können ihren Account zusätzlich zu einem Lehreraccount aufwerten, und somit die Ergebnisse, Statistiken und Auswertungen der Schülerinnen und Schüler an der Schule betrachten. (Ebner, 2015)

In Abbildung 1 sieht man die Login-Seite, bei welcher man sich anmelden oder sich zuvor registrieren muss, um einen Account zu erhalten. Dies garantiert, dass jede/r Benutzer/in seine eigene Lernumgebung mit seinem eigenen Fortschritt hat.

In Abbildung 2 sieht man das Trainingsprogramm in Aktion. Es wird eine Rechnung angezeigt für die man eine gewisse Zeit brauchen darf. Der Balken unter dem Button „Antworten“ steht für die verbleibende Zeit. Auf der linken Seite sieht man die erste Statistik: Jeder Stern steht für eine bestimmte Rechnung (Zeilennummer mal Spaltennummer: Spalte 6, Zeile 4: $6 \cdot 4$).

⁵ LAA der TU Graz. Zuletzt besucht am 27.03.2016



Abbildung 1: Einmaleins-Trainer Login

Ein oranger Stern bedeutet, dass diese Rechnung einmal richtig gerechnet wurde. Ein gelber Stern zeigt an, dass diese Rechnung zweimal hintereinander richtig gerechnet wurde. Ein Stern ohne Farbe zeigt an, dass diese Rechnung noch nicht oder zuletzt falsch beantwortet wurde.



Abbildung 2: Das Trainingsprogramm in Aktion

In Abbildung 3 sieht man die statistische Auswertung einer Klasse. Für die Auswertung dieser Grafik gibt es eindeutig bestimmte Indikatoren. Grüne Farben stehen für richtig gelöste Aufgaben. Rote Felder für falsche Lösungen. Die Spalte „Skill“ gibt die Gesamtbewertung über das Können eines Lernenden aus und zeigt eine Einschätzung auch mit den Farben grün, gelb und rot an.

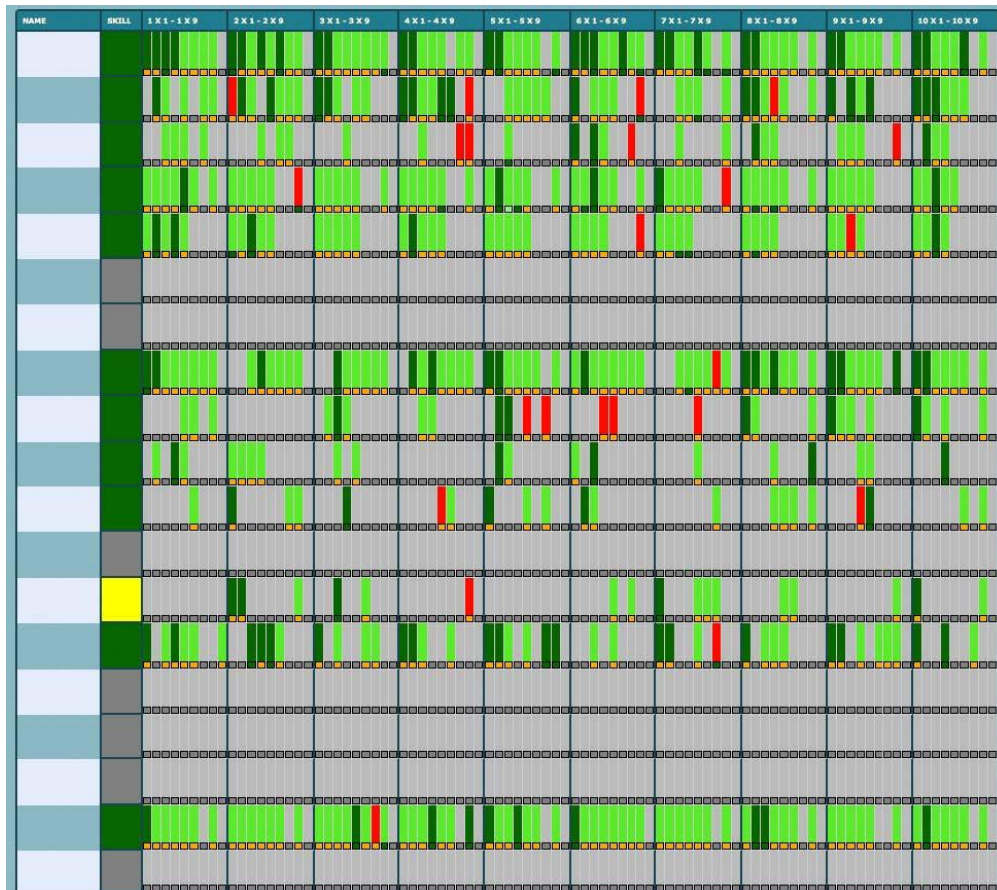


Abbildung 3: Statistische Auswertung einer Klasse (anonymisiert) (Ebner, 2015)

2.2 Konzepte von Learning Analytics

Da Learning Analytics ein komplexer Vorgang ist und aus mehreren Teilen besteht, gibt es natürlich auch verschiedene Konzepte und Herangehensweisen, um LAA umzusetzen. Einer der wichtigsten Bestandteile von LA ist aber unbestreitbar: Daten sammeln. Es geht nicht nur darum, dass die Daten beschafft werden, sondern auch um das „wie“. Laut Geier (Geier, 2015) sind Learning-Management-Systeme (LMS) und Personal Learning Environments (PLE) wichtige Bestandteile des Beschaffungsprozesses. Ziel beider Systeme ist es, effektiv Daten über das Lernverhalten und den Lernfortschritt zu sammeln und diese für eine weitere

Verarbeitung zu speichern. Die nun bereitgestellten Daten können für die allgemeine, aber individuelle Verbesserung der Lernprozesse verwendet werden. (Geier, 2015)

2.2.1 Learning-Management-System

Sehr oft wird E-Learning fälschlicherweise mit LMS gleichgesetzt, obwohl diese nur ein Teil aus dem Bereich sind. E-Learning im gesamten bezeichnet eigentlich jeden Lernvorgang, bei welchem elektronische oder digitale Medien verwendet werden (Kerres, 2001). Weil aber in den vergangenen 15 Jahren E-Learning meistens darin bestand, vorbereitete Materialien auf einem Server abzulegen und somit jederzeit abrufbar für Lernende zu machen, wird LMS oft gleich E-Learning bezeichnet. (Baumgartner, Häfele, & Maier-Häfele, 2002)

In obigem Absatz steckt bereits die Definition eines LMS. Etwas klarer formuliert sieht ein LMS nach Baumgartner folgendermaßen aus:

„Ein Lernmanagementsystem (engl. 'learning management system', kurz LMS) ist eine serverseitig installierte Software, die beliebige Lerninhalte über das Internet zu vermitteln hilft und die Organisation der dabei notwendigen Lernprozesse unterstützt.“ (Baumgartner, Häfele, & Maier-Häfele, 2002, S. 24)

Eines der bekanntesten und weitverbreitetsten LMS ist die Lernplattform Moodle, welche zurzeit österreichweit an Schulen und vielen Universitäten verwendet wird.

Zu Anfangszeiten von LMS, ungefähr um das Jahr 2000 (Geier, 2015), war der Funktionsumfang solcher Systeme noch sehr begrenzt. Mit der Zeit wurden die verschiedensten Plattformen immer weiter ausgebaut und entwickelt, sodass sie sich an die Bedürfnisse der Lehrenden und Lernenden immer weiter angepasst hatte.

Nach etwas mehr als 10 Jahren Entwicklungszeit umfassen heutige LMS folgende Funktionsbereiche nach Kalz:

- *„Werkzeuge für Lehrende zur Erstellung von Aufgaben und Übungen*
- *Evaluations- und Bewertungshilfen (Umfragen und Tests)*

- *Präsentation von Inhalten (Lernmaterialien)*
- *Administrative Unterstützung von Lehrenden (zum Beispiel bei Abgaben, Terminen)*
- *Kommunikationswerkzeuge für Lehrende und Lernende“ (Kalz, Schön, Lindner, Roth, & Baumgartner, 2011)*

2.2.2 Personal Learning Environment

Bei einem LMS geht es im Endeffekt darum, mehreren Lernenden den gleichen Inhalt zur Verfügung stellen zu können und dass diese Inhalte über die verschiedensten Funktionen (siehe oben) erweitert, beurteilt und überprüft werden. Im Gegensatz dazu ist ein Personal Learning Environment (PLE) auf die Lernenden und dessen Inhalte konzentriert. Frei übersetzt soll also eine personalisierte Lernumgebung für die Lernenden entstehen.

Im Grunde genommen ist ein PLE nichts anderes, als eine Möglichkeit für die Lernenden, alle Inhalte ihrer/seiner Interessen und des zu lernenden Stoffes in mehreren Gebieten auf einer Plattform zu sammeln und übersichtlich darzustellen. In einer PLE gibt es die Möglichkeit verschiedenste Online-Dienste und Online-Anwendungen zu kombinieren und so ein ganzheitliches Bild von allem zu bekommen. (Geier, 2015)

Folgende Definition zum PLE stammt ebenfalls von Kalz & Schön:

„Persönliche Lernumgebungen, kurz PLE, sind Lernanwendungen, bei denen Lerner verteilte Online-Informationen, -Ressourcen oder -Kontakte einerseits selbst in ihre PLE integrieren können und andererseits auch ihre im Rahmen der PLE vollzogenen Aktivitäten und deren Produkte in anderen Online-Umgebungen auf der Basis von Standards zur Verfügung stellen können.“ (Kalz & Schön, 2009, S. 6)

Einerseits gibt eine PLE den Lernenden die Möglichkeit, ihre eigene Lernumgebung individuell an seine Interessen und Vorlieben anzupassen. Andererseits kann ein/e Lernende/r mit Hilfe eines PLE verschiedene Zusammenhänge aus mehreren Bereichen herausfinden und

zusammenfassen. Für die Lernenden entsteht dadurch die Freiheit sich beliebige Inhalte von mehreren Plattformen zu sortieren und anzeigen zu lassen.

In der Weiterentwicklung der PLE entstanden nützliche Anwendungen und Möglichkeiten, welche, geprägt durch das Web 2.0, zu neuen Perspektiven in der Erstellung von Inhalten führten. So entstand zum Beispiel die Idee, Inhalte mit anderen Benutzern der PLE teilen zu können und so auf interessante Themen aufmerksam zu machen. Des Weiteren gibt es, wie schon aus sozialen Netzwerken bekannt, die Möglichkeit Arbeiten und Inhalte anderer zu kommentieren und zu bewerten.

Ein gutes Beispiel für eine gelungene PLE gibt es an der TU Graz. Studierende an der TU Graz haben die Möglichkeit sich über ihren TU Graz-Online Account in die von der Universität bereitgestellten PLE einzuloggen. Dort können verschiedenste Aufgaben, wie Prüfungsplanung und -anmeldung, E-Mails lesen und versenden und viele mehr, erledigt werden.

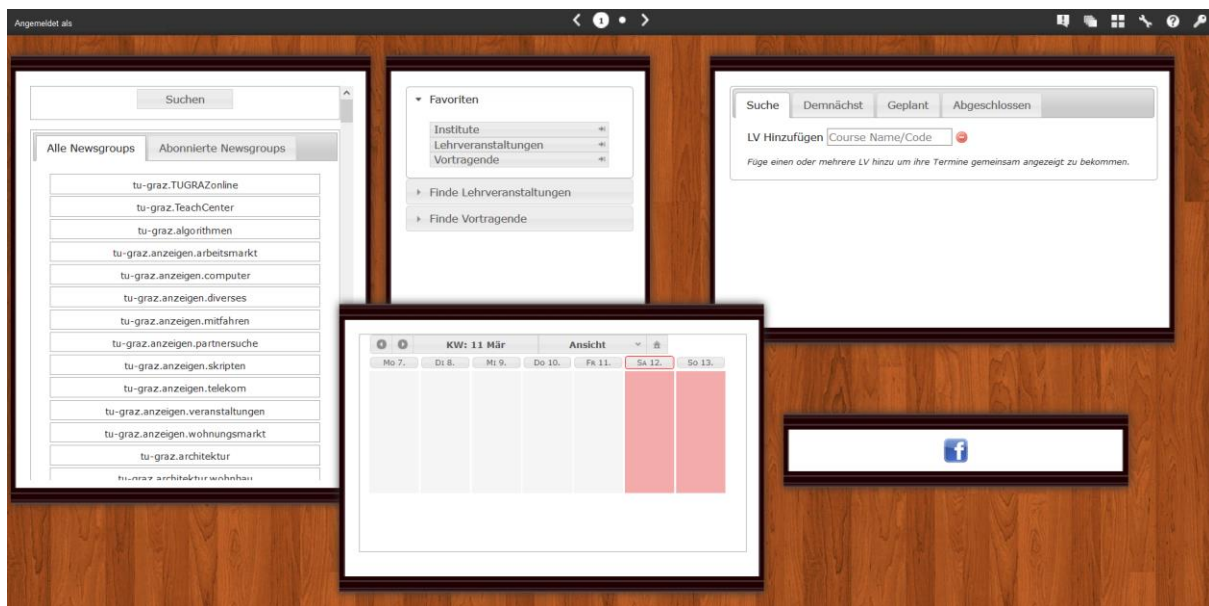


Abbildung 4: Personalisierte PLE der TU Graz

In Abbildung 4 ist ein Beispiel für eine personalisierte Lernumgebung an der TU Graz zu sehen. Um das Angebot beliebig erweitern und anpassen zu können, gibt es die Möglichkeit mehrere Arbeitsflächen zu erstellen. Die sogenannten Widgets können beliebig eingefügt, vergrößert und verschoben werden.

In Abbildung 5 sieht man einen Teil des Widget-Angebotes der PLE. Es ist möglich beliebig viele Widgets auf die Arbeitsfläche zu ziehen. Mit Hilfe der Tabs kann man sich anzeigen lassen, welche Widgets am häufigsten benutzt wurden. Das Angebot an Widgets wird kontinuierlich erweitert. Die kommenden Neuerungen gibt es im Tab „Demnächst verfügbar“.

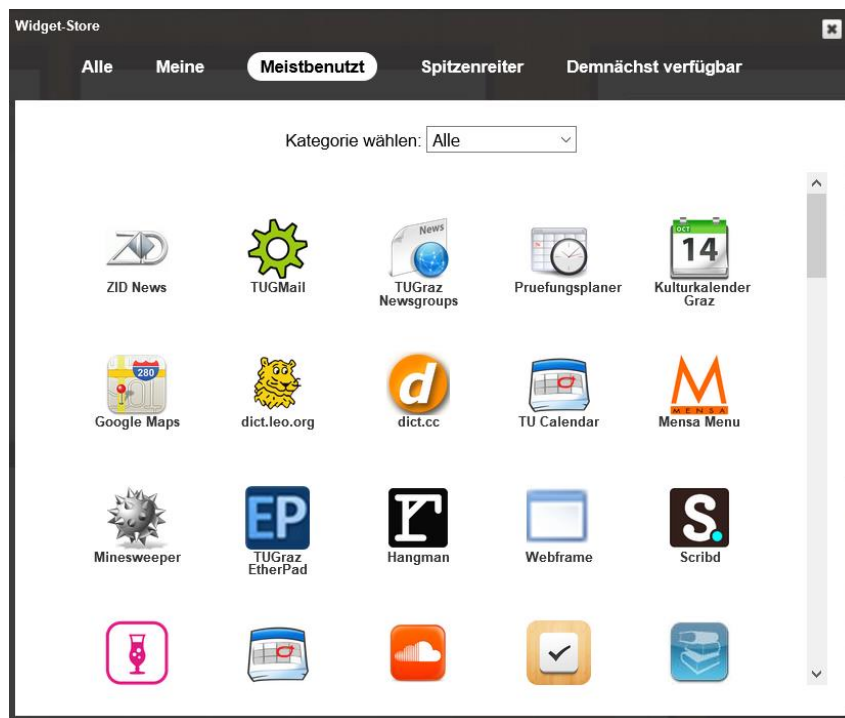


Abbildung 5: Widget-Store des PLE der TU Graz

2.2.3 Intelligente Tutoring-Systeme

Ein weiteres Konzept für LAA, eigentlich kommt es aber aus dem EDM-Bereich, sind intelligente Tutoring-Systeme (engl. intelligent tutoring systems, ITS). Die Idee für die ersten Tutoring-Systeme wurde schon in den frühen 1970er Jahren geboren. Ziel war es schon damals, den Lernenden bei neuen Aufgaben zu unterstützen. Ein Tutoring System sollte wie echter Unterricht funktionieren und auf veränderte Gegebenheiten reagieren. Mit diesem Gedanken sind die intelligenten Tutoring-Systeme entstanden. (Mavani, 2010) (Yang, 2010)

Yang definiert intelligente Tutoring-Systeme wie folgt:

„The computational emulation of life tutoring is also known as the paradigm of intelligent tutoring systems.“ (Yang, 2010, Seite 1)

Intelligente Tutoring-Systeme zielen also darauf ab, eine Unterrichtssituation zu simulieren und somit den Lernenden eine produktive Lernatmosphäre zu bieten. Damit dies gelingt, muss unter anderem eine gute Simulation für die/den Tutor/in, die Schülerin/den Schüler und eines Klassenraums entwickelt werden. Doch warum auch die Schülerin/den Schüler simulieren? Diese/r benutzt doch das ITS.

Die Schülerin/der Schüler, beziehungsweise sein Wissensstatus, muss im System nachmodelliert werden, damit das System weiß, wo die Schülerin/der Schüler gerade mit seinem Wissen steht und welche Probleme dieser hat. (Mavani, 2010) (Yang, 2010)

Erste Modelle und Konzepte für ein ITS bestehen meistens aus vier Modulen:

- Schülermodul
- Lehrermodul
- Expertenmodul
- Benutzer-Interface-Modul

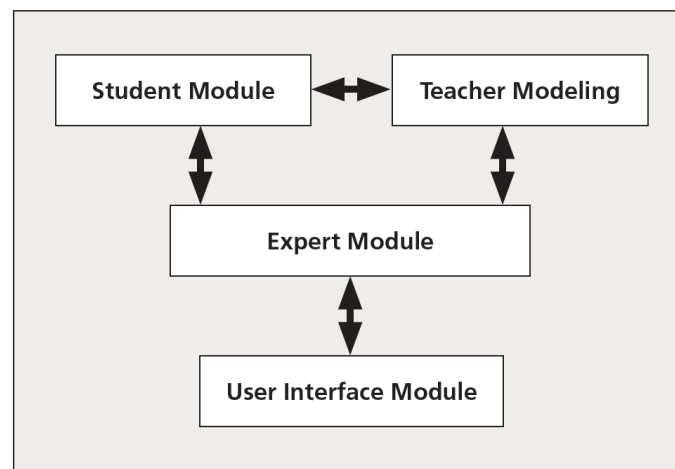


Abbildung 6: Vier-Modul-Architektur eines ITS (Yang, 2010)

Mit diesen vier Modulen sollte ein ITS funktionieren. Das Schülermodul beinhaltet den Status der Schülerin/des Schülers. Das Lehrermodul beinhaltet die Emulation der Lehrerin/des Lehrers, welcher für die Schülerin/den Schüler angepasste Aufgaben stellt und auf Probleme der Schülerin/des Schülers mit Hilfestellungen reagiert. Das Wissen, also das Gebiet woraus die Fragen gestellt werden, ist im Expertenmodul verankert. Zu guter Letzt ist das Benutzer-Interface-Modul die Schnittstelle des Programms zur/zum Benutzer/in, um Interaktionen

herstellen zu können. Nachfolgend sieht man in Abbildung 6 die Module übersichtlich mit deren Wechselwirkungen. (Mavani, 2010) (Yang, 2010)

Da aber aufgrund von ungleicher Auslastung der Module das System oft schlecht funktionierte und vor allem das Expertenmodul oft überlastet war, musste ein neues Modell entwickelt werden. Auch gab es beim alten Modell das Problem, wenn neues Wissen hinzugefügt wurde, musste oft das gesamte Expertenmodul umgeschrieben oder angepasst werden. (Yang, 2010)

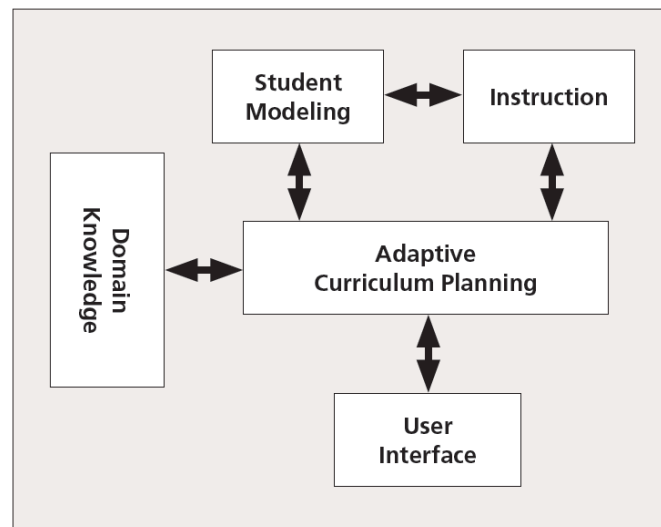


Abbildung 7: Fünf-Modul-Architektur (Yang, 2010)

Mit dem Konzept für fünf Module wurden die oben genannten Probleme beseitigt oder zumindest reduziert, da eine ungleiche Auslastung nur sehr schwer in den Griff zu bekommen ist. Bei fünf Modulen sieht die Aufteilung wie folgt aus:

- Schülermodellierung
- Anweisungs-Modul
- Adaptiver Lehrplan
- Wissensbereich
- Benutzer-Interface

Auch hier ist die Aufteilung der oben genannten Aufgaben ähnlich. Im Schülermodellierungsmodul wird wieder der Wissensstand und Problemstatus der Schülerin/des Schülers modelliert und berechnet. Das Anweisungs-Modul steht in diesem Fall für den Lehrkörper. Hier werden die Fragen und Aufgaben für die Schülerin/den Schüler zusammengestellt und Hilfestellungen aufgrund des Status des Schülermodellierungsmoduls

erstellt. Der Wissensbereich wurde nun in ein eigenes Modul ausgegliedert und stellt die Information für den zu lernenden Bereich bereit. Das Modul für den adaptiven Lehrplan ist nun anpassungsfähiger und ist das zentrale Bindeglied für die anderen Module. Dieses Modul muss also mit allen Modulen kommunizieren und plant aufgrund des Status der Lernenden den weiteren Lehrstoff. Zum Schluss ist wieder das Modul mit dem Benutzer-Interface, welches den erstellten Inhalt ansprechend aufbereitet und versucht eine angenehme Lernatmosphäre zu schaffen. In Abbildung 7 sieht man wieder die Module übersichtlich und mit deren Wechselwirkungen dargestellt. (Yang, 2010)

2.3 Learning-Analytics-Kreislauf

Damit Learning Analytics auch einen Erfolg verzeichnen kann, so muss es auch Vorteile für die Lernenden geben. Der Learning-Analytics-Kreislauf nach Clow (Clow, 2012) beschreibt, welche Schritte unbedingt nötig sind, um den Lernenden bessere Lernprozesse bieten zu können. Wie schon aus vorheriger Theorie bekannt, besteht Learning Analytics größtenteils aus den Vorgängen Daten zu sammeln und Daten zu analysieren. Es stellt sich aber die Frage, wozu die ganzen Daten analysieren, wenn man keinen Mehrwert für die Lernenden erzielen könnte.

2.3.1 Learning-Analytics-Kreislauf nach Clow

Geht man nach Clow, gibt es im Kreislauf von Learning Analytics vier wichtige Punkte:

- Lernende
- Daten
- Analyse
- Interventionen (Clow, 2012)

Ausgehend von Lernenden, welche ein Stoffgebiet mit Hilfe von LAA erarbeitet und somit Daten produzieren, geht es weiter zu den gesammelten Daten. Diese Daten müssen natürlich in einem bestimmten Format generiert und aufgezeichnet werden, damit eine weitere Verwendung möglich ist. Das führt zum Schritt der Analyse und Auswertung der Daten. Die Analyse ermöglicht einen Einblick in die Lernwelt der Lernenden und kann mögliche Probleme

aufdecken. Dieser Schritt beinhaltet auch das Generieren von Visualisierungen, Vergleichen von Lernenden, wie auch Vorhersagen für den zukünftigen Lernfortschritt. (Clow, 2012)

Am wichtigsten ist es jedoch, diese Schritte zu einem Kreislauf zu schließen. Dafür ist der vierte und für den Erfolg von LAA vielleicht bedeutendste Schritt zuständig: Interventionen. Laut Clow sollten nämlich Lernende von LA profitieren und dies geschieht durch gesetzte Schritte des Lehrenden auf Basis der Analyse der Daten. Abbildung 8 visualisiert die Theorie dieses Kreislaufs. (Clow, 2012)

Es ist auch möglich den Kreislauf zu schließen, bei dem aber nicht die/der gleiche Lernende davon profitiert. Ein Szenario in dem dies der Fall ist, könnte folgendermaßen aussehen: Ein Lehrender untersucht die Abschlussnoten seiner Schülerinnen und Schüler und analysiert ihre/seine vorhandenen Daten um seinen Unterricht zu verbessern. Die nächsten Schülerinnen und Schüler können also von den gesetzten Interventionen der Lehrenden profitieren und der Kreislauf ist wieder geschlossen.

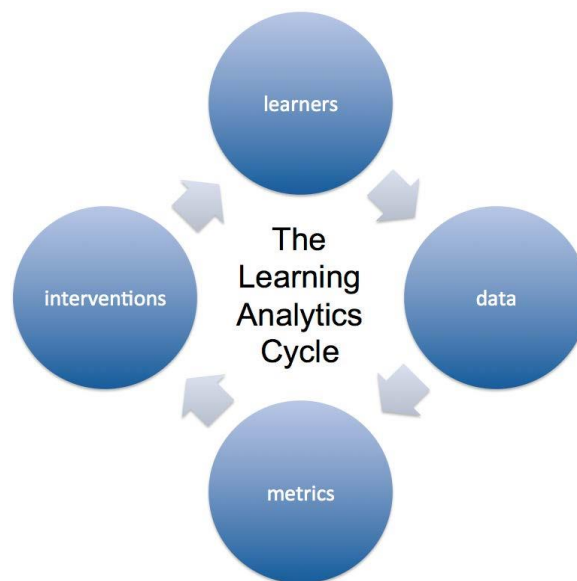


Abbildung 8: Learning-Analytics-Kreislauf nach Clow (Clow, 2012)

2.3.2 Theorien hinter dem Learning-Analytics-Kreislauf

Clow begründet seinen Learning-Analytics-Kreislauf auf mehreren verschiedenen Theorien. Unter den drei wichtigsten sind die Theorien von

- David A. Kolb (Kolb, 1984) – Experiential Learning Cycle

- Donald Schön (Agyris & Schön, 1974) (Schön D. A., 1983) (Schön D. A., 1991) – The reflective Practitioner
- und Diana Laurillard. (Laurillard, 2002) – Conversational Framework

Vergleicht man Kolbs erfahrungsbezogenen Lernkreislauf mit dem LA-Kreislauf, so sieht man die Parallelen:

	KOLB	CLOW
AUSGANGSPUNKT	Konkrete Erfahrung	Der Lernende arbeitet mit LAA
BEOBACHTEN	Reflektierendes Beobachten	Daten sammeln
ANALYSIEREN	Abstrakte Konzeptualisierung	Analyse und Visualisierung der Daten
FEEDBACK	Aktives Experimentieren	Rückmeldung als Interventionen

Tabelle 1: Vergleich Kolbs Erfahrungsbezogener Lernkreislauf mit Clows Learning-Analytics-Kreislauf (Clow, 2012)

Die Tabelle zeigt die korrespondierenden Bereiche. Clows Kreislauf ist somit einer wohlbegründeten Theorie zugrunde gelegt, kann jedoch großen Kritikpunkten, wie zum Beispiel, dass die Ideen Kolbs von einem „*ganzheitlichen, emotionalen Prozess auf ein rationales und kognitives Phänomen reduziert werden können*“ (Clow, 2012, S. 135), standhalten. (Clow, 2012)

Geht es nach der Theorie von Donald Schön, so muss der Lernende das Gelernte reflektieren können und er betont wie wichtig es ist, dass der Lernende schon während des Lernens reflektieren kann. (Agyris & Schön, 1974) Das beinhaltet also einen Feedback-Prozess, welcher die Lernenden unterstützt. Genau das ist eigentlich im Learning-Analytics-Kreislauf der Fall: Es gibt für die Lernenden schon während des Lernens Feedback indem die Daten analysiert werden und die Lehrenden aufgrund der analysierten Daten entsprechende Aktionen setzen können. (Clow, 2012)

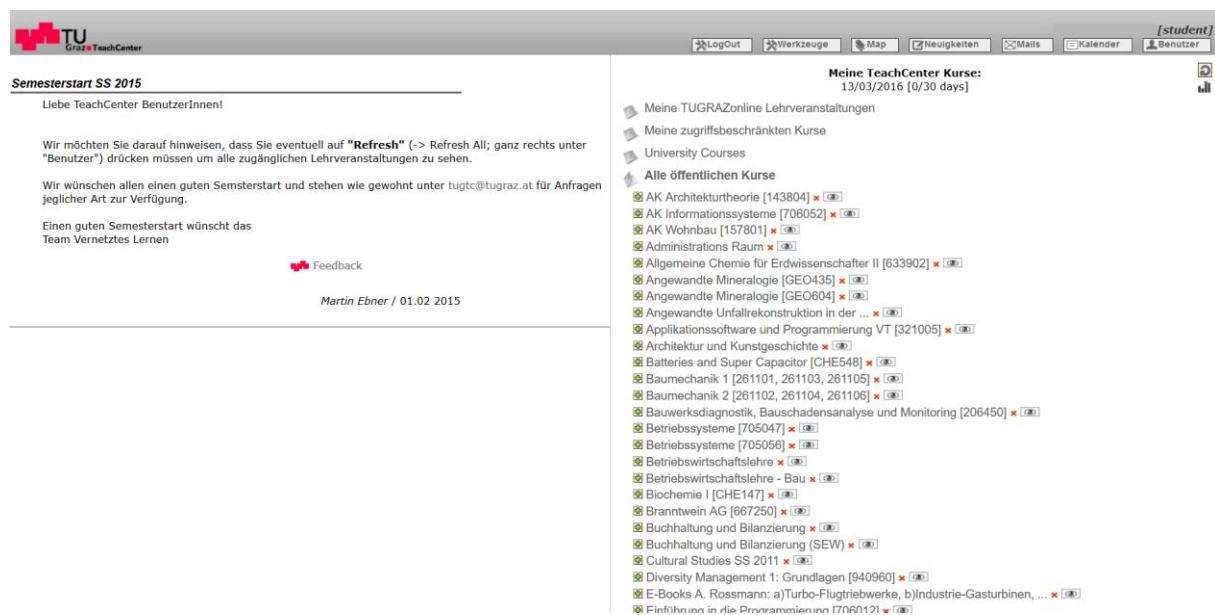
Geht es nach Diana Laurillard, so ist es für einen Lernprozess wichtig, dass Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden stattfindet. Auch hier ist eine Reflexion der Aufgaben der Lernenden wichtig. Diese Kommunikation kann bei Learning Analytics auf mehreren Ebenen

stattfinden und unterstreicht und begründet somit nochmals Clows Kreislauf. (Laurillard, 2002) (Clow, 2012)

2.4 Learning Analytics an der Technischen Universität Graz

Im Forschungsgebiet von Learning Analytics gehört die TU Graz derzeit sicherlich zu den führenden Universitäten in diesem Gebiet. Es gibt für Studentinnen und Studenten mehrere Lernplattformen wie auch eine PLE, welche in Kapitel 2.2.2 schon vorgestellt wurde.

Das TeachCenter ist das LMS der TU Graz. Viele Professorinnen und Professoren nutzen dieses LMS, um Lernende auf dem Laufenden zu halten und um die Studierenden mit Materialien zu versorgen. Für die meisten Studierenden ist das TeachCenter die Hauptquelle ihrer Lernmaterialien.



The screenshot displays the TeachCenter interface for a student. The top navigation bar includes links for Logout, Werkzeuge, Map, Neuigkeiten, Mails, Kalender, and Benutzer. The main content area is divided into two columns. The left column contains a message titled 'Semesterstart SS 2015' with a 'Feedback' button and the name 'Martin Ebner / 01.02.2015'. The right column, titled 'Meine TeachCenter Kurse', lists various courses under categories like 'Meine TUGRAZonline Lehrveranstaltungen', 'Meine zugriffsbeschränkten Kurse', 'University Courses', and 'Alle öffentlichen Kurse'. Each course entry includes a course code and a small icon.

Abbildung 9: TeachCenter – Startseite

In Abbildung 9 sieht man die Startseite des TeachCenters, wo man Zugang zu seinen eigenen Kursen, sowie zu vielen anderen Kursen findet.

Ein weiteres Projekt der TU Graz ist aber die Learning-Analytics-Plattform der TU Graz für Schulen. Diese hat mittlerweile ein umfangreiches Angebot an LAA, welche frei für jede Schülerin/jeden Schüler und jede Lehrerin und jeden Lehrer verwendbar sind. In Abbildung 10

sieht man die Startseite und in Abbildung 11 das Angebot an LAA im Sprachbereich. In Kapitel 4.5 „Verwendete Learning-Analytics-Applikationen“, wird die Learning Analytics Software für Mathematik näher vorgestellt, da diese für die Studie verwendet wurden.

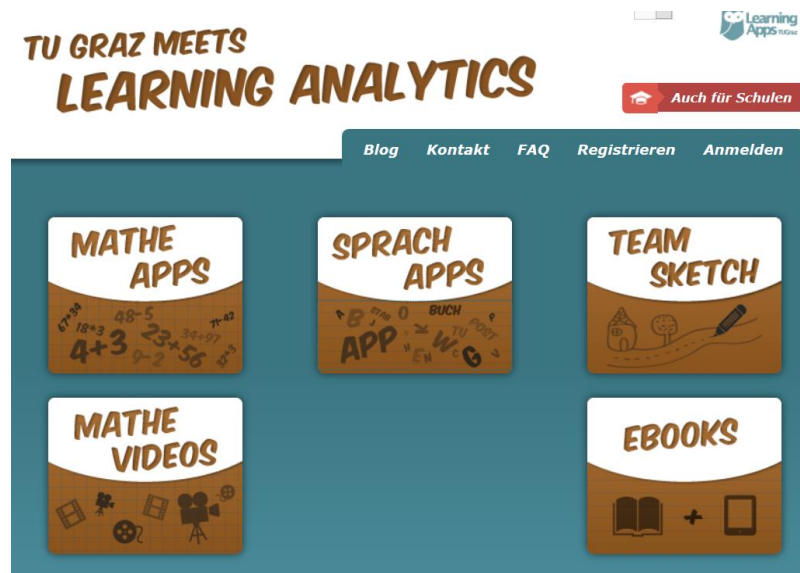


Abbildung 10: Learning Analytics für Schulen – Übersicht



Abbildung 11: Learning Analytics Software für Sprachen

Ein weiteres Projekt der TU Graz ist das Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T), welches unter der Lizenz Creative Commons mit Namensnennung verbreitet wird. Dieses Buch ist ein Leitfaden, ein Forschungswerkzeug, eine Ideenfindung und noch vieles mehr für Studierende, Lehrende und auch Lernende. Der große Umfang dieses Projekts bietet allen Interessierten Möglichkeiten, sich mit dem Thema Technologien im Unterricht

auseinander zu setzen. So werden die Themen wie LMS, PLE auch in Verbindung mit Learning Analytics ausführlich und verständlich behandelt. Zu erwerben ist das Buch unter der Adresse <http://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/index>. (Taraghi, Ebner, & Schön, 2013) (Schön & Ebner, 2013).

Das Buch L3T hat seit der ersten Veröffentlichung 2011 nun mittlerweile schon über 500.000 Downloads⁶. Nachdem dieses Projekt schon einige Preise erhalten hat, bekommt es auch den OER-Award 2016 für das Leuchtturmprojekt⁷ verliehen.

⁶ <http://l3t.tugraz.at/analytics/> - Aktuelle Statistik zur Anzahl der Downloads

⁷ <http://elearningblog.tugraz.at/archives/8716> - OER-Award für L3T

3 Mathematischer Hintergrund

In diesem Kapitel geht es um die verwendete Mathematik für die Studie und bildet sozusagen die Grundlage für die Auswahl der Aufgaben der Tests und der wöchentlichen Arbeitszettel. Die Mathematik ist eine komplexe Wissenschaft, welche höchste Präzision und Genauigkeit beim Rechnen verlangt. Schon ein Strich zu viel und es wird aus einem Minus ein Plus, so kann das gesamte Ergebnis falsch sein.

Für viele Schülerinnen und Schüler ist dies eine große Herausforderung beim Erlernen der Mathematik. Vor allem im Unterricht sieht man häufig, dass die Schülerinnen und Schüler oft mit einfachen Schlampigkeitsfehlern zu kämpfen haben. Andererseits ist es oft auch das fehlende Verständnis und die quälende Frage „Warum muss ich das lernen?“, womit die Schülerinnen und Schüler ihre Probleme haben.

3.1 Erlernen der Grundrechnungsarten

Da die Mathematik in sehr vielen Berufen eine wichtige Rolle spielt, sei es in wirtschaftlichen, technischen oder anderen Berufssparten, soll ein junger Mensch frisch aus der Schule mit gewissen Grundkompetenzen der Mathematik vertraut sein. Allein die Grundrechnungsarten zu beherrschen reicht hier nicht mehr aus, denn die geforderten Kenntnisse in der Mathematik sind oft viel komplexer.

Im Lehrplan sind genügend Grundkenntnisse vorgesehen, sodass die Schülerin/der Schüler ausreichend für weitere Ausbildungen (Studium/Beruf) vorbereitet sein sollte. Die benötigten Kenntnisse bauen aufeinander auf. Deshalb ist es besonders wichtig, das Vorherige verstanden zu haben. Dies lässt sich bis auf die Grundrechnungsarten zurückführen, welche die Basis für weitere Rechenmethoden bilden.

Das Erlernen der Grundrechnungsarten findet in der Volksschule statt. Es wird meist mit natürlichen Zahlen in einem begrenzten Zahlenraum gerechnet und die Schwierigkeit mit der zunehmender Schulstufe gesteigert. Umso wichtiger ist es aber, schon hier genügend zu üben und die Grundrechnungsarten zu festigen, sodass die Kinder später nicht mehr darüber nachdenken müssen, wie sie mit den Grundrechnungsarten umgehen müssen.

Hat man eine ausreichende Sicherheit im Umgang mit den Grundrechnungsarten, so wird es später für die Schülerin/den Schüler leichter sein, den komplexeren Aufgaben zu folgen. Da die schwierigste Grundrechnungsart die Division darstellt und diese beim schriftlichen Rechnungsverfahren alle anderen Grundrechnungsarten beinhaltet, wurde in dieser Studie das Hauptaugenmerk auf die Division gelegt.

3.2 Division

Zu Beginn muss die Division definiert werden. Umgangssprachlich betrachtet man die Division unter dem Aspekt „Wie oft passt etwas in eine bestimmte Menge hinein?“. Zum Beispiel: Wie oft passt 4 in 24? Dies lässt aber auch die Interpretation des Aufteilens zu. Wenn man 24 Bonbons hat und diese auf 4 Kinder aufteilen möchte, wie viel bekommt dann jedes Kind? Das wären ein paar unterschiedliche Herangehensweisen, um die Division den Kindern anschaulich näher bringen zu können. (Hasemann & Gasteiger, 2014)

Zu beachten wäre in diesem Fall auch, dass man sich nur in den natürlichen Zahlen inklusive der Null (\mathbb{N}) befindet. So kann man keine Dezimalzahlen bei der Division als Ergebnis erhalten und steht aber vor dem Problem, dass nicht jede Zahl genau in eine andere passt. Dieses Problem löst man mit der Division mit Rest:

„Satz 1 (Division mit Rest von ganzen Zahlen)“

Zu je zwei natürlichen Zahlen a und b mit $b \neq 0$ gibt es eindeutig bestimmte natürliche Zahlen m und r mit den Eigenschaften:

$$a = m * b + r \text{ und } 0 \leq r < b$$

Die Zahl m heißt ganzzahliger Quotient von a durch b , die Zahl r Rest von a nach Division durch b .“ (Pauer, 2004, S. 3)

Dieser Satz von Pauer legt die Bedeutung der Division fest. Aus den gegebenen Zahlen a und b ergibt sich nun, dass man nach zwei Zahlen sucht. Zum einen ist die Zahl gesucht, welche mit der Zahl b multipliziert, kleiner als b unter a liegt und der Zahl r , dem Rest, welche angibt wie viel auf a noch fehlt.

Anschaulich erklärt könnte man Folgendes sagen: Man hat in seiner Geldbörse 22 Ein-Euro-Münzen. Wie oft kann man um sechs Euro ins Kino gehen und was bleibt danach übrig? Die richtige Antwort ist: Man kann drei Mal ins Kino gehen und hat danach noch vier Euro übrig. Somit wäre aus der obigen Formel $a = \text{Euro im Geldbeutel}$, $b = \text{Kosten für eine Kinokarte}$, $m = \text{Anzahl Kinobesuche}$ und $r = \text{übriggebliebenes Geld}$.

Definition 1 (Schreibweise für Division)

Sei die Division definiert wie in Satz 1. Seien $a, b, m, r \in \mathbb{N}$. Dann schreibt man für die Division von a durch b

$$a : b = m \text{ mit Rest } r \quad \text{Gesprochen: "a dividiert durch b"}$$

a heißt Dividend, b wird Divisor genannt, m heißt ganzzahliger Quotient und r steht für den Rest.

Mit Hilfe von Satz 1 und Definition 1, ist nun die Definition und die Schreibweise für die Division bekannt. Doch daraus erschließt sich jedoch noch nicht genau, wie eine Division durchgeführt werden soll, um m und r zu bestimmen. Für dieses Problem sind verschiedene Algorithmen entwickelt worden. Zwei dieser Algorithmen für ein schriftliches Rechenverfahren werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

3.2.1 Schriftliches Rechenverfahren

Es gibt verschiedene Algorithmen, um eine schriftliche Division durchzuführen. Nicht jeder Algorithmus eignet sich gleich gut, um relativ einfach beliebige Zahlen zu dividieren. Der Erste ist formell gesehen direkt aus Satz 1 entstanden und gehört zu den einfacheren Algorithmen.

Divisionsalgorithmus 1

Gegeben seien zwei Zahlen $a, b \in \mathbb{N}$. Gesucht sind $m, r \in \mathbb{N}$, wobei gelten soll

$$a = m * b + r \text{ und } 0 \leq r < b$$

Schritt 1: Einsetzen der Zahlen a, b

Schritt 2: „Setze $m = 0$ und $r = a$

Schritt 3: Solange $r \geq b$ ist, ersetze r mit $r - b$ und m durch $m + 1$ “ (Pauer, 2004, S. 3)

Folgt man diesem Algorithmus, so findet man mit Sicherheit sehr einfach den ganzzahligen Quotienten der Division und den dazugehörigen Rest. Auch lässt sich ein solcher Algorithmus ohne viel Aufwand als Programmcode umsetzen. Dieser könnte als Pseudocode wie folgt aussehen:

```
divide( a, b);    // Schritt 1: a, b einsetzen
m := 0;          // Schritt 2: Setze m = 0, r = a
r := a;
while( r >= b) { // Schritt3: Solange r ≥ b
    m++;          // erhöhe m um 1
    r = r - b;    // und subtrahiere b von r
}
return ( m, r);
```

Abbildung 12: Pseudocode für Divisionsalgorithmus 1

Anhand eines Beispiels wird der Algorithmus um einiges anschaulicher. Gegeben seien $a = 30$ und $b = 7$. Führt man nun den Divisionsalgorithmus 1 durch, so sieht das wie folgt aus:

$$\text{Schritt 1: } 30 = m * 7 + r$$

$$\text{Schritt 2: Setze } m = 0 \text{ und } r = 30$$

$$\Rightarrow 30 = 0 * 7 + 30$$

$$\text{Schritt 3: } 30 = 1 * 7 + 23$$

$$30 = 2 * 7 + 16$$

$$30 = 3 * 7 + 9$$

$$30 = 4 * 7 + 2$$

$$\Rightarrow m = 4 \text{ und } r = 2$$

Abbildung 13: Beispiel für Divisionsalgorithmus 1

Nach dem Algorithmus bekommt man als ganzzahligen Quotient 4 und es bleibt ein Rest von 2. Für kleine Zahlen ist dieser Algorithmus vielleicht noch relativ gut brauchbar. Für größere Zahlen jedoch schlecht anwendbar, da man Schritt für Schritt den Quotienten erhöht und somit auch dementsprechend oft Schritt Nummer 3 durchführen muss. Deshalb gibt es den zweiten Algorithmus, welcher auch in der Form wie unten angeführt in den Schulen unterrichtet wird. Zuvor muss man sich noch die Begriffe Teildividend, Wertziffer und Teilprodukt bestimmen.

Definition 2

Seien $a, b, m, k, i, n, s, t, \in \mathbb{N}$. Sei nun a eine k -stellige Zahl mit Ziffern $a = a_1a_2a_3a_4 \dots a_k$ und m eine n -stellige Zahl mit Ziffern $m = m_1m_2m_3m_4 \dots m_n$, wobei $a_k, m_n \in \{0, 1, 2, \dots, 9\}$. Seien weiters a der Dividend, b der Divisor und m der Quotient einer Division.

- a) Die ersten s Stellen der Zahl a heißen Teildividend, wenn gilt: $a_1a_2a_3 \dots a_s \geq b$ und $a_1a_2a_3 \dots a_{s-1} < b$.
- b) Die Ziffer m_t des Quotienten m heißt t -te Wertziffer.
- c) Das Produkt der Multiplikation der i -ten Wertziffer mit dem Divisor b heißt i -tes Teilprodukt.

Nach dieser Definition kann nun der zweite Divisionsalgorithmus genau beschrieben werden.

Dieser Divisionsalgorithmus ist aus der Grafik von Bathelt, Post und Padberg (Bathelt, Post, & Padberg, 1986, S. 30) entnommen und leicht angepasst worden. (siehe Abbildung 14)

Divisionsalgorithmus 2

Gegeben seien zwei Zahlen $a, b \in \mathbb{N}$. Gesucht sind $m, r \in \mathbb{N}$, wobei die Schreibweise

$$a : b = m \text{ mit Rest } r$$

verwendet wird.

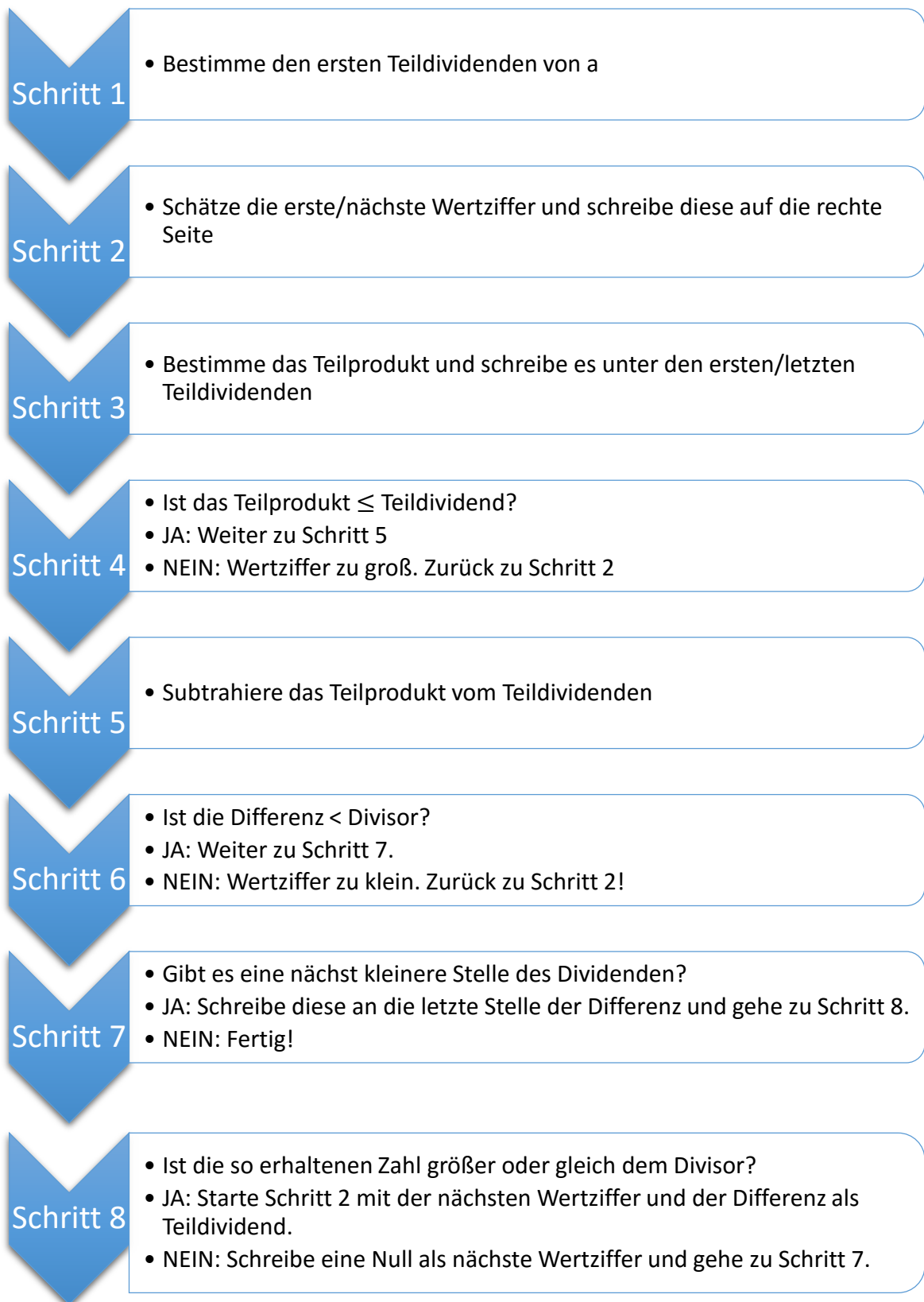


Abbildung 14: Divisionsalgorithmus nach Bathelt, Post und Padberg (Bathelt, Post, & Padberg, 1986, S. 30)

Zu diesem Algorithmus gibt es ein anschauliches Beispiel, bei dem alle Schritte zumindest einmal verwendet wurden. Es sei die Division $7205 : 35$ gegeben. Dies bedeutet, der Dividend a ist 7205 und der Divisor b ist 35. Gesucht sind der Quotient m und der Rest r .

Schritt 1	$\overline{7}205 : 35$	Erster Teildividend ist 72
Schritt 2	$\overline{7}205 : 35 = 3$	Schätze erste Wertziffer auf 3
Schritt 3	$\overline{7}205 : 35 = 3$ 105	Teilprodukt ist 105
Schritt 4	$\overline{7}205 : 35 =$	Teilprodukt zu groß \rightarrow Lösche Wertziffer und zurück zu Schritt 2
Schritt 2	$\overline{7}205 : 35 = 2$	Schätze erste Wertziffer auf 2
Schritt 3	$\overline{7}205 : 35 = 2$ 70	Teilprodukt ist 70
Schritt 4		Teilprodukt \leq Teildividend? Ja. \rightarrow Schritt 5
Schritt 5	$\overline{7}205 : 35 = 2$ -70 2	
Schritt 6		Differenz $<$ Divisor? Ja. \rightarrow Schritt 7
Schritt 7	$\overline{7}205 : 35 = 2$ -70 20	Nächst kleinere Stelle vorhanden? Ja. \rightarrow Schritt 8
Schritt 8		Erhaltene Zahl \geq Divisor? Nein! \rightarrow Schritt 7
Schritt 7	$\overline{7}205 : 35 = 20$ -70 205	Nächst kleinere Stelle vorhanden? Ja. \rightarrow Schritt 8
Schritt 8		Erhaltene Zahl \geq Divisor? Ja! \rightarrow Schritt 2
Schritt 2	$\overline{7}205 : 35 = 204$ -70 205	Schätze Wertziffer auf 4
Schritt 3	$\overline{7}205 : 35 = 204$ -70 205 140	

Schritt 4		Teilprodukt \leq Teildividend? Ja. \rightarrow Schritt 5
Schritt 5	$\overline{7}205:35 = 204$ -70 205 -140 65	
Schritt 6		Differenz $<$ Divisor? Nein. \rightarrow Lösche Wertziffer und zurück zu Schritt 2.
Schritt 2	$\overline{7}205:35 = 205$ -70 205	Schätze Wertziffer auf 5.
Schritt 3	$\overline{7}205:35 = 205$ -70 205 175	
Schritt 4		Teilprodukt \leq Teildividend? Ja. \rightarrow Schritt 5
Schritt 5	$\overline{7}205:35 = 205$ -70 205 -175 30	
Schritt 6		Differenz $<$ Divisor? Ja. \rightarrow Schritt 7
Schritt 7		Nächst kleinere Stelle vorhanden? Nein. \rightarrow Fertig!

$$\begin{array}{r} \overline{7}205:35 = 205 \\ -70 \\ 205 \\ -175 \\ 30 R \end{array}$$

Tabelle 2: Beispiel zum Divisionsalgorithmus 2

Nach der Ausführung des Algorithmus hat man am Ende den Quotienten $m = 205$ und den dazugehörigen Rest $r = 30$. In der Praxis zieht sich der Algorithmus normalerweise nicht gleichermaßen in die Länge wie oben, da die meisten Schritte einfach im Kopf gelöst werden und die Division nicht immer neu aufschreibt. Es ist auch zu erkennen, dass sich dieser Algorithmus schwerer als Programmcode schreiben lässt, da ein Computer nicht schätzen kann.

3.2.2 Häufige systematische Fehler bei der schriftlichen Division

In Anlehnung an das Kapitel 3.3 „Typische Fehlermuster und bekannte Problemfelder“ von Geier (Geier, 2015), werden in diesem Abschnitt die häufigsten Fehler in verschiedene Gruppen eingeteilt. Beim Rechnen einer Division und somit dem Abarbeiten des Divisionsalgorithmus können mehrere Stellen Schwierigkeiten bereiten. Dies hängt von den anderen Grundrechnungsarten ab.

So kann man anhand von Analysen systematische Fehler erkennen und auf weitere grundlegendere Schwächen schließen. Ein systematischer Fehler ist dadurch erkennbar, dass dieser bei ähnlichen Aufgaben, immer auftritt. Somit kann daraus geschlossen werden, dass der Fehler aus einem falsch angelernten oder nicht verstandenem Prozess resultiert. (Wittmann, 2007)

Die Einteilung der Fehler von Schülerinnen und Schüler in Kategorien, kann nach empirischen Studien erfolgen. So hat auch Padberg (Padberg, 2011) im Jahr 2011 eine Studie mit 300 Lernenden aus 15 unterschiedlichen Klassen im vierten Schuljahr durchgeführt. Dieser unterscheidet auch zwischen typischen und systematischen Fehlern. Systematische Fehler treten auf, wenn mehr als 50% der Aufgaben einer Schülerin/eines Schülers mit demselben Fehlermuster belastet sind, während typische Fehler insgesamt relativ häufig in der untersuchten Stichprobe auftreten. (Padberg, 2011)

In Tabelle 3 sieht man eine Gegenüberstellung der systematischen und der typischen Fehler nach der Studie von Padberg in absteigender Reihenfolge der Auftrittshäufigkeit:

<i>Systematische Fehler</i>	<i>Typische Fehler</i>
Endnullfehler insgesamt	Teilproduktfehler
Zwischennullfehler	Subtraktionsfehler
Endnullfehler speziell im Zusammenhang mit Rest	Endnullfehler
Fehler beim Teilprodukt	Teilquotientenfehler
Fehler mit dem Rest	Zwischennullfehler
Subtraktionsfehler	Fehler mit dem Rest

Tabelle 3: Gegenüberstellung systematischer Fehler und typischer Fehler nach Padberg (Padberg, 2011)

3.2.3 Division im Lehrplan

Zu guter Letzt wird noch die Stellung der Division im Lehrplan betrachtet, um zu wissen mit welchen Qualifikationen die Schülerinnen und Schüler an der Studie teilnehmen sollten. Die Division taucht zuallererst in der dritten Klasse Volksschule auf. Zuvor werden in der ersten und zweiten Klasse Volksschule schon grundlegende Begriffe wie „Teilen“ erklärt. Auch gibt es ab der dritten Klasse das Ein-Mal-Eins wie auch das Eins-In-Eins mit und ohne Rest. (BMBF, 2003)

Das führt zur Herangehensweise, dass man die Division in der dritten Klasse Volksschule mit dem Rechenzeichen „:“ so einführt, dass man sich fragt, wie oft etwas in eine bestimmte Menge passt. Dies geht dann so weit, dass man die schriftliche Division in der erweiterten Form (siehe Divisionsalgorithmus 2) durchführt und einstellige Divisionen umsetzen kann. (BMBF, 2003)

In der vierten Klasse Volksschule wird der Zahlenraum auf 100 000 erweitert, was sich auch beim Schwierigkeitsgrad des Dividierens bemerkbar macht. Darüber hinaus wird die zweistellige Division mit und ohne Rest erlernt. (BMBF, 2003)

In der Unterstufe der Allgemeinbildenden höheren Schule (AHS) geht es im Lehrplan um das Festigen der Grundrechnungsarten. Das heißt, die Schülerinnen und Schüler der ersten Klasse Unterstufe müssen *„Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit natürlichen Zahlen vertiefen, dabei auch große natürliche Zahlen verwenden und mehrstellige Multiplikationen und Divisionen durchführen können“*.⁸

Daraus geht hervor, dass der größte Teil des Dividierens schon in der Volksschule erlernt und in der AHS-Unterstufe der Schwierigkeitsgrad erhöht und das Verfahren gefestigt wird.

⁸ Mathematik Lehrplan der AHS-Unterstufe, Seite 4, zuletzt am 17. März 2016 abgerufen von https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs14_789.pdf?4dzgm2

4 Langzeitstudie

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine Langzeitstudie über die Dauer eines Semesters durchgeführt. Diese beschäftigt sich mit der Einsatzmöglichkeit des Divisionstrainers in der fünften Schulstufe. Diese Studie wurde durchgeführt, um die Forschungsfragen beantworten und die Hypothesen in Kapitel 1.1 bestätigen oder widerlegen zu können.

Die Grundlage für das experimentelle Forschungsdesign bildet das Buch „Wissenschaftliches Arbeiten kompakt“ von Hienerth, Huber und Süssenbacher (Hienerth, Huber, & Süssenbacher, 2009). Da sich die Fragestellungen auf den Erfolg und die Einsatzmöglichkeiten des Trainingsprogramm beziehen, musste überlegt werden, welches Forschungsdesign mit welcher Methode brauchbare Ergebnisse liefert.

4.1 Forschungsdesign

Aufgrund der Tatsache, dass die Möglichkeit bestand, die gesamten ersten Klassen in die Langzeitstudie miteinzubinden und so der Trainer im praktischen Einsatz getestet werden konnte, wurde ein experimentelles Forschungsdesign verwendet.

Das Experiment wurde in einem natürlichen Umfeld der Schülerinnen und Schüler durchgeführt und es wurden drei von sechs Klassen als Versuchsklassen (VK) ausgewählt. Die Auswahl der Versuchspersonen fand zufällig statt und deshalb handelt es sich bei diesem Experiment um ein echtes Experiment (Hienerth, Huber, & Süssenbacher, 2009). Des Weiteren fand es im natürlichen Umfeld der Schülerinnen und Schüler statt. Der Mathematikunterricht fand währenddessen ohne Einschränkungen statt. Deshalb fällt dieses Experiment in die Kategorie echtes Feldexperiment. (Hienerth, Huber, & Süssenbacher, 2009)

Nachdem drei von sechs Klassen für die Gruppe Versuchsklassen ausgewählt wurden, verblieben noch drei Klassen für die Vergleichsgruppe: die Kontrollklassen (KK). Worin der Unterschied bei den beiden Gruppen besteht wird im Abschnitt 4.2 Versuchs- und Kontrollklassen näher erläutert.

Bei einem Experiment wird grundsätzlich zwischen zwei Variablentypen unterschieden. Es gibt die abhängigen und die unabhängigen Variablen. Die unabhängigen Variablen sind der sich

unterscheidende Teil bei den Klassen, während die abhängigen Variablen von den unabhängigen Variablen beeinflusst werden und bei beiden Klassen gleich sind.

In folgender Tabelle (Tabelle 4) sieht man die Auflistung der abhängigen und unabhängigen Variablen dieses Experiments:

<i>Unabhängige Variable</i>	Form der Hausübung (Online-Trainer oder Aufgabenzettel)
<i>Abhängige Variable</i>	Lernzuwachs
	Zuwachs des Kompetenzlevels (siehe Tabelle 10)
	Zeitaufwand für die Lehrerin/dem Lehrer

Tabelle 4: Abhängige und unabhängige Variablen des Experiments

Für die Form der Hausübung als unabhängige Variable gibt es in diesem Sinn nur zwei Möglichkeiten. Der Online-Trainer wurde in den VK für das Trainieren der Division herangezogen, während ausgedruckte Aufgabenzettel für die KK verwendet wurden.

Als abhängige Variablen sind der Lernzuwachs, der Kompetenzzuwachs und der Zeitaufwand für die Lehrerin/den Lehrer definiert worden. Diese drei Punkte sollten für die Auswertung der Hypothesen ausreichend und die Beantwortung der Forschungsfragen aufschlussreich sein.

4.2 Versuchs- und Kontrollklassen

Bei diesem Experiment gab es drei Klassen für die Versuchsgruppe und drei Klassen für die Kontrollgruppe. Da die Daten zur Weiterverwendung anonymisiert wurden, bekamen Schülerinnen und Schüler und Klassen jeweils eindeutig zugeordnete Identifikationsnummer (ID). In Tabelle 5 sieht man die Zuweisung der IDs der Klassen.

<i>Typ</i>	<i>ID</i>
Kontrollklasse 1	1
Kontrollklasse 2	2
Kontrollklasse 3	3

Versuchsklasse 1	4
Versuchsklasse 2	5
Versuchsklasse 3	6

Tabelle 5: Klassen-Identifikationsnummern

Die Identifikationsnummern der Schülerinnen und Schüler bestehen aus zwei Teilen, zum einen der Klassen-ID (K-ID) und der vergebenen Schülernummer. So entstehen eindeutig zuordenbare Identifikationsnummer. Ein Beispiel für eine Schüler- ID (S-ID) ist folgende:

415

In diesem Fall wird der Schüler oder die Schülerin Nummer 15 aus der Versuchsklasse 1 betrachtet. Für das Vergeben der IDs wurde eine einfache Sortierung der Schülerinnen und Schüler ausgewählt und nach dieser Reihenfolge nummeriert.

Der Unterschied zwischen VK und KK besteht darin, dass die Division unterschiedlich geübt wurde. In der VK wurden zum Üben die Online-Trainer der TU Graz verwendet. Grundsätzlich gab es die Aufgabe, pro Woche 15 Divisionen mit Hilfe des Divisionstrainers durchzuführen. Um jedoch erkannten systematischen Fehlern entgegenwirken zu können, gab es aber zwischenzeitlich für einige Schülerinnen und Schüler individualisiert die Aufgabe, 15 oder 20 Rechnungen mit anderen Online-Trainern zu erarbeiten.

In der Kontrollklasse gab es während der Versuchszeit wöchentlich vom Versuchsleiter zusammengestellte Aufgabenblätter, welche ebenfalls 15 oder 20 Rechnungen beinhalteten. Diese mussten auch innerhalb einer Woche erledigt sein. Darüber hinaus gab es zwischenzeitlich ebenso Multiplikationen und Divisionen für die gesamte Klasse, wenn bei der Korrektur überwiegend Fehler in einem gewissen Teilbereich auftraten.

4.3 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer

Bei dieser Langzeitstudie haben alle ersten Klassen eines Gymnasiums in der Steiermark teilgenommen. Das waren sechs Klassen mit insgesamt 149 Schülerinnen und Schüler. Die Mathematiklehrerinnen und -lehrer der einzelnen Klassen konnten ihre Klasse freiwillig als Versuchsklasse melden. Dadurch geschah die Zuweisung der einzelnen Klassen als Versuchs-

oder Kontrollklasse durch Zufall. Das Ziel, drei Versuchs- und drei Kontrollklassen für die Studie zur Verfügung zu haben, wurde erfüllt und somit ergab sich folgende Verteilung der 149 Schülerinnen und Schüler:

<i>Typ</i>	<i>Anzahl der Schülerinnen und Schüler</i>
<i>Versuchsklasse</i>	75
<i>Kontrollklasse</i>	74

Tabelle 6: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf Versuchs- und Kontrollklassen

Auch die Verteilung der weiblichen und männlichen Schülerinnen und Schüler in VK und KK ist gleich gewichtet, beziehungsweise weist nur einen kleinen Unterschied auf. Diese Verteilung lässt sich aus Tabelle 7 ablesen. Dementgegen zeigt Tabelle 8 eine Gesamtübersicht über die Verteilung der männlichen und weiblichen Schülerinnen und Schüler auf die einzelnen Klassen. Hier sieht man eine deutlich ungleichmäßige Verteilung der Schülerinnen und Schüler. Besonders zu beachten sind hier die Klassen 1 und 3, welche eine große Abweichung vom Durchschnitt abzeichnen.

<i>Typ</i>	<i>Anzahl weiblich</i>	<i>Anzahl männlich</i>	<i>Verhältnis(w/m)</i>
<i>Versuchsklasse</i>	29	46	39%/61%
<i>Kontrollklasse</i>	31	43	42%/58%

Tabelle 7: Verteilung weiblicher und männlicher Schüler auf VK und KK

<i>K-ID</i>	<i>Anzahl weiblich</i>	<i>Anzahl männlich</i>	<i>Verhältnis(w/m)</i>
1	4	20	17%/83%
2	11	13	46%/54%
3	16	10	62%/38%
4	10	13	43%/57%
5	10	17	37%/63%
6	9	16	36%/64%

Tabelle 8: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die einzelnen Klassen

Die Vergleichbarkeit und Auswertbarkeit der Daten lässt sich somit auf einer homogenen Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf VK und KK begründen.

4.4 Mögliche Störfaktoren/Probleme

In diesem Abschnitt werden mögliche Störfaktoren des Experiments aufgezeigt und die angewandte oder mögliche Lösung beschrieben. Bei einem echten Feldexperiment können unterschiedliche Probleme zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten. Ein Teil dieser Probleme beeinflusst den Ausgang und die Daten des Experiments nicht und wird deshalb auch nicht weiter betrachtet. Für die bei Weitem wichtigeren Probleme oder Störfaktoren, welche die Langzeitstudie beeinflussen und deren Ergebnis verfälschen können, wurden Lösungen und Lösungsvorschläge gesucht. Die nachstehende Auflistung gibt einen ersten Überblick über gefundene mögliche Probleme:

- Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler sind ungleich
- Aufgaben werden schlampig oder nicht erledigt
- Aufgaben werden von Drittpersonen erledigt
- Hilfe von Drittpersonen oder unerlaubter Hilfsmittel
- Unterschiedliche Lehrpersonen
- Unterschiedliche Aufgaben/Anzahl der Aufgaben
- Zusammensetzung der Klassen

Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler sind ungleich:

Die Schülerinnen und Schüler in den ersten Klassen kommen aus unterschiedlichen Regionen, somit auch aus unterschiedlichen Volksschulen. Obwohl der Lehrplan für Volksschulen österreichweit gleich ist, wurden die Schwerpunkte nicht überall gleich gesetzt. Daraus kann ein Ungleichgewicht bei den Kenntnissen unter den einzelnen Schülerinnen und Schülern vorhanden sein. Dieses Problem ist mit einem Signifikanztest anhand der Ergebnisse des Vortests der Studie zu überprüfen.

Aufgaben werden schlampig oder nicht erledigt:

Nicht alle Schülerinnen und Schüler haben eine gleich große Motivation Aufgaben für die Schule zu erledigen. Deshalb kann es durchaus vorkommen, dass Schülerinnen und Schüler ihre Aufgaben nur teilweise, ungenau oder überhaupt nicht erledigen werden. Um diesen möglichen Störfaktor entgegenzuwirken, wurden die wöchentlichen Aufgaben als Hausübung gewertet und in die Beurteilung der Schülerinnen und Schüler miteinbezogen.

Aufgaben werden von Drittpersonen erledigt:

Werden die Aufgaben nicht von den Versuchspersonen erledigt, so kann man einen Lernerfolg nicht aus der verwendeten Methode ableiten. Aus diesem Grund wurden Informationsblätter für Eltern erstellt, welche die Notwendigkeit und die Vorteile des persönlichen Einsatzes der Schülerinnen und Schüler erklären und forcieren. Auch wurden die Lehrerinnen und Lehrer gebeten, ihre Schülerinnen und Schüler zum eigenständigen Erarbeiten der Aufgaben zu motivieren.

Hilfe von Drittpersonen oder unerlaubter Hilfsmittel:

Beim Verwenden von Taschenrechnern oder Computer-Algebra-Systemen erledigt auch nicht der Schüler oder die Schülerin die Aufgabe, sondern es löst in diesem Fall ein unerlaubtes Hilfsmittel die Rechnung. Auch die Hilfe von Anderen könnte den Lernerfolg der Versuchspersonen beeinflussen. Diesem Problem wird ebenfalls mit den Informationsblättern für Eltern und der Mithilfe der Lehrpersonen entgegengewirkt.

Unterschiedliche Lehrpersonen:

In jeder der sechs ersten Klassen unterrichtet ein/e andere/r Mathematiklehrer/in. Da die Grundrechnungsarten in der ersten Klasse wiederholt werden und dies während der Studie in allen Klassen geschehen ist, kann es beim Endergebnis zu einer Verfälschung der Auswertung kommen. Um diesen Störfaktor zu berücksichtigen, wurden die Lehrerinnen und Lehrer gebeten, bekannt zu geben, wie die Unterrichtseinheiten der Wiederholung der Grundrechnungsarten geplant sind. Alle Lehrerinnen und Lehrer gaben an, nach demselben Buch zu unterrichten und planten die Wiederholung auch auf Basis dieses Lehrbuchs.

Unterschiedliche Aufgaben/Anzahl Aufgaben:

Mögliche Unterschiede im Versuchsausgang könnten auch aufgrund unterschiedlicher Aufgaben oder ungleicher Anzahl von Aufgaben entstehen. Deshalb hat der Versuchsleiter wöchentlich gleich viele Aufgaben in VK und KK erledigen lassen. Es wurde auch darauf geachtet, dass auf den traditionellen Aufgabenblättern die Rechnungen ähnlich wie im Online-Trainer zusammengestellt wurden. Dazu wurden die Kompetenzlevel des Trainers herangezogen.

Zusammensetzung der Klassen:

Zu guter Letzt könnte noch die Diversität der einzelnen Schülerinnen und Schüler in den Klassen eine Rolle spielen. Wie aber schon in Abschnitt 4.3 betrachtet, sind Schülerinnen und Schüler homogen auf VK und KK aufgeteilt. Die unterschiedlichen Interessen und Kompetenzen einzelner Schülerinnen oder Schüler können nicht berücksichtigt werden. Da aber eine relativ große Stichprobe gegeben ist, kann und darf dieses Problem vernachlässigt werden.

4.5 Verwendete Learning-Analytics-Applikationen

In diesem Abschnitt werden die in der Versuchsklasse verwendeten Learning-Analytics-Applikationen präsentiert. Im Detail wird nur der Divisionstrainer vorgestellt, da das Hauptaugenmerk der Studie auf diesem liegt. Die drei anderen Trainer werden nur kurz präsentiert und können unter der jeweiligen Referenz nachgelesen werden.

Die Trainer sind für jeden frei zugänglich und können unter der URL <http://schule.learninglab.tugraz.at/> erreicht werden. Unter dem Punkt „Mathe Apps“ finden sich die bei dieser Studie verwendeten Trainer. Eine Registrierung reicht aus, um alle Applikationen verwenden zu können. In untenstehender Tabelle befindet sich eine Übersicht über die einzelnen Trainer:

TITEL	BESCHREIBUNG	REFERENZ	SIEHE
MATHE-MULTI-TRAINER	Mehrstellige schriftliche Multiplikation natürlicher Zahlen	(Steyrer, 2012)	Abbildung 15
PLUS-MINUS-TRAINER	Schriftliche Addition und Subtraktion zweier natürlicher Zahlen	(Neuhold, 2013)	Abbildung 17
DIVISIONSTRAINER	Schriftliche Division natürlicher Zahlen mit Rest bei Ein- oder Zweistelligem Divisor	(Geier, 2015)	Abbildung 19
1X1 TRAINER	Trainiert das 1x1 bis 10x10	(Schön, Ebner, & Kothmeier, 2012)	Abbildung 17

Tabelle 9: Übersicht über die verwendeten LAA

Nachstehend sind Abbildungen der drei weniger relevanten Trainer.

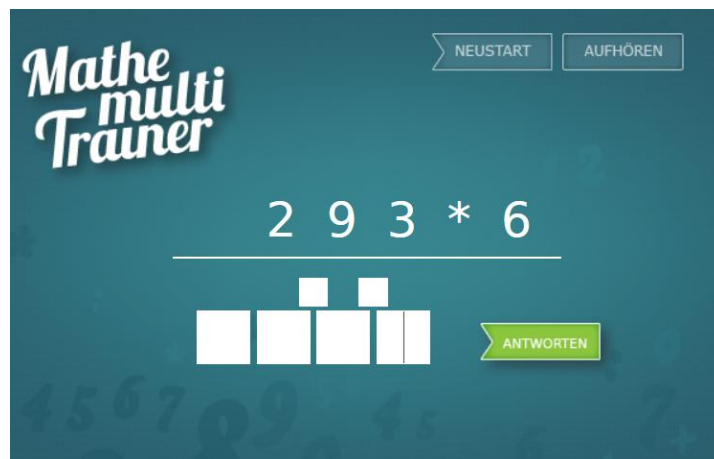


Abbildung 15: Mathe-Multi-Trainer

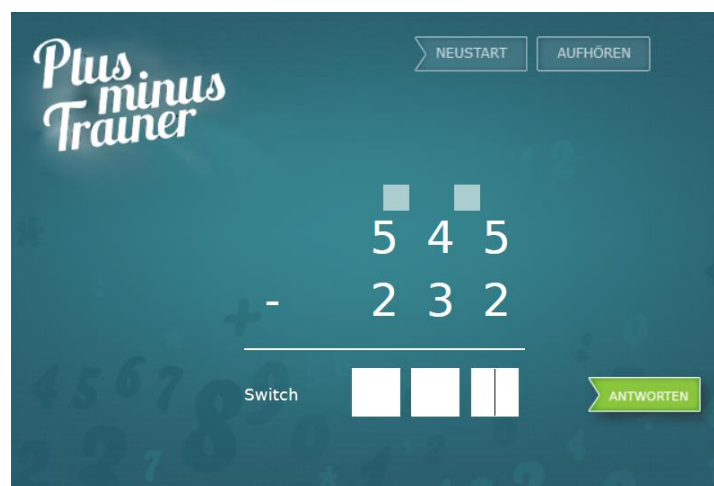


Abbildung 16: Plus-Minus-Trainer

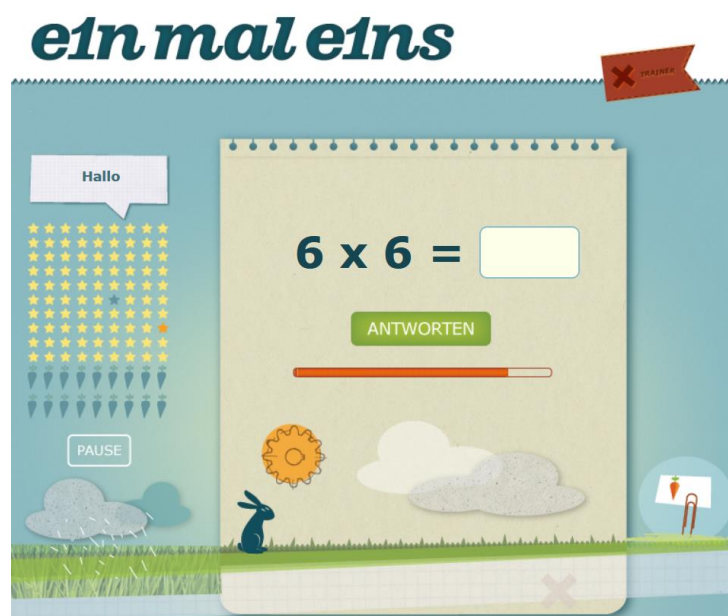


Abbildung 17: Ein-Mal-Eins-Trainer

Auf den Divisionstrainer wird näher eingegangen. In Abbildung 18 ist die Login-Seite zu sehen, bei welcher man sich nach erfolgreicher Registrierung anmelden kann. Somit ist eine eindeutige Zuordnung eines Accounts zu einer Schülerin/einem Schüler möglich.

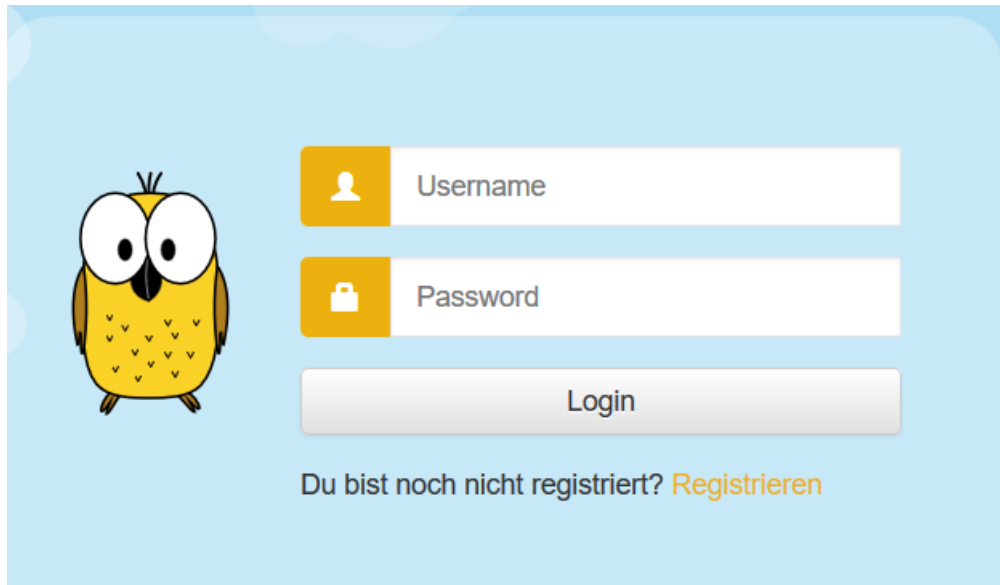


Abbildung 18: Login-Seite des Divisionstrainers

Nachdem man den Trainer gestartet hat, bekommt man Divisionsaufgaben zu lösen (Abbildung 19). Der Trainer stellt Divisionen verschiedener Kompetenzlevel zusammen. Eine Übersicht der Kompetenzlevel und deren Schwierigkeit gibt die Tabelle auf Seite 58 (Tabelle 10) aus der Arbeit von Geier (Geier, 2015).

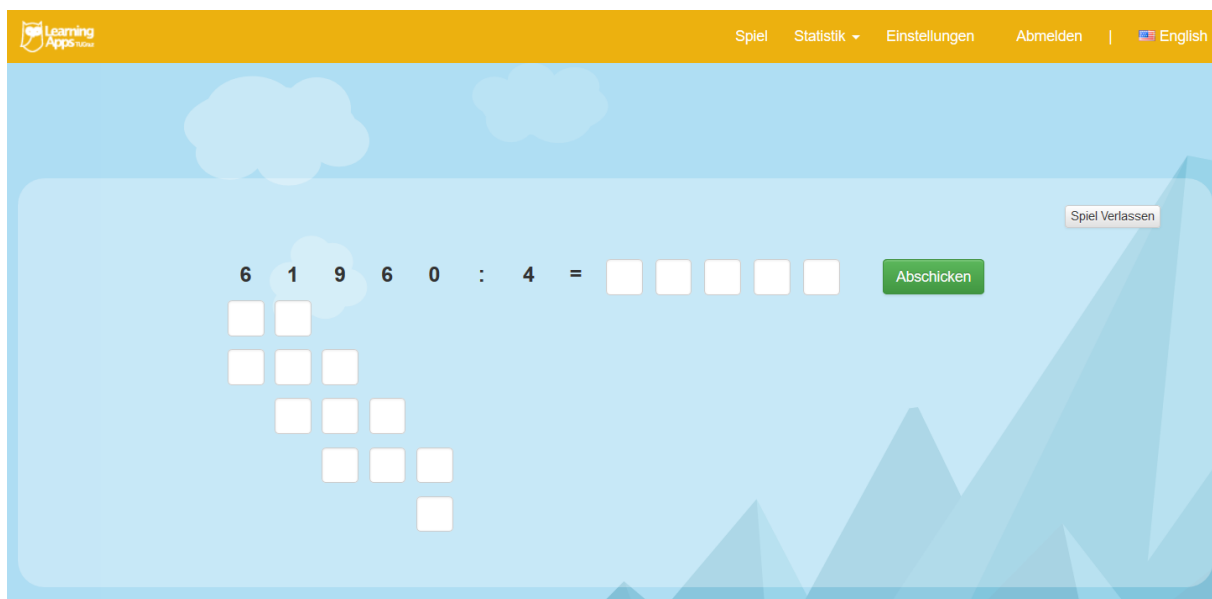


Abbildung 19: Eine Division des Divisionstrainers

	ohne Rest		mit Rest
Einstellig	1	2	3
	dd:d <small>(Divisor < 5)</small>	dd:d	dd:d
	4	5	
	ddd:d		ddd:d
Zweistellig	6	7	
	dddd:d		dddd:d
	8	9	
	dddd:d		dddd:d
	10	11	12
	ddd:dd <small>(10 < Divisor < 19)</small>	ddd:dd	ddd:dd
	13	14	
	dddd:dd		dddd:dd
	15	16	
	dddd:dd		dddd:dd
17			
Bonuslevel			

★ Nullen im Dividenten

Tabelle 10: Kompetenzlevel des Divisionstrainers (Geier, 2015)

Man startet mit dem Kompetenzlevel eins. Löst man hintereinander eine bestimmte Anzahl an Rechnungen richtig (Standardmäßig 4 – in den Einstellungen einstellbar), so steigt man ein Level höher. Kann man aber hintereinander fünf Aufgaben nicht lösen, so fällt man ein Kompetenzlevel zurück. Im Bonuslevel (Kompetenzlevel 17) werden Aufgaben aus allen Kompetenzleveln gemischt angeboten.

In den Einstellungen kann man auch zwischen der Standardansicht und der alternativen Ansicht umschalten. Der Unterschied liegt darin, dass die Subtraktionszeilen bei der alternativen Ansicht nicht mehr angezeigt werden, sodass nur mehr das Zwischenergebnis aufgeschrieben wird (Teilprodukt mit Teilsubtraktion bereits ausgeführt). Bei der Standardansicht hingegen muss man Teilprodukt und Teilsubtraktion getrennt aufschreiben. Die Ansichten nebeneinander im Vergleich:

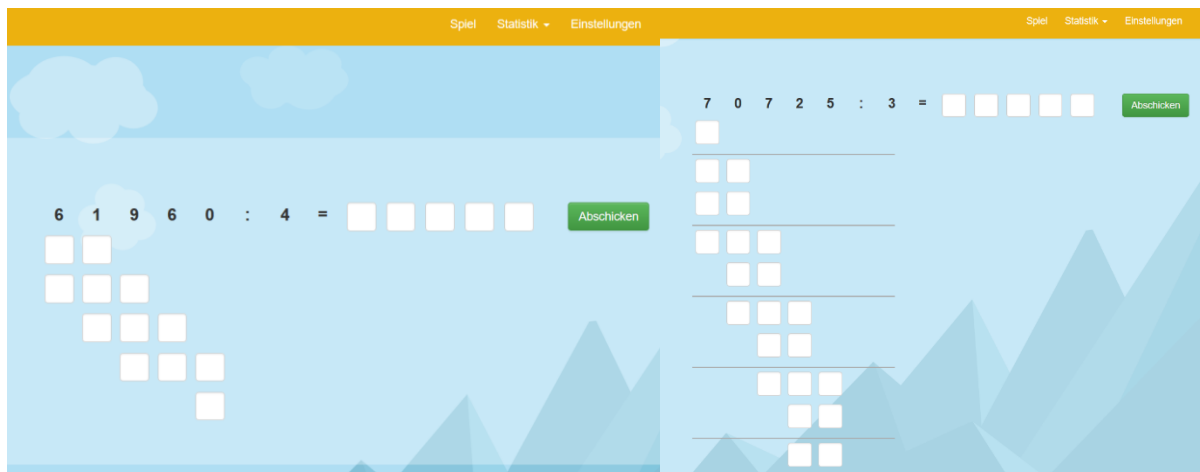


Abbildung 20: Vergleich der alternativen Ansicht (links) mit der Standardansicht (rechts)

Wird ein Account zu einem Lehrer-Account aufgewertet, so kann man nicht nur die eigene Statistik ansehen, sondern kann zu jeder Schülerin/jedem Schüler der Schule die Statistik betrachten. Unter dem Punkt Statistik → Schulklassenstatistik bekommt man eine Übersicht über die einzelnen Klassen der Schule. Klickt man auf den Link einer Klasse, wird eine Übersicht der Schülerinnen und Schüler geladen. Abbildung 21 zeigt ein Beispiel einer solchen Übersicht.

Klickt man auf den Pfeil in der Spalte „Mehr Details“ bei einer Schülerin/einem Schüler, so kommt man zu Abbildung 22 und sieht den Kompetenzlevel-Verlauf. Wiederum beim Klick auf „Mehr Details“ wird eine erste Unterteilung in Rechnungen mit Rest und ohne Rest und den jeweilig wichtigsten Informationen angezeigt (Abbildung 23). So kann man sich bis zu den einzelnen Rechnungen navigieren und bekommt eine Übersicht über die geschafften und nicht geschafften Divisionen eines Kompetenzlevels. Sollte der Schülerin/dem Schüler ein Fehler unterlaufen sein, so wertet das Programm diesen Fehler automatisch aus und zeigt den Grund für den Fehler an. In Abbildung 24 ist ein Beispiel einer Übersicht der Rechnungen mit einem ausgewerteten Fehler zu sehen.

Name	Status	#berechnete Divisionen	Erfolgsrate (%)	Durchschnittliche Dauer	Häufigster Fehler	Mehr Details
██████████	█	57	92.98	00:00:57	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	➤
██████████	█	0	0	-	0	-
██████████	█	116	86.21	00:01:23	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	➤
██████████	█	90	88.89	00:01:06	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	➤
██████████	█	39	84.62	00:01:59	Ein oder mehrere Teilprodukte falsch	➤
██████████	█	109	90.83	00:01:41	Falsches Teilprodukt durch falsche Quotientenzahl	➤
██████████	█	80	83.75	00:00:53	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	➤
██████████	█	100	68	00:01:19	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	➤
██████████	█	90	81.11	00:03:44	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	➤
██████████	█	61	80.33	00:01:03	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	➤
██████████	█	61	85.25	00:00:43	Unbekannter Fehler	➤
██████████	█	83	93.98	00:01:11	Ein oder mehrere Teilprodukte falsch	➤

Abbildung 21: Klassenstatistik des Divisionstrainers

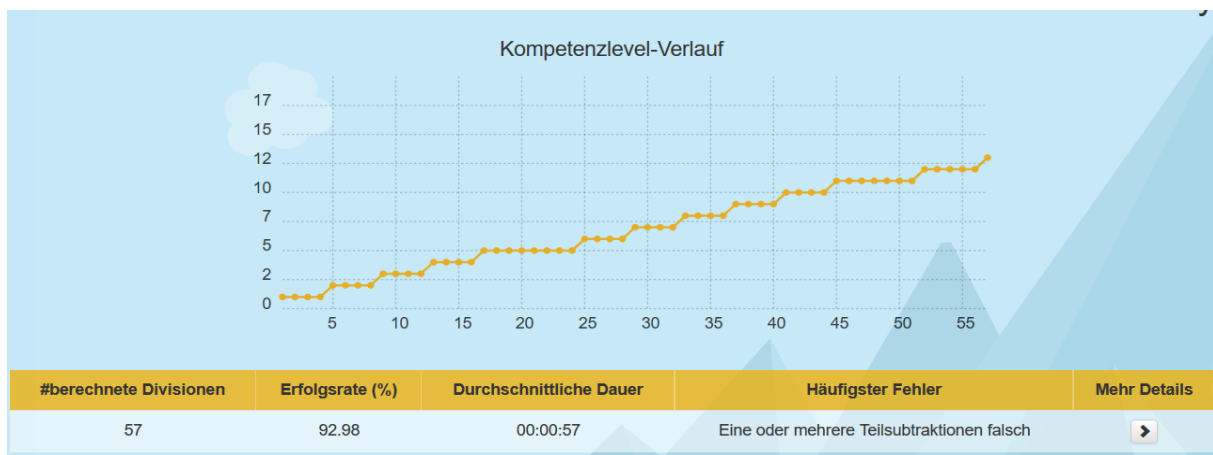


Abbildung 22: Kompetenzlevel-Verlauf

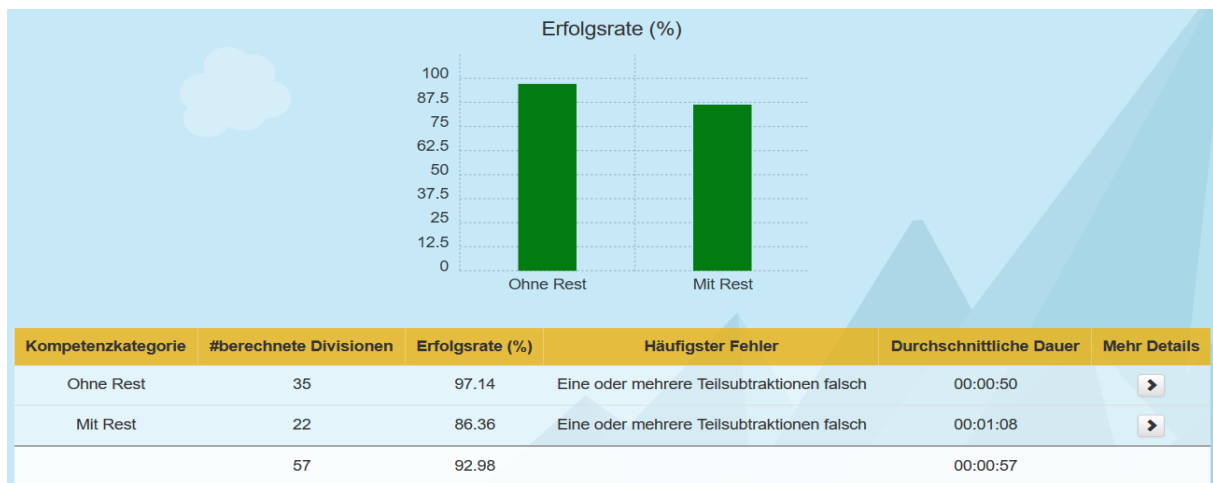


Abbildung 23: Statistik der Kompetenzkategorien

ddd:dd

Dividend	Divisor	Korrekt Quotient	Korrekt Rest	Berechneter Quotient	Berechneter Rest	Richtig	Fehler	Dauer	Zeitstempel	Mehr Details
832	13	64	0	64	0	Ja	-	00:00:36	14.12.2015 - 16:58:32	-
792	72	11	0	10	0	Nein	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch Falsches Teilprodukt durch falsche Quotientenzahl	00:00:29	14.12.2015 - 16:59:03	-
924	28	33	0	33	0	Ja	-	00:01:56	14.12.2015 - 17:03:50	-
792	22	36	0	36	0	Ja	-	00:01:14	14.12.2015 - 17:05:25	-
255	85	3	0	3	0	Ja	-	00:00:43	14.12.2015 - 17:06:10	-
672	56	12	0	12	0	Ja	-	00:00:31	14.12.2015 - 17:06:44	-

Abbildung 24: Statistik einzelner Rechnungen eines Kompetenzlevels

4.6 Übungsmaterialien

Die Übungsmaterialien betreffen die Arbeitsblätter der Kontrollklassen. Es wurde pro Woche ein Arbeitsblatt ausgeteilt, welches zu lösen war. Insgesamt waren entweder 15 oder 20 Rechnungen vorbereitet. Auch hier wurden die Rechnungen aufgrund der in Tabelle 10 (Seite 58) gelisteten Kompetenzlevel erstellt und waren somit vom Schwierigkeitsgrad vergleichbar. Innerhalb einer Woche gab es ein bis zwei Kompetenzlevel auf einem Arbeitsblatt oder Divisionen vermischt mit Multiplikationen oder Subtraktionen, wenn eine deutliche Tendenz aus der Lösung der Aufgabenblätter zu einem systematischen Fehler erkennbar war.

Ein Beispiel für ein Aufgabenblatt wäre folgende Abbildung:

Aufgabenzettel 11

Name: _____

- | | | | |
|----------------------|----------------|----------------------|---------------|
| a) 57553 : 69 | b) 81270 : 21 | c) 13980 : 97 | d) 39266 : 92 |
| e) 74760 : 70 | f) 43516 : 48 | g) 31700 : 65 | h) 41349 : 26 |
| i) 12240 : 25 | j) 23940 : 72 | k) 36754 : 42 | l) 31920 : 39 |
| m) 169191 * 79 | n) 252750 * 62 | o) 349011 * 22 | p) 397812: 54 |
| q) 9231779 - 1549958 | | r) 6631644 – 1635066 | |
| s) 2080515 – 5322212 | | t) 2767334 – 4869789 | |

Abbildung 25: Beispiel eines Aufgabenzettels

4.7 Vor- und Nachtest

Im Rahmen der Studie wurden ein Vortest vor Beginn der Übungen und ein Nachtest nach den letzten Hausübungen durchgeführt. Diese Tests bieten die nötigen Informationen, um einen Lernzuwachs bzw. Kompetenzzuwachs feststellen zu können. Beide Tests hatten die exakt gleichen Aufgaben. Da ein langer Zeitraum zwischen den beiden Tests lag, sollte sich keine Schülerin und kein Schüler mehr an den Vortest erinnern können.

Diese Tests wurden sowohl in den VK als auch in den KK mit einem Zeitlimit von zehn Minuten durchgeführt. Auch wurde die Anzahl der Beispiele und der Schwierigkeitsgrad der Beispiele so gewählt, dass der Vortest für die Schülerinnen und Schüler schwer schaffbar sein sollte. Dadurch kann man eine etwaige Steigerung in Bezug auf den Nachtest erkennen.

Vortest der Studie 10 Minuten	Name: _____
$36 : 6 =$	$208 : 16 =$
$95 : 7 =$	$965 : 61 =$
$845 : 4 =$	$6007 : 25 =$
$5016 : 9 =$	$78384 : 48 =$
$18880 : 8 =$	$4508 : 23 =$
$10230 : 4 =$	$33033 : 32 =$

Abbildung 26: Vor- bzw. Nachtest

Es gab acht Divisionen auf dem Test, wobei diese die Kompetenzlevel des Online-Trainers gut repräsentieren. Es wurden einige Beispiele mit und einige ohne Rest erstellt. Jede Division repräsentiert ein anderes Kompetenzlevel und man kann anhand der gelösten Beispiele erkennen, wo die Schülerin und der Schüler in etwa stehen.

Abbildung 26 zeigt die Beispiele des Vor- bzw. Nachtests und Tabelle 11 zeigt das jeweilige KL der Beispiele.

<i>Rechnung</i>	<i>Kompetenzlevel</i>
36 : 6 =	2
95 : 7 =	3
845 : 4 =	5
5016 : 9 =	7
18880 : 8 =	8
10230 : 4 =	9
208 : 16 =	10
965 : 61 =	12
6007 : 25 =	14
78384 : 48 =	15
4508 : 23 =	13
33033 : 32 =	16

Tabelle 11: Kompetenzlevel der Rechnungen des Vor- bzw. Nachtests

Bei der Aufteilung der Rechnungen auf die Kompetenzlevel wurde darauf geachtet, dass man von einem gewissen Kompetenzlevel ausgeht, welches eine Schülerin/ein Schüler sowieso nach der Volksschule können sollte. Deshalb werden die KL der einstelligen Divisionen nicht genau abgedeckt. Dem hingegen werden aber die KL der zweistelligen Division (ab KL 10, siehe Tabelle 10) sehr gut abgedeckt und nur KL 11 übersprungen.

4.8 Ausführung und Gliederung des Versuchs

Die Langzeitstudie teilt sich insgesamt auf drei Phasen auf. Phase eins ist die Vorbereitungsphase, in welcher erste Schritte eingeleitet, Lehrerinnen und Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler vorbereitet wurden und der Vortest in allen Klassen durchgeführt

wurde. Die zweite Phase besteht aus der Versuchsphase. In dieser Phase werden die wöchentlichen Hausübungen aufgegeben und je nach Klasse (VK oder KK) mit dem entsprechenden Werkzeug gelöst. Die dritte Phase ist die Nachbereitungsphase und besteht aus dem Nachtest. In Tabelle 12 wird der Zeitplan der Studie mit den einzelnen Phasen dargestellt.

Phase	Aufgabe	Zeitlicher Ablauf
Vorbereitungsphase	Kontaktaufnahme mit der Schule	Ende August, Anfang September
	Kontaktaufnahme mit den Lehrerinnen und Lehrern der ersten Klassen	Mitte September
	Einteilen der Klassen in VK und KK	
	Einschulen der Lehrerinnen und Lehrer	Mitte/Ende September
	Vortest in allen Klassen durchführen	Ende September
	Eltern informieren	
	Schülerinnen und Schüler instruieren	
Versuchsphase	Erste Hausübungen aufgeben	Erste Oktoberwoche
	Wöchentlich eine Hausübung in Bezug auf die Studie aufgeben	Oktober-Ende Jänner Wöchentlich (exklusive Ferien)
	Traditionelle Hausübungen der KK korrigieren	
	Statistik der VK auswerten und darauf reagieren	
Nachbereitungsphase	Nachtest in allen Klassen durchführen	
	Rückmeldung an Lehrerinnen und Lehrer	

Tabelle 12: Zeitlicher Ablauf der Studie

4.8.1 Vorbereitungsphase

Die Vorbereitungsphase dauerte von Ende August bis Ende September. In dieser Zeit wurden die Rahmenbedingungen abgeklärt und das Einverständnis aller eingeholt. Zuerst wurde die Schule kontaktiert und mit dem Direktor Kontakt aufgenommen. Nach der Erlaubnis, alle

ersten Klassen in der Studie entweder als VK oder KK verwenden zu dürfen, wurde mit den einzelnen Mathematiklehrerinnen und -lehrern der ersten Klassen Kontakt aufgenommen.

Bei der ersten Fachkonferenz der Mathematik zu Schulbeginn wurde die Studie allen Lehrerinnen und Lehrern vorgestellt und die Lehrerinnen und Lehrer wurden gebeten, sich freiwillig entweder für die VK oder KK zu melden.

Innerhalb der folgenden zwei Wochen, also von Schulanfang bis Ende September, wurden die Lehrerinnen und Lehrer einzeln instruiert und das System, mögliche Probleme im Umgang damit vorgestellt und der Ablauf der Studie nochmals abgeklärt. Nach dieser Einschulung der Lehrerinnen und Lehrer folgte entweder in der letzten Septemberwoche oder in der ersten Oktoberwoche der Vortest (siehe Abbildung 26: Vor- bzw. Nachtest) in den jeweiligen Klassen. Für diesen Test hatten die Schülerinnen und Schüler 10 Minuten Zeit. Der Versuchsleiter oder die/der Klassenlehrer/in waren während der Tests anwesend und überwachten die Ausführung dieser.

In den Kontrollklassen folgte die Information über den Ablauf der Studie und welche Aufgaben sie wöchentlich erbringen mussten. Des Weiteren wurde in allen Klassen ein Informationsblatt an die Eltern ausgegeben und deren Einwilligung eingeholt, dass ihre Kinder an der Studie teilnehmen und die Daten anonymisiert weiterverwendet werden dürfen (siehe Anhang).

In den Versuchsklassen wurde nach dem Test der Informatiksaal aufgesucht und es mussten sich alle Schülerinnen und Schüler beim Online-Trainer anmelden. Die/der Klassenlehrer und der Versuchsleiter überwachten den Vorgang und halfen den Schülerinnen und Schülern bei etwaigen Problemen. Die Schülerinnen und Schüler bekamen noch ein Informationsblatt (siehe Anhang) für den Trainer und durften schon selbst den Trainer ausprobieren und kennenlernen.

4.8.2 Versuchsphase

Die Versuchsphase startete mit Ende der ersten Oktoberwoche, nachdem alle Schülerinnen und Schüler instruiert wurden. Diese bekamen am Freitag die erste Hausübung und hatten ab diesem Zeitpunkt etwas weniger als eine Woche Zeit. Der Abgabetermin für die Hausübung war für die Versuchsklassen unterschiedlich gewählt, damit genug Zeit zum Analysieren der Statistik und zum Vergeben der neuen Hausübung und etwaiger Rückmeldungen blieb.

VK 1 und VK 3 hatten die Hausübung jeweils von Freitag bis Mittwoch und VK 2 hatte die Hausübung von Freitag bis Donnerstag. So konnten auch die Klassenlehrerinnen und Klassenlehrer die Hausübung kontrollieren und überprüfen, wer die Hausübung gemacht hat und in die Benotung mit einbeziehen.

In den Kontrollklassen gab es die Hausübung immer von Freitag bis Freitag beziehungsweise Montag bis Montag, je nach Stundenplan der Klassen. Der Ablauf in den KK war wie folgt gegeben: Der Versuchsleiter stellte das Aufgabenblatt für die kommende Woche bis Donnerstag zusammen und übermittelte es digital den Lehrerinnen und Lehrern, welche es freitags oder montags in den Klassen verteilten. Spätestens jede zweite Woche wurden die ausgefüllten Arbeitsblätter dem Versuchsleiter übergeben und von diesem korrigiert. Trat ein systematischer Fehler häufig auf, so waren auf dem kommenden Arbeitsblatt Rechnungen, welche diesen Fehler ausmerzen sollten. Die Schülerinnen und Schüler bekamen die Arbeitsblätter als Rückmeldung in korrigierter Form wieder zurück.

Auf die systematischen Fehler bei der Division (siehe Kapitel 3.2.2) wurde bei der Kontrollklasse genau dann Rücksicht genommen, wenn übermäßig viele Schülerinnen und Schüler in den KK denselben oder ähnlichen systematischen Fehler gemacht haben. Bei Endnull- oder Zwischennullfehler wurden mehr Beispiele mit Nullen im Ergebnis aufgegeben, während Fehler beim Teilprodukt oder beim Rest dazu führten, dass auf dem nächsten Arbeitsblatt Multiplikationen zu rechnen waren. Bei häufigen Subtraktionsfehlern gab es zusätzlich Subtraktionen am Aufgabenblatt.

Der Ablauf in den Versuchsklassen wurde etwas anders gelöst. Die Schülerinnen und Schüler mussten je nach Klasse bis spätestens Donnerstag wöchentlich ihre personalisierte Hausübung erledigen. Danach folgte am Donnerstag die Auswertung der Statistik der Online-Trainer für die jeweilige Woche. Aufgrund dieser Auswertung und der vom System erkannten systematischen Fehler bekamen die Schülerinnen und Schüler dementsprechend ihre Aufgaben zugewiesen. Wenn dem Versuchsleiter beim Analysieren der Statistik auch etwaige systematische Fehler auffielen, welche nicht vom System erkannt wurden, dann wurde auch dementsprechend gehandelt.

Die Lehrerinnen und Lehrer der Versuchsklassen bekamen für die jeweils eigene Klasse eine Excel-Datei mit den eingetragenen Aufgaben für ihre Schülerinnen und Schüler. Diese Datei

wurde von der Lehrerin/dem Lehrer am Beamer in der Klasse gezeigt und jede Schülerin/jeder Schüler musste sich seine Aufgabe für die kommende Woche notieren. Ein Beispiel für eine solche Datei ist in Abbildung 25 zu sehen.

Aufgaben		Klasse: 1F	ab 11.12
Name	Aufgabe	Anzahl	Bemerkung
	Plus-Minus-Trainer	20	
	Rätselaufgabe 2		
	Divisionstrainer	20	Teilweise keine Eingaben gemacht!
	Divisionstrainer	15	
	Divisionstrainer	22	
	Ein-Mal-Eins-Trainer	Alle Sterne Gold	
	Rätselaufgabe 1		
	Divisionstrainer	15	
	Divisionstrainer	15	
	Divisionstrainer	15	
	Gratulation! Du hast eine Woche frei!		Höchstes Level erreicht!
	Gratulation! Du hast eine Woche frei!		Höchstes Level erreicht!
	Ein-Mal-Eins-Trainer	Alle Sterne Gold	
	Rätselaufgabe 1		
	Rätselaufgabe 1		
	Divisionstrainer	15	
	Rätselaufgabe 2		
	Divisionstrainer	15	
	Divisionstrainer	20	
	Rätselaufgabe 1		
	Divisionstrainer	15	
	Mathe-Multi Trainer	15	
	Rätselaufgabe 2		
	Divisionstrainer	15	

Abbildung 27: Rückmeldung bzw. neue Hausübung einer VK

Hatte eine Schülerin/ein Schüler das höchste KL erreicht, so bekam sie/er als Belohnung eine Woche keine Online-Hausübung. Dies war als ein zusätzlicher Ansporn für die Schülerinnen und Schüler gedacht. Darüber hinaus gab es für diese in den darauffolgenden Wochen als Ersatzhausübung mathematische Rätselaufgaben, um sie weiterhin zu fordern und fördern (siehe Anhang).

Während der Versuchsphase gab es einige Verzögerungen aufgrund schulinterner Veranstaltungen oder Feiertagen unter der Woche. Auch gab es über die Weihnachtsferien in manchen Klassen keine Hausübung, da die Lehrerinnen und Lehrer den Schülerinnen und Schülern andere Aufgaben gegeben hatten. Darüber hinaus bekam jede Klasse individuell zwei Mal für eine Woche keine Hausübung, wenn in dieser Woche viele Prüfungen oder Schularbeiten (besonders in Mathematik) zu schreiben waren. In Summe wurde aber vom Versuchsleiter darauf geachtet, dass jede Klasse gleich oft Hausübung für eine Woche aufbekamen und somit kein Unterschied in der Anzahl der gelösten Beispiele aufgrund einer fehlenden Hausübungswoche entstand.

Der Versuchsleiter protokollierte auch den Zeitaufwand für das Kontrollieren beziehungsweise Analysieren der Hausübungen und Statistiken, um so den Aufwand der jeweiligen Methode für eine Lehrerin/einen Lehrer fest zu halten.

Die Versuchsphase wurde mit Abgabe der letzten Hausübung in der letzten Jännerwoche abgeschlossen.

4.8.3 Nachbereitungsphase

Die Nachbereitungsphase schloss an die Versuchsphase an. In der zweiten Februarwoche wurden die Nachtests in den VK und KK geschrieben. Als Nachtest diente der gleiche Test, welcher schon als Vortest zum Einsatz kam. Der einzige Unterschied zwischen den Tests lag darin, dass der Nachtest auch schon nach fünf Minuten abgegeben werden konnte. So hatten schnelle Schülerinnen und Schüler die Chance zu zeigen, dass sie nun schneller ihre Rechnungen als am Beginn der Studie erledigen konnten. Auch bei diesem Test wurde die gewissenhafte Erledigung der Tests von den Klassenlehrerinnen und Klassenlehrer oder vom Versuchsleiter überwacht.

Nach der Analyse und dem Vergleich von Vor- bzw. Nachtest bekam jede/r Klassenlehrer/in vom Versuchsleiter eine Auswertung für seine Klasse. Dies dient nur der Vollständigkeit und um den Lehrerinnen und Lehrern eine Rückmeldung über den Erfolg der Übungen geben.

4.9 Erhobene Daten

Auf den kommenden Seiten werden die erhobenen Daten erklärt und die verwendeten Methoden präsentiert. Mithilfe dieser Daten werden im Kapitel 5 die Ergebnisse präsentiert und in Kapitel 6 die Ergebnisse in Bezug auf die Hypothesen diskutiert. Zuerst noch eine Übersicht über die erhobenen Daten:

- Lernzuwachs
- Kompetenzzuwachs
- Zeitaufwand

4.9.1 Lernzuwachs

Ausschlaggebend für den Lernzuwachs sind die Ergebnisse des Vortests und des Nachtests. Anhand der in diesem Zusammenhang erhobenen Daten, kann der Lernzuwachs gemessen und zwischen den Klassen verglichen werden. Dafür werden folgende Messwerte herangezogen, welche sich auf den Vor- und Nachtest beziehen:

- Durchschnitt der Anzahl richtig gelöster Beispiele
- Durchschnitt der Anzahl falsch gelöster Beispiele
- Durchschnitt der bearbeiteten Beispiele
- Durchschnittliche Erfolgsquote der bearbeiteten Beispiele
- Durchschnittliche Erfolgsquote aller Beispiele eines Tests

Es werden weiters die wöchentlich ausgearbeiteten Statistiken der VK und KK herangezogen und für eine Klasse analysiert. In diesem Zusammenhang gibt es folgende Messwerte:

- Durchschnitt der Anzahl richtig erledigter Aufgaben der KK
- Durchschnitt der Anzahl falsch erledigter Aufgaben der KK
- Durchschnittliche Erfolgsquote der erledigten Aufgaben in VK und KK
- Durchschnittliches Kompetenzlevel der VK
- Durchschnitt der Anzahl erledigter Aufgaben der VK

Somit ergeben die Protokollierung der wöchentlichen Aufgaben, sowie die Auswertung der Tests die Daten für den Lernzuwachs.

4.9.2 Kompetenzzuwachs

Für den Kompetenzzuwachs in den VK und KK wurde auch das entsprechend erreichte KL der Schülerinnen und Schüler mitprotokolliert. In der Kontrollklasse steuerte der Versuchsleiter das KL der Beispiele und somit haben alle Schülerinnen und Schüler, welche die Aufgaben des letzten Aufgabenblattes erledigten, das höchste Kompetenzlevel erreicht. Stattdessen wurde das KL der Beispiele in der VK vom Online-Trainer gesteuert und automatisch erhöht oder verringert. Es wurde der wöchentliche Stand des KL der Schülerinnen und Schüler mitprotokolliert und ergibt somit einen Durchschnitt der gesamten Klasse.

Für eine weitere Auswertung in einer Prüfungssituation dient die eindeutige Zuordnung der Testbeispiele in ein KL. Da jede Division auf dem Test ein bestimmtes KL repräsentiert, kann auf ein erreichtes KL geschlossen werden. Dafür gibt es einen einfachen Algorithmus:

1. Es wird eine Liste aller richtig gerechneten Beispiele der Schülerin/des Schülers erstellt.
2. Diese Liste wird aufsteigend nach Kompetenzlevel der Beispiele sortiert.
3. Das letzte Beispiel der Liste bestimmt mit seinem Kompetenzlevel den erreichten Kompetenzlevel der Schülerin/des Schülers.

4.9.3 Zeitaufwand

Um den Zeitaufwand zwischen VK und KK für eine Lehrerin/einen Lehrer aufstellen und vergleichen zu können, wurden die Daten für den Zeitaufwand vom Versuchsleiter protokolliert. Dazu wurden folgende Zeitmessungen pro Klasse durchgeführt:

- Zusammenstellen der wöchentlichen Aufgabenblätter der KK
- Korrigieren der wöchentlichen Aufgabenblätter der KK
- Erstellen einer Statistik für jede Schülerin/jeden Schüler in der KK
- Analysieren der Online-Statistik der VK
- Erstellen der individuellen Aufgabenliste der VK

Die gemessenen Werte wurden gemittelt und gerundet und ergeben somit einen ungefähren Richtwert für den Zeitaufwand für eine Lehrerin/einen Lehrer.

4.9.4 Daten für die Hypothesenprüfung

Damit die Hypothesen aus Abschnitt 1.1 überprüft werden können, wurden verschiedene Datenquellen analysiert und zur Auswertung verwendet. Tabelle 13 gibt eine Übersicht über die verwendeten Datenquellen.

<i>Hypothese</i>	<i>Datenquelle</i>
<i>HY1</i>	Vor- und Nachtest
<i>HY2</i>	Vor- und Nachtest Protokoll Online-Statistik
<i>HY3</i>	Online-Statistik
<i>HY4</i>	Online-Statistik
<i>HY5</i>	Online-Statistik Protokoll Online-Statistik
<i>HY6</i>	Zeitprotokoll
<i>HY7</i>	Online-Statistik Zeitprotokoll
<i>HY8</i>	Zeitprotokoll

Tabelle 13: Übersicht über verwendete Datenquellen für die Hypothesenauswertung

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie präsentiert. Die erhobenen Daten werden für die einzelnen Klassen dargestellt, wie auch als Versuchsgruppe und Kontrollgruppe zusammengefasst. Schülerinnen und Schüler, welche bei einem der Tests nicht anwesend waren, werden bei dem entsprechenden Test auch nicht in der Statistik berücksichtigt.

5.1 Vergleich Vor- und Nachtest

Die Auswertung der beiden Tests liefert folgende Ergebnisse in Tabelle 14 für Versuchs- und Kontrollklassen. Für jede Datenkategorie wurden die Daten für den Vortest, den Nachtest und den Zuwachs in einer Gruppe erhoben. In der letzten Spalte ist auch die Differenz zwischen der VK und KK errechnet. Es gibt folgende Datenkategorien:

- Anzahl richtig gerechneter Beispiele: Durchschnitt über die Anzahl der richtig gerechneten Beispiele pro Schülerin bzw. Schüler.
- Anzahl falsch gerechneter Beispiele: Durchschnitt über die Anzahl der falsch gerechneten Beispiele pro Schülerin bzw. Schüler.
- Erfolgsquote erledigter Beispiele: Durchschnitt über die Erfolgsquote der gerechneten Beispiele pro Schülerin bzw. Schüler
- Anzahl gesamt erledigter Aufgaben: Durchschnitt über die Gesamtanzahl pro Test erledigter Aufgaben
- Erfolgsquote gesamt: Durchschnitt der Erfolgsquote der Schülerinnen und Schüler auf den gesamten Test bezogen (12 Beispiele insgesamt).

		VK	KK	Differenz VK zu KK
Richtige	Vortest	5,55	6,03	-0,48
	Nachtest	6,59	7,30	-0,71
	Zuwachs	1,04	1,26	-0,23
Falsche	Vortest	3,11	3,49	-0,37
	Nachtest	3,85	3,29	0,56
	Zuwachs	0,74	-0,20	0,93
Erfolgsquote erledigter Bsp.	Vortest	62,03%	63,38%	-1%
	Nachtest	63,60%	68,93%	-5%

	Zuwachs	1,57%	5,55%	-4%
Erledigte Aufgaben	Vortest	8,66	9,52	-0,85
	Nachtest	10,29	10,64	-0,35
	Zuwachs	1,63	1,13	0,50
Erfolgsquote gesamt	Vortest	45,89%	50,23%	-4%
	Nachtest	53,96%	60,81%	-7%
	Zuwachs	8,07%	10,58%	-3%

Tabelle 14: Übersicht der Ergebnisse von Vor- und Nachtest von VK und KK

Es ist ersichtlich, dass die Anzahl der erledigten Aufgaben in beiden Gruppen einen Zuwachs verzeichnen konnte. In den KK ist es ein Zuwachs von 1,13 Beispielen während in den VK ein Zuwachs 1,63 Beispielen im Durchschnitt vorherrscht. Dementgegen haben aber die Kontrollklassen ein Minus von 0,2 bei der Anzahl falsch gerechneter Beispiel, während die Versuchsklassen bei der Anzahl falsch gerechneter und richtig gerechneter Beispiel einen Zuwachs verzeichnen. Die Erfolgsquote der erledigten Beispiele stieg in den VK um 1,57% und in den KK um 5,55%. Alles zusammen ergibt einen Zuwachs der gesamten Erfolgsquote aller Beispiele bei den Tests um 8,07% in den VK und um 10,58% in den KK. Das ergibt einen um ca. 3% kleineren Zuwachs der gesamten Erfolgsquote in den VK als in den KK.

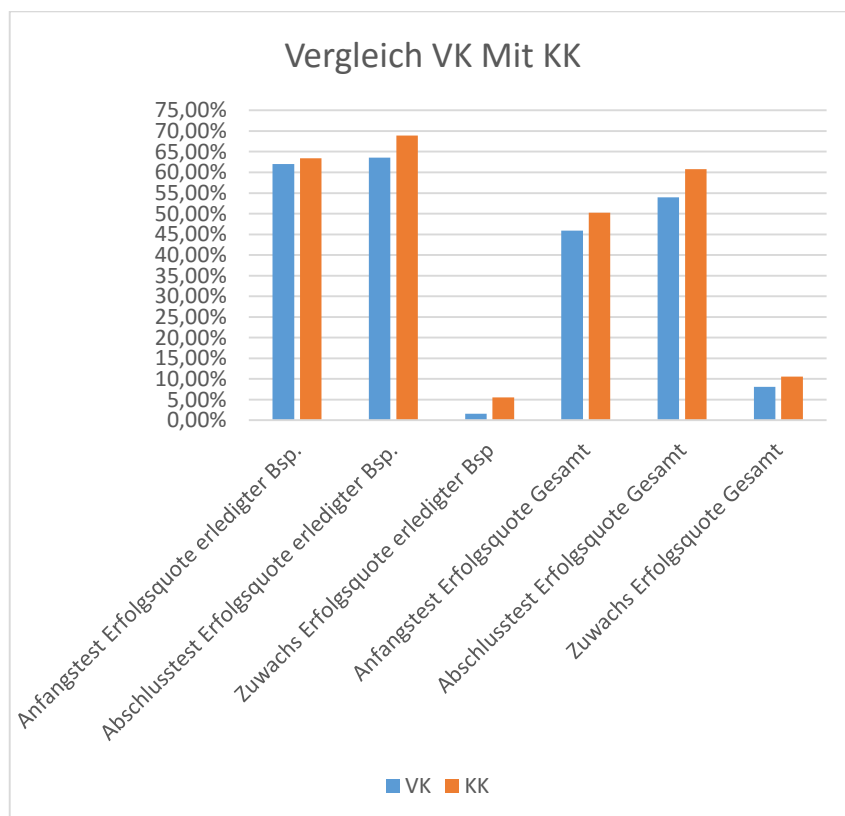


Abbildung 28: Vergleich der Daten von VK mit KK (in %)

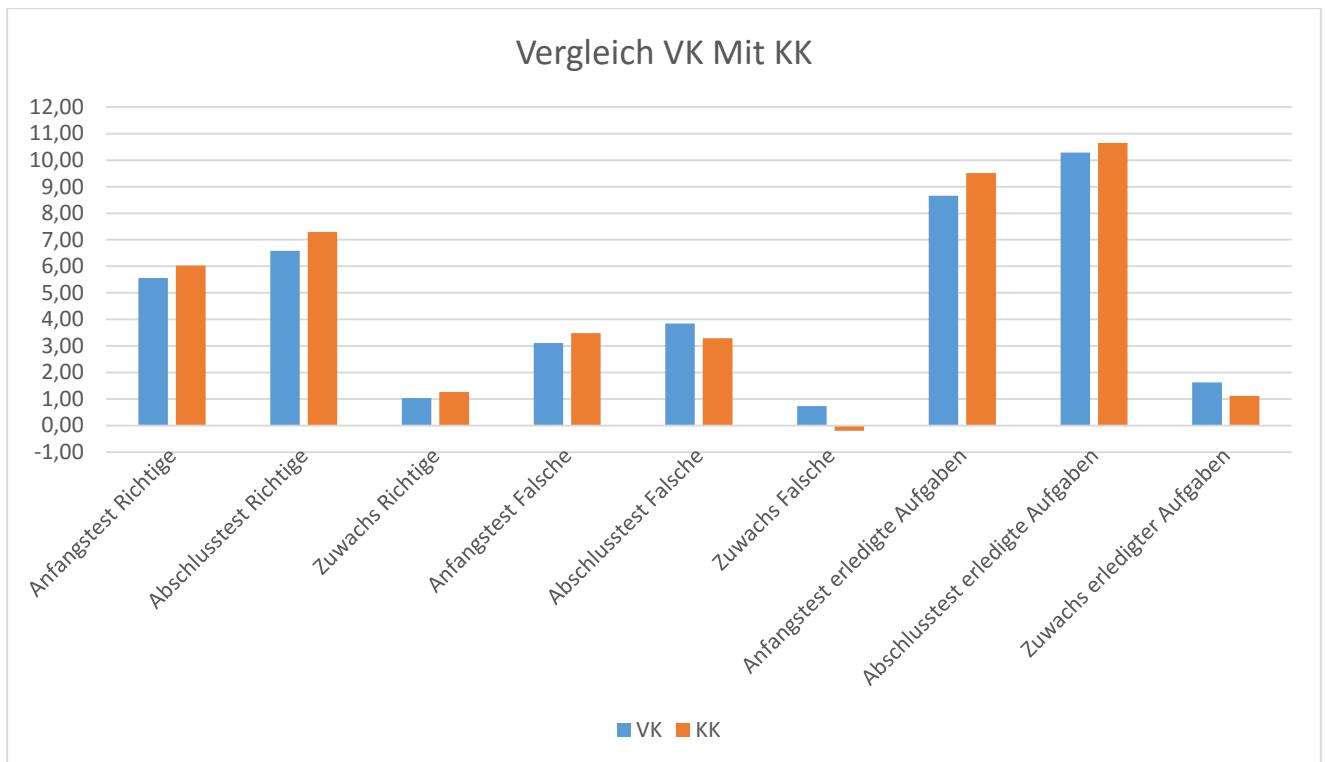


Abbildung 29: Vergleich der Daten VK mit KK (Anzahl)

Die entscheidende Frage, die sich nun stellt, ist, ob sich VK und KK beim Vortest signifikant unterscheiden. Um dies festzustellen, wurde ein beidseitiger Welch-Test mit 95% Signifikanzniveau angewandt. Zum Vergleich wird die Erfolgsquote gesamt verwendet.

Zuallererst werden die H_0 -Hypothese und eine Alternativ-Hypothese aufgestellt. Diese lauten wie folgt:

$$H_0: \text{Erfolgsquoten unterscheiden sich nicht signifikant} \rightarrow \bar{X} = \bar{Y}$$

$$H_A: \text{Erfolgsquoten unterscheiden sich signifikant} \rightarrow \bar{X} \neq \bar{Y}$$

Daraus folgen die nötigen Berechnungen, um einen signifikanten Unterschied festzustellen:

\bar{X} = Mittelwert der Erfolgsquoten der Versuchsklassen; n = Anzahl Schüler in VK

\bar{Y} = Mittelwert der Erfolgsquoten der Kontrollklassen; m = Anzahl Schüler in KK

$$X = 0,4589; Y = 0,5023$$

s_x^2, s_y^2 = aus Stichproben geschätzte Varianzen

$$s_x^2 = 0,05519354$$

$$s_y^2 = 0,036334279$$

$$\text{Standardfehler } s = \sqrt{\frac{s_x^2}{n} + \frac{s_y^2}{m}} = 0,035314014$$

$$\text{Freiheitsgrade } df = \frac{\left(\frac{s_x^2}{n} + \frac{s_y^2}{m}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_x^2}{n}\right)^2}{n-1} + \frac{\left(\frac{s_y^2}{m}\right)^2}{m-1}} \approx 138$$

Aus 95% Signifikanzniveau folgt $t_{0,025;138} = 1,960$

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{s} = 1,227505384$$

Ablehnungsbereich $H_0: \{t | t < -1,96 \text{ oder } t > 1,96\}$

Da $-1,96 < t = 1,227505384 < 1,96$ gilt, kann H_0 nicht abgelehnt werden. Somit unterscheiden sich die Erfolgsquoten der VK und KK nicht signifikant und ein Vergleich zwischen den beiden ist legitim.

In Tabelle 15 finden sich die erhobenen Daten der einzelnen Versuchsklassen und in Abbildung 30 und Abbildung 31 die dazugehörigen Diagramme.

	K-ID 4	K-ID 5	K-ID 6
Vortest Richtige	5,17	4,70	6,78
Nachtest Richtige	6,23	6,29	7,25
Vortest Falsche	3,74	2,59	3,00
Nachtest Falsche	3,77	4,17	3,60
Vortest Erfolgsquote erledigter Bsp.	56,63%	61%	68,35%
Nachtest Erfolgsquote erledigter Bsp.	61,46%	62%	67,57%
Vortest erledigte Aufgaben	8,91	7,30	9,78
Nachtest erledigte Aufgaben	9,57	10,46	10,85
Vortest Erfolgsquote gesamt	43,12%	39%	56,52%
Nachtest Erfolgsquote gesamt	49,64%	52%	59,80%

Tabelle 15: Daten der Tests der einzelnen VK

Man beachte die geringe Unterscheidung der Erfolgsquoten der erledigten Beispiele zwischen Vor- und Nachtest in den Klassen. Es gibt aber eine deutliche Diskrepanz zwischen VK mit K-ID 6 und K-ID 5 beziehungsweise auch K-ID 4 in dieser Datenkategorie. Allgemein hatte die Klasse

mit K-ID 6 höhere Werte bei den Erfolgsquoten erzielt, weist jedoch bei der Erfolgsquote der erledigten Beispiele einen Rückgang um fast 1% auf. In K-ID 4 und K-ID 5 gibt es eine Steigerung bei der Erfolgsquote der erledigten Beispiele. Auch interessant ist die gesamte Erfolgsquote in K-ID 5. Hier gibt es eine Steigerung um 13% und weist somit eine höhere Quote als K-ID 4 auf, welche beim Vortest jedoch besser abgeschnitten hat.

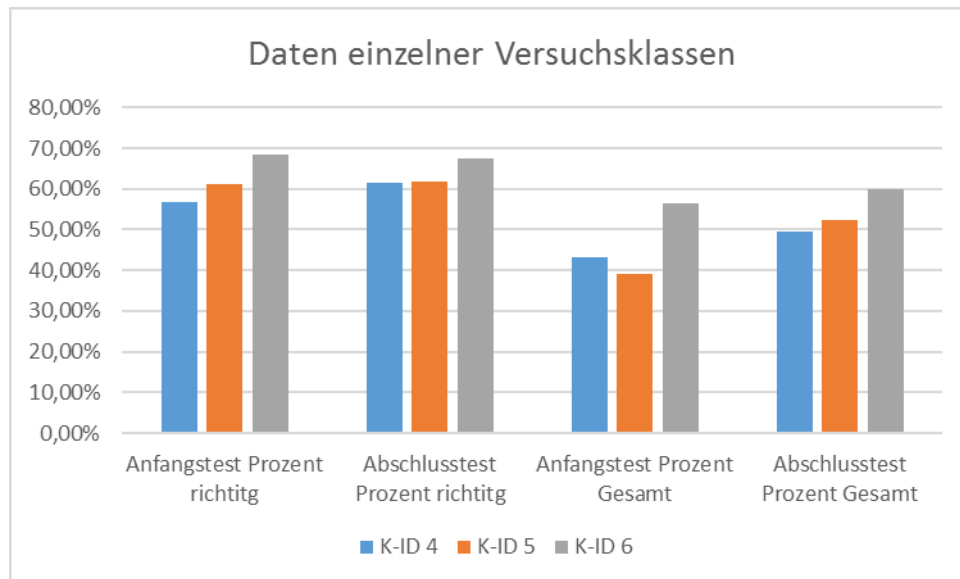


Abbildung 30: Daten einzelner VK (in %)

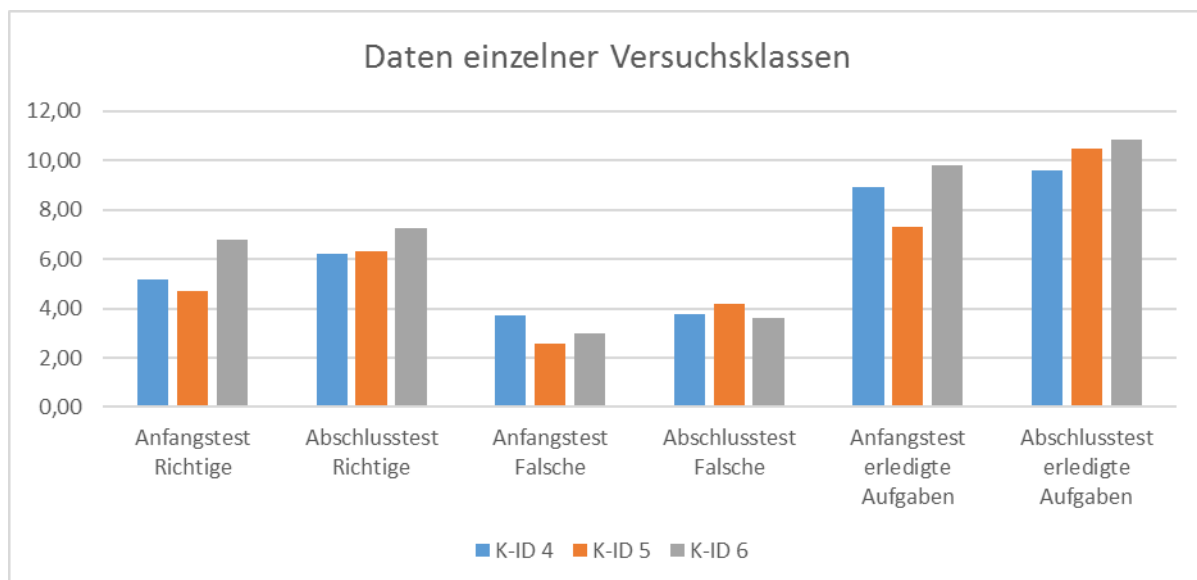


Abbildung 31: Daten einzelner VK (Anzahl)

Darauf folgen in Tabelle 16 die Daten der Kontrollklassen, sowie die zugehörigen Diagramme in Abbildung 32 und Abbildung 33.

	K-ID 1	K-ID 2	K-ID 3
Vortest Richtige	6,58	5,67	5,85
Nachtest Richtige	7,74	7,00	7,15
Vortest Falsche	3,00	3,92	3,54
Nachtest Falsche	3,39	3,48	3,00
Vortest Erfolgsquote erledigter Bsp.	68,70%	59,13%	62,32%
Nachte Erfolgsquote erledigter Bsp.	69,53%	66,80%	70,45%
Vortest erledigte Aufgaben	9,58	9,58	9,38
Nachtest erledigte Aufgaben	11,13	10,48	10,32
Vortest Erfolgsquote gesamt	54,86%	47,22%	48,77%
Nachtest Erfolgsquote gesamt	64,49%	58,33%	59,62%

Tabelle 16: Daten der Tests der einzelnen KK

Die Klasse mit K-ID 1 weist bei der Erfolgsquote gesamt eine deutliche höhere Quote als die beiden anderen KK auf. In dieser Klasse gab es auch eine deutliche Steigerung bei der Anzahl erledigter Aufgaben, hat aber als einzige Klasse einen Anstieg bei der Anzahl der falsch gerechneten Beispiele. K-ID 2 und K-ID 3 haben einen deutlichen Rückgang der falsch gerechneten Beispiele um ca. 0,5 Beispiele im Durchschnitt pro Schülerin bzw. Schüler. Bei Erfolgsquote der erledigten Beispiele gab es bei den Klassen K-ID 2 und K-ID 3 eine Steigerung um rund 7% und bei K-ID 1 um knapp 1%.

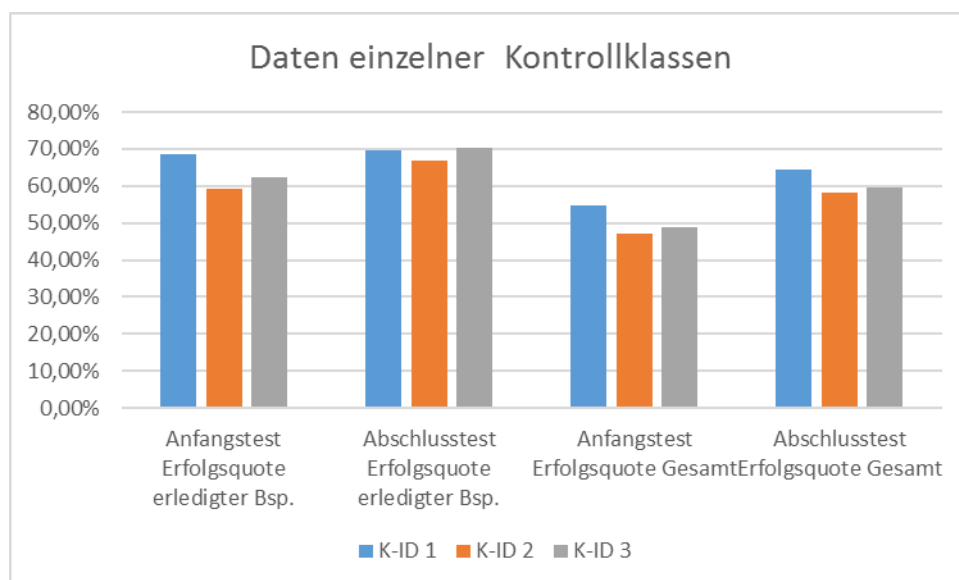


Abbildung 32: Daten einzelner KK (in %)

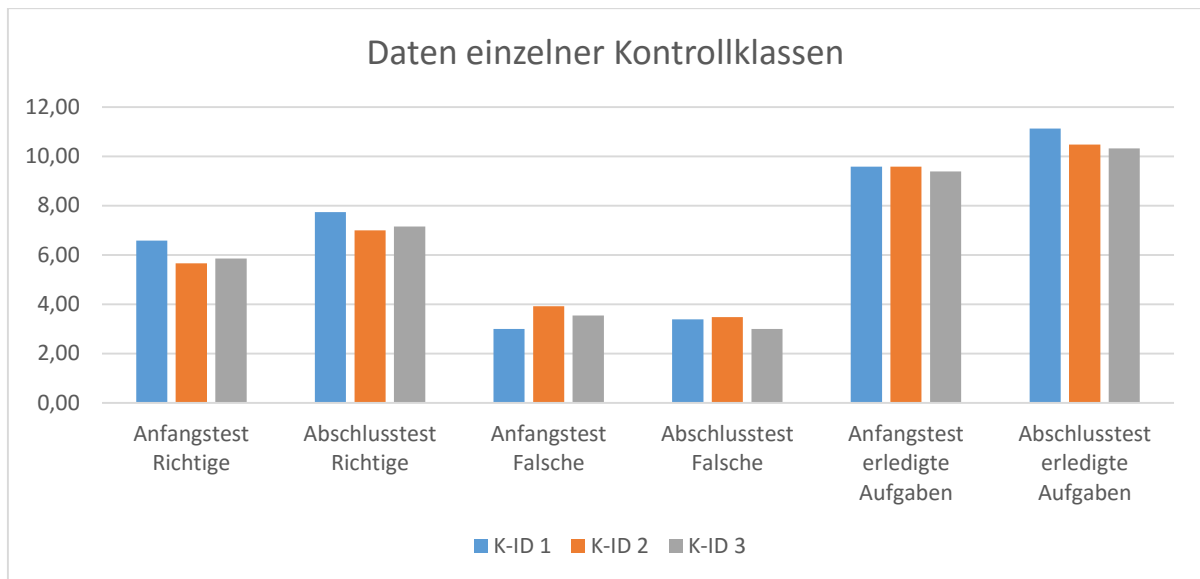


Abbildung 33: Daten einzelner KK (Anzahl)

5.2 Betrachtung der Rechenaufgaben der Versuchsklassen

Die protokollierten Daten der Versuchsklassen sind die Anzahl der Aufgaben, das Kompetenzlevel und die Erfolgsquote der Rechnungen. Es wurde über die gesamten Schülerinnen und Schüler gemittelt, um die jeweiligen Ergebnisse der Klassen repräsentieren zu können.

Die Daten der Klassen wurden ebenfalls gemittelt und diese Daten werden in den folgenden Tabellen und Diagrammen dargestellt.

5.2.1 Anzahl erledigter Aufgaben

Die Anzahl der erledigten Aufgaben wurde über die jeweilige Klasse gemittelt. In der letzten Spalte von Tabelle 17 ist der gesamte Durchschnitt ersichtlich. Es ist ersichtlich, dass K-ID 4 lange unter dem Durchschnitt liegt und erst gegen Schluss hin einen leichten Sprung verzeichnen kann. K-ID 5 hat am Anfang eine höhere Anzahl an erledigten Aufgaben, hat aber, wie in Abbildung 34 ersichtlich, eine deutlich flachere Kurve. Ab der vierten Aufgabenwoche ist K-ID 6 bei der Anzahl der Aufgaben führend.

Datum	K-ID 4	K-ID 5	K-ID 6	Durchschnitt
15.10.2015	13,52	33,00	21,25	22,59
22.10.2015	19,87	40,22	26,38	28,82
05.11.2015	23,13	50,30	36,38	36,60
19.11.2015	31,04	50,30	49,04	43,46
26.11.2015	43,13	59,33	62,33	54,93
03.12.2015	60,39	68,15	73,58	67,37
10.12.2015	67,30	74,74	85,75	75,93
17.12.2015	77,30	81,33	93,17	83,93
14.01.2015	91,87	83,85	96,42	90,71
21.01.2015	91,87	85,70	106,17	94,58

Tabelle 17: Vergleich der Anzahl erledigter Division der VK

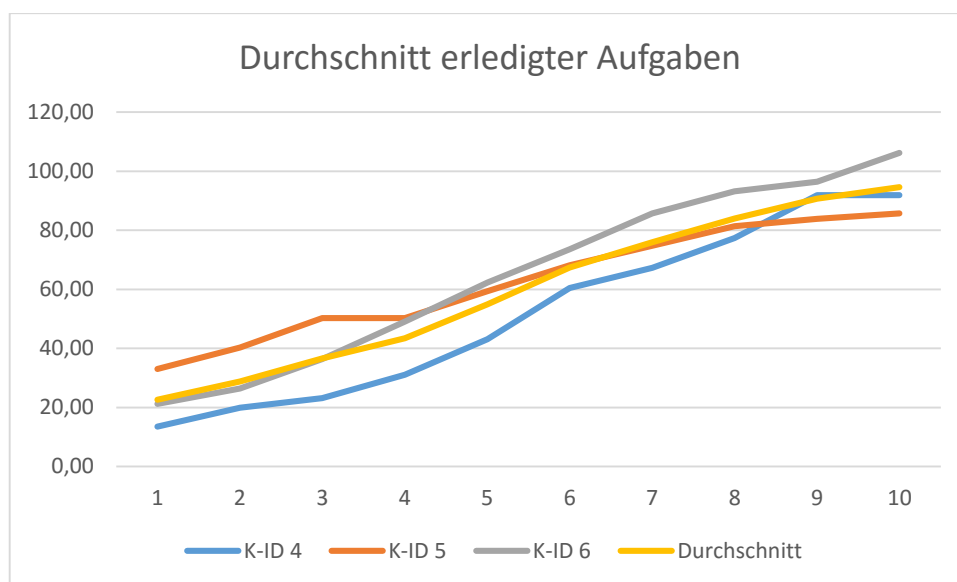


Abbildung 34: Durchschnitt erledigter Aufgaben der einzelnen VK

5.2.2 Erreichtes Kompetenzlevel

Tabelle 18 zeigt die durchschnittlich erreichten KL der einzelnen Klassen und errechnet in der letzten Spalte den gesamten Durchschnitt der VK. In Abbildung 35 sieht man einen annähernd gleichmäßigen Anstieg der Graphen mit einem Abflachen am Ende. Die Graphen der KL korrelieren mit den Graphen der erledigten Aufgaben und es ist die gleiche Abstufung zwischen den Klassen erkennbar.

Datum	K-ID 4	K-ID 5	K-ID 6	Durchschnitt
15.10.2015	3,19	5,33	4,33	4,29
22.10.2015	4,38	6,48	5,29	5,38
05.11.2015	4,45	8,30	7,38	6,71
19.11.2015	5,50	8,30	9,38	7,72
26.11.2015	6,83	9,63	11,00	9,15
03.12.2015	7,96	11,15	12,21	10,44
10.12.2015	8,87	11,74	13,63	11,41
17.12.2015	9,74	12,70	13,88	12,11
14.01.2015	10,91	12,89	14,08	12,63
21.01.2015	10,91	12,89	14,71	12,84

Tabelle 18: Durchschnittlich erreichtes KL pro Aufgabenwoche

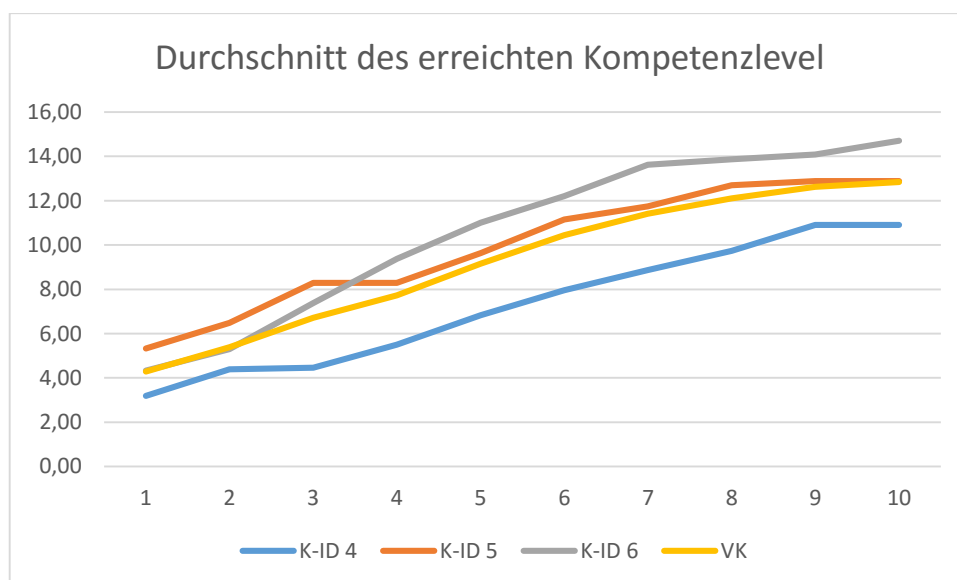


Abbildung 35: Durchschnittlich erreichtes KL pro Aufgabenwoche

Am Ende der Studie wurde der erreichte KL aller Schülerinnen und Schüler beim Online-Trainer abgelesen und dies ergibt folgende Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die KL und der Anteil der jeweiligen Klassen:

	Anzahl	Anteil Klassen:		
		K-ID 4	K-ID 5	K-ID 6
Anzahl der Schülerinnen und Schüler KL < 10:	17	53%	29%	18%
Anzahl der Schülerinnen und Schüler KL 10 ≤ 15:	24	42%	33%	25%
Anzahl der Schülerinnen und Schüler im höchsten KL:	32	13%	41%	47%

Tabelle 19: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Kompetenzlevel

Insgesamt haben 17 Schülerinnen und Schüler der VK das KL 10 nicht erreicht. Davon sind ungefähr die Hälfte aus Klasse K-ID 4. Ähnlich verhält es sich bei den Schülerinnen und Schülern mit erreichtem KL zwischen 10 und 15. Hier sind ca. 40% aus Klasse K-ID 4, 33% aus K-ID5 und 25% aus K-ID 6. Im höchsten KL jedoch sind fast die Hälfte der Schülerinnen und Schüler aus K-ID 6, 41% aus K-ID 5 und nur ein geringer Anteil von 13% aus Klasse mit K-ID 4. In Abbildung 36 sieht man die Verteilung der Schülerinnen und Schüler aus den einzelnen Klassen auf die Kompetenzlevel (exklusive dem höchsten KL) und in Abbildung 37 ist noch die Verteilung der Schülerinnen und Schüler im höchsten KL auf die Klassen dargestellt.

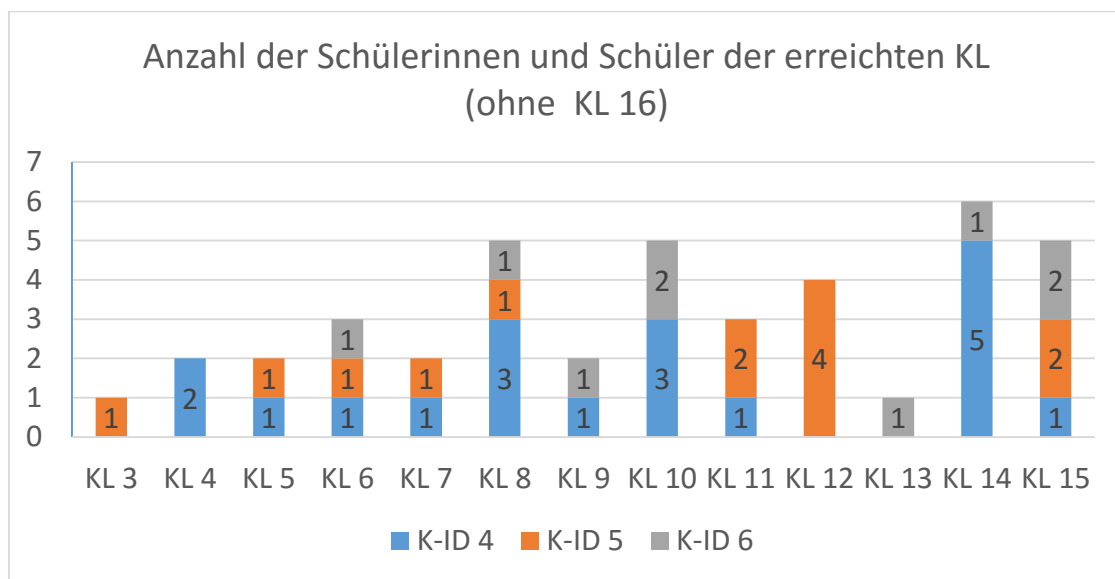


Abbildung 36: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die einzelnen KL (ohne KL 16)

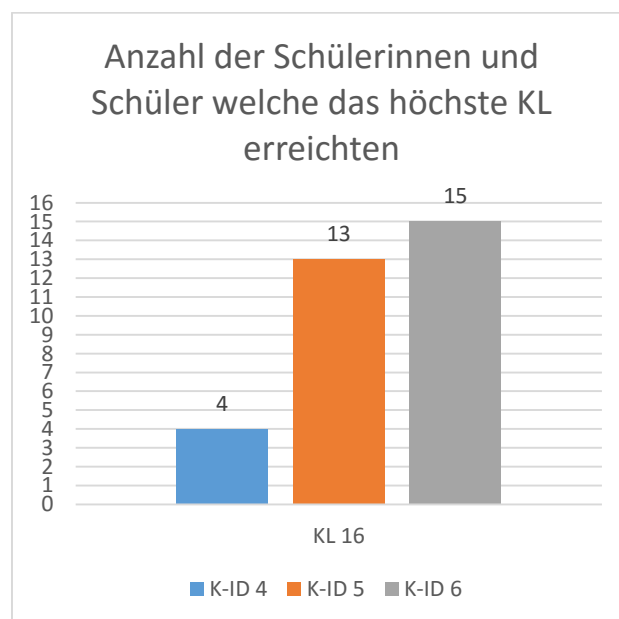


Abbildung 37: Verteilung der Schülerinnen und Schüler im höchsten KL auf die einzelnen Klassen

5.2.3 Erfolgsquote

Die protokollierte Erfolgsquote pro Klasse wurde durch alle Schülerinnen und Schüler einer Klasse gemittelt. In Tabelle 20 gibt es wiederum in der letzten Spalte einen Durchschnitt über alle VK. In K-ID 4 ist die Erfolgsquote gleichbleibend bei ungefähr 80%. K-ID 5 startet bei einer deutlich niedrigeren Erfolgsquote, pendelt sich aber nach drei Wochen auch bei ungefähr 80% ein. Die Klasse mit K-ID 6 verhält sich dem entgegengesetzt. Diese startet bei einer höheren Quote von 86,5% und nimmt dann unregelmäßig weiter ab. In Abbildung 38 erkennt man, dass sich die Graphen immer weiter annähern.

Datum	K-ID 4	K-ID 5	K-ID 6	Durchschnitt
15.10.2015	79,28%	72,63%	86,47%	79,46%
22.10.2015	78,41%	77,59%	88,61%	81,54%
05.11.2015	80,19%	79,01%	83,78%	81,00%
19.11.2015	76,37%	79,01%	87,45%	80,94%
26.11.2015	81,94%	79,33%	85,62%	82,30%
03.12.2015	80,21%	79,56%	84,64%	81,47%
10.12.2015	80,81%	80,27%	84,01%	81,70%
17.12.2015	80,77%	79,77%	82,90%	81,15%
14.01.2015	79,37%	79,82%	83,14%	80,77%
21.01.2015	79,37%	79,82%	83,19%	80,79%

Tabelle 20: Durchschnittliche Erfolgsquote der Aufgaben in den VK

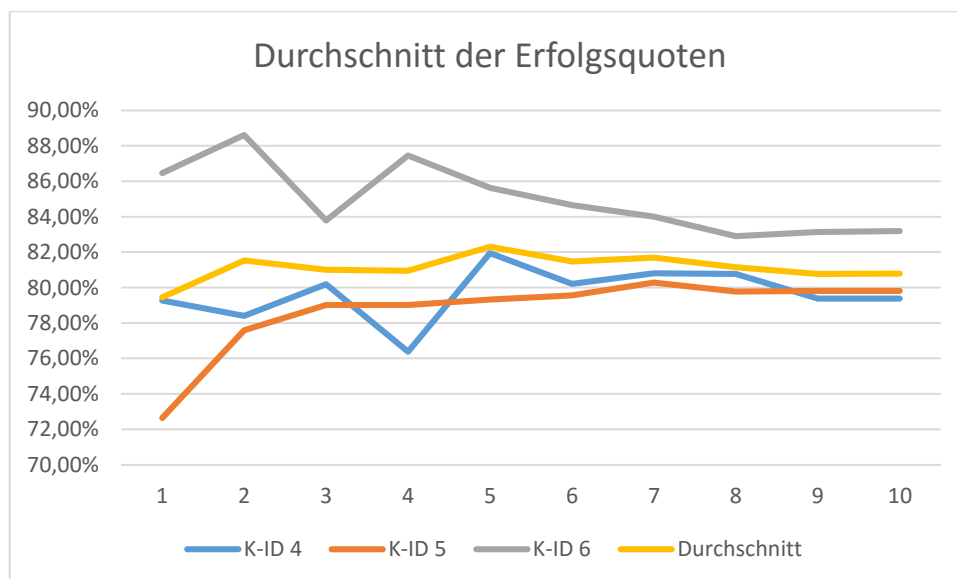


Abbildung 38: Durchschnittliche Erfolgsquote der Aufgaben in den VK

5.3 Betrachtung der Rechenaufgaben der Kontrollklassen

In den KK wurden mehrere Daten erfasst und protokolliert:

- Anzahl richtiger Rechnungen
- Anzahl falscher Rechnungen
- Erfolgsquote erledigter Beispiele
- Anzahl erledigter Beispiele
- Erledigungsquote der Hausübung

Da beinahe bei jedem Aufgabenblatt 100% der Aufgaben erledigt wurden, ist eine reine Betrachtung der Anzahl der richtigen und falschen Aufgaben nicht relevant. Sowie auch die Anzahl der erledigten Aufgaben keine Erkenntnisse bringen würde. Somit reicht es, die Anzahl der Beispiele pro Blatt zu wissen und die Erfolgsquote der erledigten Beispiele gibt Auskunft über das Wissenswerte. Auf den Aufgabenblättern eins bis neun waren 15 Rechnungen zu erledigen und auf den Aufgabenblättern zehn und elf gab es jeweils 20 Aufgaben zu erledigen.

5.3.1 Erfolgsquote erledigter Beispiele

In Tabelle 21 erhält man eine Übersicht über die Erfolgsquote der erledigten Beispiele in Prozent. Die Quote ist stark schwankend, jedoch korrelieren die einzelnen Klassen miteinander. Dies spiegelt sich auch im Graphen der einzelnen Klassen wider, welche in Abbildung 39 dargestellt sind.

<i>Klasse</i>	<i>K-ID 1</i>	<i>K-ID 2</i>	<i>K-ID 3</i>	<i>Durchschnitt</i>
<i>Blatt 1</i>	96,94%	95,90%	98,48%	97,11%
<i>Blatt 2</i>	97,24%	91,11%	94,18%	94,18%
<i>Blatt 3</i>	94,58%	98,52%	96,55%	96,55%
<i>Blatt 4</i>	91,29%	85,91%	80,53%	85,91%
<i>Blatt 5</i>	84,21%	85,91%	75,00%	85,91%
<i>Blatt 6</i>	89,36%	86,99%	84,62%	86,99%
<i>Blatt 7</i>	91,67%	92,58%	88,75%	92,58%
<i>Blatt 8</i>	85,71%	84,31%	82,90%	84,31%
<i>Blatt 9</i>	77,22%	69,20%	61,19%	69,20%

<i>Blatt 10</i>	93,33%	90,47%	87,61%	90,47%
<i>Blatt 11</i>	79,29%	76,68%	74,07%	76,68%

Tabelle 21: Erfolgsquote erledigter Aufgaben der KK

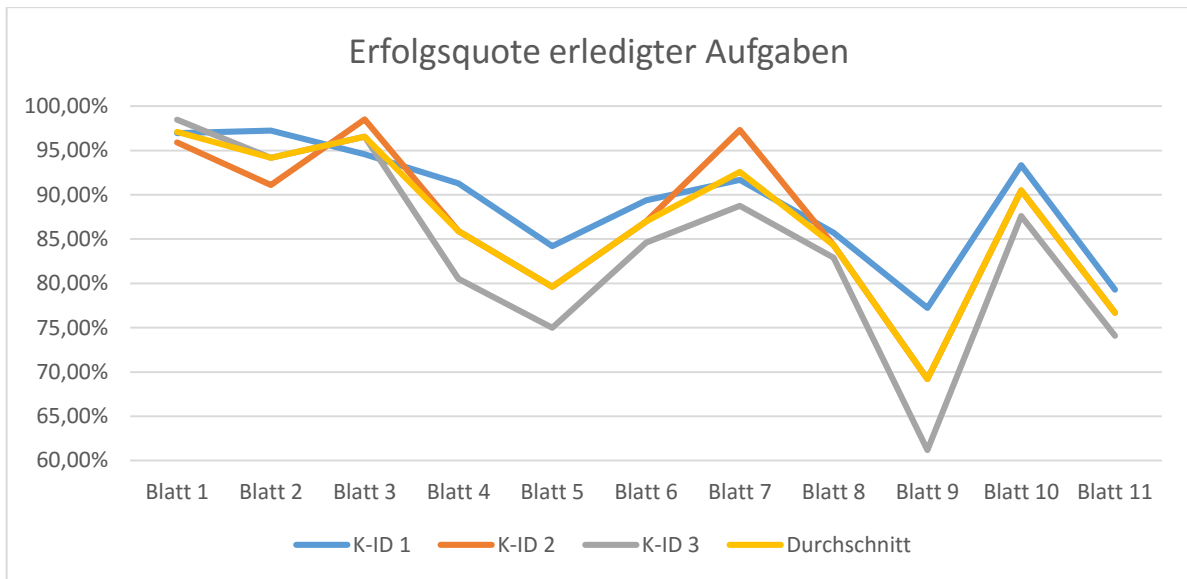


Abbildung 39: Erfolgsquote erledigter Aufgaben der KK

5.3.2 Erledigungsquote der Hausübung

Auch die Erledigungsquote ist in den Klassen stark schwankend. Man erkennt in Tabelle 22 wie auch in Abbildung 40 in den einzelnen Klassen zu unterschiedlichen Zeitpunkten Einbrüche bei der Erledigungsquote. In K-ID 1 kann aber ein stetiger Abwärtstrend herausgelesen werden, während in K-ID 3 die Quote ab Blatt 7 wieder stark angestiegen ist.

Klasse	K-ID 1	K-ID 2	K-ID 3	Durchschnitt
<i>Blatt 1</i>	100,00%	54,17%	84,62%	79,59%
<i>Blatt 2</i>	70,83%	50,00%	60,42%	60,42%
<i>Blatt 3</i>	66,67%	75,00%	70,83%	70,83%
<i>Blatt 4</i>	75,00%	77,88%	80,77%	77,88%
<i>Blatt 5</i>	79,17%	74,20%	69,23%	74,20%
<i>Blatt 6</i>	79,17%	64,58%	50,00%	64,58%
<i>Blatt 7</i>	66,67%	41,67%	80,77%	63,03%
<i>Blatt 8</i>	58,33%	73,40%	88,46%	73,40%
<i>Blatt 9</i>	66,67%	75,64%	84,62%	75,64%

Blatt 10	62,50%	79,33%	96,15%	79,33%
Blatt 11	58,33%	67,63%	76,92%	67,63%

Tabelle 22: Erledigungsquote der Hausübungen in den KK

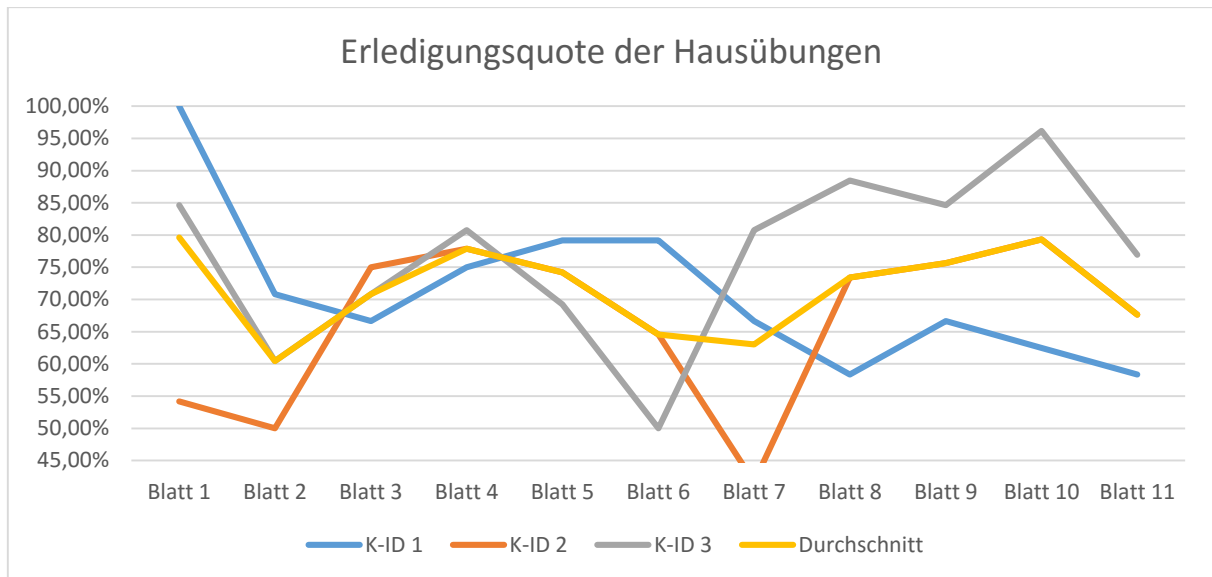


Abbildung 40: Erledigungsquote der Hausübungen in den KK

5.4 Zeitaufwand für Lehrerinnen und Lehrer

Der Versuchsleiter protokollierte jede Woche die aufgewandte Zeit für die einzelnen Aufgaben, welche eine Lehrerin/ein Lehrer bei Verwendung des Online-Trainers oder der traditionellen Aufgabenblätter aufwenden müsste. Die Zeiten wurden auf Minuten gerundet. Um die kürzeste, die längste und die durchschnittliche Dauer beim Zeitaufwand feststellen zu können, wurden genau diese Daten tabellarisch festgehalten.

5.4.1 Traditionelle Aufgabenblätter

Für das Zusammenstellen der wöchentlichen Aufgabenblätter wurden folgende Zeiten festgehalten:

Minimum	6 Minuten
Maximum	12 Minuten
Durchschnitt	10 Minuten

Tabelle 23: Zeitaufwand für das Zusammenstellen der Aufgabenblätter

Die Aufgabenblätter müssen auch wöchentlich korrigiert werden. Für das Korrigieren der wöchentlichen Aufgabenblätter wurde ein Zeitaufwand pro Klasse wie folgt gemessen:

Minimum	13 Minuten
Maximum	22 Minuten
Durchschnitt	16 Minuten

Tabelle 24: Zeitaufwand für das Korrigieren der Aufgabenblätter pro Klasse pro Woche

Optional sollte eine Statistik auch erstellt werden, damit man den Erfolg der einzelnen Schülerinnen und Schüler festhalten kann und bei erkannten Fehlern dementsprechend reagieren kann. Das Erstellen einer Statistik für jede Schülerin/jeden Schüler pro Klasse dauerte im Durchschnitt 21 Minuten. Die folgenden Werte wurden vom Versuchsleiter erreicht:

Minimum	10 Minuten
Maximum	27 Minuten
Durchschnitt	21 Minuten

Tabelle 25: Aufwand für das Erstellen einer Statistik beim traditionellen Verfahren

Beim gesamten Aufwand wird zwischen der einfachen Methode ohne Statistik und der Methode mit Statistik unterschieden. Um aber gleichwertig wie beim Online-Trainer auswerten zu können, wird eine Statistik benötigt. Der Gesamtaufwand für die Lehrerin/den Lehrer ergibt sich in folgender Tabelle.

	Gesamtaufwand ohne Statistik	Gesamtaufwand mit Statistik
<i>Minimum</i>	19 Minuten	29 Minuten
<i>Maximum</i>	34 Minuten	61 Minuten
<i>Durchschnitt</i>	26 Minuten	47 Minuten

Tabelle 26: Gesamtaufwand beim traditionellen Verfahren mit und ohne dem Erstellen einer Statistik

5.4.2 Online-Trainer

Da der Online-Trainer automatisch eine Statistik bereithält und diese nur mehr ausgewertet werden muss, ist es nicht mehr nötig, etwaige Beispiele einzeln zu betrachten, geschweige

denn diese zu korrigieren. Daraus ergibt sich folgender Aufwand für die Analyse der Online-Statistik:

Minimum	8 Minuten
Maximum	33 Minuten
Durchschnitt	16 Minuten

Tabelle 27: Zeitaufwand für die Analyse der Online-Statistik

Aufgrund der Auswertung kann nun eine Liste angefertigt werden, welche individuelle Hausübungen für die Schülerinnen und Schüler beinhaltet. Der Versuchsleiter hat folgenden Zeitaufwand protokolliert:

Minimum	2 Minuten
Maximum	10 Minuten
Durchschnitt	5 Minuten

Tabelle 28: Zeitaufwand für das Erstellen der individuellen Hausübungsliste

Da kein weiterer Aufwand in diesem Fall nötig ist, ergibt das einen Gesamtaufwand in einer Klasse mit Einsatz des Online-Trainers pro Klasse von:

Minimum	10 Minuten
Maximum	43 Minuten
Durchschnitt	21 Minuten

Tabelle 29: Gesamtaufwand für eine Klasse mit Online-Trainer

In Tabelle 30 sind nochmal alle Möglichkeiten tabellarisch gegenübergestellt.

	Gesamtaufwand traditionell		Gesamtaufwand Online-Trainer
	ohne Statistik	mit Statistik	
<i>Minimum</i>	19 Minuten	29 Minuten	10 Minuten
<i>Maximum</i>	34 Minuten	61 Minuten	43 Minuten
<i>Durchschnitt</i>	26 Minuten	47 Minuten	21 Minuten

Tabelle 30: Übersicht über den Gesamtaufwand der verschiedenen Methoden

5.5 Überprüfen der Hypothesen

Anhand der erhobenen Daten werden die in Abschnitt 1.1 vorgestellten Hypothesen überprüft. Zu dieser Thematik werden die Forschungsfragen noch einmal vorgestellt.

Forschungsfrage 1:

Welchen Lernfortschritt können Schülerinnen und Schüler beim Verwenden von Learning-Analytics-Applikationen aufweisen, wenn auf ihre analysierten Fehler wöchentlich reagiert wird?

Hypothese 1 (HY1): Schülerinnen und Schüler haben bei ähnlichem Aufwand in den Versuchsklassen und den Kontrollklassen denselben Lernfortschritt bei der Kompetenz Dividieren.

Der Versuchszeitraum war in den VK und KK derselbe. Es waren auch die gleichen Rahmenbedingungen für beide Klassen gegeben. Der Versuchsleiter achtete darauf, dass der Aufwand in beiden Gruppen der gleiche war und gab dementsprechend die gleiche Anzahl an Beispielen auf. Beim Vergleich in Tabelle 31 fällt auf, dass der Unterschied zwischen den VK und KK minimal ist. Lediglich die Erfolgsquote der erledigten Beispiele unterschied sich deutlich, was sich aber mit der höheren Anzahl erledigter Beispiele ausgleicht.

Aufgrund des Zuwachses bei der gesamten Erfolgsquote, wo sich bei beiden Klassen eine ähnliche Quote errechnete und nur ein Unterschied von 4% vorherrscht, lässt sich HY1 bestätigen.

		VK	KK	Differenz VK zu KK
Richtige	Zuwachs	1,04	1,26	-0,23
Falsche	Zuwachs	0,74	-0,20	0,93
Erfolgsquote erledigter Bsp.	Zuwachs	1,57%	5,55%	-4%
Erledigte Aufgaben	Zuwachs	1,63	1,13	0,50
Erfolgsquote gesamt	Zuwachs	6,79%	10,58%	-4%

Tabelle 31: Vergleich der Änderungen von Vor- bzw. Nachtest zwischen VK und KK

Hypothese 2 (HY2): Gute Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen erledigen mehr Aufgaben als aufgegeben werden, da sie keine begrenzte Anzahl pro Woche haben.

Eine Schülerin bzw. ein Schüler ist dann gut, wenn sie/er bei beiden Tests mindestens 75% aller Beispiele richtig gerechnet hat. Daraus ergibt sich die folgende Tabelle aus den guten Schülerinnen und Schülern, der Anzahl an Aufgaben, die über das Maß hinaus gerechnet wurde:

S-ID Anzahl mehr erledigter Rechnungen im Durchschnitt pro Woche (auf ganze Zahlen gerundet)

406	0
516	15
523	4
604	4
605	0
609	8

Aus dieser Tabelle geht eine Diversität hervor, welche Hypothese 2 nicht bestätigen kann. Im Durchschnitt rechnen die Schülerinnen und Schüler zwar mehr Beispiele als gefordert, jedoch können manche Schülerinnen und Schüler als gut bezeichnet werden und rechnen aber nicht mehr als die geforderte Anzahl an Beispielen.

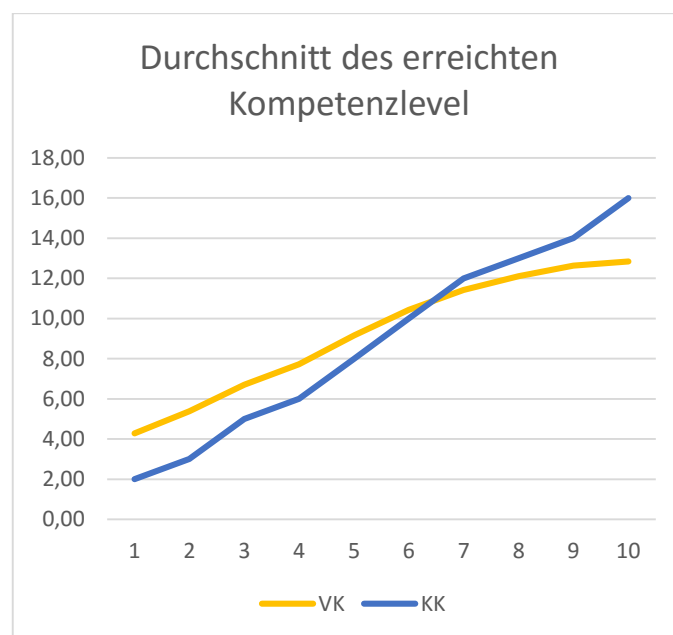


Abbildung 41: Kompetenzlevel-Verlauf in Versuchs- und Kontrollklassen

Hypothese 3 (HY3): Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen sind schneller auf einem höheren Kompetenzlevel als in den Versuchsklassen.

Dadurch es den Schülerinnen und Schülern in den VK möglich ist, nach ihrem eigenen Tempo zu lernen, konnten diese auch schneller das höchste Kompetenzlevel erreichen. Schon am 26.11.2015 waren die Schülerinnen und Schüler mit S-ID 513, 525, 526, 602, 610, 611, 612, 617, 622 und 623 auf dem KL 16. (Siehe Tabelle 32) Diese zehn Schülerinnen und Schüler hätten in der KK nie die Chance gehabt, in dieser Zeit auf dieses Kompetenzlevel zu gelangen, da das KL 16 erst in der letzten Jännerwoche aufgegeben wurde. Hypothese 3 kann hiermit bestätigt werden. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der KL in den beiden Gruppen. Die Grafik kann HY3 nochmals untermauern, da auch laut den beiden Graphen in der VK schneller ein höheres Kompetenzlevel erreicht werden kann.

S-ID	KL	S-ID	KL	S-ID	KL
401	12	501	10	601	5
402	6	502	0	602	16
403	5	503	8	603	7
404	9	504	13	604	14
405	1	505	11	605	6
406	8	506	12	606	11
407	6	507	6	607	15
408	10	508	8	608	10
409	7	509	9	609	13
410	4	510	10	610	16
411	8	511	6	611	16
412	11	512	9	612	16
413	9	513	16	613	12
414	11	514	14	614	11
415	1	515	6	615	11
416	8	516	13	616	11
417	4	517	3	617	16
418	11	518	7	618	11
419	3	519	10	619	9
420	6	520	8	620	12
421	6	521	9	621	12
422	1	522	12	622	16
423	10	523	9	623	16
		524	7	624	8

525	16
526	16
527	9

Tabelle 32: Stand der Kompetenzlevel am 26.11.2015

Hypothese 4 (HY4): Nicht alle Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen erreichen das höchste Kompetenzlevel.

Für diese Hypothese betrachtet man Tabelle 19. Hier geht deutlich hervor, dass zwar einige Schülerinnen und Schüler das höchste Level erreicht haben, jedoch einige Schülerinnen und Schüler in der Klasse nicht einmal KL 10 erreicht haben. Anhand der genannten Daten kann diese Hypothese bestätigt werden.

Hypothese 5 (HY5): Vor allem Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen, die nicht regelmäßig die geforderte Anzahl an Aufgaben erledigen, haben eine schwächere Leistungskurve und erreichen nicht das höchste Kompetenzlevel.

Für die Auswertung dieser Hypothese wurden Schülerinnen und Schüler ausgesucht, welche der Anforderung entsprechen, nicht regelmäßig die geforderte Anzahl an Aufgaben zu erledigen. Daneben wird der Leistungszuwachs, die Abweichung zum Durchschnitt und das erreichte Kompetenzlevel tabellarisch aufgelistet.

S-ID	Leistungszuwachs	Abweichung vom Durchschnitt	Erreichtes KL
402	0%	-7,68%	8
407	-8,3%	-15,98%	10
411	25%	17,32%	14
412	16,6%	8,92%	14
415	0%	-7,68%	6
417	-8,3%	-15,98%	4

419	16,6%	8,92%	4
501	-8,3%	-15,98%	16
509	25%	17,32%	12
515	0%	-7,68%	6
518	0%	-7,68%	12
605	8,3%	0,62%	6
624	-8,3%	-15,98%	10
Durchschnitt	4%	-3%	9,384615385

Tabelle 33: Leistungszuwachs und Kompetenzlevel von Schülerinnen und Schülern, welche unregelmäßig und nicht die geforderte Anzahl an Aufgaben erledigten

Aus dieser Tabelle kann eine deutliche Abweichung vom Durchschnitt der Schülerinnen und Schüler in den VK ausgemacht werden. Der durchschnittliche Leistungszuwachs der ausgewählten Schülerinnen und Schüler von nur 4% hat eine deutlich flachere Leistungskurve zu bedeuten. Des Weiteren wurde im Durchschnitt nur ein KL von neun bis zehn erreicht. Diese Daten bestätigen also HY5.

Forschungsfrage 2:

Welcher Aufwand entsteht in den Versuchsklassen und in den Kontrollklassen für die Lehrerinnen und Lehrer und welcher Vorteil ergibt sich aus dem Einsatz von Learning-Analytics-Applikationen im Mathematikunterricht?

Hypothese 6 (HY6): Lehrerinnen und Lehrer haben einen größeren Aufwand für die Erstellung einer Übersicht über den Lernfortschritt und die Leistung der Schülerinnen und Schüler in den Kontrollklassen als in den Versuchsklassen.

Für die Überprüfung dieser Hypothese lässt sich Abbildung 42 dem gegenüberstellen, dass für die traditionelle Methode des Übens mit Arbeitsblätter noch keine Statistik vorhanden ist. Das Analysieren der Online-Statistik des Trainers dauert laut Tabelle 30 im Durchschnitt 16 Minuten. Dementgegen muss man bei der traditionellen Methode zuerst die Arbeitsblätter

korrigieren und eine Statistik darüber aufstellen. Dies dauert im Durchschnitt insgesamt 27 Minuten. Man hat aber danach immer noch keinen Vergleich zwischen den vorhergehenden Wochen und der aktuellen Woche. Dies wäre nochmals mit einem Zeitaufwand verbunden, um die gleiche Übersicht zu bekommen, welche der Online-Trainer bereitstellt. Somit benötigt man beim Verwenden des Online-Trainers im Durchschnitt um mindestens 11 Minuten weniger. HY6 ist hiermit bestätigt.

Name	Status	#berechnete Divisionen	Erfolgsrate (%)	Durchschnittliche Dauer	Häufigster Fehler	Mehr Details
[Redacted]	Green	57	92.98	00:00:57	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	[Arrow]
[Redacted]	Yellow	0	0	-	0	-
[Redacted]	Green	116	86.21	00:01:23	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	[Arrow]
[Redacted]	Green	90	88.89	00:01:06	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	[Arrow]
[Redacted]	Green	39	84.62	00:01:59	Ein oder mehrere Teilprodukte falsch	[Arrow]
[Redacted]	Green	109	90.83	00:01:41	Falsches Teilprodukt durch falsche Quotientenzahl	[Arrow]
[Redacted]	Green	80	83.75	00:00:53	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	[Arrow]
[Redacted]	Yellow	100	68	00:01:19	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	[Arrow]
[Redacted]	Green	90	81.11	00:03:44	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	[Arrow]
[Redacted]	Green	61	80.33	00:01:03	Eine oder mehrere Teilsubtraktionen falsch	[Arrow]
[Redacted]	Green	61	85.25	00:00:43	Unbekannter Fehler	[Arrow]
[Redacted]	Green	83	93.98	00:01:11	Ein oder mehrere Teilprodukte falsch	[Arrow]

Abbildung 42: Übersicht über die Statistik beim Online-Trainer

Hypothese 7 (HY7): Lehrerinnen und Lehrer können beim Verwenden des Online-Trainers aufgrund der automatischen Auswertung leichter und schneller auf die auftretenden Probleme von Schülerinnen und Schüler individuell reagieren.

Auch hier wird auf Abbildung 42 verwiesen, welche die Übersicht der Statistik des Trainers zeigt. Aufgrund des angezeigten häufigsten Fehlers kann eine Lehrerin/ein Lehrer sofort Schritte dagegen einleiten. Laut dem Protokoll der Studie für den Aufwand der Lehrerin/des Lehrers hat man nach durchschnittlich 21 Minuten die Online-Statistik ausgewertet und einen Plan mit individualisierten Hausübungen für eine ganze Klasse ausgearbeitet. Hingegen hat man bei der traditionellen Methode erst nach durchschnittlich 47 Minuten eine Statistik ausgearbeitet und kann danach erst auf die Fehler reagieren. Jedoch geht dies nicht

individualisiert, sondern man kann nur der ganzen Klasse Aufgaben geben, die den systematischen Fehlern entgegenwirken, die relativ häufig in der Klasse auftreten. Somit ist Hypothese 7 auch begründet und bestätigt.

Hypothese 8 (HY8): Durch den Wegfall der Erstellung von Arbeitsblättern und deren Auswertung in den Versuchsklassen beim Arbeiten mit Learning-Analytics-Applikationen entsteht ein Zeitersparnis für Lehrerinnen und Lehrer.

Anhand der untenstehenden Tabelle (Tabelle 34) kann mit Hilfe der durchschnittlichen Zeiten für den Gesamtaufwand ein Vergleich zwischen den verschiedenen Methoden angestrebt werden. Nur im Worst-Case-Szenario ist der Online-Trainer zeitaufwändiger als die traditionelle Methode ohne einer Statistik. Jedoch sind die beiden Fälle nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. Möchte man den Online-Trainer so einsetzen, dass man individuell auf die Schwächen einer Schülerin/eines Schülers reagieren kann, so wird die normale oben vorgestellte Methode verwendet. Das bedeutet ein durchschnittlicher Gesamtaufwand von 21 Minuten. Damit vergleichbar ist die traditionelle Methode mit Statistik, da mit dieser zumindest auf die Schwächen der gesamten Klassen eingegangen werden kann. Bei dieser liegt der durchschnittliche Gesamtaufwand bei 47 Minuten pro Klasse. Da dieses Beispiel jedoch ein spezieller Fall für HY8 ist, muss ein weiterer Fall betrachtet werden.

Der allgemeinere Fall beschäftigt sich beim Online Trainer nur mit dem Überprüfen der Anzahl der gemachten Beispiele, sowie die Erstellung einer neuen Hausübung für die kommende Woche, ohne dass auf eine Schülerin/einen Schüler individuell eingegangen wurde. Mit diesem Vorgang vergleichbar ist nun die traditionelle Methode, ohne eine Statistik zu erstellen. Somit kann man behaupten, dass beim Online-Trainer die Erstellung der Arbeitsblätter sowie deren Korrektur wegfällt. Das ergibt bei der traditionellen Methode einen durchschnittlichen Gesamtaufwand von 26 Minuten und beim Benutzen des Online-Trainers 6 Minuten. Im Endeffekt ergibt dies ein Zeitersparnis von durchschnittlich 20 Minuten pro Klasse für die Lehrerin/den Lehrer. Anhand dieser Auswertung kann Hypothese 8 bestätigt werden.

	Gesamtaufwand traditionell		Gesamtaufwand Online-Trainer	
	ohne Statistik	mit Statistik	Individuell	Ohne Individualität
<i>Minimum</i>	19 Minuten	29 Minuten	10 Minuten	5 Minuten
<i>Maximum</i>	34 Minuten	61 Minuten	43 Minuten	10 Minuten
<i>Durchschnitt</i>	26 Minuten	47 Minuten	21 Minuten	6 Minuten

Tabelle 34: Vergleich des Gesamtaufwands für Lehrerinnen und Lehrer bei unterschiedlichen Methoden

Zum Abschluss dieses Kapitels gibt es in Tabelle 35 eine Übersicht über die bestätigten und nicht bestätigten Hypothesen.

Hypothese 1	Bestätigt
Hypothese 2	Nicht bestätigt
Hypothese 3	Bestätigt
Hypothese 4	Bestätigt
Hypothese 5	Bestätigt
Hypothese 6	Bestätigt
Hypothese 7	Bestätigt
Hypothese 8	Bestätigt

Tabelle 35: Übersicht der Hypothesen

6 Diskussion

Über die zuvor in Abschnitt 5.5 überprüften Hypothesen und der dazugehörigen Ergebnisse bedarf es an Diskussion. Auch muss über die Beantwortung der gestellten Forschungsfragen nachgedacht und diskutiert werden.

Hypothese 1 (HY1): Schülerinnen und Schüler haben bei ähnlichem Aufwand in den Versuchsklassen und den Kontrollklassen denselben Lernfortschritt bei der Kompetenz Dividieren.

Der Unterschied zwischen VK und KK fiel relativ gering aus, dennoch ist ein Unterschied im Lernzuwachs gegeben. Die gesamte Erfolgsquote stieg in den VK um 3% geringer an als in den KK. Hierbei sei aber anzumerken, dass die VK allgemein mit einer schlechteren Erfolgsquote insgesamt starteten und weniger richtige Beispiele hatten. Es ist weiters auch zu beachten, dass K-ID 4 und K-ID 5 besonders schlecht beim Vortest abgeschlossen haben und somit schlechtere Startbedingungen und weniger Vorkenntnisse hatten.

Es ist feststellbar, dass es im Endeffekt keinen signifikanten Unterschied im Lernzuwachs gibt. Das bedeutet für alle Lehrerinnen und Lehrer, welche den Online-Trainer im Unterricht einsetzen beziehungsweise im Rahmen von Hausübungen aufgeben möchten, dass es keine Unterschiede zum Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler gibt und die Lehrerinnen und Lehrer sich somit keine Sorgen über die Wahl der Methode machen müssen.

Des Weiteren ist in diesem Zusammenhang noch zu erwähnen, dass man im Normalfall für den Unterricht keine Beispiele auf der Basis von Kompetenzlevel erstellt, sondern meist Beispiele aus dem Buch heranzieht. Man würde auch nicht während eines ganzen Semesters Hausübungen zum Thema Divisionen geben, sondern meist nur dann, wenn man dieses Themengebiet in der Schule behandelt. Durch die Studie ist also überdurchschnittlich viel in den KK geübt worden.

Ein interessanter Punkt wäre gewesen, wenn die Schülerinnen und Schüler in den KK deutlich schlechter abgeschnitten hätten. Dies hätte einiges mehr an Diskussionsstoff über mögliche Ursachen gebracht. Hier kann man die Gleichheit des Lernzuwachses nur dadurch begründen, dass alle Schülerinnen und Schüler die gleichen Kompetenzlevel haben durchlaufen müssen und eine ungefähr gleich große Anzahl an Beispielen zu lösen hatten.

Hypothese 2 (HY2): Gute Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen erledigen mehr Aufgaben als aufgegeben werden, da sie keine begrenzte Anzahl pro Woche haben.

Diese Hypothese hat sich nicht bestätigt. Wenn man sich den Aufgabenverlauf der „guten“ Schülerinnen und Schüler ansieht, so erkennt man, dass einige dieser die Aufgaben nicht erledigt hatten oder schon nach kurzer Zeit das höchste Level erreicht hatten. Schülerinnen und Schüler, welche das höchste Level erreicht hatten, mussten daraufhin auch keine Aufgaben mehr erledigen. Dies führte wahrscheinlich dazu, dass diese Schülerinnen und Schüler auch nicht mehr Aufgaben erledigt haben.

Interessant nebenbei ist aber, dass es trotzdem einige Schülerinnen und Schüler gegeben hat, welche nicht in die Kategorie „gute Schülerin/guter Schüler“ fallen, die weit mehr als die geforderte Anzahl an Aufgaben erledigt haben. Man sieht zu diesen Zeitpunkten, wo diese Schülerinnen und Schüler vereinzelt weit mehr Aufgaben erledigt haben, auch einen deutlichen Anstieg bei den Kompetenzleveln. Man könnte also daraus schließen, dass ein erfolgreiches Abarbeiten eines KL durchaus für Schülerinnen und Schüler motivierend ist.

Zurück nochmal zu den guten Schülerinnen und Schülern, welche die Aufgaben nicht mehr gewissenhaft erledigt hatten. Man kann vermuten, dass diese Schülerinnen und Schüler unterfordert waren und die Divisionen für diese zu leicht waren, obwohl eigentlich ein Levelanstieg nach vier Divisionen vorgesehen war. Für eine weiterführende Studie wäre die Motivation und Gründe der Schülerinnen und Schüler für eine nicht konsequente Erledigung der Hausübung ein interessanter Ansatzpunkt.

Hypothese 3 (HY3): Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen sind schneller auf einem höheren Kompetenzlevel als in den Versuchsklassen.

Diese Hypothese konnte bestätigt werden. Schülerinnen und Schüler waren an die Aufgabenblätter des Versuchsleiters gebunden und somit auch am Weiterkommen eingeschränkt. Obwohl hier einige Schülerinnen und Schüler sicherlich unterfordert waren, hatten alle Schülerinnen und Schüler die Chance ein Kompetenzlevel mit einer gewissen Anzahl an Beispielen zu üben.

Schon am Beginn der Studie verzeichnete sich ein rasanter Anstieg der KL in den VK, da sich die KL nach schon 4 richtig gelösten Beispielen erhöhten. Das entspricht einer Erhöhung von 3 KL pro Aufgabenblatt. Mit einer solchen Steigerung könnte man mit der traditionellen Methode einige Schülerinnen und Schüler überfordern und diese würden unwillkürlich aussteigen und die Aufgabenblätter nicht mehr lösen.

Man sieht in Abbildung 41 auf Seite 89 aber auch, dass der Durchschnitt der KL in der VK und der KK gleichmäßig ansteigt, aber der Graph der VK eindeutig flacher ist. Somit ergibt es sich, dass ein Schnittpunkt nach ca. 6 Wochen bei KL 11 auftritt. Zuvor waren mit Sicherheit einige Schülerinnen und Schüler in den KK unterfordert, ab diesem Zeitpunkt sank auch die Erledigungsquote in den KK. Man kann annehmen, dass einige Schülerinnen und Schüler mit den Rechnungen überfordert waren und weitere Rechnungen des vorherigen Kompetenzlevels benötigt hätten.

Hypothese 4 (HY4): Nicht alle Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen erreichen das höchste Kompetenzlevel.

Ein Best-Case-Szenario wäre gewesen, wenn alle Schülerinnen und Schüler das höchste KL erreicht hätten. Wobei dies verglichen mit den Testergebnissen nie hätte sein können. Es gibt nur insgesamt 4 Schülerinnen und Schüler, welche den Abschlusstest vollständig lösen konnten. Obwohl es ein Großteil der Schülerinnen und Schüler beim Online-Trainer in das höchste Kompetenzlevel geschafft haben, konnten nur sehr wenige dies auch beim Test beweisen.

Es bliebe zu überprüfen, ob diejenigen Schülerinnen und Schüler, welche das höchste KL erreicht haben, dieses auch ohne unerlaubte Hilfsmittel gerechnet hat. Besonders in den KK kann man, wenn ein/e Schüler/in das Ergebnis ohne den Rechenweg auf das Aufgabenblatt schreibt, sehr schwer die Rechtmäßigkeit überprüfen. Man kann in diesem Fall die Störfaktoren (siehe Kapitel 4.4) leider nie ausblenden und es kann natürlich sein, dass der/die Eine oder Andere sich mit unerlaubten Hilfsmittel beholfen. Mit Hilfe der Lehrerinnen und Lehrer und der Eltern kann man, wenn man gemeinsam an einem Strang zieht, solche Störfaktoren so gut es geht vermeiden. Im Endeffekt müssen Lehrerinnen und Lehrer, Eltern und Schülerinnen und Schüler begreifen, dass die Übung mit dem Online-Trainer jeder

einzelnen Schülerin und jeden Schüler zu Gute kommt und zum Festigen der Grundkompetenzen beiträgt.

Hypothese 5 (HY5): Vor allem Schülerinnen und Schüler in den Versuchsklassen, die nicht regelmäßig die geforderte Anzahl an Aufgaben erledigen, haben eine schwächere Leistungskurve und erreichen nicht das höchste Kompetenzlevel.

Die Auswahl der Schülerinnen und Schüler für die Überprüfung dieser Hypothese war nicht ganz eindeutig. Es durfte die Definition für „regelmäßig die geforderte Anzahl erledigen“ nicht ganz genau genommen werden, da Schülerinnen und Schüler, welche zwar regelmäßig ihre Aufgaben erbrachten, aber vielleicht ein oder zwei Divisionen weniger gerechnet haben, die Statistik verfälschen würden und deutlich mehr Schülerinnen und Schüler in diese Kategorie fallen würden.

Bei den ausgewählten Schülerinnen und Schülern (siehe Tabelle 33), ist eine im Durchschnitt deutliche Abweichung des Leistungszuwachses von -3% zu sehen. Daraus ist zu erkennen, dass auch die Anzahl der Aufgaben eine deutliche Rolle spielt und die Leistungskurve positiv beeinflussen kann. Mit einer schwächeren Leistungskurve in einem gleichen Zeitraum kann auch nur sehr schwer das höchste Kompetenzlevel erreichen. Dies sieht man in Tabelle 33 sehr deutlich daran, dass einige Schüler sehr weit vom höchsten KL entfernt sind.

Aus dieser Hypothese kann auch geschlossen werden, dass der Online-Trainer sehr wohl einen großen Nutzen für die Schülerinnen und Schüler hat. Eigentlich muss man beim Leistungsvergleich auch bedenken, dass man als Lehrerin oder Lehrer nicht dermaßen ausgedehnt Hausübungen zum gleichen Thema aufgeben würde. Das betrifft vor allem den Aufwand und die Beispiele in den Kontrollklassen. Während ein Online-Trainer leicht nebenher als Aufgabe gegeben werden kann, ist es mit den traditionellen Arbeitsblättern schon etwas schwieriger.

Hypothese 6 (HY6): Lehrerinnen und Lehrer haben einen größeren Aufwand für die Erstellung einer Übersicht über den Lernfortschritt und die Leistung der Schülerinnen und Schüler in den Kontrollklassen als in den Versuchsklassen.

Ein jeder, der schon einmal zumindest ein Monat als Lehrerin oder Lehrer tätig war, darf darüber sprechen, welchen zeitlichen Aufwand eine Lehrerin/ein Lehrer neben dem eigentlichen Unterrichten noch hat. Die gesamte Vorbereitungsarbeit, organisatorische Arbeiten und das Zusammenstellen von Leistungsfeststellungen ist zu berücksichtigen. Auch das Korrigieren etwaiger Aufgaben oder Schularbeiten. So ist es für die Lehrerin/den Lehrer umso wichtiger zeitökonomisch zu arbeiten. Das bedeutet, dass die Vorgänge und Arbeiten so effizient wie möglich erledigt werden müssen.

Möchte also eine Lehrerin/ein Lehrer die Division und in diesem Zuge auch die Grundrechnungsarten trainieren und individuell auf die Schülerinnen und Schüler eingehen, so bietet der Online-Trainer eine zeitökonomische Lösung. Während es möglich ist, den Fortschritt der Schülerinnen und Schüler im Überblick zu behalten, können auch individuell die Schwächen der Schülerinnen und Schüler erkannt werden.

Hypothese 7 (HY7): Lehrerinnen und Lehrer können beim Verwenden des Online-Trainers aufgrund der automatischen Auswertung leichter und schneller auf die auftretenden Probleme von Schülerinnen und Schüler individuell reagieren.

Mit dem Online-Trainer können die Schülerinnen und Schüler schnell und individuell beobachtet werden. Man kann sich bis zu den einzelnen Aufgaben navigieren und sich übersichtlich davon ein Bild machen, wo die Schülerin/der Schüler seine Schwächen hat. Hat das Programm und/oder die Lehrerin/der Lehrer die Schwächen einer Schülerin/eines Schülers erkannt, so kann die Lehrerin/der Lehrer sofort auf den eine Schülerin/einen Schüler individuell reagieren. Die anderen können in ihrem Tempo die Übungen fortsetzen, während die Schülerin/der Schüler andere Aufgaben bekommt, um sein Schwächen auszumerzen.

Bei der traditionellen Methode wäre eine so schnelle Reaktion auf die Schwächen einer Schülerin/eines Schülers nicht möglich, da man allein schon für das Auswerten und Analysieren der gelösten Beispiele zu viel Zeit benötigt. In diesem Zusammenhang muss auch beachtet werden, dass die Beispiele von den Schülerinnen und Schülern erst eingesammelt werden müssen, was sich in einer ersten Klasse AHS auch als schwierig herausstellen kann. Eine/r hat die Aufgabe vergessen, die/der Andere ist krank und bei der/dem Letzten „*hat sie der Hund gefressen*“. Es ist also auch um einiges einfacher für die Lehrerin/den Lehrer die

Hausübungen zu kontrollieren und zu überprüfen, wenn diese Online im System vorhanden sind.

Hypothese 8 (HY8): Durch den Wegfall der Erstellung von Arbeitsblättern und deren Auswertung in den Versuchsklassen beim Arbeiten mit Learning-Analytics-Applikationen entsteht ein Zeitersparnis für Lehrerinnen und Lehrer.

Wie schon bei HY6 geht es bei HY8 auch um den Nutzen und um ein Zeitersparnis für die Lehrerin/den Lehrer. Beim genauen Vergleich der Daten für die Hypothese kam sogar zum Vorschein, dass die Vergleichbarkeit der einzelnen Methoden nicht gegeben war und eine eigene Kategorie angelegt wurde. Dennoch ist die Bestätigung dieser Hypothese wichtig für Lehrerinnen und Lehrer, damit es sich für diese auch lohnt, den Online-Trainer zu verwenden. Mit diesem Argument können Zweifel über die Verwendbarkeit und den Nutzen für Lehrerinnen und Lehrer beseitigt werden. Das Einarbeiten in die Online-Trainer ist selbsterklärend und somit auch kein zeitlich großer Aufwand für die Lehrerin/den Lehrer sich mit dem Online-Trainer bekannt zu machen.

Zum Abschluss der Diskussion werden nun noch die Hypothesen herangezogen und die Forschungsfragen versucht zu beantworten

Forschungsfrage 1:

Welchen Lernfortschritt können Schülerinnen und Schüler beim Verwenden von Learning-Analytics-Applikationen aufweisen, wenn auf ihre analysierten Fehler wöchentlich reagiert wird?

Wenn LAA im Unterricht verwendet werden, ist der Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler annähernd der gleiche wie bei traditionellen Methoden. Auch wenn auf die Schülerinnen und Schüler schneller und individuell reagiert werden kann, gibt es für den Durchschnitt der Schülerinnen und Schüler keinen Mehrwert beim Lernfortschritt.

Schülerinnen und Schüler werden durch den Trainer unterschiedlich motiviert. Es kommt aber nicht auf die verwendete Methode, sondern eher auf die Lehrkraft darauf an, wie motiviert Schülerinnen und Schüler an die Aufgaben herangehen.

Forschungsfrage 2:

Welcher Aufwand entsteht in den Versuchsklassen und in den Kontrollklassen für die Lehrerinnen und Lehrer und welcher Vorteil ergibt sich aus dem Einsatz von Learning-Analytics-Applikationen im Mathematikunterricht?

Wie aus den Hypothesen 6, 7 und 8 ersichtlich, ergibt sich ein deutlich geringerer zeitlicher Aufwand für die Lehrerin/den Lehrer beim Verwenden von LAA. Diese beläuft sich auf ungefähr 20 Minuten weniger Aufwand pro Klasse pro Woche. Angenommen eine Lehrerin/ein Lehrer hat drei erste Klassen und möchte die Divisionen mit dem in der Studie angewandten Konzept üben lassen, so erspart sich die Lehrerin/der Lehrer durchschnittlich 60 Minuten pro Woche für das gleiche Ergebnis.

7 Zusammenfassung

Die Verwendung von Learning-Analytics-Applikationen im Bereich des Mathematik-Unterrichts hat also für Schülerinnen und Schüler sicherlich den großen Vorteil, mit neuen Medien arbeiten zu dürfen. Es ergeben sich in diesem Bereich neue Möglichkeiten, um den Einsatz von Technologien im Unterricht ertragreich und wertvoll einsetzen zu können. Mithilfe von LAA lassen sich unter anderem größere oder länger andauernde Projekte oder Übungen umsetzen, ohne der Lehrerin/dem Lehrer einen großen Mehraufwand zu bereiten.

Aus dieser Studie geht hervor, dass Lehrerinnen und Lehrer durch LAA einen besseren Überblick über das Können und die Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler bekommen, ohne dass eine Leistungsfeststellung, wie zum Beispiel eine Schularbeit, vorangegangen sein muss. Es lässt sich ohne weiteres eine individuelle Statistik auswerten. Diese kann von der Lehrerin/dem Lehrer interpretiert werden und somit können schnell und effizient Fehler gefunden und ausgemerzt werden.

Der größte Vorteil dieser Methode ist, dass dieses Fehlerrückmeldung individualisiert geschieht und nicht im Rahmen der gesamten Klasse. So kann jede Schülerin/jeder Schüler gesondert, ohne großen Aufwand, gefördert und gefordert werden. Die Aufgaben der Schülerin/des Schülers passen sich individuell an seine Kompetenzen an und verhindern, dass sich eine Schülerin/ein Schüler schnell langweilt und dieser überhaupt nicht gefördert wird. Mit dieser Methode wird auch dem vorgebeugt, dass eine Schülerin/ein Schüler übergangen und überfordert wird.

Die Diversität innerhalb einer Klasse war bis jetzt immer ein großes Problem. Doch mit Hilfe von LAA kann man neue, hilfreiche Konzepte erstellen. Man kann den Unterricht von Grund auf neu und individualisierter gestalten, sodass jede Schülerin/jeder Schüler auf seinem Niveau abgeholt werden kann, was bis jetzt nur sehr begrenzt möglich ist.

Aus der Studie geht ein weiterer wichtiger Aspekt hervor. Nämlich, dass bei gleichem Aufwand für Schülerinnen und Schüler, der Lernfortschritt sich nicht verschlechtert, wenn Online-Trainer eingesetzt werden. Diese Angst vor dem Einsatz neuer Technologien kann nun genommen werden. Obwohl es für die Schülerinnen und Schüler zu diesem Zeitpunkt noch sehr neu ist, dass LAA eingesetzt werden, so kann man doch auch erkennen, dass die Motivation zum Erledigen der Hausübungen auch zum großen Teil von der Lehrerin/ dem

Lehrer ausgeht. Schülerinnen und Schüler, die kein Aufgabenblatt erledigen würden, würden auch die Online-Hausübung mit großer Wahrscheinlichkeit nicht ausführen.

Ein wichtiger Punkt der Arbeit ist auch der geringere Arbeitsaufwand, der für die Lehrenden, bei Verwendung des Divisionstrainers, entsteht. Es wurde wöchentlich ein enormer Aufwand betrieben, um in den Kontrollklassen den selben Arbeitsaufwand für die Schülerinnen und Schüler herzustellen. Ein Training der Grundrechnungsarten würde in einer Klasse nie so durchgeführt, wie es in den Kontrollklassen der Fall war. Die Grundrechnungsarten würden mit Hilfe von Beispielen aus dem Lehrbuch wiederholt. Dies dauert ungefähr einen Monat und danach ist das Thema abgeschlossen und es gibt normalerweise keine weiteren Übungsaufgaben speziell zu diesem Thema. Somit könnte man mit dem Konzept für die Verwendung von Learning-Analytics-Software einen Lernzuwachs von durchschnittlich sieben Prozent, ohne viel Mehraufwand, erreichen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einsatz von Technologien im Rahmen des Unterrichts und der Hausübungen bei den Schülerinnen und Schülern Anklang findet und dass sich der zeitliche Aufwand für Lehrerinnen und Lehrer bei richtiger Handhabung der LAA um einiges verkürzen kann. Es bleibt zu beachten, dass Lehrerinnen und Lehrer aufgrund des Zeitaufwands für solch groß angelegte Übungen im Laufe des Semesters, diese nicht durchführen würden und die Übungen zu den Grundrechnungsarten nur im normalen Rahmen (von wahrscheinlich zwei bis drei Hausübungen) bleiben würden. Mit dieser Studie können aber Lehrerinnen und Lehrer mit folgenden Argumenten dazu motiviert werden, ähnliche Übungssequenzen durchzuführen:

- Automatische Fehleranalyse
- Gute Übersicht über die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler
- Individualisierte Fehlerauswertung
- Geringer Zeitaufwand pro Woche (bei kürzester Methode durchschnittlich 60 Minuten!)
- Keine auftretenden Kosten auf Lehrer- und Schülerseite

8 Literaturverzeichnis

- Agyris, C., & Schön, D. A. (1974). *Theory in Practice: Increasing professional effectiveness*. Jossey-Bass.
- Bathelt, I., Post, S., & Padberg, F. (1986). *Über typische Schülerfehler bei der schriftlichen Division von natürlichen Zahlen*.
- Baumgartner, P., Häfele, H., & Maier-Häfele, K. (2002). *E-Learning Praxishandbuch: Auswahl von Lernplattformen. Marktüberischt - Funktionen - Fachbegriffe*. Innsbruck Wien: Studien-Verlag.
- BMBF. (2003). *Lehrplan der Volksschule, Siebenter Teil, Bildungs- und Lehraufgaben sowie Lehrstoff und didaktische Grundsätze der Pflichtgegenstände der Grundschule und der Volksschuloberstufe, Grundschule - Mathematik*. Abgerufen am 17. März 2016 von Bundesministerium für Bildung und Frauen: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/VS7T_Mathematik_3996.pdf
- Clow, D. (2012). The Learning Analytics Cycle: Closing the loop effectively. *LAK '12 - Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (S. 134-138). New York: ACM.
- Ebner, M. (2015). Wozu Learning-Analytics-Applikationen im Mathematikunterricht? In M. Ebner, L.A. multimedia (S. 40-41).
- Erpenbeck, J., & Sauter, W. (2013). *So werden wir lernen!* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Geier, G. (2015). *Adaptives Informationssystem zur Erlernung mehrstelliger Division*. Graz.
- Hasemann, K., & Gasteiger, H. (2014). *Anfangsunterricht Mathematik*. Springer Spektrum.
- Hienerth, C., Huber, B., & Süssenbacher, D. (2009). *Wissenschaftliches Arbeiten kompakt*. Wien: Linde International.
- Kalz, M., & Schön, S. (2009). Persönliche Lernumgebungen: Grundlagen, Möglichkeiten und Herausforderungen eines neuen Konzepts. In K. Wilbers, & A. Hohenstein, *Handbuch E-Learning* (S. 1-24).

- Kalz, M., Schön, S., Lindner, M., Roth, D., & Baumgartner, P. (2011). System im Einsatz - Lernmanagement, Kompetenzmanagement und PLE. In M. Ebner, & S. Schön, *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien(L3T)* (S. 15-21). Norderstedt: Books on Demand GmbH Verlag.
- Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung*. München Wien: Oldenburg Verlag.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*. NJ: Prentice Hall.
- Laurillard, D. M. (2002). *Rethinking University Teaching: a conversational framework for the effective use of learning technologies*. Routledge Falmer.
- Lockyer, L., & Dawson, S. (2011). Learning Designs and Learning Analytics. *LAK'11* (S. 153-156). Banff: ACM.
- Mavani, M. (2010). Blending Intelligent and Reciprocal Tutoring Systems: A Dynamic Approach. *International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology* (S. 704-707). Mumbai: ACM.
- Neuhold, B. (2013). *Learning Analytics - Mathematik Lernen neu gedacht*. Graz: Books on Demand GmbH, Norderstedt.
- Padberg, F. (2011). *Didaktik der Arithmetik, 4. erweiterte, stark überarbeitete Auflage*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Pauer, F. (2004). *Division mit Rest - der heimliche Hauptsatz der Algebra*. Innsbruck.
- Pronegg, M. (2015). *Learning Analytics - Eine Feldstudie zum Einsatz von Learning-Analytics-Applikationen in der Mathematik*. Graz.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How professionals think in action*. Temple Smith.
- Schön, D. A. (1991). *The Reflective Turn: Case studies in and on educational practice*. Teachers College Press.

- Schön, M., & Ebner, M. (2013). *Das Gesammelte interpretieren - Educational Data Mining und Learning Analytics*. Abgerufen am 2016. 03 12 von L3T: <http://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/119/117>
- Schön, M., Ebner, M., & Kothmeier, G. (2012). It's Just About Learning the Multiplication Table. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12)* (S. 73-81). Vancouver: ACM.
- Steffens, U., & Höfer, D. (2014). *Die Hattie-Studie*. Bundesministerium für Bildung und Frauen.
- Steyrer, M. (2012). *Adaptives Informationssystem für mathematische Lernanwendungen*. Graz.
- Taraghi, B., Ebner, M., & Schön, S. (2013). Systeme im Einsatz - WBT, LMS, E-Portfolio-Systeme, PLE und andere. In S. Schön, & M. Ebner, *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*. Abgerufen am 13. März 2013 von <http://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/137/90>
- Wittmann, G. (2007). *Von Fehleranalysen zur Fehlerkultur*. Abgerufen am 17. März 2016 von <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/30872/1/041.pdf>
- Yang, F.-J. (2010). *The Ideology of Intelligent Tutoring Systems*. New York: ACM.

9 Anhang

Auf den folgenden Seiten sind weitere Informationen und Unterlagen in Bezug auf die Studie, welche den Rahmen der Arbeit sprengen würden.

9.1 Handout für Lehrerinnen und Lehrer

Learning Analytics Software im Mathematikunterricht

Was ist Learning Analytics?

Heutzutage ist E-Learning in aller Munde. Natürlich möchten wir alle die neuen Technologien nutzen, um den Unterricht innovativer, interessanter und zeitgemäß zu gestalten. Nun gibt es viele Möglichkeiten die neuen Medien in den Unterricht einzubringen. Dies fängt an beim Bereitstellen von zusätzlichem Material auf einer Online-Plattform bis hin zu Übungen und Online Tests.

Mit Learning Analytics Software geht man noch einen Schritt weiter: Man analysiert mit Hilfe der Software die Arbeit der Schüler und wertet diese aus. Es werden die Fehler automatisch erkannt und zum Beispiel nach Häufigkeit sortiert. Somit bekommt der Lehrer eine Übersicht über den Stand seiner Schüler und kann nun individuell auf die Schwächen jedes Schülers eingehen. Und das mit nicht mal viel mehr Aufwand. Man kann aus einem großen Angebot von Learning Analytics Software daraus jene auswählen, welche der Schüler gerade benötigt. Somit ist ein individueller und innovativer Unterricht garantiert.

Welche Vorteile bringt es?

Die Vorteile liegen klar auf der Hand. Man kann als Lehrer sehr einfach den Wissensstand der Schüler testen, beziehungsweise bei kontinuierlichem Einsatz der Software behält man leicht den Überblick über den Fortschritt der Schüler.

Ohne große Probleme kann man die Schwächen der einzelnen Schüler erkennen und dagegen ankämpfen. Man kann nun gezielt und relativ einfach Fehler ausmerzen, die der Schüler vielleicht schon länger mit sich zieht oder verhindern, dass der Fehler den Schüler verfolgt.

Des Weiteren ist es auch sehr einfach möglich neue Themen einzuführen und üben zu lassen. Denn bei Verwendung der richtigen Software, ist diese motivierend und interessant gestaltet, sodass die Schüler üben wollen und es ihnen Spaß macht neue Gebiete der Mathematik zu erforschen.

Das Ziel

Unser Ziel ist es, in der ersten Klasse den Einsatz und die Umsetzbarkeit von Learning Analytics Software zu überprüfen. Wir benötigen zumindest eine Versuchsklasse und eine Kontrollklasse. Es wird getestet, ob der Einsatz von Learning Analytics Software, in unserem Fall wird ein Divisionstrainer zum Einsatz kommen, einen Mehraufwand für den Lehrer bedeutet und ob eine größere Leistungssteigerung bei der Versuchsklasse gegenüber der Kontrollklasse vorhanden ist.

Die Trainer

Insgesamt sind vier Trainer vorhanden, welche verwendet werden, um die Schwächen der Schüler auszumerken.

Plus-Minus Trainer

The screenshot shows the 'Plus-Minus Trainer' app interface. At the top left is the 'Learning Apps' logo. The top navigation bar includes 'START', 'EINSTELLUNGEN', 'STATISTIK', and 'ABMELDEN'. Below the navigation bar are 'NEUSTART' and 'AUFHÖREN' buttons. The main display area features a math problem:
$$\begin{array}{r} 97 \\ + 210 \\ \hline \end{array}$$
 Below the problem are three empty boxes for the answer and an 'ANTWORTEN' button. The background is dark teal with faint numbers. At the bottom, there are links for 'Lern-Apps für Schüler', 'Learning Apps TU Graz', 'Impressum', and 'Kontakt'. Below these are 'JETZT BEI Google play' and 'Download on the App Store' buttons.

Ein mal eins Trainer

The screenshot shows the 'Ein mal eins Trainer' app interface. At the top left is the 'Learning Apps' logo. The top right has a language dropdown set to 'Deutsch' and links for 'REGISTRIEREN' and 'STATISTIK'. The main title 'ein mal eins' is in a large, stylized font. Below the title is a red banner with a white 'X' and the word 'TRAINER'. The interface is designed to look like a notebook page. On the left, there is a 'Hallo' speech bubble, a grid of yellow stars, and a 'PAUSE' button. In the center, a math problem is displayed: $2 \times 7 =$ followed by an empty box. Below the problem is an 'ANTWORTEN' button and a progress bar. The bottom of the page features a sun, clouds, and a paper airplane icon.

Mathe-Multi-Trainer

Learning Apps TU Graz

LOG

Mathe multi Trainer

NEUSTART AUFHÖREN

5 8 9 * 7

ANTWORTEN

Lern-Apps für Schüler Learning Apps TU Graz Impressum Kontakt

Divisionstrainer

Learning Apps TU Graz

Spiel Statistik Einstellungen Abmelden | En

Spiel Verlassen

6 0 3 9 0 : 6 =

Abschicken

Learning Apps TU Graz Blog Learning Apps TU Graz Impressum Kontakt

Das Konzept

Im Grunde sollten die Schüler einfache Additionen und Multiplikationen im Bereich der natürlichen Zahlen wie auch einfache Divisionen mit niedrigen Zahlen beherrschen. Wir setzen also gleich bei der Division an und werden mit Hilfe des Divisionstrainers die einfachen Divisionen festigen und die Mehrstellige Division erlernen.

Die Versuchsklasse

Wir beginnen in der dritten/vierten Schulwoche mit einem ersten schriftlichen Test um zu sehen wo die Schüler stehen und welche Divisionen möglich sind und welche Divisionen Schwierigkeiten bereiten oder mit dem derzeitigen Wissenstand einfach nicht möglich sind.

Nach diesem Test bekommt jeder Schüler in der Versuchsklasse die Aufgabe, innerhalb einer Woche zumindest 15 Divisionen mit dem Trainer durchzuführen. Nach jeder Woche wird die Auswertung eines jeden Schülers analysiert und dementsprechend reagiert.

Sollte nun ein Schüler häufig Fehler beim Subtrahieren des Teilergebnisses machen, so wird dieser in der darauffolgenden Woche 30 Rechnungen mit dem Plus-Minus-Trainer abarbeiten. Danach kehrt dieser wieder zum Divisionstrainer zurück.

Es kann auch sein, dass ein Schüler den Quotienten falsch berechnet, beziehungsweise beim abschätzen des Quotienten zu große oder zu kleine Zahlen verwendet, so kann man darauf schließen, dass das Ein-Mal-Eins nicht zur Genüge beherrscht wird. Dann bekommt dieser Schüler für die darauffolgende Woche die Aufgabe, den Ein-Mal-Eins Trainer komplett durchzuarbeiten. Das bedeutet dass dieser Schüler bei jeder Multiplikation einen goldenen Stern erreichen muss. Danach kehrt auch dieser wieder zum Divisionstrainer zurück.

Der dritte Fall der auftreten kann, ist, dass ein Schüler Probleme beim ausmultiplizieren der Quotientenzahl mit dem Divisor hat. Sollte dieser Fall eintreten, so wird dieser Schüler in der nächsten Woche die Aufgabe bekommen, 30 Multiplikationen mit dem Mathe-Multi Trainer abzuarbeiten. Danach kehrt der Schüler wieder zum Divisionstrainer zurück.

Mit diesen drei Fällen werden eigentlich alle Probleme abgefangen welche bei der mehrstelligen Division auftreten können. Häufige Fehler werden somit verringert und Fehler die aufgrund fehlender Kompetenzen bei einer der anderen Grundrechnungsarten auftreten werden zumindest zu einem Teil ausgemerzt und verfolgen den Schüler nicht länger.

Der Versuch umfasst 16 Versuchswochen exklusive Weihnachtsferien. Somit endet der Versuch mit Ende Jänner und wird mit einem abschließenden Test der Schüler beendet. Mit Hilfe dieses Tests wird dann festgehalten, ob und wie groß die Leistungssteigerung bei den Schülern war und ob ein Unterschied zur Kontrollklasse besteht.

Die Kontrollklasse

In der Kontrollklasse werden wöchentlich 15 Divisionen auf einem Zettel ausgeteilt. Die Schwierigkeit wird von Woche zu Woche gesteigert. Der Arbeitsaufwand ist somit der gleiche für die Schüler in der Kontrollklasse, jedoch wird eben nicht auf die Bedürfnisse jedes einzelnen Schülers eingegangen, sondern alle bekommen die gleichen Aufgaben.

Beurteilung

Generell darf die Bearbeitung der Aufgaben in die Beurteilung mit einfließen. Jedoch darf es keine Rolle spielen, ob Aufgaben richtig gelöst wurden oder ob Fehler gemacht wurden. Es darf einzig und allein beurteilt werden, ob die Mindestanzahl der Aufgaben erledigt wurden.

Dies könnte nun in einer Form von Bonuspunkten in die Beurteilung mit einfließen und somit dem Schüler Vorteile verschaffen, beziehungsweise kann dieser leichter eine bessere Note erlangen.

Andererseits könnte man das Abschließen der Aufgaben als notwendiges Kriterium für eine positive Note festlegen, sodass der Schüler ein Mindestmaß an Einsatz für den Divisionstrainer aufwendet.

Je nachdem, ob und wie man die Aufgaben in das Beurteilungssystem einfließen lässt, sollte man sich auch Konsequenzen überlegen, wenn ein Schüler nicht die erforderlichen Rechnungen abschließt. Es ist wichtig für die Studie und für den Schüler, dass jeder Schüler am kompletten Programm teilnimmt und seine Aufgaben gewissenhaft erledigt.

Eigenständigkeit

Dennoch ist es wichtig, dass ein Schüler die Aufgaben selbst erledigt und nicht von einem Familienmitglied, Freund oder Ähnliches erledigt werden. Es geht bei der Anwendung von Learning Analytics Software genau darum, dass Fehler gemacht werden und dass man daraus die Schwächen analysieren und darauf eingehen kann.

Es muss dem Schüler wie auch den Eltern somit klar gemacht werden, wie wichtig es für jeden Einzelnen ist, dass die Aufgaben eigenständig umgesetzt werden. Dadurch, dass jeder Schüler eine ganze Woche für eine relativ kleine Anzahl an Rechnungen zur Verfügung hat, sollte auch keine große Belastung für den Schüler entstehen, sodass der Schüler sich überfordert fühlt.

Aufwand

Der Aufwand für den Lehrer, welcher an der Studie teilnimmt, wird sehr gering ausfallen. Der Versuchsleiter hält mit demjenigen Lehrer wöchentlichen Kontakt und dieser bekommt die Auswertung inklusive der neuen Aufgaben für die Schüler zugesandt. Auch der Lehrer der Kontrollklasse bekommt wöchentlich ein Aufgabenblatt zugesandt. Die Arbeitsblätter der vorigen Wochen müssen abgesammelt und an den Versuchsleiter weitergegeben werden.

Die Lehrer, welche an der Studie teilnehmen, können ihren Unterricht und deren Planung ohne Einschränkungen umsetzen. Einzig die Zeit für die insgesamt drei Tests und einer Einführungsstunde muss reserviert werden.

9.2 Elternbrief

E-Learning Projekt: **Learning Applications in der Mathematik**

Sehr geehrte Erziehungsberechtigte!

Mein Name ist Michael Straßer und ich studiere Mathematik und Informatik auf Lehramt. Ich werde in diesem Semester gemeinsam mit den Lehrern der ersten Klassen des Gymnasiums ein E-Learning-Projekt in Kooperation mit der Technischen Universität Graz durchführen. Da die Schülerinnen und Schüler vorwiegend zu Hause am Projekt arbeiten sollen, bitte ich Sie herzlich, uns bei diesem Projekt zu unterstützen.

Worum geht es bei diesem Projekt?

In der ersten Klasse werden im Mathematikunterricht vor allem die grundlegenden Rechentechniken (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) wiederholt und gefestigt. Dies ist sehr wichtig, da die Schülerinnen und Schüler in den nachfolgenden Schuljahren diese Techniken dringend im Mathematikunterricht und in anderen Gegenständen brauchen und anwenden müssen.

Die TU Graz hat zu diesem Thema Online-Trainer für alle vier Grundrechnungsarten entwickelt, welche auf einer Onlineplattform gratis zur Verfügung gestellt werden. Wir werden mit den Schülerinnen und Schülern mit diesen Online-Trainern arbeiten, um das Rechnen zu üben und zu festigen mit Hauptaugenmerk auf die Division, da in dieser bei der händischen Ausführung im Prinzip alle vier Grundrechnungsarten vorkommen.

Dazu müssen die Schülerinnen und Schüler mit einem Webbrowser (z.B. Internet Explorer) die Seite **mathe.tugraz.at** aufrufen, sich mit ihren Benutzerdaten einloggen und dann können sie sofort mit dem Rechnen beginnen. Die Schülerinnen und Schüler bekommen jede Woche die Aufgabe, bestimmte Rechnungen in einer bestimmten Anzahl zu berechnen. Um ihre Tochter/ihren Sohn nicht zu sehr zu belasten, wird der Aufwand pro Woche gering ausfallen und auf jeden Fall schaffbar sein.

Die Daten und Ergebnisse werden von der TU Graz in **anonymisierter Form** ausgewertet und weiterverwendet.

Zur Kenntnisnahme

Hiermit bestätige ich den Erhalt des Informationsblattes zum E-learning-Projekt „Learning Applications in der Mathematik“ und dass die Daten des Projektes in anonymisierter Form von der TU Graz ausgewertet und weiterverwendet werden dürfen.

Name meiner/meines Tochter/Sohnes: _____

Datum: _____

Unterschrift: _____

9.3 Handout für Schülerinnen und Schüler

Zugang zu den Trainern

Alle vier Trainer sind unter mathe.tugraz.at erreichbar.

Man kommt auf die Seite zur Auswahl eines Bereiches. Hier klickst du auf „**Mathe Apps**“.

The screenshot shows the homepage of 'TU GRAZ MEETS LEARNING ANALYTICS'. At the top right, there is a language dropdown set to 'DE' and the 'Learning Apps TUGRAZ' logo. Below the title, there is a red button with a house icon and the text 'Auch für Schulen'. A navigation bar contains links for 'Blog', 'Kontakt', 'FAQ', 'Registrieren', and 'Anmelden'. The main content area features five category buttons: 'MATHE APPS' (circled in red), 'SPRACH APPS', 'TEAM SKETCH', 'MATHE VIDEOS', and 'EBOOKS'. Each button has a white top section with the category name and a brown bottom section with related icons or text.

Nun kommst du auf die Übersicht über die Mathematik Trainer. Wähle den aus, den du diese Woche als Aufgabe bekommen hast.

The screenshot shows the 'TU GRAZ MEETS LEARNING ANALYTICS' website with the 'Mathe multi Trainer' button selected. The layout is similar to the previous screenshot, with the 'DE' language dropdown and 'Learning Apps TUGRAZ' logo at the top right. The 'Auch für Schulen' button is present. The navigation bar includes 'Home', 'Blog', 'Kontakt', 'FAQ', 'Registrieren', and 'Anmelden'. The main content area displays four trainer buttons in speech bubble shapes: 'Mathe multi Trainer' (selected), 'Plus minus Trainer', 'DIVISIONS TRAINER', and 'etn mal etns'.

Registrierung

Beim ersten Besuch auf mathe.tugraz.at musst du dich registrieren. Solltest du bei der gemeinsamen Stunde nicht dabei gewesen sein, kannst du diese Registrierung ganz einfach nachholen, indem du auf Registrieren klickst.



Fülle das Formular zur Gänze aus. Vergiss nicht die richtige Schule und die richtige Klasse auszuwählen.

User

Schule:	<input type="text" value="BG-BRG Judenburg"/>
Klasse:	<input type="text" value="1D"/>
Benutzername:	<input type="text" value="Schulbenutzername"/>
Vorname:	<input type="text" value="Hans"/>
Nachname:	<input type="text" value="Muster"/>
Passwort:	<input type="password" value="....."/>
Passwort (wh):	<input type="password"/>
Captcha	 <input type="text" value="s5nu33v4"/>

9.4 Rätselaufgaben

Rätselblatt 1

Rätselaufgabe 1

Vier Schüler konnten sich im Schulbus überhaupt nicht einigen, wie alt ihre neue Lehrerin sei. Einig waren sie sich nur, dass sie alt sein müsse. "Sie ist 24", meinte einer. Aber das hielten die drei anderen für reichlich untertrieben. Sie schätzten auf 27 und 31, einer sogar auf 39 Jahre. Keiner von ihnen hat das richtige Alter erraten. Doch eine Mutmaßung war nur um ein Jahr, eine andere um drei Jahre, eine dritte um sechs Jahre und eine vierte um neun Jahre falsch.

Wie alt ist die Lehrerin?

Rätselaufgabe 2

Zahlenrätsel mit Rechenoperationen. Du darfst jede Rechenoperation verwenden und eigene Rechnungen aufstellen, um die Aufgaben zu erfüllen. Auch darfst du ein wenig tricksen!

Die Zahl 999

Versuche die Zahl 999 zu erreichen, indem du sechsmal die Ziffer 9 verwendest. Erlaubt sind alle Rechenarten.

Die Zahl 99

Wie kann man 99 verkleinern, ohne auch nur eine einzige Zahl abzuziehen?

Die Zahl 30

Versuche die Zahl 30 zu erreichen, indem du viermal die Ziffer 5 verwendest. Erlaubt sind alle Rechenarten.

Rätselblatt 2

Rätselaufgabe 3

Karl ist 24 Jahre alt. Er ist doppelt so alt wie Fritz war, als Karl so alt war, wie Fritz ist.

Wie alt ist Fritz?

Rätselaufgabe 4

Ein reicher Araber hinterlässt seinen 3 Söhnen 17 Kamele. In seinem Testament steht geschrieben, dass der älteste Sohn die Hälfte, der mittlere Sohn ein Drittel und der jüngste Sohn ein Neuntel aller Kamele erhalten soll. Wie haben sie sich geeinigt?

Rätselblatt 3

Rätselaufgabe 5

Wie kann man mit einem 5-Liter-Gefäß und einem 3-Liter-Gefäß ohne Mess-Skalen eine Flüssigkeitsmenge von 4 Litern abmessen?

(die Flüssigkeit kommt aus der Leitung)

Rätselaufgabe 6

Eine kleine Stadt, deren Eingangstor bewacht wird, erlaubt den Zutritt nur denjenigen, die ein bestimmtes Passwort kennen. Ein Spion legt sich auf die Lauer und lauscht.

Ein Geschäftsmann will in die Stadt. Der Wächter fragt: "28, was ist deine Antwort?" Er antwortet: "14", und wird hereingelassen. Der nächste wird gefragt: "16, was ist deine Antwort?" Er antwortet: "8", und wird hereingelassen. Den nächsten fragt der Wächter: "8, was ist deine Antwort?" Der Passant sagt: "4", und wird hereingelassen. Der Spion glaubt, genug gehört zu haben. Er geht zum Tor, und der Wächter fragt ihn: "20, was ist deine Antwort?" Er rät: "10", doch der Wächter antwortet: "Falsch. Ich darf dich nicht hereinlassen".

Was wäre die richtige Antwort gewesen und warum?