

## 5. EVALUATION

5. Evaluation.....	1
5.0. Einsatz von Lernplattformen und Social Software.....	3
5.1. Formative Evaluation .....	3
5.1.1. Expert/innen und zugeordnete Lernpfade (vollständig anonymisiert) .....	4
5.1.1.1. Wie beurteilen die Expert/innen die ausgewählten Lernpfade insgesamt? .....	4
5.1.1.2. Technische Aspekte.....	5
5.1.1.3. Fachliche, didaktische und genderspezifische Aspekte.....	5
5.1.2. Schnittstellenlernpfad Volksschule SEK 1 – Experten/innen.....	6
5.1.2.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?.....	6
5.1.2.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?.....	7
5.1.2.3. Handlungsempfehlungen/Schnittstellenlernpfad Volksschule–SEK 1.....	8
5.1.3. Mikrolernpfad Direkte und indirekte Proportionalität.....	8
5.1.3.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?.....	9
5.1.3.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?.....	9
5.1.3.3. Handlungsempfehlungen Mikrolernpfad direkte und indirekte Proportionalität .....	11
5.1.4. Mikrolernpfad Trigonometrische Funktionen – Experten/innen .....	11
5.1.4.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?.....	11
5.1.4.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?.....	12
5.1.4.3. Handlungsempfehlungen Mikrolernpfad Trigonometrische Funktionen: .....	13
5.1.5. Mikrolernpfad Quadratische Funktionen – Experten/innen .....	13
5.1.5.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?.....	13
5.1.5.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?.....	14
5.1.5.3. Handlungsempfehlungen Mikrolernpfad Quadratische Funktionen.....	15
5.1.6. Fazit der Experter/innenevaluation.....	15
5.1.7. Literatur .....	15
5.1.8. Schnittstellenlernpfad Volksschule SEK 1 – Lehrer/innen .....	16
5.1.8.1. Qualitative Ergebnisse zu den vier ausgewählten Lernpfaden .....	16
5.1.9. Schüler/innen-Feedback zu drei ausgewählten Lernpfaden .....	21
5.1.10. Fazit des Lehrer/innen und Schüler/innen-Feedbacks .....	28
5.2. Schüler/innenfeedback – Gesamt .....	29
5.3. Schüler/innenfeedback – Buben/Mädchen .....	35
5.4. Schüler/innenfeedback – Lernpfadspezifisch .....	40
5.4.1. Schüler/innenfeedback – Mikro-Lernpfad „Wetter – Temperaturkurven“.....	40
5.4.2. Schüler/innenfeedback – Mikro-Lernpfad „Lineare Funktionen“.....	45

5.5. Lehrer/innenfeedback .....	50
5.5.1. Lernpfade .....	50
5.5.2. Alter .....	50
5.5.3. Geschlecht .....	51
5.5.4. Schulform .....	52
5.5.5. Bewertung der Lernpfade und Lernleistung .....	53
5.6. Wissenstests .....	54
5.6.1. Wissenstests – Allgemeine Beschreibung .....	54
5.6.1.1. Schnittstelle – Volksschule – SEK1 .....	57
5.6.1.2. Wetter – Temperaturkurven .....	65
5.6.1.3. Direktes und indirektes Verhalten .....	75
5.6.1.4. Lineare Funktionen .....	83
5.6.1.5. Schnittstellenlernpfad SEK1/SEK2 .....	90
5.6.1.6. Potenzfunktionen .....	95
5.6.1.7. Quadratische Funktionen .....	99
5.6.1.8. Exponential- und Logarithmusfunktion .....	104
5.6.1.9. Trigonometrische Funktionen .....	109
5.6.1.10. Diskret – kontinuierlich .....	113
5.6.1.11. Die Dreiecksverteilung .....	116
5.6.1.12. Zugang zur Poissonverteilung .....	119
5.6.2. Wissenstests – Ergebnisse .....	122
5.6.2.1. Lernpfad Volksschule – SEK 1 .....	127
5.6.2.2. Lernpfad Wetter – Temperaturkurven .....	131
5.6.2.3. Lernpfad Direktes und indirektes Verhältnis .....	133
5.6.2.4. Lernpfad Lineare Funktionen .....	135
5.6.2.5. Lernpfad Potenzfunktionen .....	137
5.7. Resümee .....	139
5.8. Anhang .....	140

## 5.0. EINSATZ VON LERNPLATTFORMEN UND SOCIAL SOFTWARE

Im Rahmen dieses Projekts sollte neben der Qualität der Lernpfade auch die Möglichkeit zum Einsatz von Lernplattformen und Social Software im Mathematikunterricht ausgelotet werden. Dabei hat sich Folgendes gezeigt:

Weder für die Ersteller/innen noch die Nutzer/innen der Lernpfade macht es einen Unterschied, ob diese als HTML- oder Wiki-Version implementiert werden bzw. sind. Von Seiten der Ersteller/innenteams ist darauf zu achten, dass jedes Team eine/n Experten/in für die technische Realisierung des Lernpfades hat.

Die Lehrer/innen und Schüler/innen haben die unterschiedliche Gestaltung der Lernpfade gar nicht thematisiert. Bei der formativen Evaluation haben die Experten/innen jedoch angemerkt, dass die Menüführung im Wiki-Lernpfad *Potenzfunktionen* noch optimiert werden könnte.

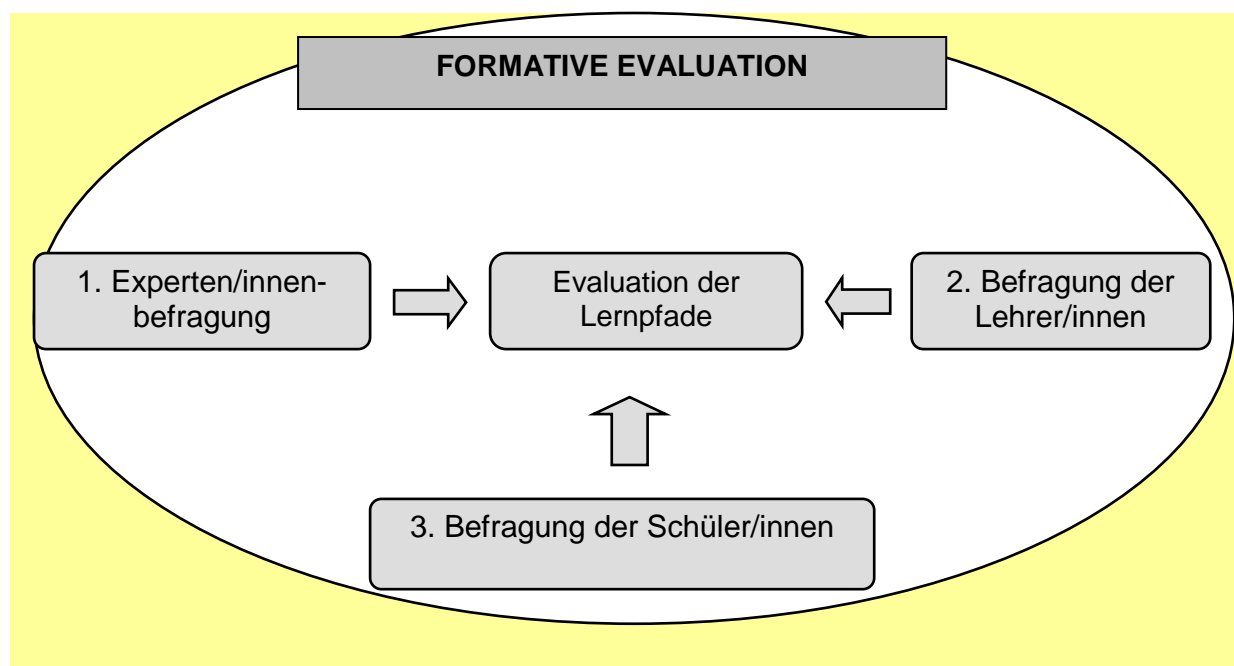
E-Portfolios zur Dokumentation der Lernfortschritte im Mathematikunterricht oder beim Arbeiten mit Lernpfaden spielen derzeit noch keine große Rolle. Lernplattformen werden dort, wo sie den Lehrenden und Lernenden ohnehin schon zur Verfügung stehen, zur Organisation des Unterrichts eingesetzt, treten aber beim Lernen mit Lernpfaden nicht in den Vordergrund.

Die webbasierte Formeleingabe stellt vor allem die Ersteller/innen der Lernpfade immer wieder vor gewisse Herausforderungen. Für die Schüler/innen, die die Lernpfade benutzen, gilt dies nicht. Bei einigen Lernpfaden war es aufgrund der dynamischen GeoGebra-Tabellenkalkulation sogar sehr einfach ansatzweise Formeln einzugeben.

Wie schon beim Projekt „Medienvielfalt im Mathematikunterricht 1“ hat sich auch diesmal gezeigt, dass das Online-Lernen zuhause eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Eine einzige Lehrperson verweist dezidiert darauf, dass ihre Schüler/innen mangels funktionierender Technik bzw. Software in der Schule die im Lernpfade integrierten Videos zuhause ansehen mussten. Wie diese Form des Lernens von der Schule auf die Arbeit nachhause übertragen werden kann bedarf weiterer Überlegungen und Versuche.

### 5.1. FORMATIVE EVALUATION

Die umfangreiche formative Evaluation der erstellten Lernmaterialien gliedert sich in die drei großen Abschnitte „Experten/innenbefragung“, „Lehrer/innenbefragung“ und „Schüler/innenbefragung“.



Die Ergebnisse dieser von Prof. Dr. Heike Wiesner und Dr. Andreas Wiesner-Steiner durchgeführten Evaluation werden hier nun detailliert dargestellt.

Ausgewählt wurden für die formative Evaluation die vier Lernpfade:

- Schnittstellenlernpfad Volksschule SEK 1
- Mikrolernpfad Direkte und indirekte Proportionalität
- Mikrolernpfad Trigonometrische Funktionen
- Mikrolernpfad Quadratische Funktionen

Untersucht wurden dabei folgende Themen:

- Technische Fragestellungen
- Fachlich-inhaltliche Fragestellungen
- Didaktische Fragestellungen
- Gendersensitive Fragestellungen

### 5.1.1. Expert/innen und zugeordnete Lernpfade<sup>1</sup> (vollständig anonymisiert)

#### 5.1.1.1. Wie beurteilen die Expert/innen die ausgewählten Lernpfade insgesamt?

Im Folgenden wird eine kurze Zusammenschau der Kommentare von den Experten/innen über die Lernpfade insgesamt unter dem Aspekt Technik, Didaktik und Gender wiedergegeben.

<sup>1</sup> Ein Experte hat aus Versehen einen anderen Lernpfad evaluiert, als ursprünglich vorgesehen. Da jedoch alle Lernpfade mindestens von 2 Expert/innen evaluiert wurden, wurde kein/e weitere/r Experte/Expertin zusätzlich hinzugezogen. Die Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte der Expert/innen: Didaktik der Stochastik/Didaktik der Analysis (E1); Mathematik-Anfangsveranstaltungen Fachhochschule/Gender/Fachdidaktik (E2); Experimentieren im Mathematikunterricht/Computer-Mathematikunterricht(E3); Verhältnis zwischen Mathematik und Informatikdidaktik (E4); Mathematikdidaktik/Computereinsatz/Grund- und Lehrer/innenweiterbildung (E5); Hochschuldidaktik (E6). Von den Experten/innen geben lediglich E5 und E6 an, keine bzw. kaum Erfahrung mit elektronischen Lernpfaden zu besitzen.

### 5.1.1.2. Technische Aspekte

Von den technischen Möglichkeiten her werden die Lernpfade als bereits sehr ausgereift bewertet. Computeranimationen und interaktive Darstellungen verleiten zum experimentellen Vorgehen und können eine wichtige Komponente im Lernprozess sein. Da kein Medium nur Vorteile bietet, wird der Einsatz von elektronischen Lernpfaden und interaktiven Medien immer dann als sinnvoll erachtet, wenn der PC seine Vorteile auch ausspielen kann, wenn also Elemente vorhanden sind, mit denen die Schüler etwas explorativ untersuchen können, und ein schnelles Feedback bekommen. Der hohe technische Aufwand, der für elektronische Lernpfade erforderlich ist, wird von manchen Expert/innen zwar kritisch betrachtet, gleichzeitig aber auch als alternativlos erachtet. Betrachtet man die Handlungsempfehlungen für die einzelnen Lernpfade, so werden weniger technische Empfehlungen als fachliche und didaktische Vorschläge zur Optimierung der Lernpfade gemacht.

*„Es ist weniger wichtig, (an der Technik) jetzt noch mehr herumzufeilen. Viel wichtiger ist es, zu sehen: was ändert sich am Verständnis der Schüler/innen bei einem Thema, wenn man mit so einem Lernpfad arbeitet. Da sollte etwas Deutliches herauskommen. Und wenn nichts Deutliches herauskommt, dann kann man nur sagen, ist es eine weitere Möglichkeit, Unterricht zu gestalten. Aber keine zwingende. Und ich glaube auch, dass es darauf hinauslaufen wird. So, wie es halt verschiedene Schulbücher gibt, wird es dieses Angebot geben. Mit allen Vorteilen, aber auch Nachteilen des Mediums. Es gibt ja kein Medium, das nur Vorteile bietet. Das ist auch etwas, was Lehrer/innen erst lernen müssen.“ (E1)*

### 5.1.1.3. Fachliche, didaktische und genderspezifische Aspekte

Die interaktiven Möglichkeiten der Technik sind zwar eine wichtige Komponente im Lernprozess, um im Umgang mit ihnen Lernerfahrungen zu machen, müssen sie aber auf sinnvolle Aufgabenstellungen abgestimmt werden, und nicht umgekehrt. Über das Experimentieren hinaus müssen diese Aufgabenstellungen mathematisch reflektiert werden (E5). Wie dies bei den ausgewählten Lernpfaden optimiert werden kann, dazu machen die Expert/innen in fachlich-didaktischer Hinsicht zahlreiche instruktive Vorschläge, die in diesem Bericht jeweils am Ende des jeweiligen Lernpfades zu Handlungsempfehlungen zusammengefasst sind. (Siehe Punkte 5.1.2.3.; 5.1.3.3.; 5.1.4.3.; 5.1.5.3) Insgesamt wird dabei betont, dass der erfolgreiche Einsatz von Lernpfaden immer konkret davon abhängt, mit welchen technischen und didaktischen Freiheitsgraden und Einschränkungen verschiedene Sozialformen wie Partner- und Gruppenarbeit, mit Interaktivität, Eigentätigkeit und Experimentieren verknüpft werden. Auch wenn im Einzelfall zahlreiche Verbesserungen vorgeschlagen werden, wird diese Verknüpfung für die Lernpfade insgesamt prinzipiell positiv bewertet. Dennoch ist eine pauschale Bewertung der Lernpfade wenig sinnvoll, da sie sich aus Sicht der interviewten Expert/innen nicht nur inhaltlich, sondern zum Teil auch didaktisch deutlich voneinander unterscheiden:

*„Ich würde den Lernpfad mit den quadratischen Funktionen von der Übersichtlichkeit her und auch von den Möglichkeiten, die der Lernpfad bietet, als weniger entwickelt oder sogar als „älter“ betrachten als den anderen Lernpfad mit direkter/indirekter Proportionalität. Da würde ich auch zwischen beiden unterscheiden. Der zweite mit  $d/i$  P. nützt m.E. noch viel mehr die Möglichkeiten, nicht linear, d.h. hintereinander, also konsekutiv zu arbeiten, sondern parallel zu arbeiten. Also immer diesen vorgegebenen Lernpfad zu verlassen, und dann zu schauen, und wieder zurückzukehren.“ (E1)*

Der sinnvolle Einsatz der Lernpfade und seiner Werkzeuge hängt nach Ansicht eines Experten auch wesentlich davon ab, dass der cognitive load der Schüler/innen nicht überlastet wird. Dass sich mit anderen Worten „nicht zu viel bewegt“, es zu viele Möglichkeiten gibt. Damit auch fortgeschrittene Lernende interessiert bleiben, wird beispielsweise eine stufenweise Steigerung von Optionen als sinnvoll erachtet, bei der der Einsatz von Interaktivität oder Gruppenarbeit jeweils sinnvoll adaptiert werden muss:

*„(...) nur um auf eine richtige Zahl zu kommen, dazu brauche ich die Interaktivität nicht. (...) Gruppenarbeit hängt für mich von der Aufgabenstellung ab. Für manche Dinge muss ich selbst üben und machen. Typisches Beispiel ist geometrische Konstruktion. Das kann ich einfach nicht in der Gruppe machen, das macht keinen*

*Sinn. Oder Rechenverfahren lernen. Da ist Gruppenarbeit weniger sinnvoll. Ich kann das dann aber wieder andeuten, anregen, indem ich z.B. Ergebnisse vergleiche. Oder Wege vergleichen lasse. Schon mit anderen in Kontakt treten, aber es selbst machen. Bei Entdeckungen wie den trigonometrischen Funktionen, da ist Gruppenarbeit sehr sinnvoll. Da soll ja gerade Diskussion, Kommunikation angeregt werden. Da sollte der Lernpfad eigentlich nur die Anregungen, die Werkzeuge zur Verfügung stellen, das andere soll in der Zusammenarbeit in der Klasse oder Schülergruppe entstehen. Und wenn es zu sehr vorgegeben ist, hat der Lehrer ja kaum noch eine Chance, diese Dinge noch anders zu verwenden. Und da muss man aufpassen, denn man will ja dem Lehrer nicht unbedingt den Unterricht vorschreiben. Es sollte stattdessen eine Ermöglichung sein. (...) bei den trigonometrischen Funktionen ist das gut gelöst.“ (E3)*

Die bisherigen Zitate zeigen, dass gerade in der didaktischen Vielfalt der Lernpfade immer auch eine Chance enthalten ist, unterschiedliche Lerntypen anzusprechen. So gibt es immer Schüler/innen, die lieber kleinschrittig vorgehen, einen linearen Aufbau bevorzugen, alleine oder in der Gruppe arbeiten. Gerade hinsichtlich der Genderproblematik werden dabei von den Experten/innen für manche Beispiele und Applikationen in den Lernpfaden lebensnähere Kontexte vorgeschlagen, die Stereotypisierungen vermeiden und Diversity-Aspekte berücksichtigen. Aufgefallen ist den Experten/innen auch, dass die Genderproblematik in den Begleittexten für die Lehrpersonen nicht thematisiert wird. Dies wird jedoch als wichtig erachtet, da dies ein Problempunkt ist, der speziell beim Arbeiten mit den Rechnern auftritt. Ist dies für die Mathematikdidaktik nachgewiesen, stellen auch aktuelle Untersuchungen zum Einsatz von Rechnern unter Genderaspekten im Schulunterricht fest, dass immer noch die Jungen einen lockereren Zugang haben und auch gerne die handelnden Personen sind:

*„(...) Man kann das nur schwer durch die Lerninhalte in den Lernpfaden steuern. Es ist ganz schwierig, diese Rollenmuster aufzubrechen. Aber die Lehrpersonen müssen es eben wissen, damit sie entsprechend reagieren können.“ (E2)*

Dieses Zitat verdeutlicht die Wichtigkeit Gender-Aspekte nicht nur auf der Inhaltebene zu verwirklichen, sondern insbesondere auch innerhalb des didaktischen Konzeptes. So sollte bei gemischtgeschlechtlichen Gruppen darauf geachtet werden, dass keine Teilung der Geschlechter entlang technischer und inhaltlicher Aspekte unintendiert vorgenommen werden. Durch gezielten Rollenwechsel oder die Maßnahme einer „reflexiven Koedukation“ (zeitweise Trennung der Geschlechter) profitieren beide Geschlechter im hohen Maße durch die Schulung sog. vernachlässigter Kompetenzen innerhalb der Gruppenarbeit. Falls sich eine Geschlechtsgruppe innerhalb einer Schulklasse in der Minderzahl befindet, lässt sich der magische Wert<sup>2</sup> von 30% spielend durch die Förderung von Gruppenbildungsprozessen innerhalb der Lernpfade erreichen.

## **5.1.2. Schnittstellenlernpfad Volksschule SEK 1 – Experten/innen**

### **5.1.2.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?**

Technisch ist die Palette für die Experten/innen bei diesem Lernpfad sehr breit gestreut. Mit Tabellenkalkulation und Geogebra werden verschiedenste zeitgemäße Werkzeuge der Mathematik genutzt. Die Technik wird bei diesem Lernpfad als relativ unauffällig wahrgenommen, sie funktioniert beim spielerischen Benutzen. Der PC spielt dabei nach Auffassung eines Experten am ehesten bei der Wiesenaufgabe seinen Vorteil aus, bei der man den Flächeninhalt mit Hilfe des interaktiven Moduls feststellen kann, um dann die Auswirkungen auf Umfang und Fläche zu sehen. „Das ist der Teil, in dem der PC innerhalb des Lernpfades wirklich vorteilhaft genutzt wird.“ (E6). Bei der Wiesenaufgabe lässt sich explorieren und schauen: wie verändert sich der Umfang und die Fläche, wenn man die Seiten verändert. Die

---

<sup>2</sup> Gemeint ist, dass der Aspekt Gender keine explizite Markierung mehr erhält, wenn 30% der in der Minderheit befindlichen Gruppenmitglieder in einer Arbeitsgruppe Aufnahme findet. Diese gendersensitive Maßnahme führt zu einer deutlichen Reduzierung der Abbruchquote, der in der Minderheit befindlichen Geschlechtsgruppe. Gerade in (anwählbaren) Schulfächern mit einer sehr geringen Jungen- oder Mädchenquote (Physik, Französisch, etc..)

Werkzeuge, mit denen man derart eine Situation dargestellt bekommt, werden von den Experten ebenso positiv bewertet wie die kindgerechten unterschiedlichen Elemente wie Blüte, Auto, Vogel und Fisch.

Auch die Auswahl der Themen wird positiv betrachtet und als inhaltlich altersgemäß bewertet. Der Lernpfad wird hier aus Sicht der Experten/innen den Anforderungen gerecht, wo es um die verschiedenen Darstellungsformen geht. Im Übergang von der Volksschule zur SEK 1, von der SEK 1 zur SEK 2 – immer dort stehen tabellarische oder grafische Repräsentationsformen im Vordergrund. „All diese Abhängigkeiten an diesen Darstellungsformen zu erkennen. Das ist für mich zweifelsohne gegeben.“ (E4). Didaktisch-methodisch wurde zudem, wie die Experten/innen festhalten, Komponenten wie „fächerübergreifender Unterricht“ aufgenommen, so dass man bei diesem Lernpfad durchaus auch von einem anwendungs- und problemorientierten Unterricht sprechen kann.

Mit Blick auf die Genderproblematik ist für die Experten/innen auch die bildliche Darstellung der Themen ausgezeichnet gelungen. So gibt es verschiedene Möglichkeiten wie die optisch sehr ansprechenden Blüten, den Ferrari und Fußball, was beide Geschlechter anspricht. *„Aber das wird nicht thematisiert, was ich auch gut finde. Dann kann jeder und jede aussuchen, was gefällt.“* (E2). Wichtig ist es dabei jedoch immer, beide Geschlechtsgruppen pro Lernpfad im Blick zu behalten. Einen Lernpfad nur auf eine Geschlechtsgruppe hin auszurichten, z.B. durch die durchgängige Verwendung eines Autobeispiels wird als problematisch und nicht gendersensitiv eingestuft. Werden hingegen beide Geschlechtsgruppen gleichzeitig angesprochen wird er als gelungen eingestuft, da er auf die vielfältigen Interessenlagen von Jungen wie Mädchen gezielt ausgerichtet wurde. Den Expert/innen fällt dabei nicht nur auf, dass der Lernpfad Jungen wie Mädchen gleichermaßen anspricht, nach ihrer Auffassung wurde darauf sogar extrem geachtet. *„Die Blütenbilder verdoppeln sich ebenso wie die Autobilder, und die Kinder dürfen sich entscheiden, ob sie Blüte oder Auto nehmen.“* (E6).

Unter Genderaspekten weiter gelungen ist, dass es z.B. eine Aufgabe gibt, eine Tabelle, also die Mathematik, und die Geschichte dazu soll selbst erfunden werden. Das lässt der Phantasie nach Ansicht einer Expertin sehr viel Spielraum. Auch wird damit das Modellieren in der Mathematik etwas auf den Kopf gestellt, denn man muss es bei diesem Beispiel quasi von der anderen Seite her betrachten.

*„Das finde ich einen schönen Ansatz, der sicher auch Mädchen besonders ansprechen wird. Gut finde ich zudem, dass es bereits in frühen Klassenstufen eine Dokumentation in einer Projektmappe gibt. Das finde ich wichtig für alle. Das ist auch für Jungs ein guter Lernansatz, dass sie gezwungen werden, ihr Tun zu reflektieren. (...) Unter Genderaspekten finde ich den Lernpfad wirklich gelungen.“* (E2)

#### **5.1.2.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?**

Mit Blick auf die technische Ausstattung erfolgt hier von einer Expertin zunächst der Hinweis, dass zwar im Klassenraum prinzipiell gleiche Nutzungsbedingungen für alle Schüler/innen vorhanden seien, dies jedoch beim Hausaufgaben machen zuhause schwieriger sein könnte. Bei Aufgaben wie „Blüte, Auto, Vogel, Fisch“ erschließt sich einem Experten darüber hinaus nicht, warum hier der PC unbedingt eingesetzt werden muss. So sei zwar ein interaktives Modul enthalten, mit dem die Zunahme von Werten bildlich beobachtet werden kann. Allerdings wird hier der Einsatz des Computers als etwas übertrieben erachtet, lässt sich die Aufgabe nach Ansicht des Experten auch einfach auf einem Blatt Papier darstellen. *„Ich habe den Eindruck, man hat mit allen Mitteln versucht, hier Interaktivität hereinzubringen. (...) Der PC wird zudem überwiegend für Übungsaufgaben und Kontrolle genutzt – auf einer niedrigen Feedback-Niveaustufe.“* (E6)

Neben dem Anheben des Feedback-Niveaus zielt ein weiterer Verbesserungsvorschlag auf den inhaltlichen Rahmen des Lernpfades. So erfährt man nach Ansicht eines Experten zu Beginn des Lernpfades, im Einleitungstext nicht deutlich, worum es geht. Dies erschließt sich erst, wenn man den didaktischen Kommentar dazu liest oder die Aufgaben durchgeht. *„Ein inhaltlicher Rahmen ist nicht gegeben. (...) Ich würde vorschlagen, die Gesamtstruktur noch ein bisschen deutlicher zu machen: Was ist das Ziel, worum geht es hier. Die einzelnen Aufgaben stehen etwas nebeneinander, da ist kein roter Faden zu erkennen.“* (E6)

Fachlich-didaktisch wird von den Experten/innen zudem angemerkt, dass die Mathematik im Lernpfad 1 stellenweise ein wenig einfach in Umschreibungen eingepackt wirkt. Mit Blick auf die Genderproblematik fällt dabei z.B. auf, dass der Ferrari nicht Auto, sondern Ferrari heißt, während der Vogel etwa nicht als

Buchfink dargestellt wird. „Das Qualitätsmerkmal des Autos wird hervorgehoben.“ (E2). Dieser Aspekt lässt sich auch in Schulbuchanalysen häufig herausarbeiten, dass tendenziell „weiblich konnotierte“ Beispiele in Ihren Beschreibungen und Ausführungen eher banalisiert werden und männlich konnotierte Beispiele durch dezidierte Beschreibungen eine geschlechtshierarchische Aufwertung erfahren.

Im didaktischen Begleitmaterial steht zudem ein Kommentar, nach dem zum Abschluss der Sekundarstufe eine Exaktifizierung des Funktionsbegriffs erfolgen soll, und zwar nach Auffassung eines Experten in Richtung einer Definition der reellen Funktion. Dieser Experte konnte aber im Material nicht erkennen, wie das geleistet werden soll. Auch ist er skeptisch, ob die Schüler/innen eine vollständige Definition erarbeiten können. „(...) Obwohl man das Ziel der Exaktifizierung formuliert, bleibt man diesem Ziel nicht wirklich treu, denn in der SEK 2 wird das Exaktifizierungsthema nicht weiter abgehandelt. Es kommt die quadratische Funktion, die Potenzfunktion, aber das ist eigentlich eine Prototypendiskussion, und nicht zwingend eine Exaktifizierungsdefinition.“ (E4). Was hier vermisst wird, wo es um den Einsatz neuer Medien geht, ist für diesen Experten somit, funktionales Denken oder Funktionen zu untersuchen. „Funktionen als Algorithmen D.h. diese Schiene auch zur Informatik. Funktionale Abhängigkeit im Sinne eines algorithmischen Verständnisses. Das ist natürlich ein hoher Anspruch.“ (E4)

Die Experten/innen merken schließlich noch an, dass zwar aus mathematikdidaktischer Sicht in diesem Lernpfad versucht wird, Realitätsbezüge zu schaffen und damit die Aufgaben an Alltagskontexte anzubinden. Dies erscheint – etwa beim Vervierfachen des Flächeninhalts einer Wiese – allerdings etwas verkrampft. „Ich weiß nicht, ob ein Schüler sich jemals fragt, was er tun muss, damit sich die Fläche einer Wiese vervierfacht. Die hier benannten Bilder und Alltagskontexte sind hier eher künstlicher Natur (...) und nicht wirklich realitätsnahe Mathematikaufgabe.“ (E6)

### 5.1.2.3. Handlungsempfehlungen/Schnittstellenlernpfad Volksschule–SEK 1

Technisch: PC-Einsatz und Interaktivität nicht bei allen Aufgaben

Fachlich/Didaktisch:

- Exaktifizierung des Funktionsbegriffs:
  - a) deutlicher machen, wie dies geleistet werden kann;
  - b) anschlussfähiger für SEK 2 – Themen machen
- Funktionale Abhängigkeit im Sinne eines
- algorithmischen Verständnisses, um auch mit Blick auf die Informatik anschlussfähig zu sein
- Realitätsnahe Alltagskontexte statt realitätsferner Beispiele (z.B. Zellwachstum statt Flächeninhalt einer Wiese)
- Höheres Feedbackniveau bei Übungsaufgaben
- Mehr Module, mit denen man in dynamischen Applets bestimmte Sachverhalte explorieren kann (vgl. Wiesenaufgabe)
- Beispiel Schwimmbecken: Größe des Wasserballs oder Volumen?
- Deutlichere Gesamtstruktur/roter Faden/inhaltlicher Rahmen bereits im Einleitungstext
- Vereinzelte Formulierungs- und Rechtschreibfehler beheben

Gender:

- Arbeiten am Computer – zeitweise – mit getrennten Geschlechtergruppen
- Qualitätsmerkmale (z.B. Ferrari, Buchfink) sollten einheitlich hervorgehoben werden.
- Genderproblematik in die didaktischen Kommentare/Begleittexte aufnehmen

### 5.1.3. Mikrolernpfad Direkte und indirekte Proportionalität



### 5.1.3.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?

In technischer Hinsicht positiv fällt den Experten/innen bei diesem Lernpfad zunächst einmal auf, dass es sich bei der Bearbeitung von tabellarischer, grafischer und symbolischer (Formel)Darstellung immer um dasselbe Beispiel handelt, die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten also immer am selben Kontext erarbeitet werden. Die elektronische Selbstkontrolle wird darüber hinaus als gute Möglichkeit gesehen, mit der sich Schüler/innen schnell von der Richtigkeit ihrer Überlegungen überzeugen können. Die leichte Zugänglichkeit im vorliegenden Fall kann jedoch auch zu einem unreflektierten Umgang verleiten: „Wozu lange nachdenken, man kann sich das Ergebnis eh gleich anzeigen lassen.“ (E5). Die automatischen Rückmeldungen, ob richtig oder falsch, sind für die Experten/innen als Elemente des Lernpfades dann sinnvoll, wenn sie nicht übertrieben werden. Positiv bewertet wird von ihnen außerdem, wie bei den Tank- und Poolbeispielen die X und Y-Werte zusammenhängen. „Bloß hätte ich da gerne den Graphen dazu, weil der da eigentlich schon gezeichnet ist. Dass man da wirklich einmal diese Kovarianz sehen kann. Was passiert mit den Veränderungen usw. Da hätte man das ein oder andere Applet zusammennehmen können.“ (E3)

Ansonsten sind aus Sicht der Experten/innen die technischen Dinge auch bei diesem Lernpfad weitgehend gut und sehr sinnvoll umgesetzt, lediglich bei der graphischen Repräsentation des Poolbeispiels ist eine Linie viel zu dick, lässt sich nicht richtig erkennen, wo die sich den an einem Punkt schneiden soll. Auch die Dokumentation durch Arbeitsblätter wirkt auf die Experten/innen sehr ansprechend.

„Auch bei diesem Lernpfad steht die graphische Repräsentation wieder ganz stark im Vordergrund. Etwas, was dann auch fortgeführt wird in die Prototypendiskussion. Das zieht sich für mich eigentlich durch alle Lernpfade wie ein roter Faden durch. (...) Wenn man Forschungsarbeiten zu den Prototypen kennt, ist das durchaus zu begrüßen. Das ist ja ein wesentliches Verständnis von Funktionen, das da aufgebaut wird. (...) das wiederholt sich (bei den technischen Komponenten, A.d.V.) (...), dort haben wir auch wieder die verschiedensten Werkzeuge. Diese Mischung, mit Tabellen und Geogebra, das ist soweit ok. (...) und dieses Entdecken. (...) didaktisch haben wir ebenfalls alles drin, problemorientierte, fächerübergreifende und anwendungsorientierte Aspekte.“ (E4)

Mit Blick auf in den Beispielen behandelten Kontexte merken die Experten/innen an, dass es für die Schüler/innen vorteilhaft sei, wenn diese Kontexte aus dem Alltagsleben kennen lernen, in denen der Zusammenhang zwischen Größen direkt proportional bzw. indirekt proportional bzw. weder noch ist. Nicht jede/r Schüler/in habe jedoch beispielsweise einen Pool vor der Haustüre. „Das ist etwas, was immer gefordert wird, dass Aufgaben gesucht werden aus dem unmittelbaren Umfeld der Schüler/innen. Da kann man schon wieder streiten. Aber vorstellen kann man sich das sicher. Insofern hilft es sicher, was die Vorstellung betrifft.“ (E1)

### 5.1.3.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?

Obwohl die technischen Dinge insgesamt gut und sinnvoll umgesetzt sind, fällt den Experten/innen – und dies bewerten sie als grundsätzliches Problem bei elektronischen Lernpfaden – der hohe technische Aufwand auf, damit die Schüler/innen beispielsweise lernen: je höher die Zuflussgeschwindigkeit, desto kürzer die Füllzeit. Gerade dieses Beispiel ist aus Sicht der Experten/innen nicht besonders schwer, der technische Aufwand dafür allerdings sehr groß. Im Block „Zeichne Diagramme“ wird das Anzeigen der Spur darüber hinaus zwar als eine förderliche Komponente betrachtet. Allerdings ist die technische Realisierung aus Sicht eines Experten hier noch nicht gelungen. „ZB. Beim Tanken 3: Lässt man sich für einen Literpreis  $p_1$  durch Änderung der Tankmenge die entsprechende Spur des Punktes anzeigen und ändert dann den Literpreis, dann werden die beiden „Spurgeraden“ – wenn man im „Spur an“-Modus bleibt – vertikal miteinander verbunden. Das erzeugt eine ziemlich verwirrende Grafik, wo Erklärungsbedarf den Schüler/innen gegenüber bestehen würde. Dies gilt auch für das Beispiel Taxi 3.“ (E5)

Durch die technisch leichte Zugänglichkeit zur elektronischen Selbstkontrolle stellt sich außerdem nicht nur die Frage, ob die Schüler/innen Lernwege abkürzen bzw. eigenes Denken umgehen, sondern auch, so eine Expertin, die Frage der Leistungsbeurteilung.

Auf der inhaltlich-didaktischen Ebene wird von den Experten/innen vorgeschlagen, den Lernpfad weniger kleinschrittig zu gestalten. Zwar sei ein Entdecken möglich, nach dem Motto „finde, was ich versteckt habe“, „(...) das lag aber immer an der Aufgabenstellung um die Applets herum. Beim anderen Lernpfad Trigonometrie, ist es anders. Da fand ich oft die Fragestellung zu vage. Das sind eigentlich die beiden Extreme. Zum einen zu eng, um alles zu nutzen, und beim zweiten war die Fragestellung zu weit. Da hatte ich das Problem, dass zu viel gleichzeitig drin ist. Wenn ich es noch nicht weiß, ob ich mit dem umgehen kann, dann ist das, glaube ich, sehr verwirrend. (...) Der Lernpfad ist für mich extrem programmierter Unterricht. Alles in kleinen Häppchen. Das ist didaktisch sehr umstritten.“ (E3)

Auch die einzelnen Unterkapitel sind für die Experten/innen sehr kleinschrittig und fokussieren im Wesentlichen immer auf ein konkretes Beispiel für direkt/indirekt/weder noch proportional. Ein Problem könnte sich aus ihrer Sicht daraus ergeben, dass durch die Abgeschlossenheit der in sich kleinschrittigen Unterkapitel Zusammenhänge zwischen den Unterkapiteln verloren gehen: „Jede Darstellungsform wird für sich bearbeitet, eine Beziehung zwischen den Darstellungsformen ist nicht explizit Thema. Z.B.: Was hat der Proportionalitätsfaktor mit dem Verlauf der Kurve/Geraden zu tun? (...) Darin sehe ich generell eine Gefahr von solchen elektronischen Lernpfaden.“ (E5)

Egal, in welchem Unterkapitel man sich befindet, die Darstellung im Koordinatensystem (incl. des wandernden Punktes) ist zudem immer aktiviert. Dies ist nach Aussagen der Experten/innen auch dort so, wo damit gar nichts zu tun ist bzw. die Aufgabe nicht anhand der grafischen Darstellung beantwortet werden kann. Wenn solch eine Darstellung so prominent im Unterkapitel vorkomme, dann aber für die Aufgaben keine Rolle spiele, sei dies jedoch nicht förderlich und lenke ab. „Besonders, da sich in der grafischen Darstellung permanent etwas bewegt.“ (E5)

Ein weiterer Verbesserungsvorschlag, den die Experten/innen machen, bezieht sich auf die Merksätze, die ihnen – sowohl was den Inhalt als auch was die Form betrifft – gelegentlich konservativ und an das herkömmliche Schulbuch angelehnt vorkommen. Gerade im Hinblick auf den Aufbau von adäquaten Begriffsvorstellungen greifen diese Merksätze aus Sicht einer Expertin nicht nur zu kurz, sie bleiben auch auf einer phänomenologischen Ebene stehen. Hinzu kommt, so die Expertin weiter, dass die Formulierung des Merksatzes zwar griffig, aber aus mathematischer Sicht doch sehr stark verkürzt ist. „Auch jenseits einer formalen Definition gibt es noch Varianten, welche die Griffigkeit einerseits und die mathematische Korrektheit andererseits berücksichtigen. (...) Zudem: wo Merksätze angeführt werden und wo nicht, scheint mir im Lernpfad noch nicht konsistent zu sein. Warum gibt es z.B. bei „Taxi 4“ keinen Merksatz?“ (E5). Schließlich sollte mit den Merksätzen immer auch eine Frage verbunden sein, da ansonsten nicht klar wird, welchen Zweck der Merksatz wirklich besitzt.

Auch eine veränderte Reihenfolge – statt zuerst der direkte/indirekte Zusammenhang, dann die Formeln, dann die Diagramme – könnte aus Sicht der Expert/innen mehr Vorteile bieten, denn bei der Vorstellung „direkte Proportionalität“ hilft für sie das Diagramm am meisten, weshalb man es gleich zu Beginn bringen könnte, um die Vorstellung „direkte Proportionalität“ anschaulich zu machen.

Mathematisch-inhaltlich wird die Mischung von beiden Proportionalitäten im Lernpfad von einer Expertin problematisiert: „Diese Mischung finde ich sehr schwierig, sie war mir erst im Nachhinein klar. Schwierig sind auch die Füllprobleme beim Tanken und beim Pool. Es ist hier extrem schwierig, danach wieder die Unterscheidung in indirekt und direkt zu haben. Wenn meine Gedankenstütze immer ist: füllen (...) dann bin immer beim Füllen. Und dann ist es so, die Nichtproportionalität ist dann auch wieder aus einem ähnlichen Kontext. Da würde ich fast vermuten, es wäre besser, wenn man ganz unterschiedliche Kontexte nehmen würde.“ (E3)

Ein weiterer Punkt, der sich bei der Differenzialgleichung noch optimieren lässt, hat mit dynamischen Darstellungen zu tun. So konnte ein Experte den Materialien und den Zielsetzungen nicht entnehmen, was da zunächst einmal funktionale Abhängigkeit ist, was sich für ihn als gravierendes Problem darstellte.

Verbesserungsvorschläge werden schließlich auch für die Kontexte des Lernpfades gemacht. So erscheinen die Kontexte „Tanken eines Autos, Taxifahrt, Befüllen eines Pools“ aus Sicht einer Expertin alle für

Schüler/innen der 6. und 7. Stufe nicht besonders interessant und ansprechend zu sein bzw. machen in der Regel noch selten ihre Erfahrungswelt aus. Problematisch findet diese Expertin, dass sich die Kontexte im Lernpfad insgesamt auf diese drei Kontexte beschränken, die Schüler/innen also für jeden Fall (direkt/indirekt, proportional/weder noch) genau einen und nur diesen außermathematischen Kontext kennen lernen. *„Den Transfer auf andere Kontexte können sie dann selbst machen – wenn sie wollen; eine Aufforderung dazu gibt es nur im Falle der indirekten Proportionalität., wo drei weitere Beispiele dafür angegeben werden.“* (E5)

Bei der Poolaufgabe haben Kinder, die nur öffentliche Freibäder kennen, außerdem u.U. einen anderen Zugang als Kinder reicher Eltern mit Pool, die vielleicht schon einmal erlebt haben, wie sich der Pool im Frühjahr füllt, sich darauf freuen, wie lange das noch dauert usw. *„Da hat man einen andern Zugang als ein Kind, das ins Freibad geht, wo die Becken immer schon gefüllt sind.“* (E1).

In diesem Zitat wird mit dem Diversity-Aspekt ein wichtiger Punkt angesprochen, der gerade für die Erstellung alltagsnaher Kontexte in Lernpfaden von erheblicher Bedeutung ist, und für alle Lernpfade berücksichtigt werden sollte.

### 5.1.3.3. Handlungsempfehlungen Mikrolernpfad direkte und indirekte Proportionalität

Technisch:

- Reduktion des technischen Aufwands: z.B. einige der Applets zusammenführen
- Elektronische Selbstkontrollen nicht so leicht zugänglich machen
- Technische Realisierung im Block „Zeichne Diagramme“ sollte optimiert werden
- Darstellung im Koordinatensystem nicht immer aktiviert lassen

Fachlich/Didaktisch:

- Gesamtkonzept sollte nicht durch zu kleinschrittige Zerstückelung des Inhalts untergehen: weniger kleinschrittiges Vorgehen/weniger „programmierter Unterricht“/weniger „Führung“; stattdessen mehr „Entdeckeraufträge“
- Stärkere Zusammenhänge zwischen den Unterkapiteln herstellen
- Zweck von Merksätzen deutlicher herausstreichen, Merksätze weniger „konservativ“ an Schulbücher anlehnen
- Zur Veranschaulichung unterschiedliche Kontexte für direkte und indirekte Proportionalität
- Direkte und indirekte Proportionalität evtl. getrennt betrachten, um die Fragestellungen unterscheidbarer zu gestalten
- Eine Variante für Facharbeit, eine Variante für Gruppenarbeit
- Lebensnähere Kontexte und Beispiele, die auch Diversity-Aspekte berücksichtigen: statt dem exklusiven Beispiel Pool und dem sehr ähnlichen Beispiel Betanken z.B. Buskosten. Man mietet einen Bus und je mehr mitkommen, desto billiger wird es.
- Gegebenenfalls Aufforderung zum Transfer auf andere Kontexte auch für direkte Proportionalität
- Arbeitsplan übersichtlicher gestalten

Gender: Genderproblematik in die didaktischen Kommentare/Begleittexte aufnehmen

### 5.1.4. Mikrolernpfad Trigonometrische Funktionen – Experten/innen

#### 5.1.4.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?

Ausgehend von der Vermutung, dass dieser Lernpfad nicht als gesamte Behandlung des Themengebiets Trigonometrische Funktionen gedacht ist, sondern nur als jener Teil, der sich auf die Parameter trigonometrischer Funktionen, deren Bedeutung und Einfluss auf den Funktionsverlauf bezieht, bereitet der Lernpfad das Themengebiet für die erste Expertin angemessen auf. Dabei wird aus ihrer Sicht mit den

technischen Möglichkeiten und dem Inhalt angemessen umgegangen, die Zusammenhänge werden nicht aus den Augen verloren, und auch einem rein phänomenologischen Verständnis wird entgegengewirkt. Mit einem Glossar – auch dies wird positiv gesehen – wird zudem noch ein Nachschlagewerk integriert. Auch die Didaktik wird von dieser Expertin gelobt: *„Der Vorschlag die Untersuchung des Einflusses der Parameter auf den Funktionsverlauf in Form eines Expertenunterrichts durchzuführen ist ansprechend und das Thema eignet sich dazu auch gut.“* (E5)

Aus Sicht der zweiten Expertin, die wir um eine Bewertung dieses Lernpfades gebeten haben, sind vor allem Dinge wie die Aufteilung der Zeiten, die Klarheit der Aufgabe sowie die Merksätze hilfreich. *„Die Hefteinträge, gut, das muss man einfach machen. Es wäre aber schön, wenn man das direkt in den Rechner schreiben könnte. Ein Wiki wäre hier vielleicht ganz sinnvoll.“* (E3). Mit Blick auf Gruppenarbeit hebt diese Expertin abschließend hervor, dass der Ansatz, die trigonometrischen Funktionen in Gruppen besprechen und wieder vorstellen zu lassen, durchaus sinnvoll ist und von den Lehrenden auch verwendet werden kann.

#### **5.1.4.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?**

Die Verbesserungsvorschläge der zu diesem Lernpfad befragten Experten/innen beziehen sich zunächst auf die technische Seite. So kann Audio zwar für bestimmte Lerntypen eine Unterstützung sein, darüber hinaus sieht eine Expertin in diesen zusätzlichen Möglichkeiten jedoch keine Funktion. Der Schieberegler hingegen eignet sich für die Aufgaben des Lernpfades besonders gut und ist für die Schüler/innen auch ansprechend. Das Arbeiten mit dem Schieberegler sollte jedoch nicht einfach nur zu einem spielerischen Element werden. *„Letzteres scheint mir bei der „Smiley“-Aufgabe der Fall zu sein. Warum wird hier auf jegliche Darstellung des Terms verzichtet? Ein gedankenloses „Herumspielen“ wird mit dieser Art der Aufgabenstellung eher forciert als behindert. (...) Das Applet, wie man aus dem Graphen den Funktionsterm abliest: ist ein interessantes Applet; es kann hilfreich beim Auffinden der Gleichung sein – allerdings geht mir genau diese Gleichung im Applet ab. Die allg. Gleichung der allg. Sinusfunktion bleibt statisch, da tut sich nichts, obwohl Schritt für Schritt die einzelnen Parameterwerte entwickelt werden. Ohne diese Verknüpfung ist es nur die halbe Sache. (...)“* (E5) Hilfreich ist aus Sicht der Expertin zudem sicher die Interaktivität der Darstellung: bei Verschieben des Graphen, wird auch der Parameterwert und die Visualisierung im Graphen angepasst. Dies funktioniert nach ihrer Aussage jedoch für den Parameter  $d$  nicht – was sich als ein Problem für die Schüler/innen herausstellen könnte.

Auch die Aufforderung, beobachtete Veränderungen bei der Untersuchung des Einflusses der Parameter auch mathematisch zu begründen, findet die Expertin einen wichtigen und richtigen Punkt. Die Gefahr auf der phänomenologischen Ebene stehen zu bleiben, ist aus ihrer Sicht aber durch die Interaktivität von Darstellungen, durch animierte Grafiken u. Ä. sehr groß geworden und eine mathematische Reflexion der Beobachtungen ergibt sich nicht von alleine. Sie muss – wie hier weitgehend umgesetzt – durch konkrete Aufgabenstellungen eingefordert werden. *„Wobei in solchen Fällen keine exakt-formalen Begründungen notwendig erscheinen, sondern Plausibilitätsüberlegungen ausreichen sollten.“* (E5)

Die Testaufgabe „Quiz“ kommt für die Expertin zu früh, sie wäre nach Aufgabe 2 passender, denn so fragt sie eigentlich Wissen ab, das bis zu dieser Zeit auf die Beobachtung von Phänomenen ausgerichtet war und noch keine entsprechende Reflexion über mögliche Begründungen stattgefunden hat. Problematisch ist für die Expertin – ähnlich wie bereits im Lernpfad 2 – dass man auch ohne die Aufgabe zu bearbeiten, durch den Korrektur-Button und das Ablesen der gekennzeichneten Felder die richtige Lösung sofort herausfinden kann. *„Wobei ich schon auch sehe, dass das für jene hilfreich sein kann, die noch nicht das entsprechende Wissen entwickelt haben, und so noch einmal die Sache von hinten aufrollen können.“* (E5)

Zur Station 3 des Lernpfades wird kritisch angemerkt, dass eine Konzentration auf physikalische Kontexte für die Schüler/innen nicht ansprechend sein muss. Diese Station könnte für nicht „Physikbegeisterte“ eher abschreckend wirken. Kontexte, die etwas weiter aus der Physik hinausgehen, wie die Aufgabe P4 Erdbeben könnten hingegen anregender sein.

Mit Blick auf die Genderproblematik sprechen aus Sicht der Expertin vor allem Station 1 und 2 beide Geschlechter gleichermaßen an. Hier sieht die Expertin keine geschlechtsspezifischen Elemente. Station 3

hingegen könnte durch die eher technischen Kontexte den Jungen näher liegen, für sie interessanter sein bzw. sie nicht in dem Ausmaß abschrecken, dass sie noch bereit sind den Kontext zu lesen.

#### 5.1.4.3. Handlungsempfehlungen Mikrolernpfad Trigonometrische Funktionen:

Technisch:

- Wiki für „Hefteinträge“/zur Sicherung des Unterrichtsertrags
- „Herumspielen“ am Schieberegler durch Darstellung des Terms verhindern
- Beim Applet zum herauslesen des Funktionsterms aus dem Graphen fehlt die Gleichung bzw. bleibt statisch
- Verschieben der Graphen funktioniert für den Parameter  $d$  nicht

Fachlich/Didaktisch:

- Verschiedene Szenarien: eine Variante für individuelle Facharbeit, eine Variante für Gruppenarbeit.
- Kontexte nicht nur für Physikbegeisterte
- Testaufgabe (Quiz) im Ablauf des Lernpfades später einbauen

Gender:

- Genderproblematik in die didaktischen Kommentare/Begleittexte aufnehmen
- Gendersensitive Beispiele stärker berücksichtigen

#### 5.1.5. Mikrolernpfad Quadratische Funktionen – Experten/innen

##### 5.1.5.1. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen besonders gut angesprochen?

Positiv genannt wird hier zunächst, dass es unterschiedliche Formen der Überprüfung gibt. Lückentexte, verschiedene Ankreuzoptionen, multiple choice, Rückmeldungen, Variationen in den Parametern der Parabel. Verschiedenste technische Optionen zeigen sich hier zielgerichtet und medial vielfältig eingesetzt. Sie sind benutzbar, ohne dass sie von den mathematischen Lernaufgaben ablenken: *„Was ich schön finde, sind die Parameter, wie sich die Kurven variieren lassen. Da gibt es ja die mit allen dreien, mit ABC, wo Streckung, Stauchung, Verschiebung sich entsprechend der Achsen einstellen lassen (...) ich finde das toll gelöst. (...) Da werden die Mädchen auch ihren Spaß dran haben. (...) Die Dinge, die technisch im Modul enthalten sind, gefallen mir gut. Benutzbar, ohne dass man ein Technikfreak sein muss. Man wird nicht von der Mathematik abgelenkt. (...) Die spielerischen Elemente sind sehr schöne und attraktive Lösungen, so dass man sich auch gerne damit beschäftigt. Dies finde ich didaktisch gut gelungen.“* (E2)

Auch die im Lernpfad vorhandenen Videos mit unterschiedlichen Bremsbedingungen/unterschiedlicher Bremsstemperatur werden in ihrer suggestiven Wirkung positiv bewertet. Hinsichtlich der Gewichtung von Gruppen- und Partnerarbeit im Lernpfad merkt eine Expertin an, dass das Arbeiten und die Auseinandersetzung mit dem Rechner immer ein Stück Einzelarbeit ist. Gruppen- und Partnerarbeit hier immer komplett integrieren zu wollen, sei nicht einfach. *„Insofern finde ich das hier von der Gewichtung gut gelöst.“* (E2)

Mit Blick auf den Zusammenhang von Alltagskontext und Gender im Bremsbeispiel wird von einem zweiten Experten angemerkt, dass das Auto zwar durchaus eher männlich „besetzt“ ist, dies jedoch nicht zwangsläufig bedeuten müsse, dass dies Schülerinnen nicht anspreche oder für sie keinen thematischen Anker bilden könne: *„(...) das ändert sich natürlich auch laufend. Dass das doch Schüler und Schülerinnen anspricht, weil das Bremsen ist mehr im Alltag verankert. In der Alltagserfahrung verhaftet. Wenn das zu meiner Zeit gewesen wäre, dann wäre das vielleicht einseitiger gewesen, aber wahrscheinlich gibt es heute schon mehr Führerscheinbesitzerinnen als Führerscheinbesitzer. Und insofern würde ich das als marginal sehen und dass*

*es sich immer mehr angleicht. Noch dazu, wenn man das immer wieder in den Unterricht einbaut, relativ früh schon. Warum sollen dann Mädchen sagen: mich interessiert das nicht? Man kann da natürlich vom Elternhaus her gegensteuern. Aber ich denke, dass das bei dem speziellen Thema gar nicht mehr sehr notwendig sein wird. Wenn überhaupt.“ (E1)*

Obwohl es sicherlich richtig ist, von einer allmählichen Angleichung zu sprechen, ist dieser Kommentar in seinen Schlussfolgerungen problematisch. Viele aktuelle Untersuchungen, etwa zur Robotik<sup>3</sup>, zeigen: Autos interessieren Mädchen nicht oder schrecken sie definitiv ab. Diese Erkenntnis spiegelt sich auch im folgenden Abschnitt in den Aussagen der beiden anderen Experten/innen zum selben Thema wieder.

#### **5.1.5.2. Durch welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten werden die Schüler/innen weniger gut angesprochen?**

Trotz des zielgerichteten und medial vielfältigen Einsatzes unterschiedlicher Werkzeuge wird der Lernpfad stellenweise als textlastig und etwas zu abstrakt empfunden. Das hohe Niveau verleitet die Schüler/innen zudem u.U. zum schnellen Zugriff auf die jederzeit zugänglichen Lösungen. Aufgefallen ist den Experten/innen auch die fehlende Übersicht. *„Da steht dann immer nur: da geht es jetzt weiter, und dann kommt man halt auf die nächste Seite (...) man denkt: jetzt könnte schon Schluss sein, aber nein, da kommt noch eine Seite. Was dies betrifft, finde ich die technischen Möglichkeiten nicht so gut gelöst.“ (E1)*

Trotz fehlender Übersicht wird der Lernpfad vom selben Experten als „sehr geführt“ bzw. als „programmierter Unterricht“ wahrgenommen. Weniger Strenge und stattdessen mehr Möglichkeiten und Angebote wären hier aus seiner Sicht für die Möglichkeiten eines Lernpfades adäquater: *„Das ist mir fast so ein bisschen wie programmierter Unterricht vorgekommen. Die quadratischen Funktionen. Zuerst ein bisschen experimentieren, dann die Theorie und dann eben die Abfrage, nicht in Form von Arbeitsblättern, sondern man musste es gleich beantworten. Beim anderen Lernpfad (direkte und indirekte Prop., A.d.V.) hatte man mehr Wahlmöglichkeiten. Hier geht man dem Ablauf nach und lernt alles kennen, ob man will oder nicht. Das ist (...) nicht so flexibel.“ (E1)*

Ein weiterer Punkt, der dem Experten aufgefallen ist, bezieht sich auf die Sicherung des Unterrichtsertrages. Aus seiner Sicht ist man hier insgesamt in den letzten 10, 15 Jahren nicht viel weiter gekommen, d.h. die Sicherung wird häufig durch Abfragen oder Merksätze vorgenommen, die man sich merken kann oder auch nicht. Die Frage für den Experten ist hier, ob (und was) man damit jeweils genau verbindet. Der Experte konstatiert hier für den Lernpfad 4 einen Bruch zwischen den doch neuen, die Technik ausnützenden Methoden und einer eher „hausbackenen Art“, mit der dann die Ergebnisse festgehalten werden. *„Aber vielleicht geht das auch gar nicht anders. Was m.E. schon anders ginge (...), ist: wie wird das festgehalten, was die Schüler/innen während der Experimentierphase tun. Das wäre auch sehr wichtig. Und da habe ich mir notiert, dass dann doch wieder der gute alte Hefteintrag vorgeschlagen wird, nämlich Lerntagebuch. Oder entsprechende Übungszeiten. Aber da wird dann wieder nur geübt und gerechnet, fehlt dann ein bisschen die Theorie. Dieses Festhalten, das kann auch elektronisch festgehalten werden, aber eben individuell (...). Damit das auch jemand ansehen kann und entsprechend reflektieren kann. Denn (...) experimentieren, und dann merken wir uns eh nur das, was in dem Merksatz steht, dazu braucht man eigentlich nicht viel experimentieren. Man muss aufpassen, dass man durch diese konservative Ergebnissfesthaltung nicht das zerstört, was man ursprünglich intendiert hat. Gerade bei der Selbsttätigkeit in der experimentellen Phase. Da geht es ums festhalten, und vor allem darum, WER festhält. Das sollte dann nicht nur einer sein, sondern das sollten die Schüler/innen eben auch in ihrer Selbsttätigkeit sein, nur sollte dann jemand Rückmeldung geben. Was natürlich zeitlich aufwendig ist.“ (E1)*

Während der Zusammenhang von Alltagskontext und Gender beim Auto-Bremsbeispiel von einem Experten positiv bewertet wird (siehe oben), sehen zwei weitere zum Lernpfad befragte Experten/innen dies kritischer. Autos werden aus ihrer Perspektive in Mathematik, in Physik, und später in den technischen Fächern zwar immer als Paradebeispiel herangezogen, man weiß aber, dass Autos schon von den Jungs besetzt sind, dass es für die Mädchen weniger Thema ist, der inhaltliche Anker für Mädchen in diesem Beispiel somit fehle. Diese Einschätzung geht auch einher mit (aktuellen) Studien aus dem schulischen Bildungsbereich<sup>4</sup>. Sieht man von

<sup>3</sup> Vgl. Wiesner-Steiner et.al. 2009

<sup>4</sup> Vgl. Wiesner-Steiner et.al. 2009

diesen Beispielen, zu der auch eine Filmsequenz mit Kopfballszene gehört, einmal ab, so spricht der Lernpfad, in weiten Teilen dennoch gleichermaßen Jungen wie Mädchen an. Was den Experten/innen am Bremsweg-Beispiel allerdings inhaltlich auffiel: Nach dem Rechnen kommt der Hinweis: für eine Gefahrenbremsung gilt das nicht – Beispiel und Rechnung passen aus Sicht einer Expertin so nicht zusammen, das Modell beschreibt das Beispiel nicht. Die Expertin schlägt in diesem Zusammenhang vor, statt einer Gefahrenbremsung eine normale Bremsung als Beispiel zu wählen.

### 5.1.5.3. Handlungsempfehlungen Mikrolernpfad Quadratische Funktionen

Technisch:

- Technische Möglichkeiten der Menüführung optimieren, um Übersicht über den Lernpfad zu gewährleisten
- Lösungen nicht sofort anzeigen lassen

Fachlich/Didaktisch:

- Bremsweg-Beispiel „Gefahrenbremsung“ und Rechnung aufeinander abstimmen
- Anderes Beispiel statt Bremsweg, inhaltlicher Anker für Jungen und Mädchen
- Selbsttätigkeit der Schüler/innen festhalten und reflektieren: Sicherung des Unterrichtsertrags individualisieren und mit Feedback ausstatten
- Lösungen nicht sofort anzeigen lassen
- Feedback-Niveau z.B. bei den Übungsaufgaben erhöhen

Gender:

- Genderproblematik in die didaktischen Kommentare/Begleittexte aufnehmen
- Gendersensitive Überarbeitung der Aufgabenbeispiele (Autobeispiel zu stark an den Interessen der Jungen angelehnt.)

### 5.1.6. Fazit der Experte/innenevaluation

Als Fazit lässt sich zu den ausgewählten Lernpfaden festhalten, dass diese von den Experten/innen zwar im Detail kritisch, insgesamt jedoch positiv bewertet wurden. Verbesserungsvorschläge wurden weniger auf der technischen Ebene gemacht – hier gelten die Lernpfade den Experten/innen bereits als weit entwickelt. Stattdessen wurden zahlreiche fachliche und didaktische Ideen zur Optimierung der Lernpfade unterbreitet, unter denen Gender- und Diversity-Aspekte einen besonders hohen Stellenwert besitzen. Die interaktiven Möglichkeiten der eingesetzten Techniken ist zwar eine wichtige Komponente im Lernprozess, um im Umgang mit ihnen Lernerfahrungen zu machen, müssen sie aber auf sinnvolle Aufgabenstellungen abgestimmt werden. Diese wiederum müssen über das Experimentieren hinaus sowohl mathematisch wie didaktisch (gendersensitiv) reflektiert werden (Siehe Punkt 5.1.1.3. Fachliche, didaktische und genderspezifische Aspekte, Seite 4f.). Baut man hierzu auf den Erkenntnissen der Experten/innen auf, lassen sich die Lernpfade hervorragend optimieren.

### 5.1.7. Literatur

Kriege, Jürgen (1995): "Die Rolle von Mädchen und Frauen in Schulbüchern – am Beispiel Mathematik", in: Schule der Gleichberechtigung, hrsg. vom Ministerium für Familie, Frauen, Weiterbildung und Kunst und vom Ministerium für Kultus und Sport Baden Württemberg, Stuttgart, S.169-173.

Wiesner, Heike (2002): Die Inszenierung der Geschlechter in den Naturwissenschaften. Wissenschafts- und Geschlechterforschung im Dialog, Campus Verlag Frankfurt a. M.

Wiesner, Heike (2004): „Handlungsträgerschaft von Robotern: Robotik zur Förderung von Chancengleichheit im schulischen Bildungsbereich“ in: Historical Social Research, Vol. 29 (2004), No 4, S. 120 – 154

Wiesner-Steiner, Andreas/Wiesner, Heike/Schelhowe, Heidi/Luck, Petra (2009) „The Didactical Agency of Information Communication Technologies for Enhanced Education and Learning“ in: Tomei (Ed.) Information Communication Technologies for Enhanced Education and Learning, S. 59 – 76

### 5.1.8. Schnittstellenlernpfad Volksschule SEK 1 – Lehrer/innen

Viele Antworten der Lehrer/innen gehen einher mit der Einschätzung der Expert/innen. So sind zum Beispiel die Lehrer/innen auch der Ansicht, dass die technischen Aspekte der Lernpfade sehr ausgereift sind und keine Änderungen notwendig sind. Abweichungen lassen sich in den Antwortmustern der Lehrer/innen und Expert/innen in den inhaltlichen Aspekten und der methodisch/didaktischen Vorgehensweise erkennen. So wurde insbesondere die methodisch-didaktische Vorgehensweise von Lehrer/innen nicht in Frage gestellt, während die Expert/innen Verbesserungsvorschläge gerade in diesem Bereich angebracht haben. Das kleinschrittige Vorgehen in einigen Lernpfaden wurde bei den Experten/innen eher bemängelt, während diese Vorgehensweise den befragten Lehrer/innen eher zusagte, da sich dadurch die Einbindungsmöglichkeiten auch in strukturierten Unterrichtskonzepten erhöhten.

#### 5.1.8.1. Qualitative Ergebnisse zu den vier ausgewählten Lernpfaden

**Welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten fördern den Einsatz von Lernpfaden im Mathematikunterricht besonders gut?**

##### **Schnittstellenlernpfad Volksschule – SEK 1**

Der Lernpfad (kur LP) wurde von der Fachlehrerin im Klassenverbund mit Partnerarbeit und teilweise in Einzelarbeit eingesetzt. Da nicht alle Schüler/innen einen PC oder Internetanschluss bei sich zuhause besitzen, wurde zudem überwiegend in der Schule gearbeitet. Die Klasse war dabei mit 15 Schüler/innen nicht sehr groß, sie war jedoch aufgrund von Sonderschüler/innen mit Lernschwächen übergreifend besetzt. Der eingesetzte Lernpfad wird von der Fachlehrerin insgesamt für Mathematik-relevant erachtet, da statt mit Heft oder Buch mit neuen Medien und am PC gearbeitet wurde, viele Dinge die Schüler/innen zum Überlegen anregten, inhaltliche Aspekte – z.B. die quadratische Wiese – sehr gut aufgenommen wurden und der Übergang zwischen Volksschule und SEK 1 gegeben war. Da den Schüler/innen zudem gesagt wurde, dass auf die Bearbeitung des Lernpfades keine Noten vergeben werden, waren diese nicht nur entspannter, sondern aus Sicht der Fachlehrerin auch stark motiviert – was mit zur rundum positiven Erfahrung mit dem Lernpfad beigetragen hat. Einzelarbeit war dabei für die Fachlehrerin sinnvoller und auch für die Schüler/innen interessanter, da in der Gruppenarbeit nicht ersichtlich war, wer was gekonnt hat. Die Arbeitsform hängt dabei aus Sicht der Lehrerin stark von der Aufgabenstellung ab. So eignet sich Gruppenarbeit für sie eher für die Übungsphase. Am PC wird von ihr Partner- und Einzelarbeit favorisiert, da Gruppenarbeit gerade am PC schwierig zu realisieren sei.

Gefördert wurden durch den Lernpfad insbesondere der Aspekt des logischen Denkens sowie die Selbstorganisation auf der technischen Ebene. So wurde den Schüler/innen zu Beginn aufgegeben, sich selbst durch die technischen Aspekte und einzelnen Werkzeuge zu arbeiten, was nach Aussagen der Lehrerin ebenso gut funktioniert hat wie die technischen Elemente selbst. Auch die fachdidaktischen Elemente waren gut umsetzbar:

*„(...) wir haben eines immer gemeinsam erarbeitet, dann haben wir sie alleine arbeiten lassen, dann haben wir es durch gesprochen. Es war didaktisch sehr gut aufbereitet, ja. Wenn sie das erste gut verstanden hatten, war das dann eine Folgearbeit. Und wir haben das vorwiegend am PC gemacht.“ (Fachlehrerin)*

Obwohl der LP insgesamt beide Geschlechter angesprochen hat (wobei es nur 3 Mädchen in der Klasse gab), fielen die Ergebnisse bei den Jungen besser aus: *„Die haben sich etwas mehr ins Zeug gelegt. Ich hatte eher gedacht, das könnte eher die Mädchen ansprechen, weil es eher spielerisch am PC war, aber ja, die haben sich da wohl etwas anderes [vorgestellt].“ (Fachlehrerin)*



Inhaltlich sprengte der Lernpfad nicht den Rahmen, er war stattdessen „(...) schön dosiert, hat sich dann gesteigert, und war optisch sehr gut für die Schüler aufbereitet. Es (...) war für Jungen und für Mädchen etwas drin. Die Jungen sind halt auf das Auto gegangen, die Mädchen auf die Blumen. Es war schon sehr ansprechend, auch wenn das sehr typisch war, dass die Jungen auf den Ferrari angesprungen sind. Das hat man schon gemerkt, aber das war so gut aufgeteilt, dass das kein Problem war.“ (Fachlehrerin)

Insgesamt empfiehlt die Fachlehrerin den eingesetzten Lernpfad nicht nur weiter, sie möchte vielmehr auch selbst damit weiterarbeiten: „(...) ich mache weiter. Und ich würde es weiterempfehlen. Es ist zum normalen Unterricht eine Auflockerung, die Kinder sind da anders mit Begeisterung dabei.“ (Fachlehrerin). Dieser **Aspekt der Nachhaltigkeit** der eingesetzten Lernpfade wird im Folgenden auch von den anderen interviewten Fachlehrer/innen immer wieder betont. Der Lernpfad hat dabei für die Lehrerin auch zum Nachdenken über ihre Lernmethoden geführt:

„(...) ich habe es in einem Paket gemacht. Und ich muss sagen, ich bin darauf gekommen, dass sich die Sonderschüler etwas leichter getan haben als „meine“ Schüler. Die denken anders. Das war interessant für mich. Wie wir die Arbeitsblätter durchgegangen sind, waren es eigentlich die Sonderschüler, die schneller auf die Lösung gekommen sind und das logischer empfunden haben, die haben da rationaler und besser gedacht. Meine Schüler, die waren da zu kompliziert, haben da zu kompliziert gedacht. Da bin ich draufgekommen, dass ich dort vielleicht ein bisschen im Unterricht umstellen soll. Weil die Sonderschüler doch den anderen Zugang gehabt haben.“

### Lernpfad Quadratische Funktionen

Für die betreuende Fachlehrerin war der Einsatz von Lernpfaden neu. Aus ihrer Sicht hängt der Erfolg eines Lernpfades generell stark von der Klassenstärke ab. Aufgrund großer Klassen (26 – 28 Schüler/innen) ist für sie ein Einsatz in der Unterstufe beispielsweise nur schwer möglich. Da die Lehrerin jedoch am Realgymnasium mit Klassenstärken von 10 – 15 Schüler/innen unterrichtet, ließ sich der Lernpfad hier gut einsetzen. Da aus ihrer Sicht bei der Partnerarbeit – auch am PC – schnell sehr viel Unruhe entsteht, ließ die Fachlehrerin den Lernpfad hauptsächlich in Einzelarbeit bearbeiten „(...) aber sie durften schon beraten. Wenn einer gar nicht weiter gekommen ist, konnte ihm schon ein anderer helfen.“ (Fachlehrerin)

Arbeitsorganisatorisch wurde der Lernpfad von der Lehrerin auf Schule und Hausaufgaben aufgeteilt. Da auf den Schulcomputern teilweise die Videos des Lernpfades nicht funktionierten, wurden die Teile, die in der Schule nicht funktionierten, als Hausübung aufgegeben. Die quadratischen Funktionen wurden zudem bereits zuvor in der Schule behandelt, weshalb der Lernpfad keinen neuen Stoff vermittelte sondern für die Schüler/innen eine Wiederholung bereithielt. Dabei „(...) haben sie schon noch relativ viel gewusst. Der Zugang war natürlich komplett anders, da ich ja kein Physiklehrer bin. Ich würde den Zugang völlig anders machen, da ich ja kein Physik habe. Ich würde es natürlich immer über die Geometrie machen, weil ich ja Geometriespezialistin bin. Und daher war das sicher eine Bereicherung, weil sie den Zugang von einer ganz anderen Seite gesehen haben.“ (Fachlehrerin).

Dieser Lernpfad ermöglicht somit auch inhaltliche Bezüge zu anderen Fächern und regt somit auch zum interdisziplinären Arbeiten an.

Obwohl eine Einschätzung des Erfolges des Lernpfades aufgrund des Wiederholungscharakters des Lernstoffes für die Fachlehrerin schwierig ist, wurden die Schüler/innen, nachdem sie sich an die Fragestellung gewöhnt hatten, von dieser angesprochen. Der Lernpfad war somit schüler/innenspezifisch: „(...) Manche haben den Computer grundsätzlich abgelehnt, was mich in der heutigen Zeit sehr wundert. Denen wäre ein Vortrag von mir lieber gewesen. Aber grundsätzlich...ja, die Fragestellung war hier auch sehr schwierig und ungewöhnlich. Sie hatten schon zuerst Probleme, den Text umzusetzen, weil sie so was eigentlich nicht gewohnt waren. Mit der Zeit, als sie die Fragestellung dann gewohnt waren, dann ist es eigentlich recht gut gegangen. Die erste Stunde war relativ mühselig, weil sie das selbständig Arbeiten überhaupt nicht gewohnt waren.“ (Fachlehrerin)

Neben dem Aspekt der Interdisziplinarität wird durch den Lernpfad das selbständige Arbeiten gefördert. Technisch gefallen haben den Schüler/innen insbesondere Aspekte wie Geogebra, bei denen sie selbst etwas tun konnten, einen Schieber bewegen konnten. „(...) weil man eigentlich in der heutigen Zeit nicht mehr

*selbst so viel zeichnen kann. Und das man da wirklich sieht, was sich verändert. Das hat ihnen sehr gut gefallen.*“ (Fachlehrerin)

Von den fachdidaktischen Elementen hat den Schüler/innen aus Sicht der Lehrerin insbesondere das problemorientierte, selbstorganisierte Arbeiten gefallen. Obwohl es für sie zunächst total ungewohnt war, dass sie sich selbst auch kontrollieren können, der Lehrer / die Lehrerin nichts dazu beitragen muss und sie selbst verantwortlich sind. Auch inhaltlich war der Lernpfad sehr gut und mit Blick auf den Schulalltag aufbereitet: *„Das habe ich dieses Jahr schon geprüft, das war sicher nachhaltig. Ich habe dieses Jahr ein Lernspiel mit ihnen gemacht, und das hatte diese Aspekte, dass sie bei der Funktion A B C wieder schnell finden müssen, das hat dieses Jahr super funktioniert. Ob jetzt der LP schuld war oder was anderes, kann man schwer sagen, aber das war für mich sehr sehr positiv. Es ist sehr abwechslungsreich, sehr aufgelockert, also ich finde das ...wirklich gut.“* (Fachlehrerin)

Mit Blick auf die Genderproblematik hat der Lernpfad nach Aussagen der Fachlehrerin Mädchen und Jungen gleichermaßen angesprochen. Sie betont dabei allerdings, dass es sich bei der Testklasse um eine vom Wissen her ungewöhnlich kompakte Gruppe mit einem relativ homogenen Lernniveau handelt.

Neben der inhaltlichen Nachhaltigkeit macht insbesondere der Aspekt des selbstorganisierten Lernens für die Fachlehrerin einen wiederholten und damit ebenfalls nachhaltigen Einsatz des Lernpfades im kommenden Schuljahr reizvoll. Darüber hinaus möchte die Lehrerin herausfinden, ob der Lernpfad auch ohne Vorwissen durchführbar ist: *„Ich werde das heuer machen, möchte dieses Jahr unbedingt die Exponentialfunktionen und logarithmischen Funktionen machen, und da möchte ich es so machen, zu sehen: können die aus dem Stand heraus so etwas lösen. Das habe ich noch vor Weihnachten vor. (...) der LP ist glaube ich für 6 Stunden ausgelegt – meine Schüler/innen haben nicht so lang gebraucht. Die waren um einiges schneller, 4 Stunden, dann waren die fertig – trotz der Anlaufprobleme. Das wird heuer schon viel besser gehen, die werden einfach wissen, was sie erwartet.“* (Fachlehrerin)

Die Wahl fachdidaktischer Elemente wie Gruppen- oder Partnerarbeit hängt dabei auch bei diesem Lernpfad für die Fachlehrerin stark von der Aufgabenstellung ab: *„Ich habe z.B. eine erste Klasse dieses Jahr, und da kann ich es natürlich nur in Partnerarbeit machen, weil da einfach zu wenig Geräte sind, aber da habe ich mir gedacht, das möchte ich dort eigentlich auch machen. (...) gerade der PC kann die einzelnen Lernschritte unterstützen, dafür ist er ja eigentlich da, dass jeder seinen individuellen Weg findet und schneller arbeitet. Wenn jetzt jeder Partnerarbeit macht, muss man Rücksicht nehmen. Das wäre für mich ja der Vorteil. Vielleicht hat ein anderer hier eine andere Einstellung. Ich denke mir, hier kann man einmal die, die schnell sind, fördern. Bei denen, die schneller fertig waren, habe ich dann gesagt: dann schaut nach, ob euch vielleicht noch ein anderer LP interessiert. Schaut rein, ob ihr das überhaupt noch könnt.“* (Fachlehrerin)

Insgesamt betont auch diese Fachlehrerin die positive Wirkung des Lernpfades. Sie erhofft sich zudem, dass der Einsatz von Lernpfaden ausgebaut wird – auch, um beispielsweise den Zeitaufwand für das Erstellen eigener Übungsbeispiele zu reduzieren: *„Ich würde mich freuen, wenn mehr drinnen steht und ich auch einfach mehr auswählen kann. Nicht dass ich nur so etwas machen möchte, aber es ist eine Bereicherung.“* (Fachlehrerin)

## **Lernpfad Trigonometrische Funktionen**

Der Lernpfad zu den trigonometrischen Funktionen wurde an einer kleinen Skihandelsschule mit Schüler/innen im vorletzten Schuljahr getestet. Die beteiligten Schüler/innen sind daher teilweise bereits 18 Jahre oder älter. Sowohl inhaltlich wie technisch wird der Lernpfad von der Fachlehrerin insgesamt positiv bewertet und für nachhaltig befunden: *„Mir hat der LP gut gefallen und beim jetzigen Semester starte ich ihn wieder. Ich hoffe, dass die Schüler/innen das dann bis zum Abi nicht vergessen haben.“* (Fachlehrerin)

Mit Blick auf die verwendete Technik bzw. die damit verbundenen Werkzeuge und Medien des Lernpfades betont die Fachlehrerin insbesondere die Motivationssteigerung und Zeitersparnis durch Visualisierungsprogrammen wie Geogebra, *„(...) wo vorgefertigte Funktionen drin sind, wo die Schüler/innen die Veränderungen der Funktionen mit Schiebereglern anschauen konnten. Ich habe die Zeit nicht, ihnen zu*

*zeigen, wie man das in Geogebra eingibt. Weil sie einfach auch nur eine kurze Zeit da sind. Das habe ich sehr positiv empfunden. Ich finde es gut, wenn sie optisch etwas zum Ansehen haben, und zum Verändern.(...) Es spart mir Zeit, insofern, durch dieses Visualisieren und selber im Internet anschauen, erspare ich mir, dass die Schüler 10 Funktionen selber zeichnen und berechnen. Die Veränderungen sehen sie sofort. (...) Durch die Visualisierung war das einfach eine irrsinnige Zeitersparnis. Dazu kommt, dass Schüler mit einem Medium wie Internet viel motivierter sind als beim Tafelrechnen. Es spart Zeit und die Schüler/innen sind – unsere arbeiten gern mit dem Internet – sind motivierter.“ (Fachlehrerin)*

In den Unterricht wurde der Lernpfad sowohl im Klassenverbund als auch mittels Gruppen- und Einzelarbeit eingebunden. Zunächst wurde von der Lehrerin vorgeschlagen, in Gruppen zu arbeiten, dann wurden die Gruppen getauscht, danach wurden die Ergebnisse besprochen und verglichen. Anschließend wurden Einzelbeispiele noch in Einzelarbeit bearbeitet. *„Alles im Unterricht, nichts im Fernunterricht. Wobei sich das für eine Schule wie unsere, die Fernunterricht anbietet, sehr gut für Fernunterricht eignen würde. Als Fernunterrichtseinheiten.“* (Fachlehrerin)

Obwohl Sinus und Cosinus im Unterricht bereits behandelt wurden, waren die Parameter dazu für die Schüler/innen neu. Dennoch war das Lernprojekt nach Aussagen der Fachlehrerin nicht zu voraussetzungsvoll, konnten die Schüler/innen direkt in die Stoffbearbeitung einsteigen. Im Verlauf der Arbeit wurden die zu Beginn gebildeten Lerngruppen durchgetauscht, so dass für jeden Parameter in der ein/e Expert/in in der Gruppe war, der den anderen Schüler/innen erklären sollte, wie die Veränderung durch die Parameter stattfindet. *„Es hat Gruppen gegeben, wo das sehr gut funktioniert hat. Aber die Schwächeren, die dann Expert/innen sein sollten, waren damit leicht überfordert. Ich habe es am Anfang so gemacht, dass immer ein guter Schüler in einer Gruppe ist, dass die schwächeren das auch mitkriegen. Aber das weiterzugeben, fällt den Schwächeren einfach schwerer.“* (Fachlehrerin). Dennoch war Gruppenarbeit aus Sicht der Fachlehrerin gerade aufgrund des Rollentauschs sinnvoll, ebenso die anfänglich von den Schüler/innen kritisierte Selbstorganisation des Lernprozesses. Da die Schüler/innen jedoch mit dieser Form des Lernens durch den Fernunterricht an ihrer Schule bereits vertraut waren, wurde sie nach einem anfänglichen „schon wieder“ im weiteren Verlauf des Lernprojektes zunehmend positiver wahrgenommen. Obwohl der bereits vertraute Fernunterricht und die regelmäßige Verwendung des Internets an der Skihandelsschule die Bearbeitung des Lernprojektes aus Sicht der Fachlehrerin erleichtert hat, lässt es sich – an die jeweiligen Voraussetzungen angepasst – an anderen Schulen ebenso einsetzen.

Dadurch, dass ihre Schüler/innen bereits mit dem Internet vertraut sind und in der Klasse die Mädchen die besseren sind, wurde das Lernprojekt aus Sicht der Fachlehrerin von beiden Geschlechtern gleich angenommen. Ihr Eindruck ist dabei allerdings nicht, dass man die schwachen Schüler/innen über dieses Medium evtl. besser erreichen kann. Dies hänge vielmehr *„(...) vom Leistungsniveau des Schülers ab. Ein schwacher Schüler empfindet das genauso schlimm wie Frontalunterricht. Weil es einfach Mathe ist, und nicht sein Fach. Und ein guter Schüler nimmt das genau so an wie andere Unterrichtsformen. Oder tut sich leichter damit.“* (Fachlehrerin)

### **Lernpfad Direkte/indirekte Proportionalität**

Die Unterrichtsmethoden und Medienerfahrungen der den Lernpfad betreuenden Fachlehrerin sind stark durchmischt, ein Methodenmix wird von ihr bevorzugt. So arbeitet sie z.B. schon seit einiger Zeit mit Derive und anderen kleinen Programmen. Insgesamt wird der Lernpfad zur direkten/indirekten Proportionalität von der Fachlehrerin für den Einsatz in der Mathematik für gut befunden: *„(...) da kommt was raus, in dem Sinne, dass die Schüler/innen nicht nur verstehen, sondern sich auch etwas merken. Dann musste ich leider feststellen, dass da viel wieder verschüttet worden ist. Das kann aber auch an den Ferien liegen. Den direkten Vergleich habe ich ja nicht, ob sie sich jetzt beim LP mehr gemerkt haben als sie sich sonst gemerkt haben. Ich hätte mir gedacht, dass es ein bisschen besser im Gedächtnis bleibt. Aber trotzdem ist der Lernpfad gut. (...) Was mir gefallen hat: Tabellen und Formeln kamen vor, Graphen eben auch, und es war eigentlich alles dabei, was man braucht“* (Fachlehrerin). Bei der Vorstellung des (in Einzelarbeit zu bearbeitenden) Lernpfades wurden die Schüler/innen zunächst aufgefordert, sich bei Fragen erst einmal Hilfe beim Nachbar bzw. bei Mitschüler/innen zu holen. Im Unterricht (und im Unterschied zu den als Hausübung zu bearbeitenden Teilen des Lernpfades, bei denen konzentrierter gearbeitet wurde) zeigte sich dabei ein relativ geringer Grad an Selbstorganisation bzw. an selbstorganisiertem Lernen. Dies stellt jedoch nach Aussagen der

Lehrerin ein generelles Problem der betreuten Klasse (26 Schüler/innen) dar: „Wenn eine Aufgabenstellung da steht, die lesen sie nicht. Die schauen mal, was ist möglich, was kann ich bewegen, was kann ich tun, und wissen dann aber nicht, WARUM sie etwas tun sollen. Diese Fragen sind nicht gestellt worden. Sie haben dann gesagt: „ja, jetzt habe ich den Schieberegler bewegt, aber was soll ich jetzt damit?“ (Fachlehrerin).

Da die Schule sehr gut ausgestattet ist, konnten alle Schüler/innen während der Unterrichtsstunde an einem PC arbeiten. Zusätzlich stand auch eine Lernplattform zur Verfügung, die im schnellen Zugriff von zuhause aus genutzt werden konnte.

Wie schon bei den drei zuvor qualitativ evaluierten Lernpfaden betont auch die für diesen Lernpfad zuständige Fachlehrerin den positiven Aspekt, den technische Werkzeuge, die Bewegung erzeugen, bei den Schüler/innen erzeugen. Dabei haben sich die Schüler/innen weniger auf das Ausfüllen wichtiger Felder und mehr auf die Graphen und Regler „gestürzt“. Unterstützt wird dieses Vorgehen durch die hohe Technikaffinität der Klasse, die dem Lernpfad prinzipiell entgegenkommt: „(...) persönlich hat mir keiner gesagt, das war gut. Prinzipiell haben sie schon gesagt, ja, Lernpfad, können wir öfter machen. Abgeneigt sind sie dem nicht. Sie arbeiten überhaupt gerne am Computer. Sie surfen dabei nicht im Netz, sondern sie arbeiten wirklich. Das kommt ihnen also prinzipiell schon entgegen.“ (Fachlehrerin). Wie bei den drei zuvor diskutierten Lernpfaden besitzt auch dieser Lernpfad aus Sicht der Fachlehrerin Nachhaltigkeitspotential: „Ich würde ihn so auch nochmals einsetzen. Ich würde vielleicht zusätzlich noch mehr arbeiten, so wie ich heuer in der 7. Klasse noch mal etwas drangehängt habe, aber am Lernpfad selber ist mir jetzt nichts aufgefallen.“ (Fachlehrerin)

Mit Blick auf das Geschlechterverhältnis ist vor allem interessant, dass der Lernpfad aus Sicht der Fachlehrerin die Mädchen etwas mehr als die Jungen angesprochen hat bzw. sich diese etwas leistungsstärker zeigten – ein Sachverhalt, der von den sonstigen Erfahrungen der Fachlehrerin abweicht. Dies wird von der Lehrerin vor allem auf die beobachtbare Arbeitshaltung der Schülerinnen zurückgeführt, „(...) auch, wie sie ihre Arbeitsblätter ausgefüllt haben. Sie haben diese Kontrollmöglichkeiten und Lösungen auch nur zur Kontrolle gebraucht, auch nicht vorher geschaut. Und die Buben standen dem ganzen ein bisschen gleichgültiger gegenüber.“ (Fachlehrerin). Darauf angesprochen, bestätigt die Fachlehrerin, dass die Jungen evtl. mehr Betreuung bzw. Kontrolle benötigen, „(...) Betreuung, die dann eben an mir liegt. Dass ich vielleicht einfach mehr schaue. Von den Aufgabenstellungen her, dass sie vielleicht das Gefühl haben: das kann ich eh (...) wenn sie da eine Tabelle ausfüllen müssen, und gleichzeitig aber, wenn dann auf diesen Zetteln nur Merksätze waren, dass sie da vielleicht nicht gleich wussten, wie und was...“ (Fachlehrerin)

In diesem Kontext wird von der Lehrerin auch der Arbeitsaufwand für den Lernpfad eingeschätzt – da sie ohnehin relativ viel am PC arbeitet, war es für sie keine Mehrarbeit. Stattdessen war für den Lernpfad eher weniger Betreuung als für herkömmlichen Unterricht notwendig – was sich allerdings ändern würde, wenn die Jungen intensiver betreut werden müssten.

**Welche technischen, fachlichen, didaktischen und genderspezifischen Komponenten fördern den Einsatz von Lernpfaden im Mathematikunterricht weniger gut und wie lassen sie sich verbessern?**

### **Schnittstellenlernpfad Volksschule - SEK 1**

Kritisch angemerkt wurde zu diesem Lernpfad, dass sehr viele Arbeitsblätter auszudrucken waren und die Kinder damit teilweise überfordert waren. Aus Sicht der Fachlehrerin war dies jedoch ein organisatorisches Problem und hatte nichts mit dem Rechenerfolg und mit dem Denkvermögen der Schüler/innen zu tun. „Ich finde die Arbeit am PC ganz gut, aber die ganzen Arbeitsblätter, wenn die auf Exel abgewickelt werden, wäre das z.B. bedeutend besser, so dass man wirklich alles am PC lösen kann, und nicht einen Ausdruck braucht. Das wäre super. Alles im Netz, alles übers Internet abwickeln, dass es Exel-Dateien sind, wo man reinschreiben kann.“ (Fachlehrerin)

### **Lernpfad Quadratische Funktionen**

Die Fachlehrerin problematisiert bei diesem Lernpfad, dass die Technik in der Schule teilweise nicht funktioniert hat. So konnten die Schüler Videos teilweise nur von ihren PCs zuhause öffnen, daher haben sie die Multimedia-Features des Lernpfades weniger angesprochen. Auch der den Schüler/innen vom Lernpfad

abverlangte Grad an Selbstorganisation war stellenweise eine Überforderung. Die Fachlehrerin ist hier allerdings der Überzeugung, dass sich bei einem Einsatz des Lernpfades in früheren Schulstufen diese Probleme nicht so ergeben würden, der Lernpfad insofern eine nachhaltigere Wirkung erzielen könnte.

### Trigonometrische Funktionen

Mit Blick auf die fachdidaktischen Elemente schlägt die Fachlehrerin für diesen Lernpfad einerseits vor, beim praktischen Beispiel zusätzliche Grafiken mit einzubauen bzw. bei den weiter hinten im Lernpfad angesiedelten Beispielen noch ein paar anschauliche Beispiele hinzuzufügen. Andererseits sollten die Lösungen etwas versteckter angebracht werden, „(...) Schüler/innen, die viel mit den Internet arbeiten, die nicht an die Problemlösung herangehen und das mal ausprobieren....das Erste was sie machen, bevor der Kopf eingeschaltet wird, klickt man die Lösung an. Stattdessen sollte man zuerst die eigene Lösung eingeben müssen, und dann vergleichen können. Vielleicht kann man das ein bisschen mehr verstecken.“ (Fachlehrerin)

### Direkte/indirekte Proportionalität

Bei diesem Lernpfad wird von der Fachlehrerin insbesondere der fehlende Nachhaltigkeitseffekt hinsichtlich des vermittelten Wissens angesprochen. So merkt sie kritisch an, dass sich die Schüler/innen z.B. die im Lernpfad vermittelten Grundformeln („wann erkenne ich den Proportionalitätsfaktor?“) nicht gemerkt haben. Dies kann ihrer Auffassung nach allerdings zum einen an den Ferien liegen, zum anderen aber auch daran, „(...) dass ich in der Klasse – wegen dem Lernpfad – zu wenig gemacht habe. Wir sind das ganze dann noch mal angegangen, ich habe das noch mal aufgefrischt, noch mal ein paar Beispiele gemacht. Es war nicht alles verschüttet, da war schon noch was vorhanden, aber ich hätte mir halt gewünscht, dass es mehr gewesen wäre.“ (Fachlehrerin)

## 5.1.9. Schüler/innen-Feedback zu drei ausgewählten Lernpfaden

Bevor im Folgenden auf die Ergebnisse des Schüler/innen-Feedbacks zu drei ausgewählten Lernpfaden (direkte/indirekte Proportionalität; Schnittstellenlernpfad Volksschule – SEK 1; trigonometrische Funktionen) detailliert eingegangen wird, werden diese Ergebnisse anhand dreier zentraler Fragen für diese drei Lernpfade/Klassenverbände gebündelt und zusammengefasst dargestellt. Schon auf den ersten Blick fällt dabei ein relativ deutlicher Gendereffekt auf. So fiel bei den Mädchen die Erfahrung mit den Lernpfaden insgesamt etwas positiver aus als bei den Jungen. Dieser Gendereffekt zeigt sich im Folgenden auch in den Feedbacks der einzelnen Klassenverbände zu den jeweils unterschiedlichen Lernpfaden.

Frage: Wie hat den Teilnehmer/innen der Lernpfad insgesamt gefallen?

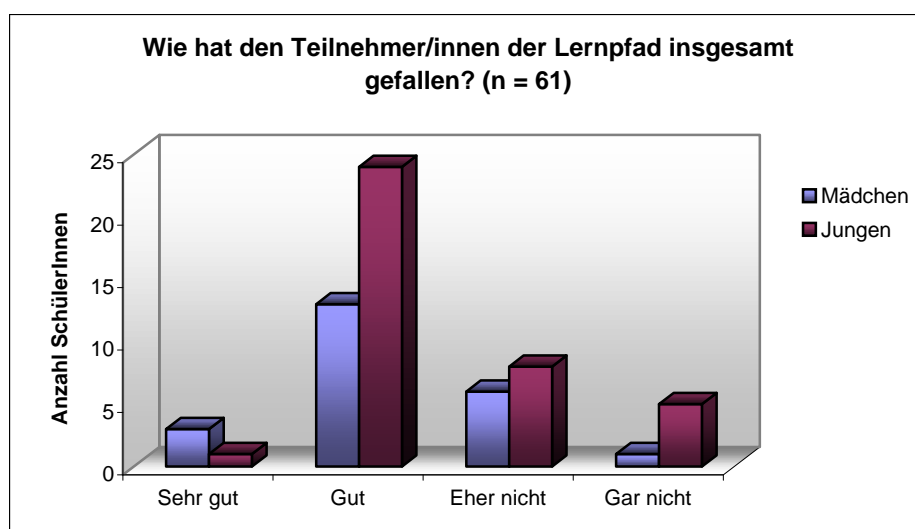


Abb. 6: Gesamteinschätzung der Lernpfade

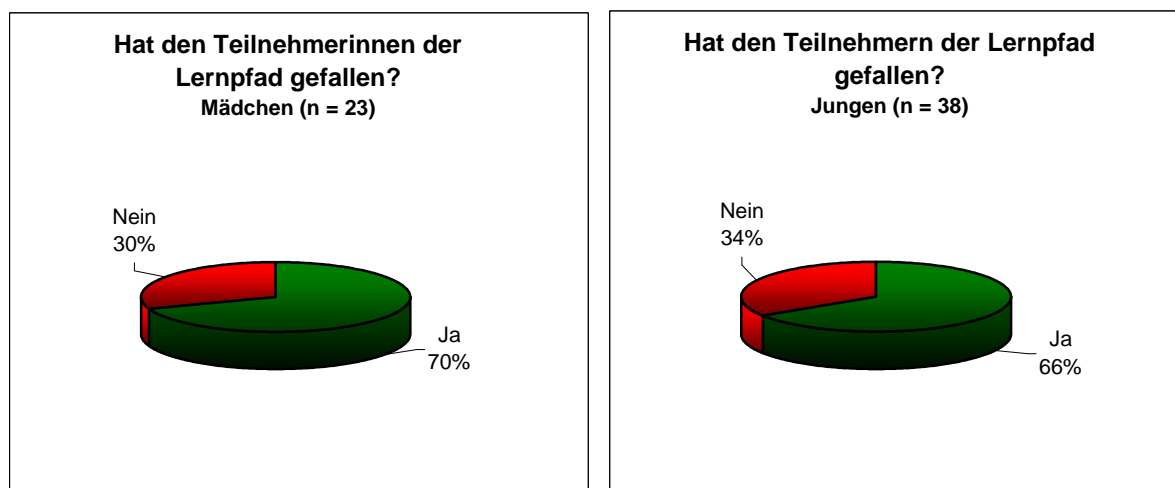


Abb. 7/8: Gesamteinschätzung Mädchen/Jungen

Frage: Wie haben den Teilnehmer/innen die mathematischen Aufgabenstellungen gefallen?

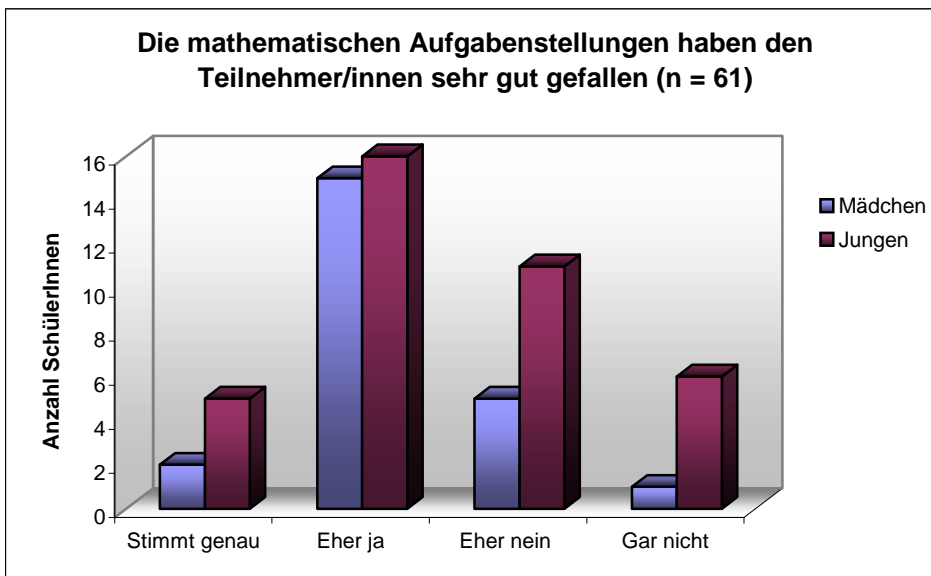


Abb. 9: Gesamteinschätzung mathematische Aufgabenstellungen

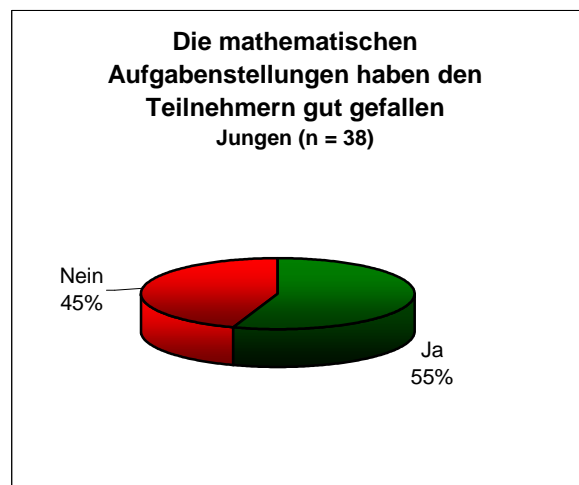
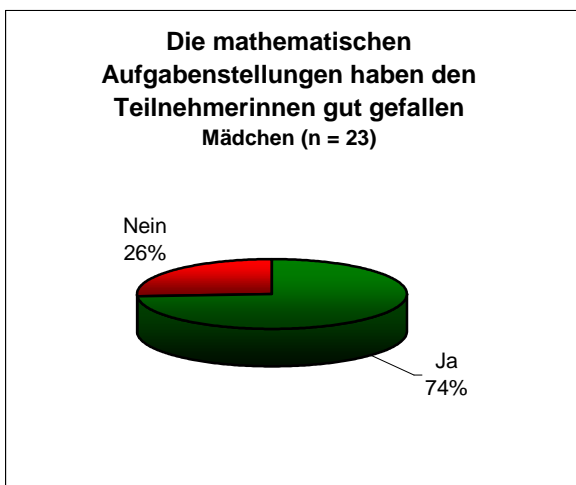


Abb. 10/11: Gesamteinschätzung mathematische Aufgabenstellung Jungen/Mädchen

Frage: Haben die Teilnehmer/innen durch den Lernpfad etwas Neues gelernt?

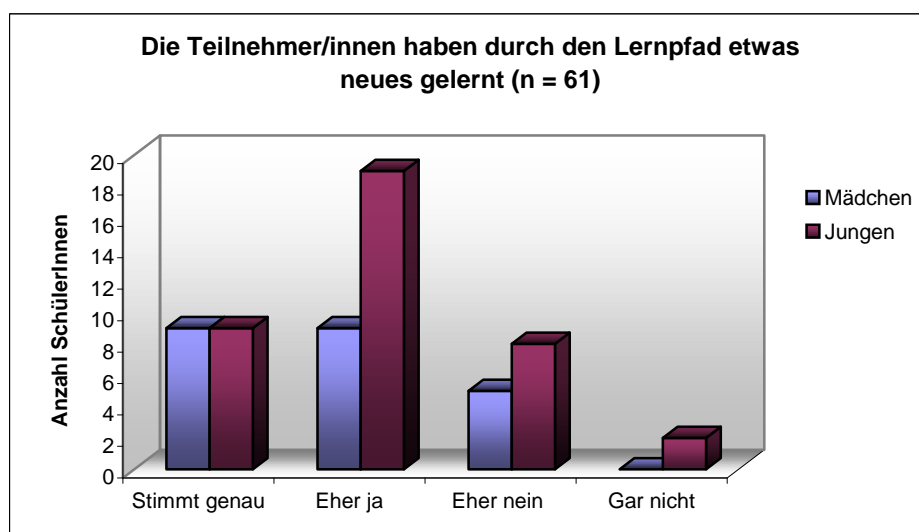


Abb. 12: Gesamteinschätzung „etwas Neues gelernt?“

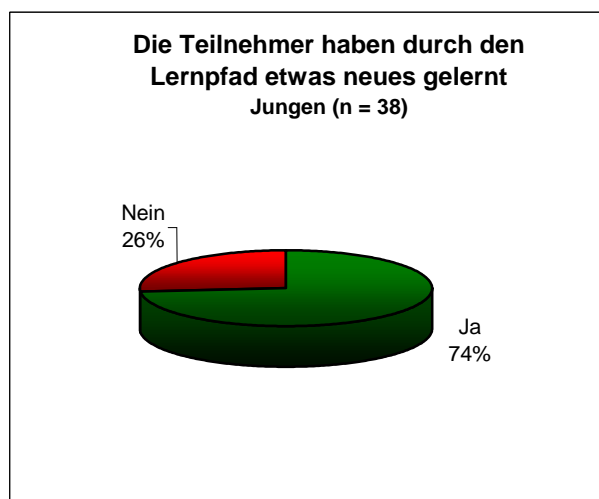
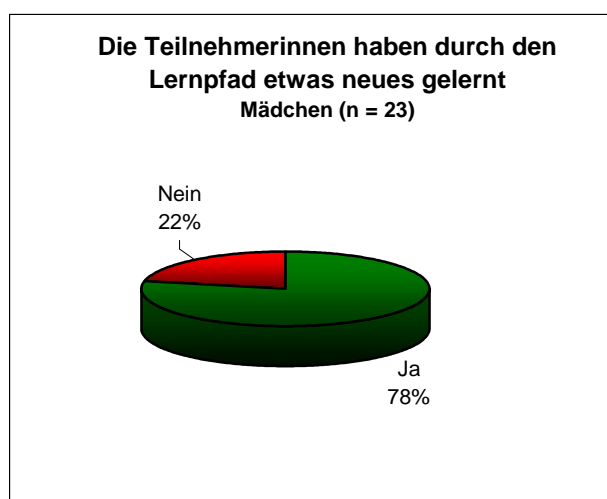


Abb. 13/14 Gesamteinschätzung „etwas Neues gelernt?“ – Mädchen/Jungen

### Ergebnisse des Schüler/innen-Feedbacks zum Lernpfad direkte/indirekte Proportionalität

Insgesamt haben sich 23 Schüler/innen der 3./4. Klasse der AHS Stockerau an der Befragung zum Lernpfad direkte/indirekte Proportionalität beteiligt – 10 Mädchen und 13 Jungen (vgl. Anhang/Abb. 15). **Der Lernpfad wird von beiden Geschlechtern überwiegend positiv bewertet, wobei die Einschätzung der Mädchen etwas positiver ausfällt als die der Jungen** (vgl. Abb. 16). Lediglich 2 Jungen und 1 Mädchen geben hier an, dass ihnen der Lernpfad eher nicht gefallen hat. Die Bewertung der mathematischen Aufgabenstellungen sowie der technischen, interaktiven und didaktischen Elemente des Lernpfades bestätigt dieses Gesamturteil im Folgenden. So geben lediglich 3 Jungen bei den mathematischen Aufgabenstellungen an, dass ihnen der Lehrpfad eher nicht gefallen hat, während 10 Mädchen und 10 Jungen hier ihre Zustimmung ausdrücken (vgl. Abb. 17). Etwas differenzierter fällt hingegen die Einschätzung der Themenaufbereitung im Lernpfad aus. Zwar stimmt auch hier eine Mehrheit der Jungen und Mädchen jeweils darin überein, dass ihnen die Themenaufbereitung sehr gut bis gut gefallen hat, jeweils 3 Mädchen und Jungen äußern sich hier allerdings auch kritisch (vgl. Abb. 18).

Ähnlich verhält es sich bei der Bewertung der technischen, interaktiven Elemente des Lernpfades. So fanden jeweils 7 Mädchen und 10 Jungen diese Elemente ansprechend, während sie für 3 Mädchen und Jungen weniger ansprechend waren (vgl. Abb. 19). Die im Lernpfad verwendeten Bilder und Videos werden



hingegen nur von 4 Mädchen positiv bewertet, während 2 Mädchen ihnen ablehnend gegenüberstehen. Das Verhältnis bei den Jungen ist hier mit 9:4 hingegen eindeutiger (vgl. Abb. 20). Die Kontrollfrage, ob die Teilnehmer/innen gern mehr interaktive Anteile im Lernpfad hätten, wird wiederum von beiden Geschlechtern überwiegend mit ja beantwortet (vgl. Abb. 26). Auch die zweite Kontrollfrage danach, ob die Schüler/innen gerne mehr elektronische Lehr- und Lernhilfen im Mathematikunterricht hätten, bestätigt diese Tendenz – wenngleich es hier einen kleinen Gendereffekt gibt, da 3 Mädchen dies eher ablehnen (vgl. Abb. 27). Schließlich sieht eine Mehrheit der Jungen und Mädchen auch keine Zusatzanstrengung beim Lernen durch elektronische Medien gegeben (vgl. Abb. 28). **Diese Kontrollfragen bestätigen unserer Auffassung nach somit nicht nur die insgesamt positive Wirkung des elektronischen Lernpfades samt seiner interaktiven Elemente auf die Mädchen wie die Jungen, sie bestätigen auch die qualitative Einschätzung des Lernpfades durch die zuständige Fachlehrerin.**

Die Schüler/innen wurden auch nach dem erzielten **Lernerfolg** bzw. danach gefragt, ob sie durch den Lernpfad etwas Neues gelernt haben. Hier zeigt sich ebenfalls eine **deutliche Zustimmung beider Geschlechter**, lediglich 2 Mädchen und 1 Junge geben an, bei der Bearbeitung des Lernpfades eher nichts Neues gelernt zu haben (vgl. Abb. 21). Die detaillierte Frage nach dem Verständnis der mathematischen Inhalte bestätigt diese Einschätzung zwar im Wesentlichen, allerdings gibt es hier einen etwas deutlicheren Gendereffekt. So geben hier 4 Jungen, jedoch nur 1 Mädchen an, die mathematischen Inhalte weniger gut verstanden zu haben (vgl. Abb. 22). Ein weiterer Gendereffekt findet sich in der Bewertung der während des Lernpfades erhaltenen Hilfestellungen. So ist hier interessant, dass mit 8 Jungen die Mehrheit angibt, genügend Hilfestellung erhalten zu haben, während dies nur für die Hälfte der Mädchen zutrifft – die Mädchen hätten sich somit im Endergebnis etwas mehr Hilfestellung erwünscht als die Jungen (vgl. Abb. 23). Bei der Bewertung der Gruppen- bzw. Partnerarbeit ist die Tendenz hingegen wieder eindeutig – sowohl Mädchen wie Jungen wünschen sich mehr von dieser Arbeitsform (vgl. Abb. 24). Die Antworten auf die Frage, ob der Lernpfad im jeweils eigenen Arbeitstempo bearbeitbar war, beinhalten ebenfalls keinen deutlichen Gendereffekt – beide Geschlechter stimmen dieser Frage eher zu (vgl. Abb. 25).

## **Ergebnisse des Schüler/innen-Feedbacks zum Schnittstellenlernpfad Volksschule – SEK 1**

Insgesamt waren an diesem Lernpfad 13 Schüler/innen beteiligt – 6 Mädchen und 7 Jungen (vgl. Abb. 29). **In der Gesamteinschätzung wird dieser Lernpfad von beiden Geschlechtern unterschiedlich bewertet. So äußern sich die Jungen hier positiver als die Mädchen, von denen nur 3 den Lernpfad gut fanden, während er 3 Mädchen nicht gefallen hat.** Die Gesamteinschätzung der Jungen ist demgegenüber mit 85 %, die den Lernpfad mit gut bewerten, deutlich positiver. Das Kriterium „sehr gut“ wurde von keinem der beteiligten Schüler/innen vergeben (vgl. Abb. 30).

**Die Bewertung der mathematischen Aufgabenstellungen zeichnet hingegen ein ausgewogeneres Bild** – der Mehrheit beider Geschlechter haben diese eher gut gefallen (vgl. Abb. 31). Dies gilt ebenso für die Einschätzung der Themenaufbereitung im Lernpfad. So stimmt auch hier eine Mehrheit der Jungen und Mädchen jeweils darin überein, dass ihnen die Themenaufbereitung sehr gut bis gut gefallen hat, wobei die Jungen dies insgesamt etwas positiver einschätzen als die Mädchen (vgl. Abb. 32).

**Umgekehrt verhält es sich interessanterweise bei der Bewertung der technischen, interaktiven Elemente des Lernpfades. So wurden 83 % der Mädchen, jedoch „nur“ 57 % der Jungen von den interaktiven Elementen im Lernpfad angesprochen** (vgl. Abb. 33/34/35). Ohne einen solch eindeutigen Gendereffekt werden hingegen die im Lernpfad verwendeten Bilder und Videos von beiden Geschlechtern überwiegend positiv bewertet (vgl. Abb. 36). Die Kontrollfrage, ob die Teilnehmer/innen gern mehr interaktive Anteile im Lernpfad hätten, bestätigt allerdings den Gendereffekt bei der Bewertung der interaktiven Elemente des Lernpfades. So geben wiederum 83 % der Mädchen, aber nur 57 % der Jungen an, gerne mehr interaktive Anteile im Lernpfad vorzufinden. Die Interaktivität des Lernpfades wird somit von den Mädchen insgesamt positiver bewertet als von den Jungen (vgl. Abb. 44/45/46). Die zweite Kontrollfrage danach, ob die Schüler/innen gerne mehr elektronische Lehr- und Lernhilfen im Mathematikunterricht hätten, bestätigt diesen Gendereffekt jedoch zunächst nicht. So sprechen sich 83 % der Mädchen NICHT für mehr elektronische Lehr- und Lernhilfen im Matheunterricht aus, während die Jungen hier geteilter Meinung sind (vgl. Abb. 47/48/49). Zudem nimmt mit 67 % eine Mehrheit der Mädchen das Lernen durch elektronische Medien als Zusatzanstrengung wahr, während dies nur von 43 % der Jungen so empfunden wird (vgl. Abb.

50/51/52). Die Kontrollfragen differenzieren somit die insgesamt positivere Einschätzung des interaktiven Lernpfades durch die Mädchen, indem sie im Ergebnis zeigen, dass diese Einschätzung nicht automatisch auch zu einem Bedürfnis nach mehr Interaktivität und einem stärkeren Einsatz elektronischen Medien im Unterricht führt.

Auch bei diesem Lernpfad wurden die Schüler/innen danach gefragt, **ob sie etwas Neues gelernt haben. Hier zeigt sich wieder eine deutliche Zustimmung beider Geschlechter**, lediglich 1 Mädchen gibt an, bei der Bearbeitung des Lernpfades eher nichts Neues gelernt zu haben (vgl. Abb. 37). Die detaillierte Frage nach dem Verständnis der mathematischen Inhalte bestätigt diese Einschätzung im Wesentlichen. Nur 2 Jungen und 1 Mädchen geben hier an, die mathematischen Inhalte weniger gut verstanden zu haben (vgl. Abb. 38). Kein Gendereffekt findet sich auch in der Bewertung der während des Lernpfades erhaltenen Hilfestellungen. Interessant ist dabei allerdings, dass die Hälfte der beteiligten Schüler/innen mehr Hilfestellung benötigt hätte (vgl. Abb. 39). Bei der Bewertung der Gruppen- bzw. Partnerarbeit zeigt sich hingegen wieder ein Gendereffekt, der im Kontrast zur stereotypen Vorstellung steht, nach der Mädchen eine stärkere Affinität für Partner- und Gruppenarbeit besitzen. So wünschen sich 83 % der Mädchen NICHT mehr Partner- bzw. Gruppenarbeit, während dies 85% der Jungen befürworten (vgl. Abb. 40/41/42). Die Antworten auf die Frage, ob der Lernpfad im jeweils eigenen Arbeitstempo bearbeitbar war, weisen demgegenüber keinen Gendereffekt auf – beide Geschlechter bejahen diese Frage eindeutig (vgl. Abb. 43).

## Ergebnisse des Schüler/innen-Feedbacks zum Lernpfad Trigonometrische Funktionen

### 3. Semester:

Insgesamt waren an diesem Lernpfad 11 Schüler/innen aus dem 3. Semester beteiligt – 4 Mädchen und 7 Jungen (vgl. Abb. 53). **In der Gesamteinschätzung weist der Lernpfad zu den trigonometrischen Funktionen einen deutlichen Gendereffekt auf. So wird er von den Jungen (mit einer Ausnahme) mit „gut“ bewertet, während ihn lediglich die Hälfte der Mädchen gut fand, und die andere Hälfte für „eher nicht“ votierte** (vgl. Abb. 54).

Auch die Bewertung der mathematischen Aufgabenstellungen weist einen geschlechtsspezifischen Unterschied auf: während der Mehrheit der Jungen die Aufgabenstellungen gut gefallen haben, ist auch hier das Urteil der Mädchen gespalten, votieren zwei von ihnen für „eher nein“ (vgl. Abb. 55). Dies gilt ebenso für die Einschätzung der Themenaufbereitung im Lernpfad. So stimmt auch hier eine Mehrheit der Jungen darin überein, dass ihnen die Themenaufbereitung sehr gut bis gut gefallen hat, während die Mädchen wiederum geteilter Meinung sind (vgl. Abb. 56).

Anders verhält es sich bei der Bewertung der technischen, interaktiven Elemente des Lernpfades. Sind die Mädchen auch bei dieser Frage gespalten (2 Zustimmungen und 2 Ablehnungen), beurteilt die Mehrheit der Jungen die interaktiven Elemente des Lernpfades als eher nicht ansprechend (vgl. Abb. 57). Ohne einen solch eindeutigen Gendereffekt werden hingegen die im Lernpfad verwandten Bilder und Videos von beiden Geschlechtern positiv bewertet – lediglich 2 Jungen votieren hier negativ (vgl. Abb. 58).

Die Kontrollfrage, ob die Teilnehmer/innen gern mehr interaktive Anteile im Lernpfad hätten, bestätigt die Bewertung der bereits vorhandenen interaktiven Elemente: das Urteil der Mädchen ist hier wiederum gespalten, während eine knappe Mehrheit der Jungen tendenziell NICHT mehr interaktive Anteile im Lernpfad möchte. Die interaktiven Anteile des Lernpfades werden somit (im Unterschied zum Schüler/innen-Feedback der beiden anderen Lernpfade) der Tendenz nach eher negativ bewertet (vgl. Abb. 64).

Die zweite, allgemeiner gehaltene Kontrollfrage danach, ob die Schüler/innen gerne mehr elektronische Lehr- und Lernhilfen im Mathematikunterricht hätten, zeichnet ein anderes Bild als die negative Einschätzung der vorhandenen bzw. gewünschten interaktiven Elemente. So stimmt eine Mehrheit der Jungen dieser Frage zu, während die Mädchen in ihrem Urteil gespalten sind (vgl. Abb. 65). Dies lässt die Vermutung zu, dass eine kritische Betrachtung interaktiver Anteile nicht zu einem generellen negativen Urteil elektronischer Lehr- und Lernhilfen führt.

Sind die Mädchen auch bei der Frage gespalten, ob Lernen durch elektronische Medien eine Zusatzanstrengung darstellt, sieht dies die Mehrheit der Jungen eher nicht als Zusatzbelastung – was ihre prinzipiell positive Einschätzung der elektronischen Lehr- und Lernhilfen stützt, aber auch auf eine in diesem Fall bei den Jungen graduell stärker ausgeprägte Technikaffinität hindeuten kann (vgl. Abb. 66). Die Kontrollfragen bestätigen damit die Gesamteinschätzung des Lernpfades, der von den Mädchen kritischer betrachtet als von den Jungen.

Auch bei diesem Lernpfad wurden die Schüler/innen wieder nach dem Lernerfolg bzw. danach gefragt, ob sie etwas Neues gelernt haben. Erstaunlich ist hier, dass diese Frage neben der Mehrzahl der Jungen auch von der Mehrzahl der Mädchen bejaht wird (vgl. Abb. 59). Hat eine Mehrzahl der Jungen dabei auch den mathematischen Inhalt des Lernpfades gut verstanden, sind die Mädchen in ihrem Urteil hier allerdings wieder geteilt (vgl. 60). Konnte dabei eine Mehrheit der Jungen UND Mädchen den Lernpfad in ihrem eigenen Arbeitstempo bearbeiten (vgl. Abb. 63), wird die Frage, ob mehr Hilfestellung nötig gewesen wäre, jedoch eher von der Mehrheit der Jungen bejaht (vgl. Abb. 61). Dies stimmt schließlich auch mit ihrem mehrheitlichen Wunsch nach mehr Gruppen- bzw. Partnerarbeit überein, der im Vergleich dazu lediglich von der Hälfte der beteiligten Mädchen geäußert wird (vgl. Abb. 62).

#### 4. Semester:

Am Lernpfad zu den trigonometrischen Funktionen waren neben der eben beschriebenen Klasse auch 14 Schüler/innen aus dem 4. Semester beteiligt – 3 Mädchen und 11 Jungen (vgl. Abb. 67). **In der Gesamteinschätzung weist der Lernpfad zu den trigonometrischen Funktionen auch bei dieser Klasse einen deutlichen Gendereffekt auf. Während er von der Mehrheit der Mädchen mit „gut“ bewertet wird, kommt die Mehrheit der Jungen hier zu einer eindeutig negativen Bewertung** (vgl. Abb. 68). **Dieser Gendereffekt zeigt sich auch bei den Bewertungen der inhaltlichen, technischen und didaktischen Elemente des Lernpfades.** So fällt auch die Bewertung der mathematischen Aufgabenstellungen negativ aus – diesmal bei der Mehrheit beider Geschlechter (vgl. Abb. 69). Die Aufbereitung des Themas hingegen hat den Mädchen eher gefallen, während sie einer Mehrheit der Jungen ebenfalls nicht zugesagt hat (vgl. Abb. 70).

Ebenso verhält es sich bei der Bewertung der technischen, interaktiven Elemente des Lernpfades. Wurde die Mehrheit der Mädchen von den interaktiven Elementen im Lernpfad angesprochen, fühlen sich die Jungen mehrheitlich davon nicht angesprochen (vgl. Abb. 71).

Die im Lernpfad verwandten Bilder und Videos hingegen fanden sowohl die Jungen wie die Mädchen mehrheitlich schlecht (vgl. Abb. 72). Die Kontrollfrage, ob die Teilnehmer/innen gern mehr interaktive Anteile im Lernpfad hätten, bestätigt den deutlichen Gendereffekt der bisherigen Bewertungen. So wünschen sich die Mädchen mehrheitlich mehr interaktive Anteile, während die Mehrheit der Jungen diese eher ablehnt (vgl. Abb. 78). Die zweite, allgemeiner gehaltene Kontrollfrage danach, ob die Schüler/innen gerne mehr elektronische Lehr- und Lernhilfen im Mathematikunterricht hätten, wird hingegen wieder von beiden Geschlechtern verneint (vgl. Abb. 79). Diese negative Sicht wird auch bei der Frage bestätigt, ob das Lernen mit elektronischen Medien zusätzlich anstrengt. So wird diese Frage von beiden Geschlechtern mehrheitlich mit ja beantwortet (vgl. Abb. 80). Die Bewertung der technischen, interaktiven Elemente bestätigt damit einerseits die negative Gesamteinschätzung des Lernpfades durch die Jungen, während die Mädchen auch hier insgesamt eine positivere Einschätzung vornehmen.

Auch bei diesem Lernpfad wurden die Schüler/innen wieder nach dem Lernerfolg bzw. danach gefragt, ob sie etwas Neues gelernt haben. Die Antwortmuster bestätigen die bisherigen Tendenzen. So stimmt wiederum eine Mehrheit der Mädchen dieser Frage eher zu, während die Mehrheit der Jungen sie verneint (vgl. Abb. 73). Ein gutes Verständnis des mathematischen Inhalts haben hingegen sowohl Mädchen wie Jungen mehrheitlich nicht erlangt (vgl. Abb. 74). Spiegelbildlich sprechen sich sowohl Jungen wie Mädchen deutlich dafür aus, dass mehr Hilfestellung notwendig gewesen wäre (vgl. Abb. 75). Einen Gendereffekt gibt es schließlich wieder bei der Frage nach (mehr) Gruppen- und Partnerarbeit im Lernpfad. Hier stimmen die Mädchen mehrheitlich zu, während die Mehrheit der Jungen sich dies nicht wünscht (vgl. Abb. 76). Gleiches gilt auch für die Frage, ob die Teilnehmer/innen in ihrem eigenen Arbeitstempo arbeiten konnten (vgl. Abb. 77).

### 5.1.10. Fazit des Lehrer/innen und Schüler/innen-Feedbacks

Als Fazit der quantitativen wie auch der qualitativen Evaluation der Lernpfade lässt sich festhalten, dass diese sowohl von Seiten der Fachlehrer/innen wie von Seiten der Schüler/innen sehr positiv bewertet werden. So wurden die Schüler/innen aus Sicht der Fachlehrer/innen sowohl von den inhaltlichen Aspekten als auch von der methodisch-didaktischen Vorgehensweise besonders gut angesprochen. Auch die technischen Aspekte der Lernpfade waren für die Fachlehrer/innen besonders schüler/innenzentriert. Verbesserungsvorschläge werden von ihnen daher auch weniger auf der technischen Ebene gemacht – hier gelten die Lernpfade nicht nur den zu Beginn des Projektes befragten Expert/innen sondern auch den Lehrer/innen bereits als weit entwickelt – sondern eher auf der fachdidaktischen Ebene (z.B. Lösungen etwas versteckter in den Lernpfad integrieren). Insgesamt finden die Lehrer/innen sowohl die Idee als auch die Realisierung der Lernpfade ausgezeichnet, „werden weiter testen“ und hoffen sehr auf einen Ausbau der Lernpfade in der Schulpraxis. Als häufiges Antwortmuster wurden dabei Begriffe wie „*eigenständiges Arbeiten*“, „*selbstorganisiertes Arbeiten*“ und „*individuelles Arbeitstempo*“ genannt. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Lernpfade in hohem Maße zur selbstorganisierter Arbeit anregen. Ferner wurde von den Lehrer/innen hervorgehoben, dass die Lernpfade zur Differenzierung für Schüler/innen mit unterschiedlichen Leistungsstärken geeignet sind. Dies lässt sich an Äußerungen festmachen wie „*Auch sehr gut für Integrationsschüler/innen und schwache Schüler/innen geeignet*“ und „*Stärken: auch schwächere Schüler/innen können eine komplexere trigonometrische Funktion skizzieren*“. Weiterhin positiv aufgefallen ist die Vielfalt der verwendeten Darstellungsformen, wie z.B. interaktive Applets und Aufgaben (Quiz) sowie Diagramme und Bilder. Typische Aussagen der Lehrer/innen waren unter anderem „*Das Quiz ist besonders gut angekommen*“, „*Die Applets sind unglaublich schön gemacht*“ und „*das Experimentieren [...] fand ich sehr gut*“.

Bei der Auswertung der Schüler/innen-Feedbacks fallen zum einen die recht inhomogenen Ergebnisse<sup>5</sup>, zum anderen ein deutlicher Gendereffekt ins Auge. Zwar zeigt sich eine eindeutige Zustimmung beider Geschlechter zu den Lernpfaden, die Mädchen bewerten jedoch ihre Erfahrung mit den Lernpfaden insgesamt etwas positiver als die Jungen, weshalb diese bei zukünftigen Lernpfaden gezielter eingebunden werden sollten. Auch die Einschätzung der mathematischen Aufgabenstellungen fällt bei beiden Geschlechtern unterschiedlich aus. Zwar wird sie auch hier von beiden Geschlechtern insgesamt positiv beurteilt, die Mädchen votieren jedoch mit 75 % Zustimmung wieder positiver als die Jungen (55 % Zustimmung). Anders verhält es sich bei der Frage, ob die Schüler/innen etwas Neues gelernt haben. In der Gesamteinschätzung für alle drei Lernpfade votieren hier Mädchen (78 % Zustimmung) und Jungen (74 % Zustimmung) fast gleich positiv. Diese Gesamteinschätzung der drei ausgewählten Lernpfade durch die Schüler/innen wird im Folgenden auch durch das detailliertere Feedback zu den einzelnen Lernpfaden bestätigt. Dabei zeigt sich nicht nur die positive Wirkung der interaktiven Elemente auf die Mädchen und Jungen, das differenzierte Schüler/innen-Feedback zu den einzelnen Lernpfaden bestätigt auch die qualitative Einschätzung dieser Lernpfade durch die jeweiligen Fachlehrer/innen.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Feedbacks weisen somit deutlich darauf hin, dass die Lernpfade nicht nur unterrichtsnah, sondern auch nachhaltig angelegt sind und Lehrer/innen wie Schüler/innen eine hohe Bereitschaft zeigen, auch in ihrem zukünftigen Unterricht regelmäßige Lernpfade einzusetzen bzw. mit ihnen zu arbeiten.

---

<sup>5</sup> Da für diese ausführliche formative Evaluation nur wenige Klassen herangezogen werden konnten, kann von diesen nicht auf eine Gesamtheit geschlossen werden. Weitere Untersuchungen zur Bestätigung oder Ablehnung der hier aufgezeigten Ergebnisse wären nötig.

## 5.2. SCHÜLER/INNENFEEDBACK – GESAMT

Neben der in Abschnitt 5.1. beschriebenen formativen Evaluation gaben weitere 268 Schüler/innen ein Online-Feedback zu den Lernpfaden ab. Dieser Ergebnisse werden hier überblicksartig zusammengefasst.

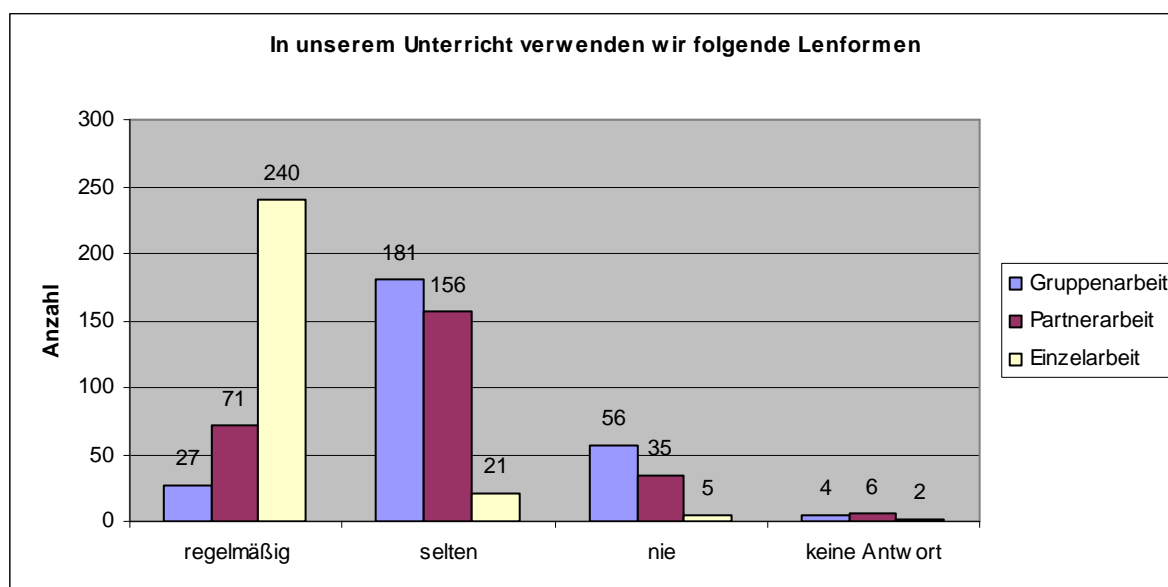
Anzahl der Rückmeldungen pro Lernpfad:

Schnittstellenlernpfad: Volksschule/ Sekundarstufe 1	6
Wetter - Temperaturkurven	45
Direktes und indirektes Verhältnis	51
Lineare Funktionen	51
Schnittstellenlernpfad: Sekundarstufe 1/ Sekundarstufe2	21
Potenzfunktionen	61
Quadratische Funktionen	17
Exponential- und Logarithmusfunktionen	13
Trigonometrische Funktionen	0
Diskret - Kontinuierlich	1
Wie lange dauern Projekte? – Die Dreiecksverteilung	0
Zugang zur Poissonverteilung	0
Schnittstellenlernpfad: Sekundarstufe 2/ Hochschule	2

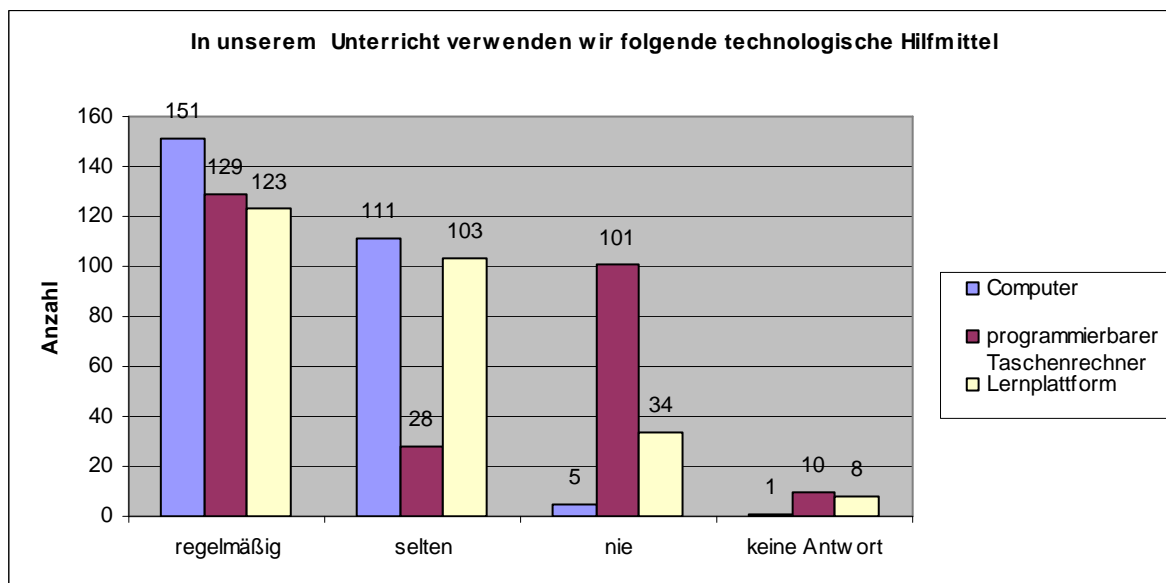
Folgende Schultypen waren beteiligt:

AHS	245
BHS	15
VS	1
HS	5
keine Angabe	2

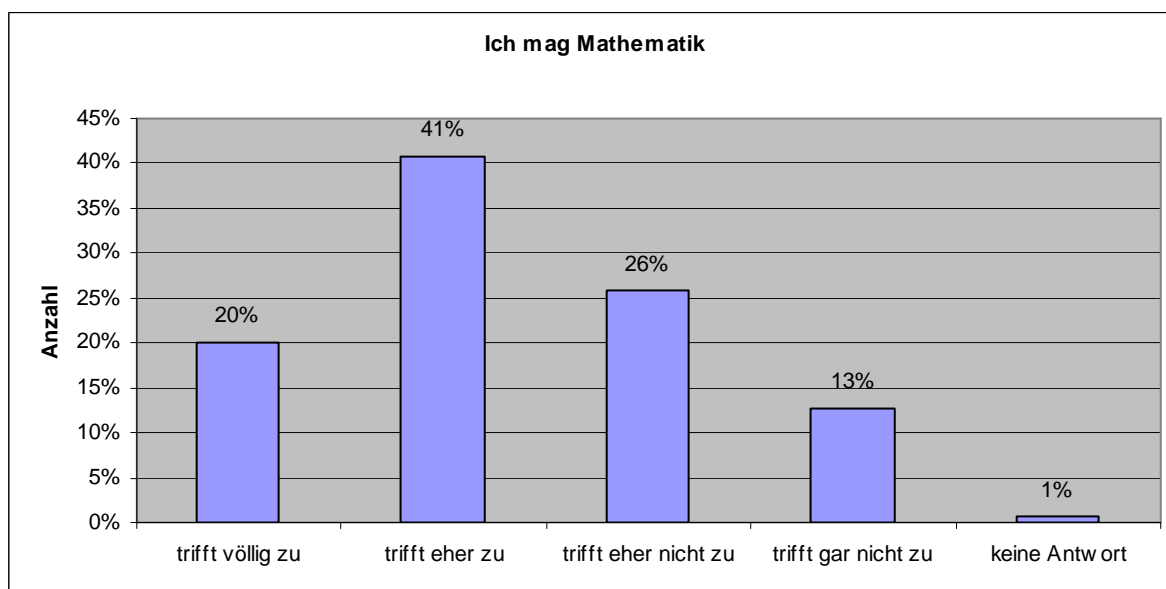
Wie die nachstehende Grafik zeigt, ist die im Mathematikunterricht am weitesten verbreitete Lernformen immer noch die Einzelarbeit.



Dass sich der regelmäßige Einsatz von Lernplattformen etabliert hat, wird unter anderem durch folgendes Item deutlich: „In unserem Unterricht verwenden wir folgende technologische Hilfen: Computer/ programmierbarer Taschenrechner/ Lernplattformen.“



Beim Item 1.7) „*Ich mag Mathematik*“ werden folgende Ergebnisse erzielt:



61% der Schüler/innen stehen der Mathematik eher positiv gegenüber!

Die Items rund um die Gestaltung und Sprache der Lernpfade werden folgendermaßen bewertet.

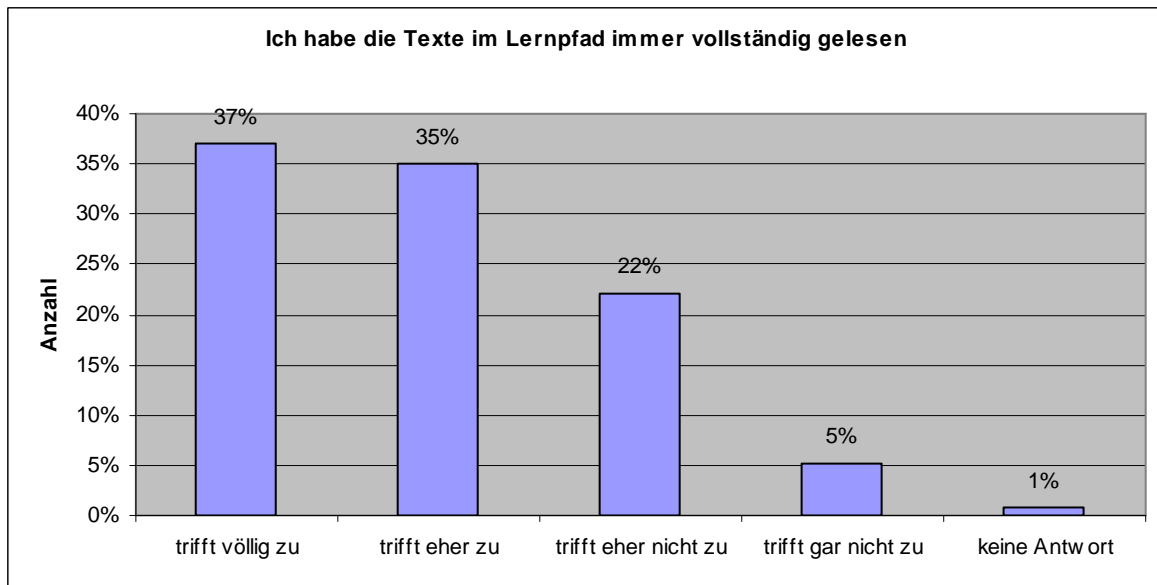
Item 2.1) „*Die Gestaltung des Lernpfades hat mir gut gefallen.*“

12% der Schüler/innen stimmen dieser Aussage völlig zu, 57% stimmen eher zu.

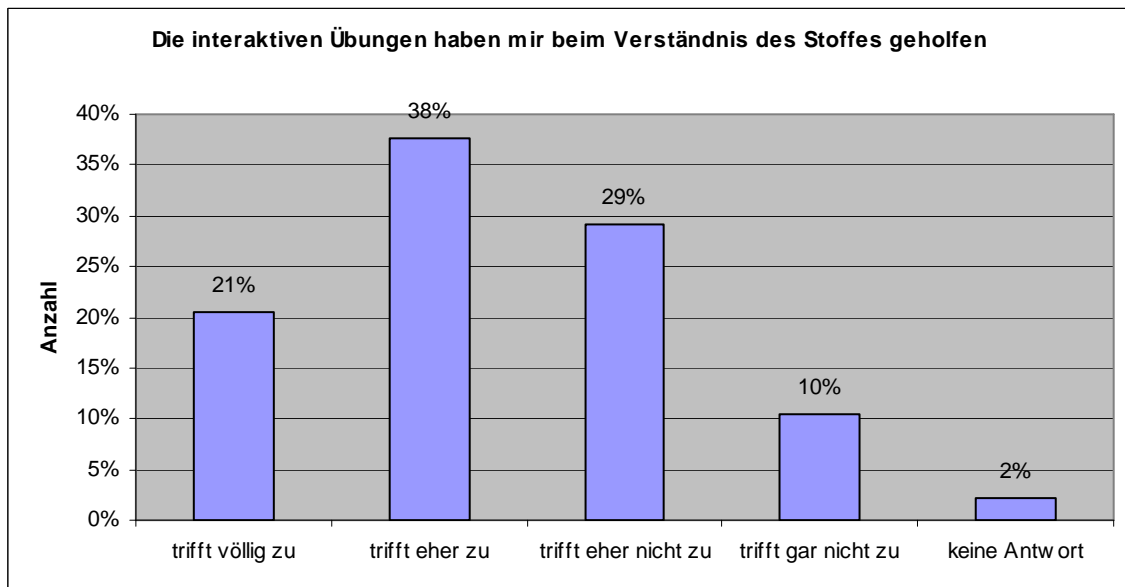
Item 2.2) „*Die in dem Lernpfad verwendete Sprache war für mich verständlich.*“

32% stimmen dieser Aussage völlig zu, 42% stimmen eher zu.

Item 2.3) „Ich habe die Texte im Lernpfad immer vollständig gelesen.“

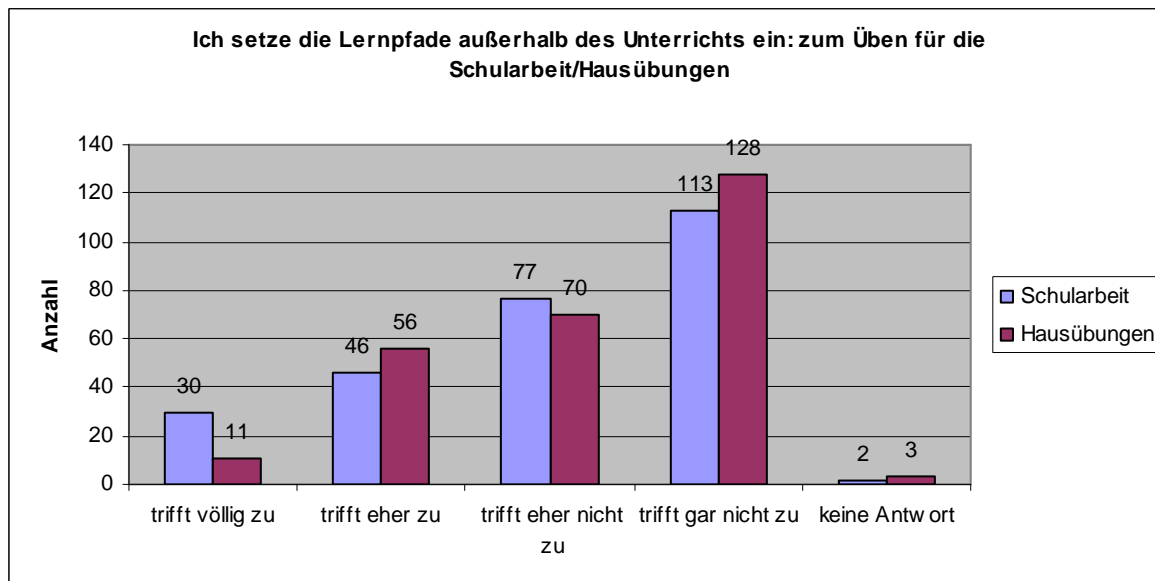


Item 2.4) „Die interaktiven Übungen haben mir beim Verständnis des Stoffes geholfen.“



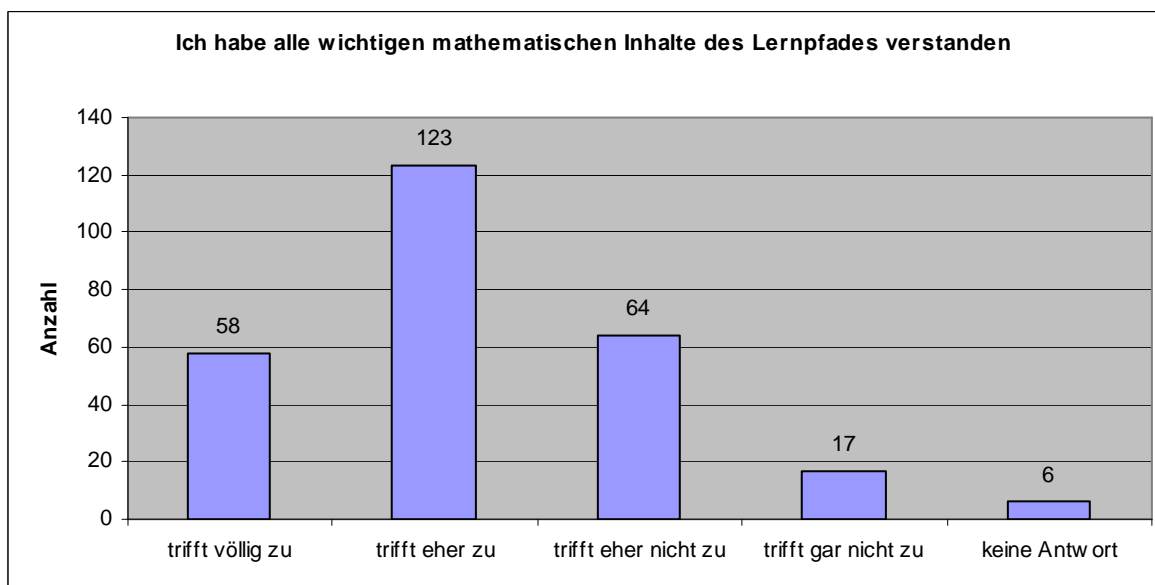
Über 2/3 der Schüler/innen haben interaktive Übungen beim Verständnis des Stoffes geholfen!

Item 2.5) „Ich setze die Lernpfade außerhalb des Unterrichts ein: zum Üben für die Schularbeit/ zur Unterstützung für die Hausübung.“



Nur rund ¼ der Schüler/innen nutzt die Lernpfade auch außerhalb des Unterrichts!

Item 2.6) „Ich habe alle wichtigen mathematischen Inhalte des Lernpfades verstanden.“

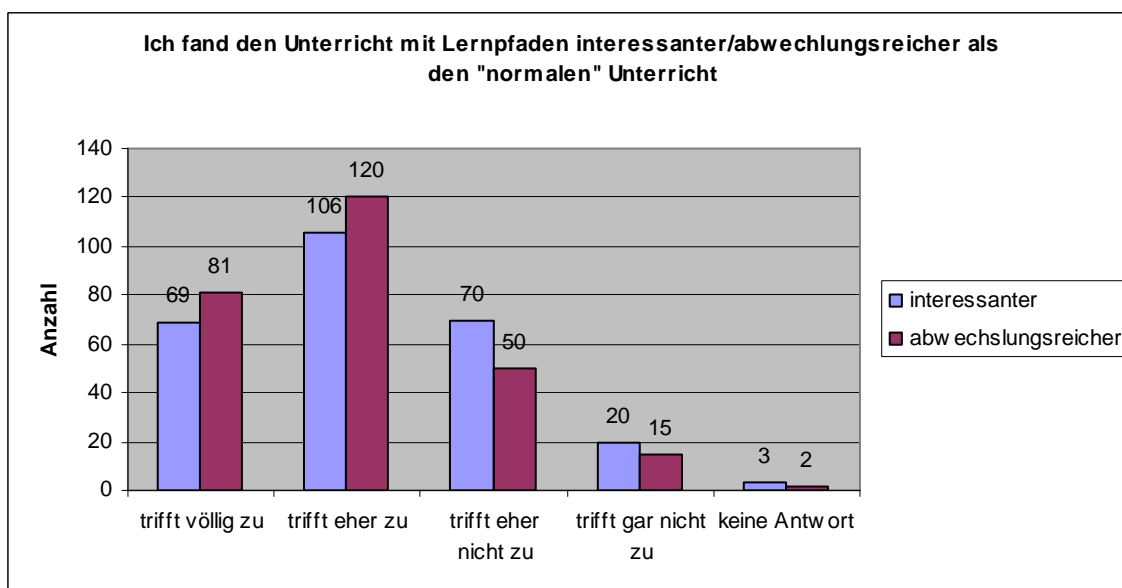


Die Schüler/innen gehen mehrheitlich (68%) davon aus, alle wichtigen mathematischen Inhalte verstanden zu haben. Noch ein höherer Prozentsatz (86%) erkennt, dass das Verstehen der mathematischen Inhalte beim Bearbeiten des Lernpfades wichtig war (Item 2.7).

Dem Item 2.8) „Der Schwierigkeitsgrade der Aufgaben hat mich nie überfordert“ stimmen 68% der Schüler/innen völlig/eher zu.



Item 3.1) bzw. 3.2) „Ich fand den Unterricht mit Lernpfaden interessanter/abwechslungsreicher als den "normalen" Unterricht.“

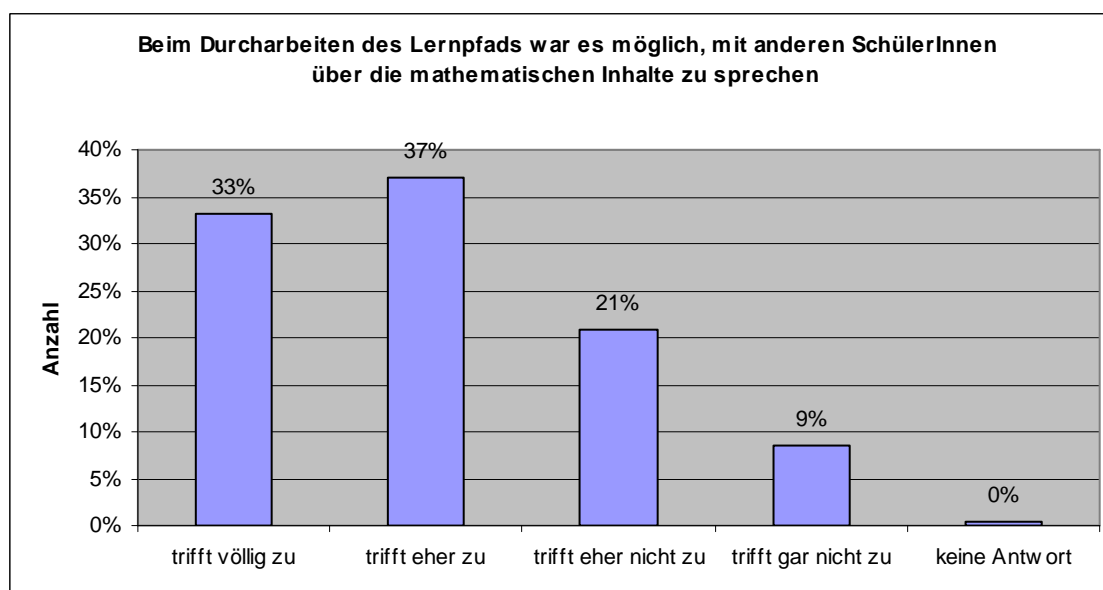


Die Schüler/innen nehmen mehrheitlich (66% bzw. 75%) den Unterricht mit Lernpfaden als interessanter bzw. abwechslungsreicher wahr.

59% bzw. 58% der Schüler/innen würden gerne wieder bzw. häufiger mit Lernpfaden im Mathematikunterricht arbeiten (Item 3.3 bzw. 3.6).

Die Hälfte der Schüler/innen meint, durch den Lernpfad den Stoff leichter verstanden zu haben (Item 3.4). Im gleichen Ausmaß würden sie Freund/inn/en das Lernen mit Lernpfaden weiterempfehlen (Item 3.5).

Item 4.1) „Beim Durcharbeiten des Lernpfads war es möglich, mit anderen Schüler/innen über die mathematischen Inhalte zu sprechen.“

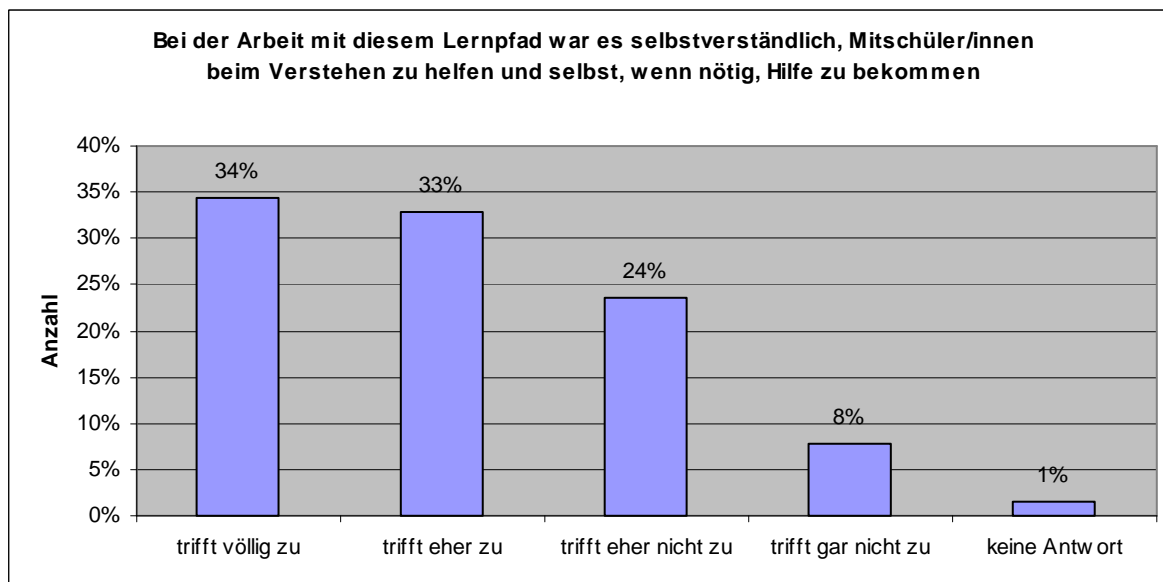


Die Schüler/innen werden in einem hohen Ausmaß (70%) zum Sprechen über mathematische Inhalte angeregt!

Mehr als 60% der Schüler/innen konnten beim Arbeiten mit den Lernpfaden Ideen und Argumente austauschen (Item 4.2) bzw. über mathematisches Tun nachdenken (Item 4.3).

57% der Schüler/innen sind der Meinung, dass ihre eigenen Gedanken beim Erarbeiten der Inhalte des Lernpfads berücksichtigt wurden (Item 4.4). 56% meinen, dass ihnen Sinn und Bedeutung der neu erlernten Begriffe durch den Lernpfad klar geworden sind.

Item 4.6) „Bei der Arbeit mit diesem Lernpfad war es selbstverständlich, Mitschüler/innen beim Verstehen zu helfen und selbst, wenn nötig, Hilfe zu bekommen.“

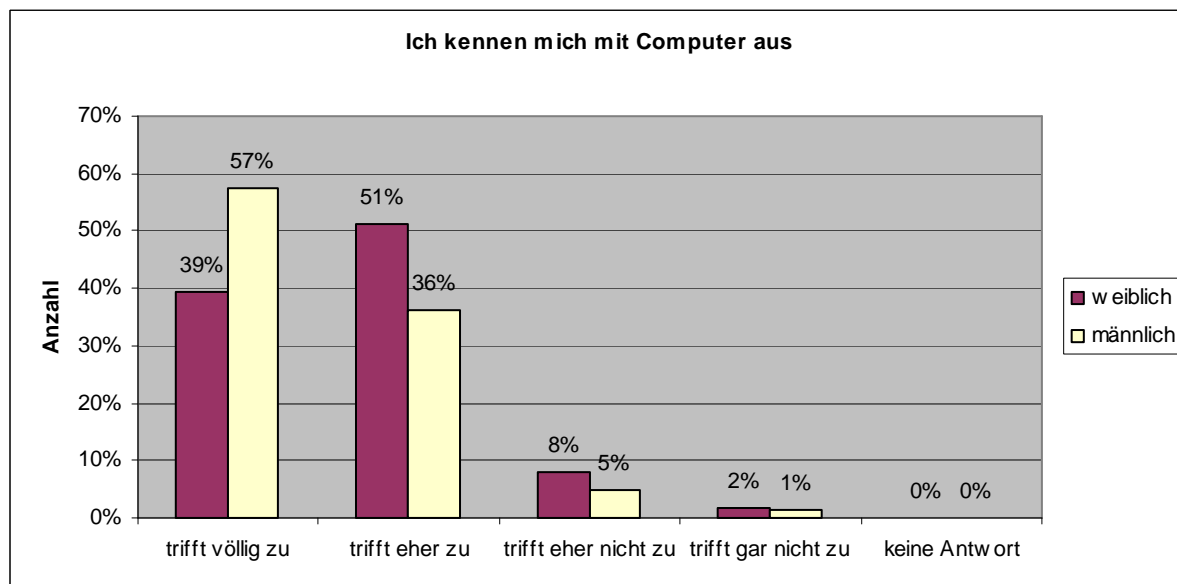


Das Arbeiten mit Lernpfaden gibt den Schüler/innen in sehr hohem Ausmaß (67%) die Möglichkeit, einander zu unterstützen.

## 5.3. SCHÜLER/INNENFEEDBACK – BUBEN/MÄDCHEN

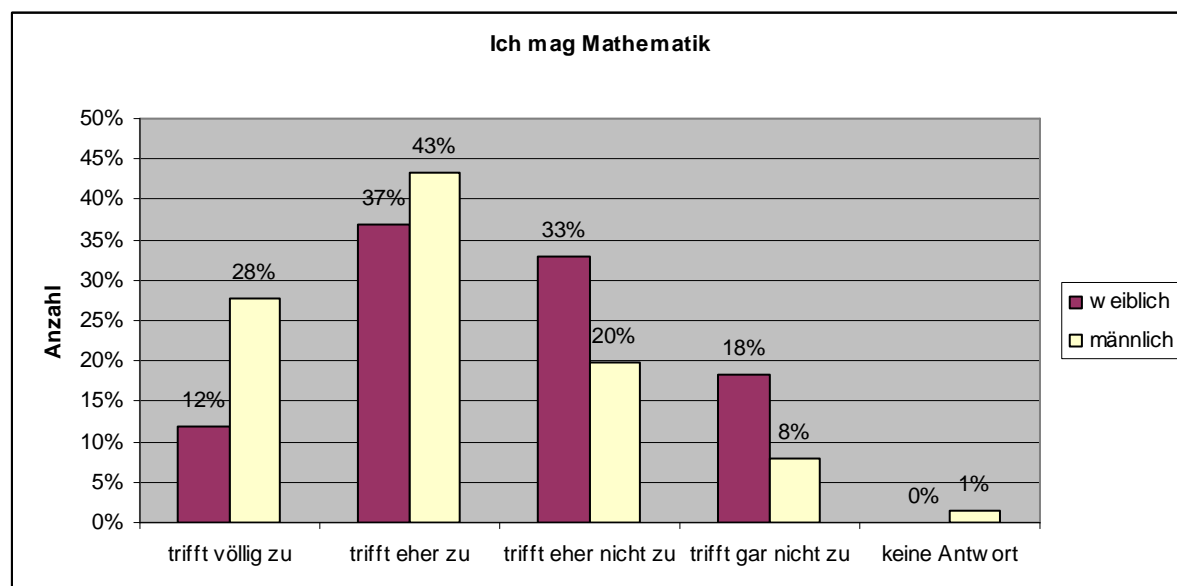
Von den insgesamt 268 Schüler/innenrückmeldungen des Online-Feedbacks entfielen 125 auf Schülerinnen und 141 auf Schüler. Im Folgenden werden jene Items aufgelistet, deren Bewertung interessante Unterschiede zwischen Mädchen und Buben aufweist.

Item 1.6) „Ich kenne mich mit dem Computer gut aus.“



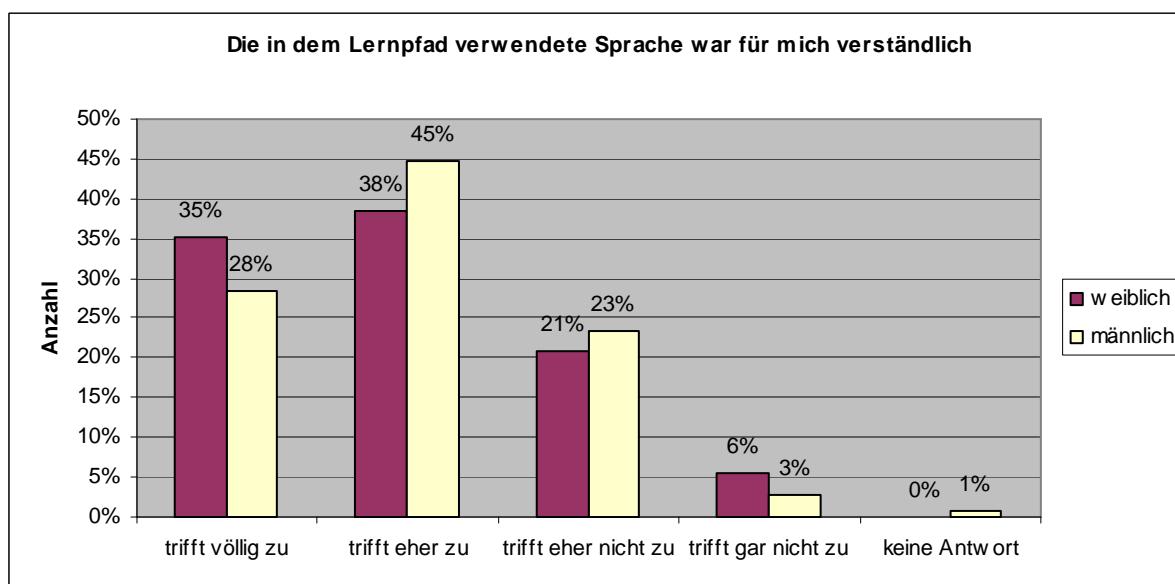
90% der Schülerinnen und 95% der Schüler fühlen sich im Umgang mit dem Computer sicher. Auffallend ist jedoch, dass die Schüler ein weitaus höheres Vertrauen in ihre Computerkompetenz haben.

Item 1.7) „Ich mag Mathematik“



Während 71% der Schüler Mathematik mögen/eher mögen, sind es nur 49% bei den Schülerinnen. 18% der Mädchen mögen Mathematik gar nicht.

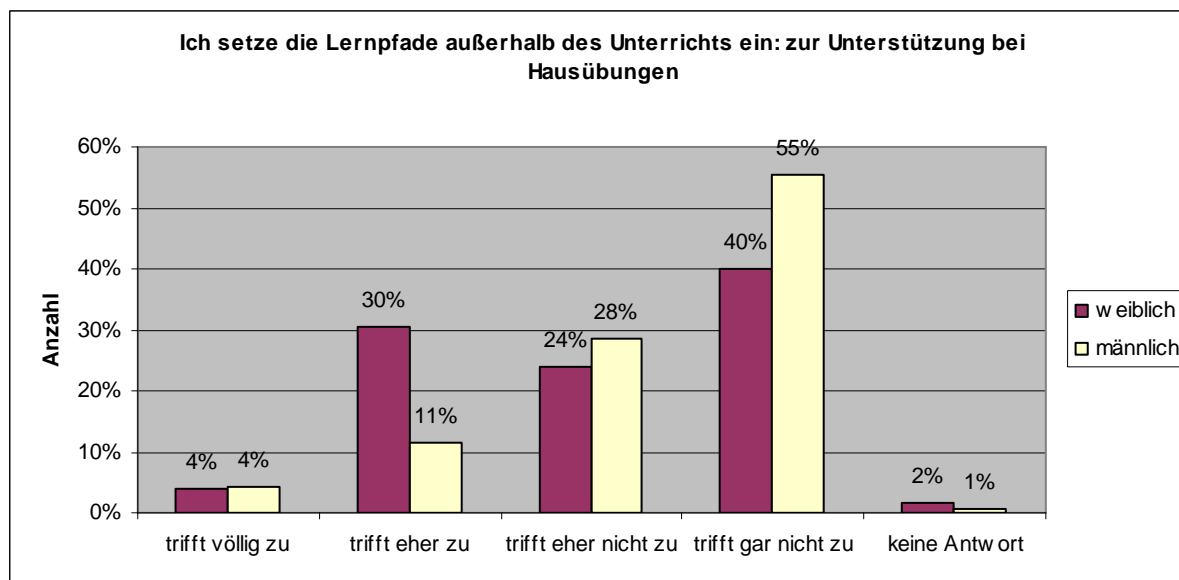
Item 2.2) „Die in dem Lernpfad verwendete Sprache war für mich verständlich.“



Die in den Lernpfaden verwendete Sprache war für jeweils 73% der Schülerinnen und Schüler sehr oder eher verständlich, wobei erstaunlicherweise sowohl die völlige Zustimmung als auch die völlige Ablehnung bei den Mädchen etwas höher war als bei den Buben.

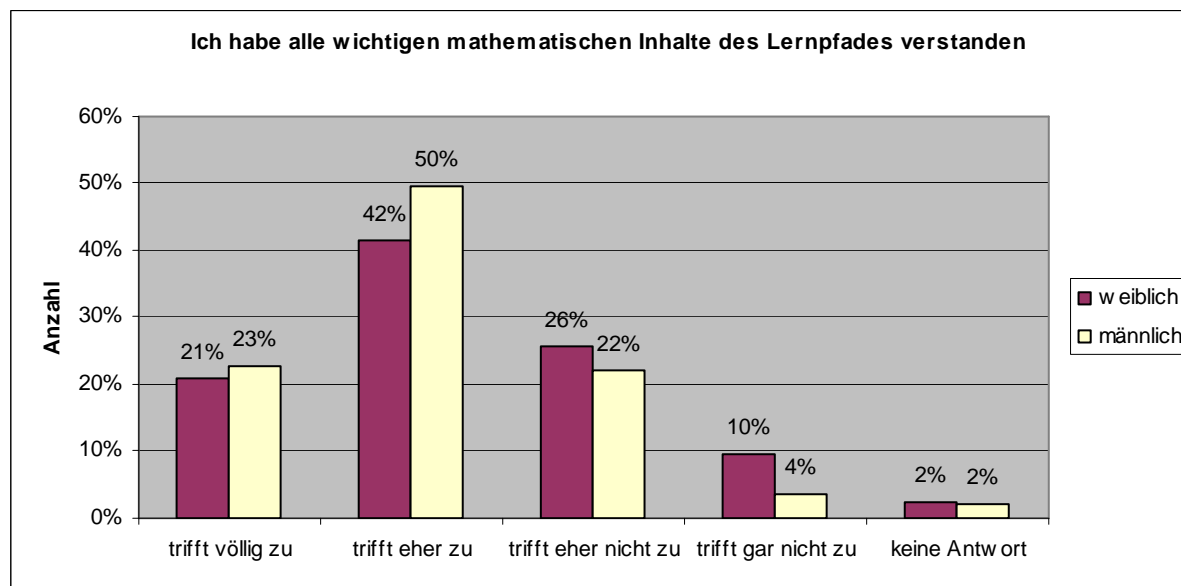
Auch bei Item 2.3) zum Leseverhalten zeigen sich kaum Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schüler.

Item 2.5) „Ich setze die Lernpfade außerhalb des Unterrichts ein: zur Unterstützung bei Hausübungen.“



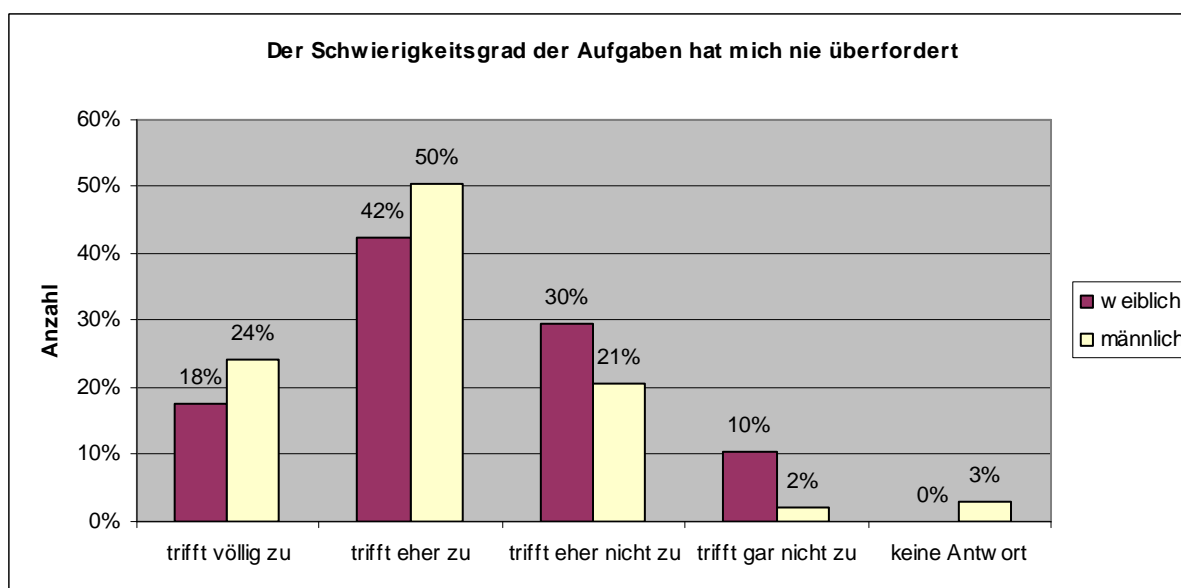
Deutlich mehr Schülerinnen (34%) als Schüler (15%) verwendeten die Lernpfade bei Hausübungen.

## Item 2.6) „Ich habe alle wichtigen mathematischen Inhalte des Lernpfades verstanden.“



Buben (73%) sind eher überzeugt, die mathematischen Inhalte des Lernpfades verstanden zu haben, als Mädchen (63%). Die Ergebnisse der Wissenstests zeigen aber die Tendenz auf, dass Mädchen richtiger antworten.

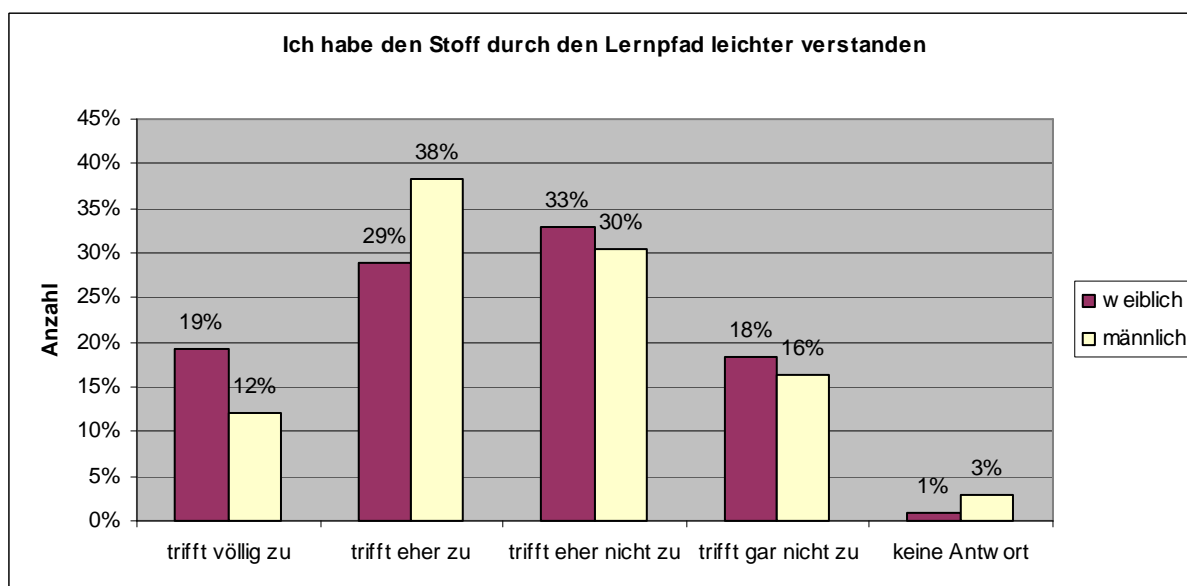
## Item 2.8) „Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben hat mich nie überfordert.“



Beide Geschlechter halten den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben mehrheitlich für angemessen, wobei aber nur 60% der Mädchen sich nie bzw. eher nie überfordert fühlten, während es bei den Buben 74% sind.

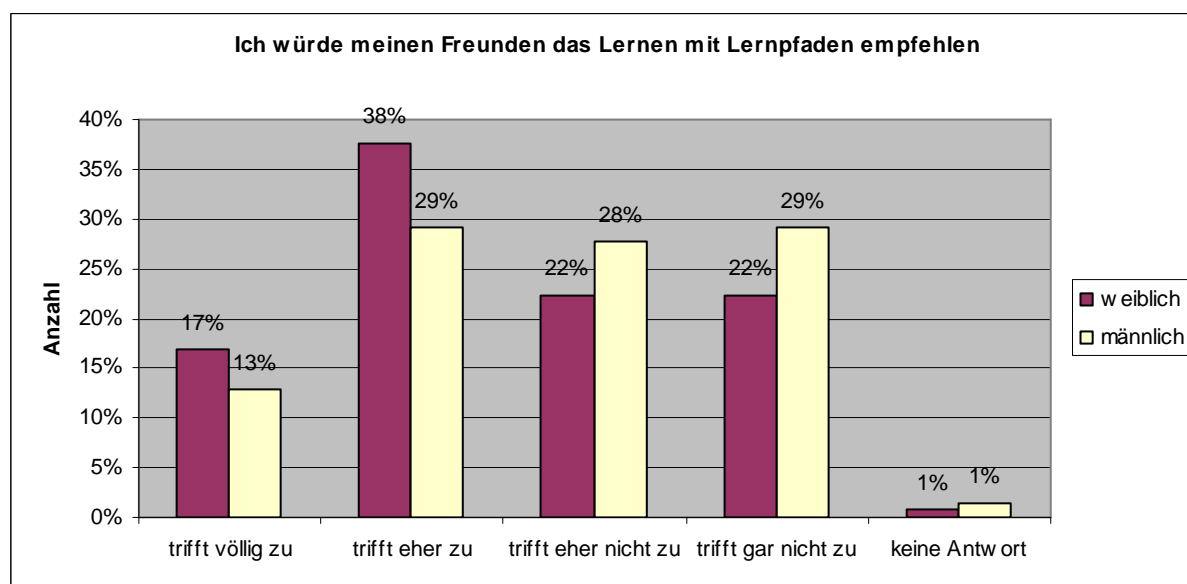
Bei den Items 3.1) und 3.2) zeigt sich, dass die Schülerinnen den Unterricht mit Lernpfaden etwas öfter als abwechslungsreicher als „normalen“ Unterricht empfinden, Schüler aber etwas öfter angeben, wieder mit Lernpfaden im Mathematikunterricht arbeiten zu wollen. Die Differenz beträgt jeweils 5 Prozentpunkte.

Item 3.4) „Ich habe den Stoff durch den Lernpfad leichter verstanden.“



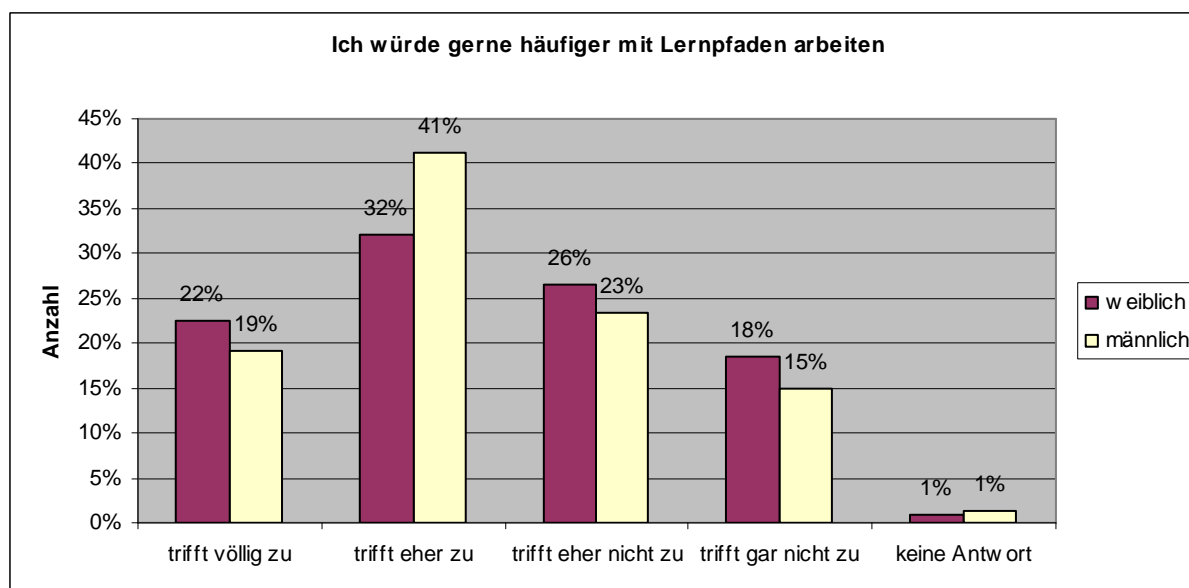
Beide Geschlechter geben zu etwa 50% an, den Stoff durch die Lernpfade leichter verstanden zu haben. Auffallend ist jedoch, dass deutlich mehr Mädchen (19%) als Buben (12%) dieser Aussage völlig zustimmen.

Item 3.5) „Ich würde meinen Freunden das Lernen mit Lernpfaden empfehlen.“



Schülerinnen (55%) würden eher den Lernpfad weiter empfehlen als Schüler (42%).

Item 3.6) „Ich würde gerne häufiger mit Lernpfaden arbeiten.“



Im Gegensatz zum vorigen Item würden Schüler (60%) eher gerne häufiger mit Lernpfaden arbeiten als Schülerinnen (54%).

Besonders große Übereinstimmung in der Bewertung durch Schülerinnen bzw. Schüler wurde bei folgenden Aussagen festgestellt:

Item 2.1) Die Gestaltung des Lernpfades hat mir gut gefallen.

Item 2.4) Die interaktiven Übungen haben mir beim Verständnis des Stoffes geholfen.

Item 3.2) Ich fand den Unterricht mit dem Lernpfad abwechslungsreicher.

Item 3.3) Ich würde gerne weiterhin im Mathematikunterricht mit Lernpfaden arbeiten.

Item 4.3) Beim Bearbeiten des Lernpfades gab es Gelegenheiten, über das mathematische Tun nachzudenken.

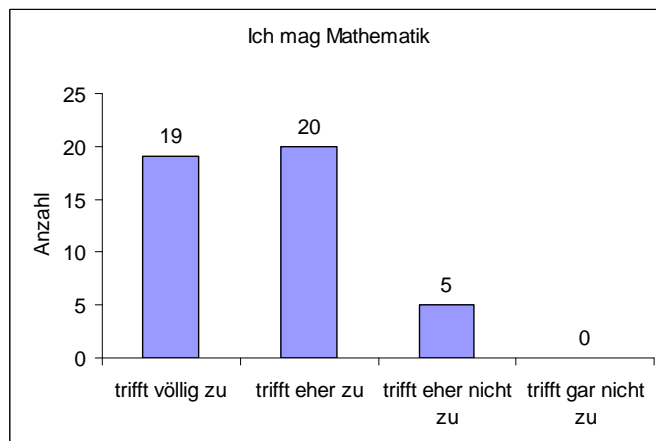
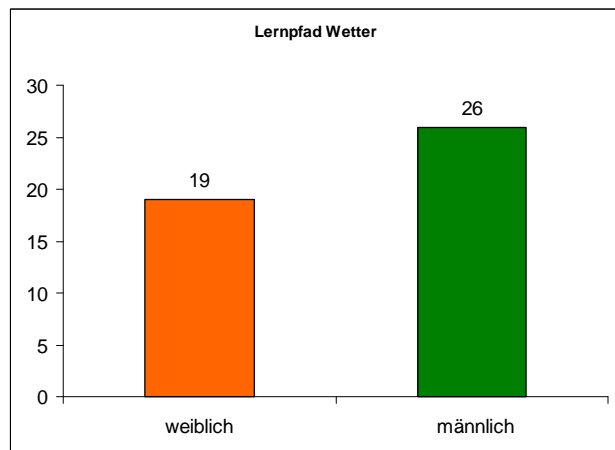
Item 4.6) Bei der Arbeit mit diesem Lernpfad war es selbstverständlich, Mitschüler/inne/n beim Verstehen zu helfen und selbst, wenn nötig, Hilfe zu bekommen.

## 5.4. SCHÜLER/INNENFEEDBACK – LERNPFADSPEZIFISCH

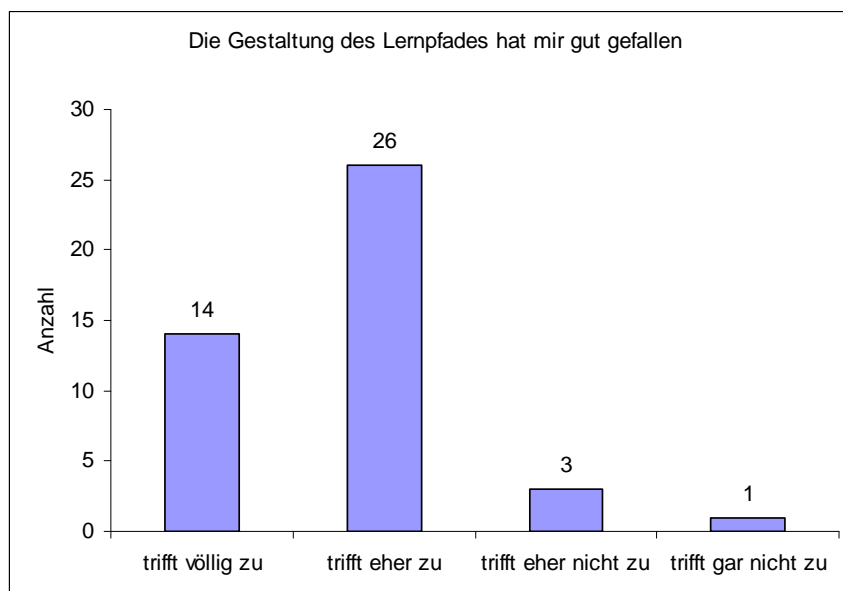
Die zwei Mikro-Lernpfade „Wetter – Temperaturkurven“ und „Lineare Funktionen“ wurden im Detail betrachtet und deren Ergebnissen in den folgenden Abschnitten dargestellt.

### 5.4.1. Schüler/innenfeedback – Mikro-Lernpfad „Wetter – Temperaturkurven“

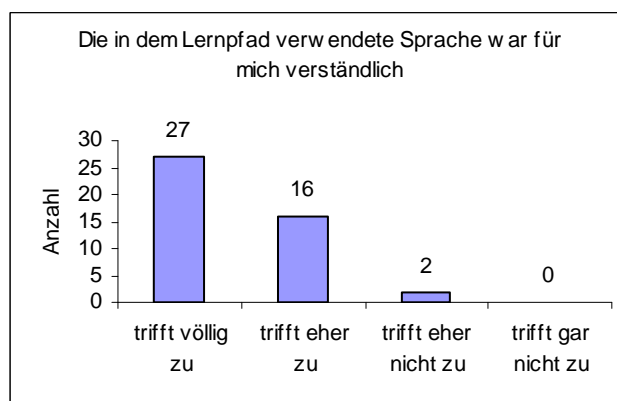
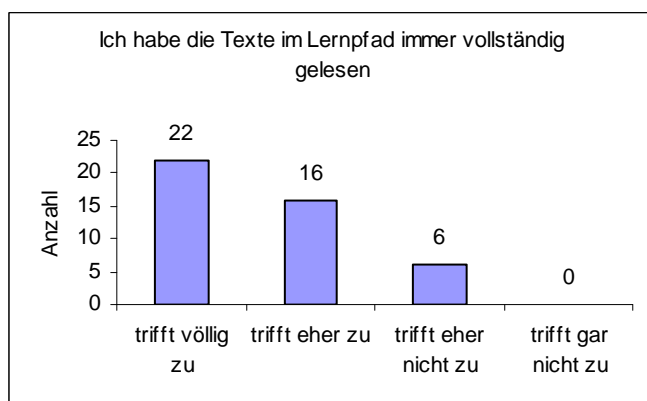
Insgesamt wurde der Lernpfad von 45 Schüler/innen evaluiert, etwas mehr als die Hälfte waren Burschen und von den insgesamt 45 Schüler/innen stimmen weit mehr als die Hälfte der Aussage: „Ich mag Mathe“, zu.



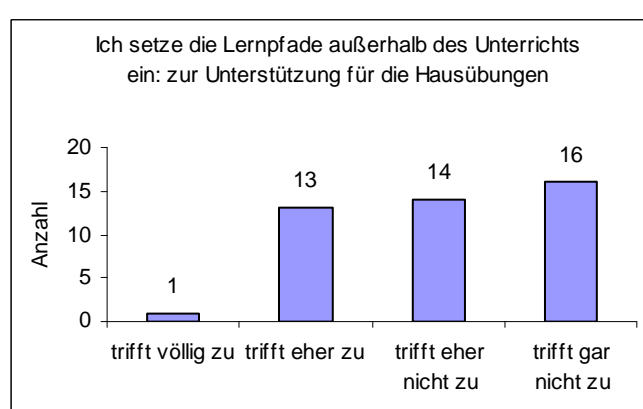
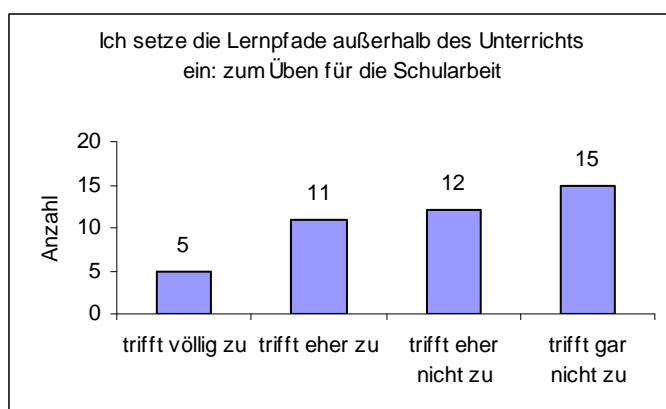
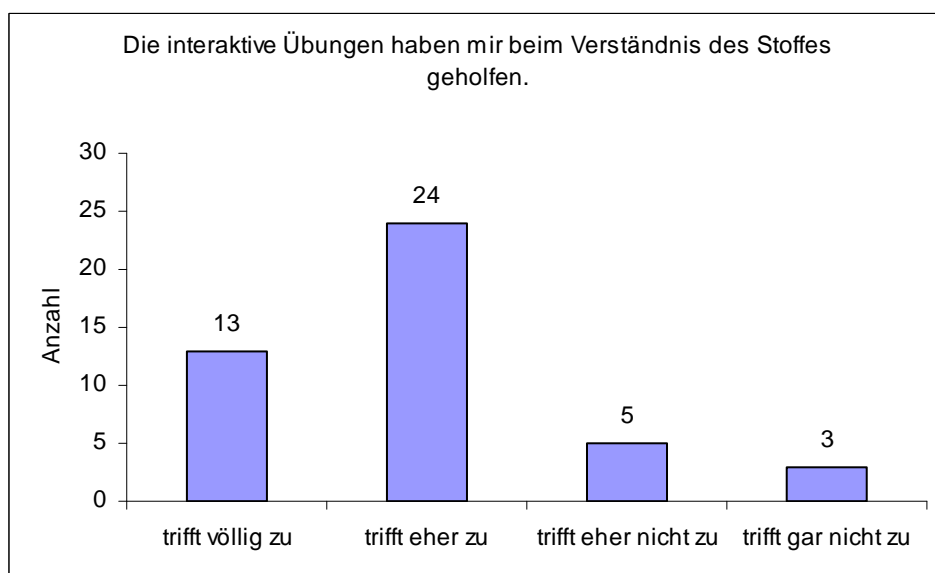
Die Qualität des Lernpfades wird von den Schüler/innen größtenteils sehr positiv bewertet, die Texte im Lernpfade waren für die meisten Schüler/innen gut verständlich und wurden von einem Großteil vollständig gelesen.



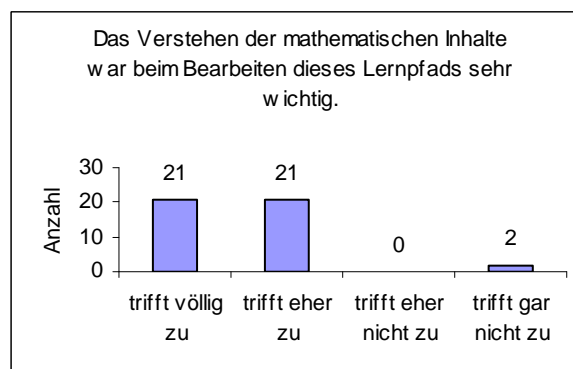
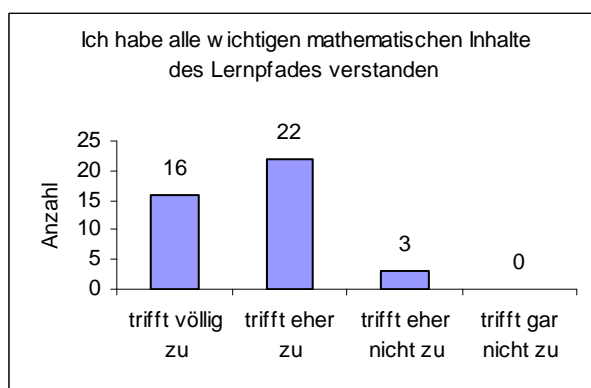




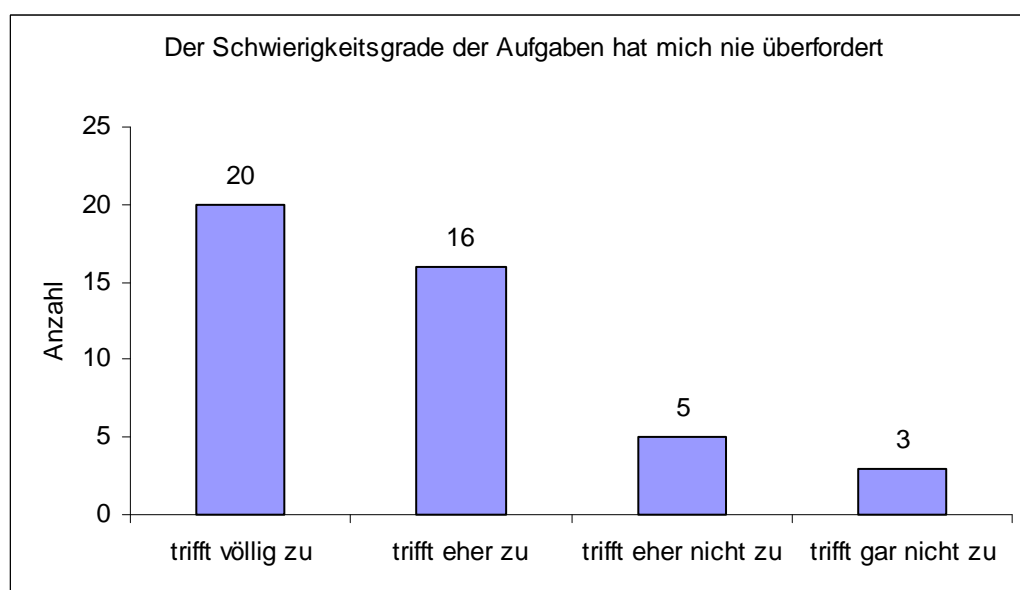
Die interaktiven Übungen haben sehr vielen Schüler/innen beim Verständnis des Stoffes geholfen. Für Hausübungen und zum Lernen für die Schularbeit wurde der Lernpfad kaum genutzt. Die Nutzung der Lernpfade außerhalb des Unterrichts hat sich im Vergleich zum ersten Projekt „Medienvielfalt im Mathematikunterricht“ kaum verändert, auch damals wurden die Materialien vorwiegend in der Schule und nicht zuhause verwendet.



38 von 41 Schüler/innen stimmen der Aussage: „Ich habe alle wichtigen mathematischen Inhalte des Lernpfades verstanden“ völlig bzw. eher zu und für 42 Schüler/innen war das Verstehen der Inhalte auch sehr wichtig.

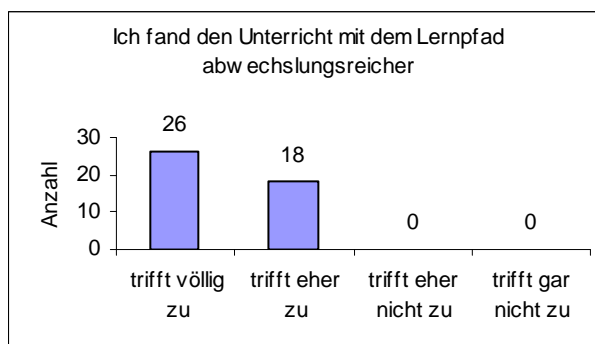
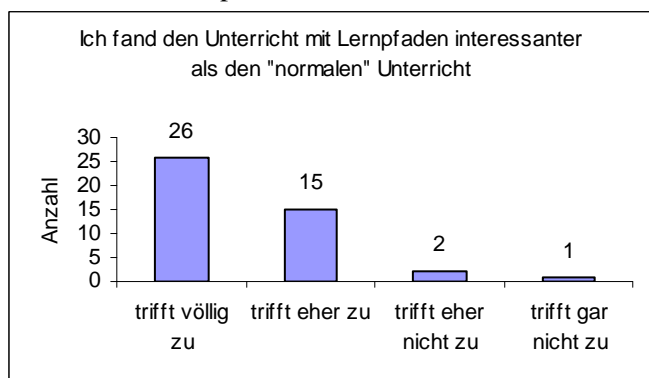


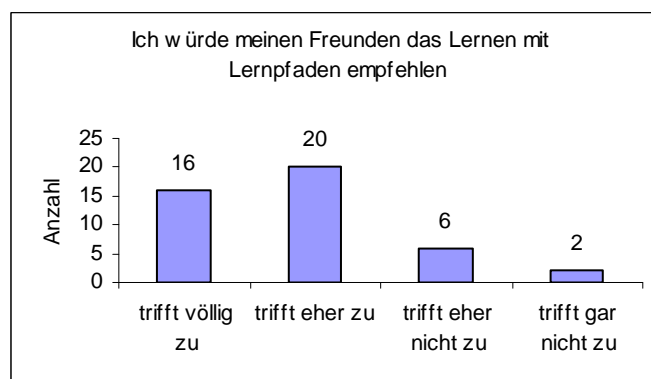
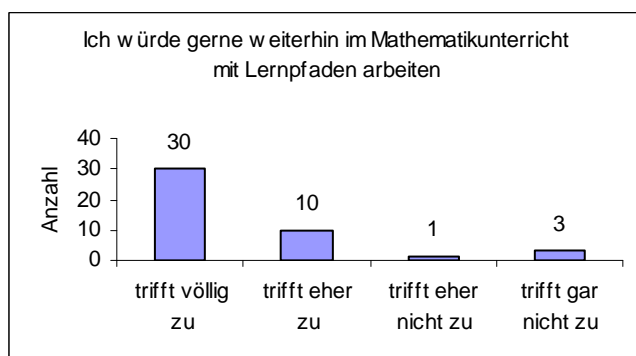
Die Ergebnisse des Wissenstests legen nahe, dass diese persönlichen Einschätzungen der Schüler/innen auch zutreffend sind. Beim Wissenstest zu diesem Lernpfad wurde die überwiegende Anzahl der Wissensfragen von rund 70% der Schüler/innen richtig beantwortet.



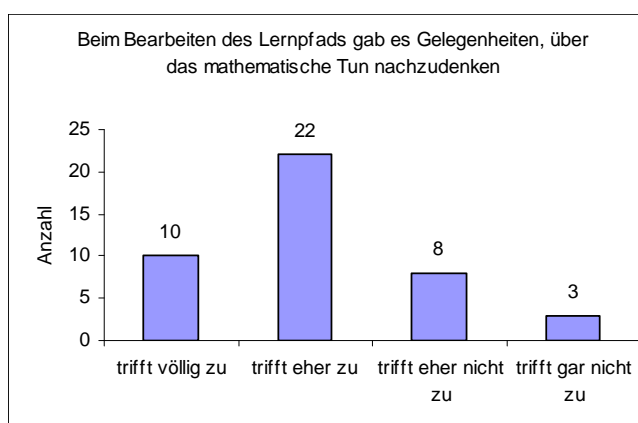
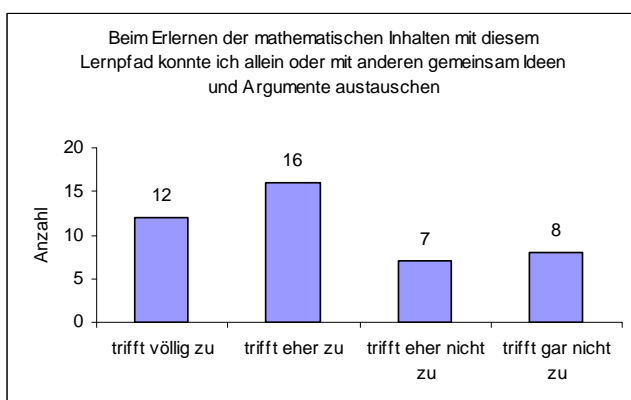
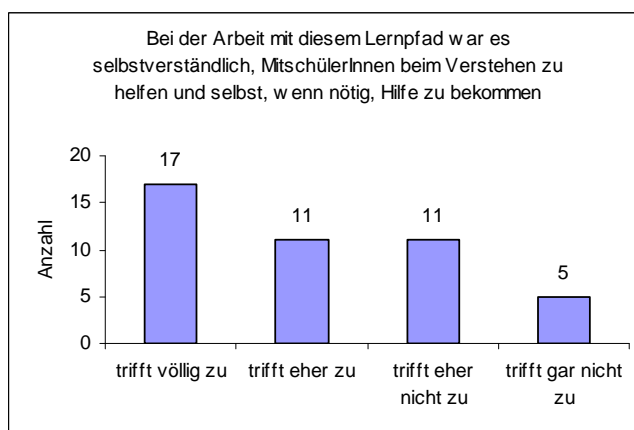
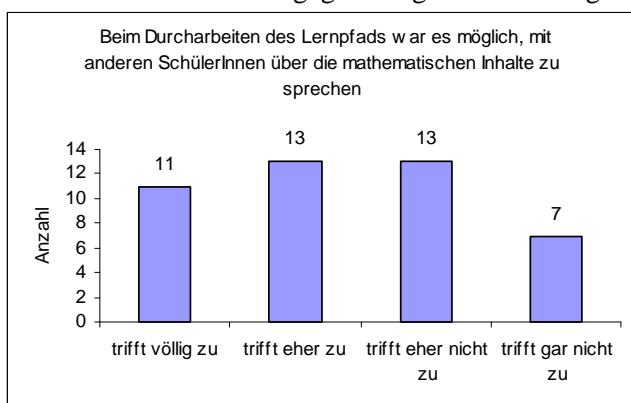
Rund 80% der Schüler/innen fühlten sich von den Aufgaben nicht überfordert, 20% hingegen stimmen der Aussage: „Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben hat mich nie überfordert“, eher nicht bzw. gar nicht zu.

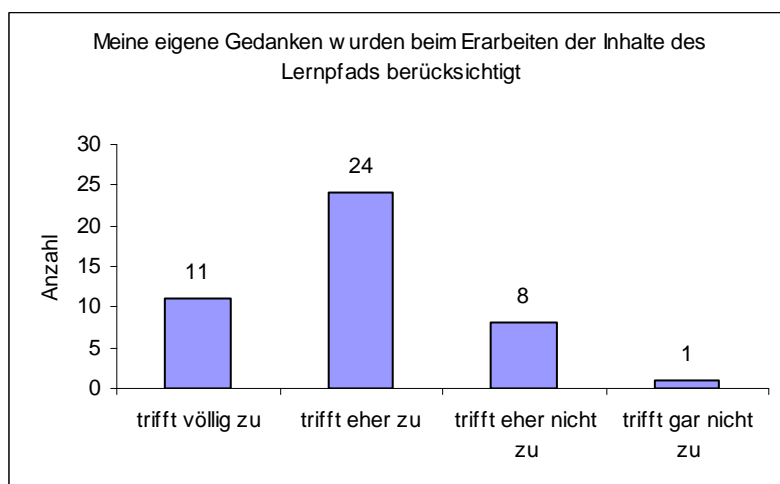
Jene neue Lernform, die durch die Lernpfade ermöglicht wird, fand bei den Schüler/innen durchwegs sehr guten Anklang. Der Unterricht wurde interessanter und abwechslungsreicher empfunden, fast alle Schüler/innen wollen weiterhin mit Lernpfaden in ihrem Mathematikunterricht arbeiten und würden dies auch ihren Freunden empfehlen.



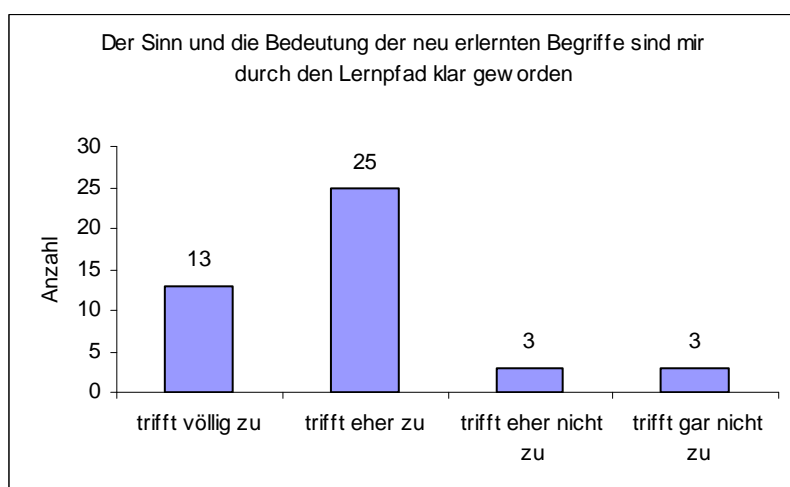


Etwa die Hälfte der Schüler/innen stimmt der Aussage: „Beim Durcharbeiten des Lernpfads war es möglich, mit anderen SchülerInnen über die mathematischen Inhalte zu sprechen“, völlig bzw. eher zu. 64% der Schüler/innen stimmen der Aussage: „Bei der Arbeit mit diesem Lernpfad war es selbstverständlich, MitschülerInnen beim Verstehen zu helfen und selbst, wenn nötig, Hilfe zu bekommen“, zu. Das heißt, diese Unterrichtsform fördert die Kommunikation und gegenseitige Hilfeleistung der Schüler/innen.

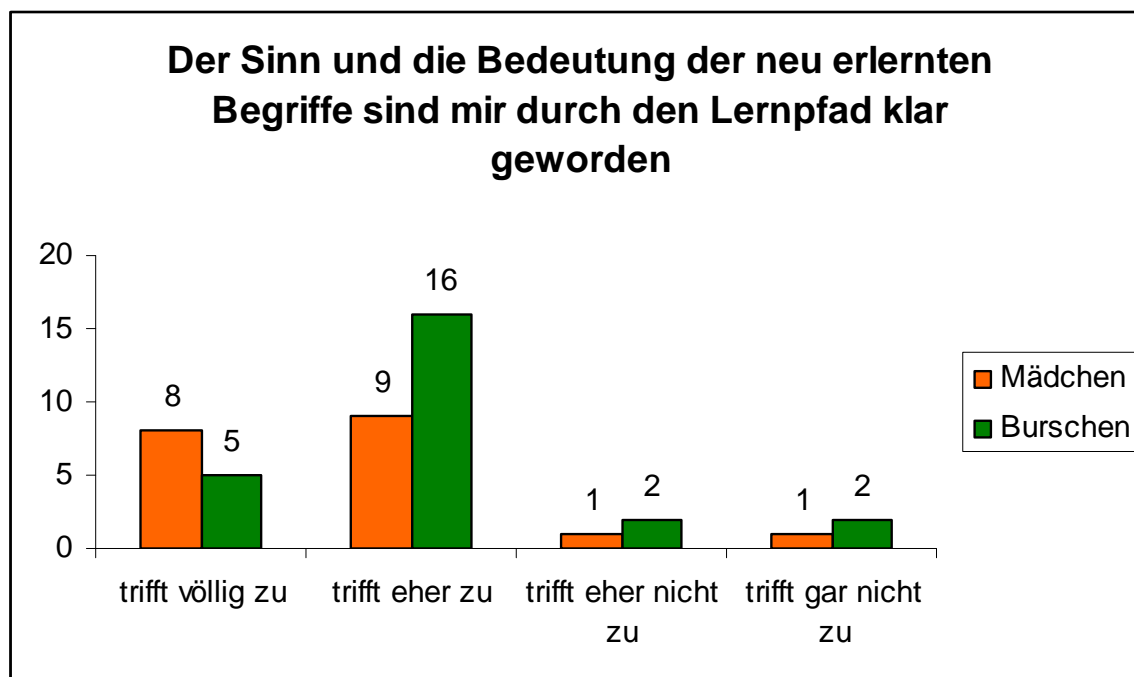




Zwischen 60% und 70% der Schüler/innen konnten beim Arbeiten mit dem Lernpfad ihre Ideen mit anderen austauschen, über ihr mathematisches Tun nachdenken und hatten den Eindruck, dass beim Erarbeiten der Inhalte ihre eigenen Gedanken berücksichtigt wurden.



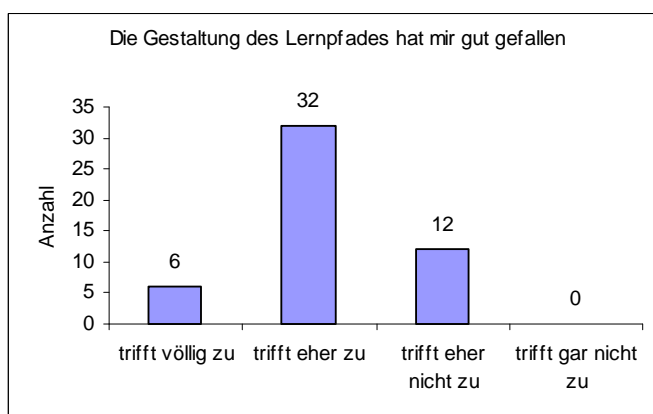
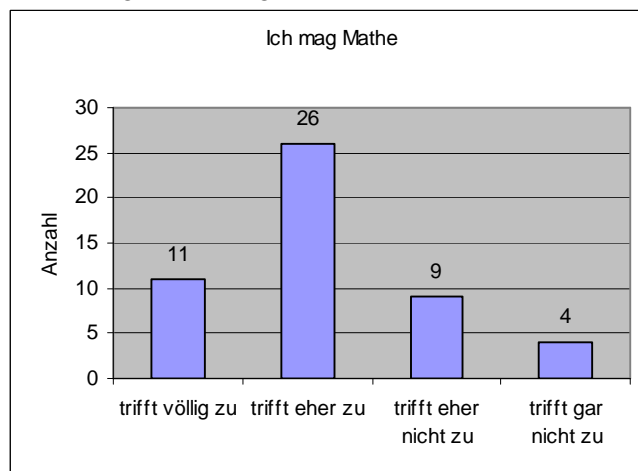
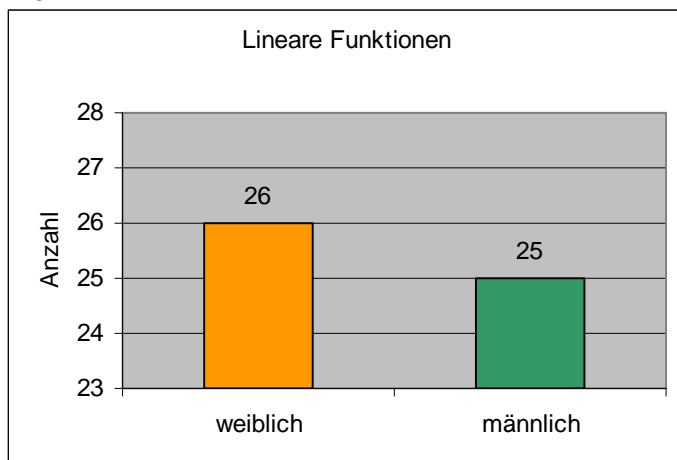
Überdurchschnittlich vielen Schüler und Schülerinnen sind der Sinn und die Bedeutung der neu erlernten Begriffe klar geworden.



Werden die Daten hinsichtlich der Sinnstiftung durch den Lernpfad getrennt nach Mädchen und Burschen analysiert, dann zeigt sich, dass für beide Geschlechter die Sinnstiftung – vermutlich aufgrund der im Lernpfad vorliegenden Lebensnähe – in hohem Maße gegeben ist.

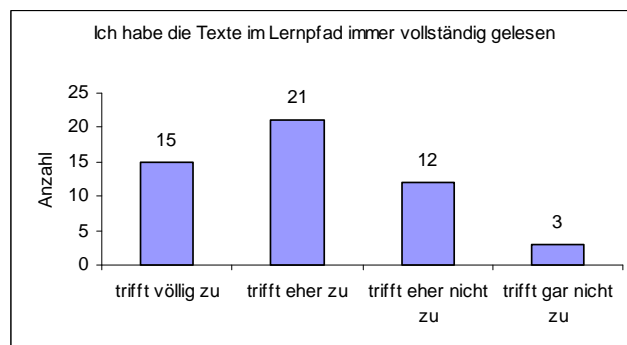
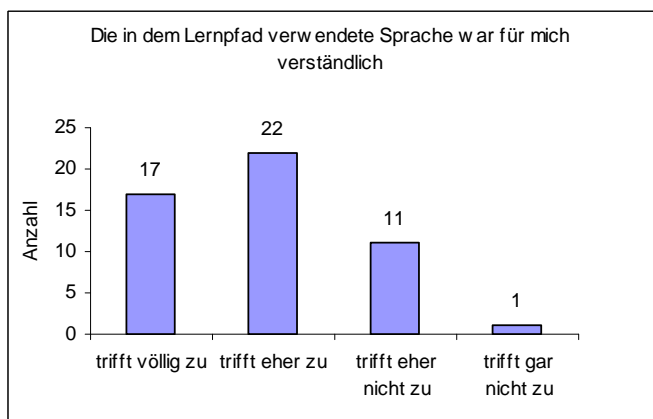
### 5.4.2. Schüler/innenfeedback – Mikro-Lernpfad „Lineare Funktionen“

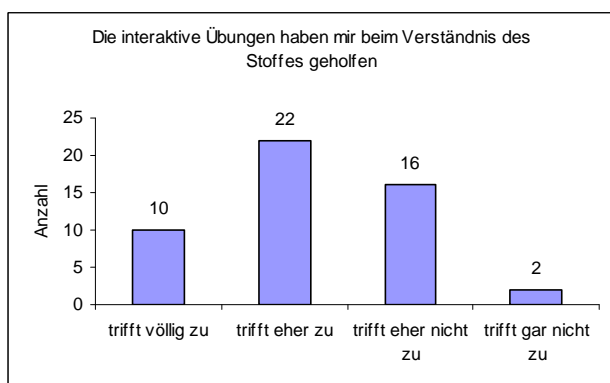
Insgesamt wurde der Lernpfad von 51 Schüler/innen evaluiert, etwa die Hälfte waren Mädchen und von den insgesamt 51 Schüler/innen stimmen weit mehr als die Hälfte der Aussage: „Ich mag Mathe“, zu.



Anders als beim Mikro-Lernpfad „Wetter – Temperaturkurven“ stimmen hier nun 6 Schüler/innen der Aussage: „Die Gestaltung des Lernpfades hat mir gut gefallen“ völlig zu, für 32 Schüler/innen (mehr als die Hälfte) trifft diese Aussage eher zu.

Obwohl die Sprache im Lernpfad für mehr als die Hälfte der Schüler/innen verständlich war, haben dennoch etwa 30% der Schüler/innen die kurzen Texte eher nicht vollständig gelesen.

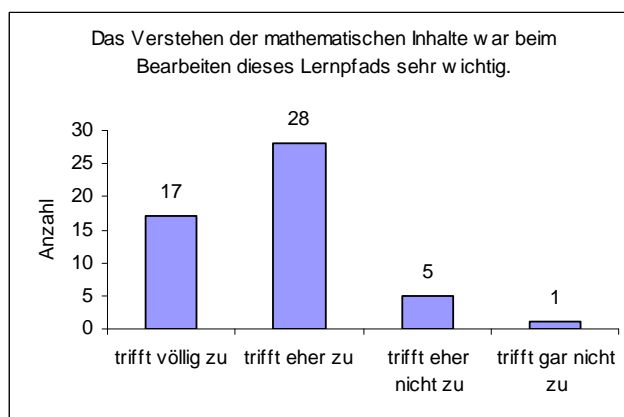
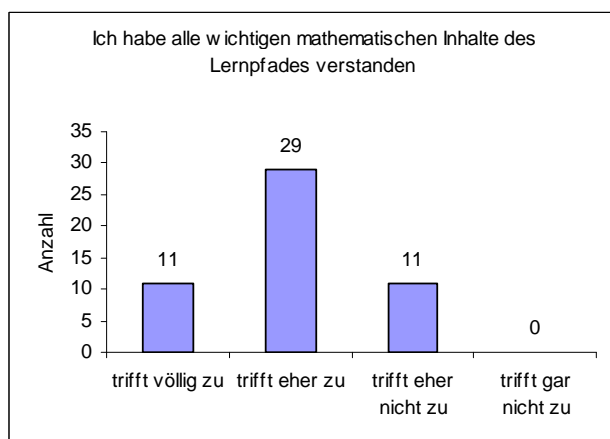
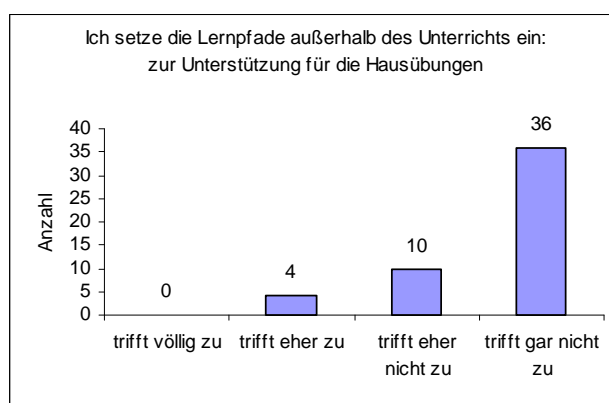
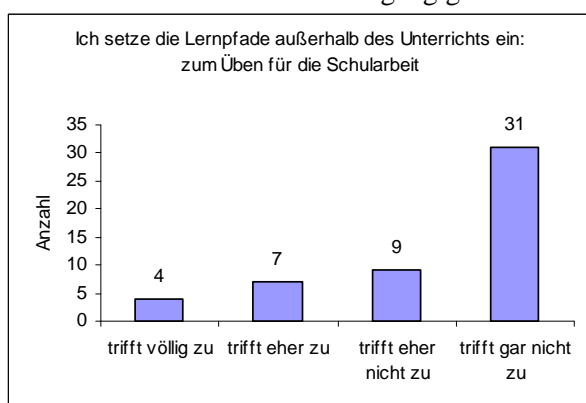


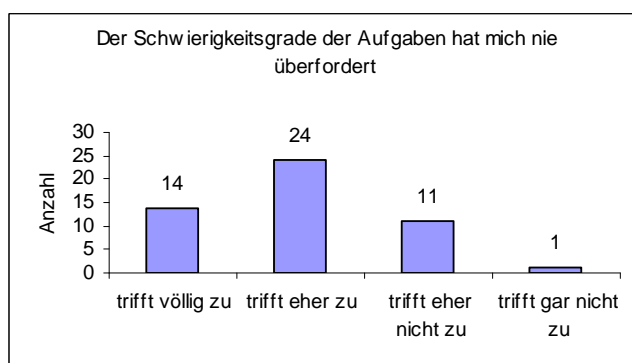


Auch bei der Aussage: „Die interaktiven Übungen haben mir beim Verständnis des Stoffes geholfen“, urteilen die Schüler/innen tendenziell anders als beim Mikro-Lernpfad „Wetter – Temperaturkurven“.

Insgesamt also wird die Qualität des Lernpfades von den Schüler/innen weniger positiv gesehen. Möglicherweise liegt das daran, dass die interaktiven Angebote ihr Potenzial nicht vollständig ausnützen und die gesamte Darbietung des Lerninhalts Schulbuchcharakter hat.

Grundsätzlich hat sich ja bisher schon gezeigt, dass die Lernpfade außerhalb des Unterrichts selten von den Schüler/innen genutzt werden. Hier fällt jedoch auf, dass der Anteil jener Schüler/innen, die die Online-Materialien gar nicht zuhause nützen, sehr hoch ist. Möglicherweise liegt das daran, dass die im Lernpfad vermittelten Inhalte auch in den gängigen Schulbüchern zu finden sind.

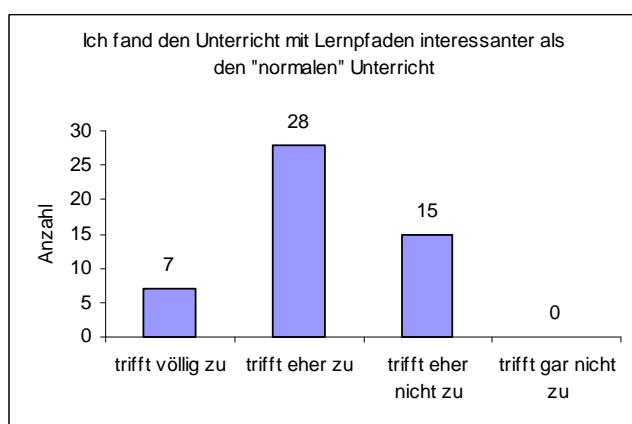




Die enorme Zustimmung zu den Aussagen: „Ich habe alle wichtigen mathematischen Inhalte des Lernpfades verstanden“, „Das Verstehen der mathematischen Inhalte war beim Bearbeiten dieses Lernpfades sehr wichtig“ sowie „Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben hat mich nie überfordert“, überrascht.

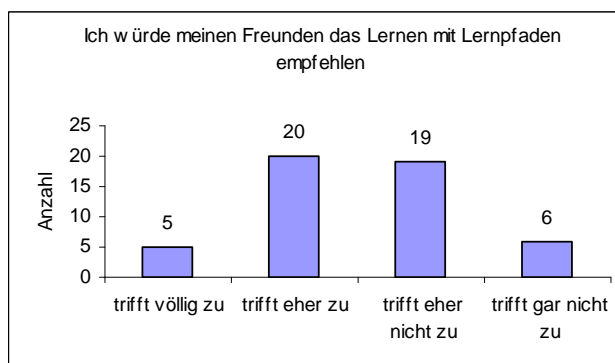
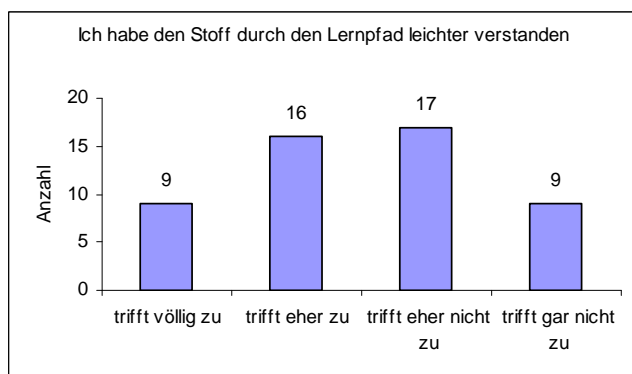
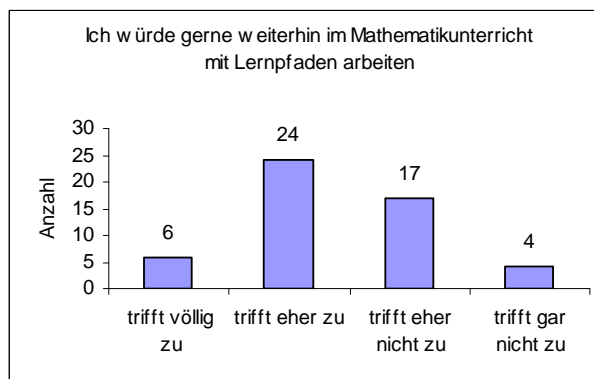
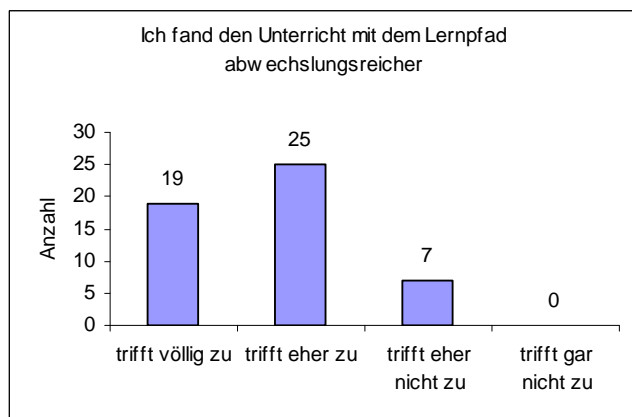
Wenn wir davon ausgehen, dass die Schüler/innen zum ersten Mal mithilfe dieses Lernpfades an das Thema „Lineare Funktionen“ herangeführt wurden, dann gelingt es dem Lernpfad die grundlegenden Inhalte sehr gut zu vermitteln.

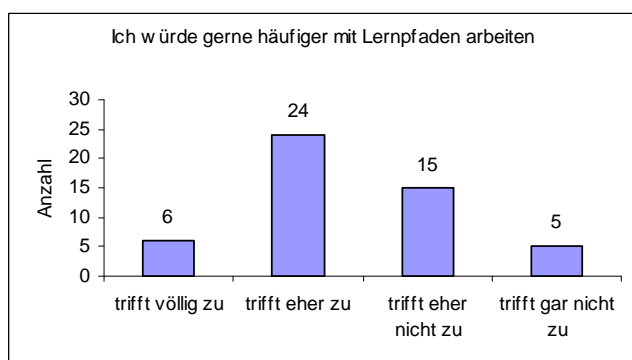
Gehen wir aber davon aus, dass die Schüler/innen das Material zur Wiederholung nutzten, dann wäre auch aufgrund der obigen Daten, die Interpretation, dass der Lernpfad die Schüler/innen unterfordert bzw. gelangweilt hat, durchaus zulässig.



Erstaunlich ist, dass weit mehr als die Hälfte der Schüler/innen den Unterricht mit dem Lernpfad abwechslungsreicher empfinden, aber nicht unbedingt interessanter.

Auch das Interesse, weiterhin mit Lernpfaden zu arbeiten, weicht deutlich (negativ) von anderen Lernpfaden ab.

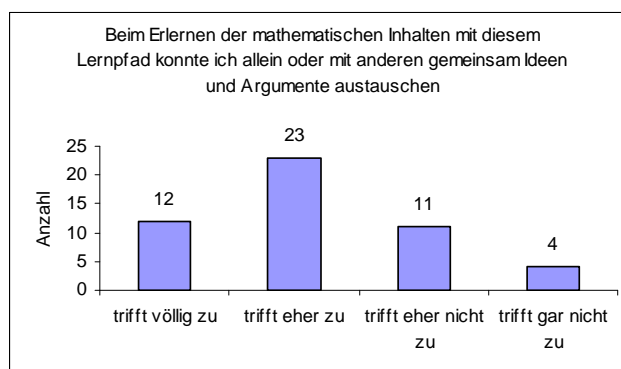
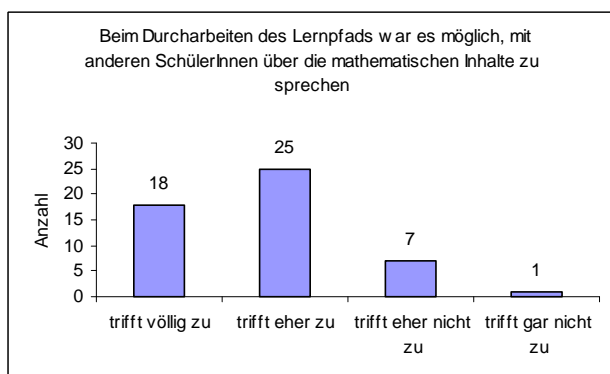




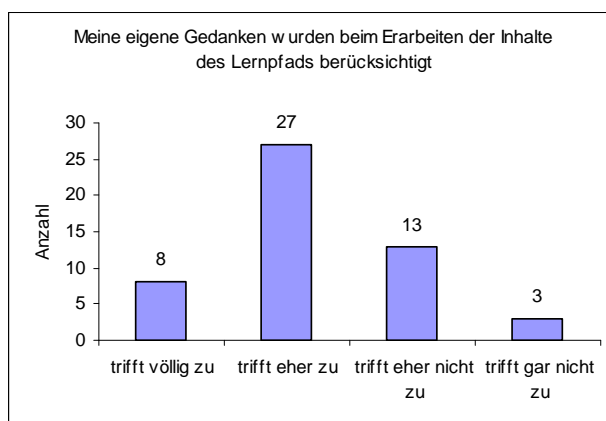
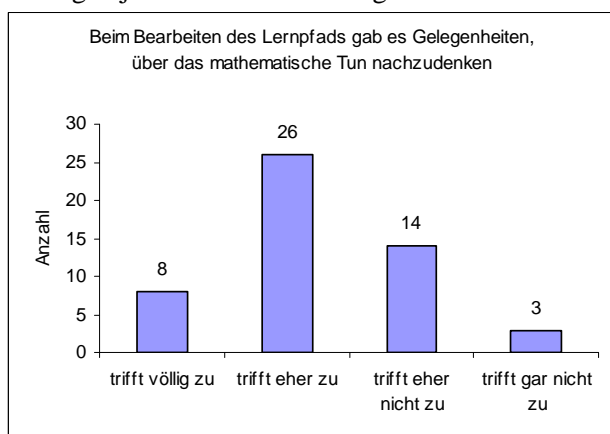
Rund die Hälfte der Schüler/innen hat den Stoff durch den Lernpfad leichter verstanden, würde das Lernen mit Lernpfaden Freunden empfehlen und gerne häufiger mit Lernpfaden arbeiten.

Auch hier heben sich die Ergebnisse deutlich (negativer) von denen des Mikro-Lernpfades „Wetter – Temperaturkurven“ ab.

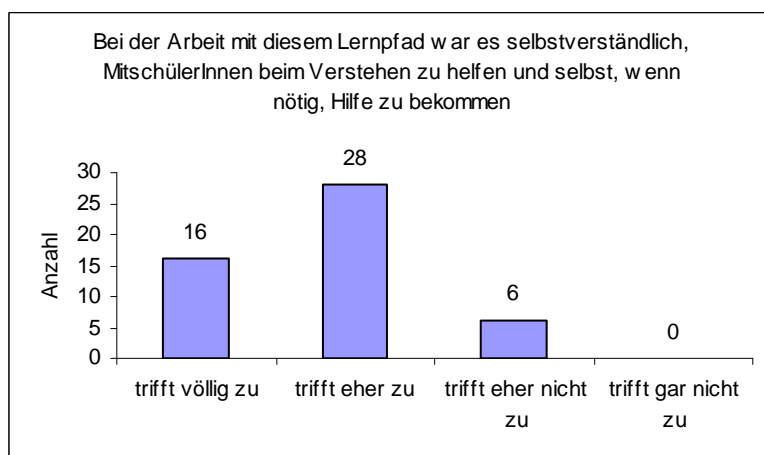
Etwas mehr als die Hälfte der Schüler/innen konnte beim Arbeiten mit dem Lernpfad mit den Mitschüler/innen kommunizieren sowie Ideen und Argumente austauschen.



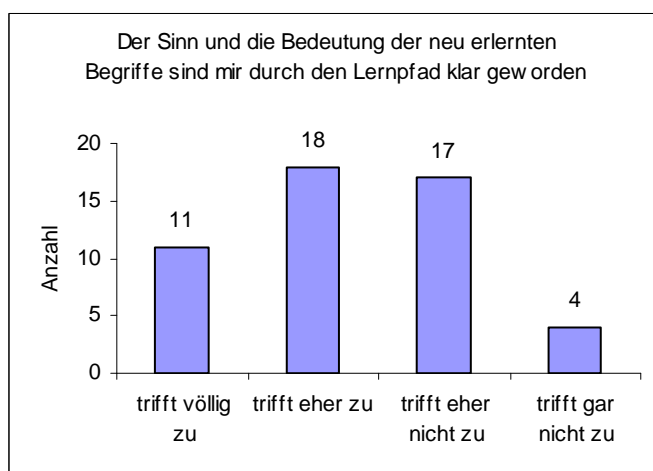
Rund die Hälfte der Schüler/innen stimmt den Aussagen: „Beim Bearbeiten des Lernpfades gab es Gelegenheit, über das mathematische Tun nachzudenken“ und „Meine eigenen Gedanken wurden beim Erarbeiten der Inhalte des Lernpfades berücksichtigt“ eher zu. Ein Drittel der Schüler/innen stimmt diesen Aussagen jedoch eher nicht bis gar nicht zu.





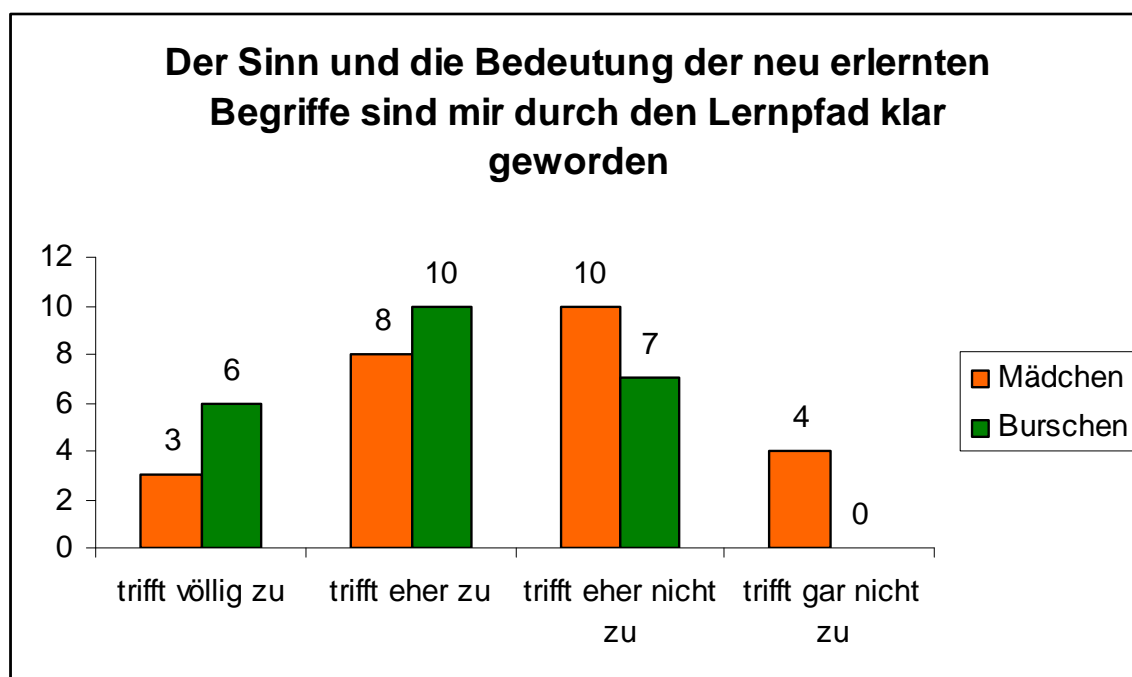


Erfreulich ist, dass enorm viele Schüler/innen der Aussage: „Bei der Arbeit mit diesem Lernpfad war es selbstverständlich MitschülerInnen beim Verstehen zu helfen und selbst, wenn nötig, Hilfe zu bekommen“, zustimmen.



Der Sinn und die Bedeutung der neu erlernten Begriffe sind der Hälfte der Schüler/innen eher, der anderen eher nicht klar geworden.

Möglicherweise braucht es für die Stiftung von Sinn und Bedeutung für die Schüler/innen ähnlich lebensnahe Aufgabenstellungen wie beim Mikro-Lernpfad „Wetter – Temperaturkurven“.



Werden die Daten hinsichtlich der Sinnstiftung durch den Lernpfad getrennt nach Mädchen und Burschen analysiert, dann zeigt sich, dass der Lernpfad für 16 von 23 Burschen sinnstiftend ist, bei den Mädchen gelingt dies nur für 11 von 25. Der Trend, dass die Stiftung von Sinn und Bedeutung für die Schülerinnen eher lebensnahe Aufgabenstellungen wie beim Mikro-Lernpfad „Wetter – Temperaturkurven“ braucht, scheint sich abzuzeichnen.

## 5.5. LEHRER/INNENFEEDBACK

Beim Online-Lehrer/innenfeedback haben im Rahmen des Projekts 29 Lehrer/innen die Lernpfade evaluiert. Die nun folgende Auswertung ist in fünf Punkte unterteilt. Im ersten Abschnitt werden die 13 Lernpfade aufgezählt, für die eine Rückmeldung eingegangen ist. In den Abschnitten zwei und drei wird auf die Lehrer/innenprofile dezidiert eingegangen (Alter und Geschlecht). Anschließend werden die Schulform und die Bewertung der Lernpfade und Lernleistung beschrieben.

### 5.5.1. Lernpfade

Die 29 Lehrer/innen haben von den 13 Lernpfaden folgende (zum Teil mehrfach) evaluiert:

Schnittstellenlernpfad Volksschule Sek I	2 Lehrer/innen
Wetter –Temperaturkurven	7 Lehrer/innen
Mikrolernpfad Direkte/Indirekte Proportionalität	7 Lehrer/innen
Lineare Funktionen	4 Lehrer/innen
Schnittstellenlernpfad Sek I/II	3 Lehrer/innen
Potenzfunktion	2 Lehrer/innen
Mikrolernpfad Quadratische Funktionen	3 Lehrer/innen
Exponential- und Logarithmusfunktion	2 Lehrer/innen
Mikrolernpfad Trigonometrische Funktionen	1 Lehrer/in
Differenz-/Differenzialgleichung entspricht Diskret/Kontinuierlich	2 Lehrer/innen
Dreiecksverteilung	0 Lehrer/innen
Poissonverteilung	0 Lehrer/innen
Sekundarstufe 2/Hochschule	0 Lehrer/innen

Die beiden Lernpfade „Mikrolernpfad Direkte/Indirekte Proportionalität“ und „Wetter –Temperaturen“ sind jeweils 7-mal getestet worden, gefolgt von dem Lernpfad Lineare Funktionen (4-mal). Aus der oben aufgeführten Liste wird ersichtlich, dass die Lernpfade in der Sek I (5.-8. Schulstufe) besonders häufig eingesetzt worden sind. Der Grund für das Testgefälle zwischen dem Sek I- und dem Sek II-Bereich ist vermutlich der Tatsache geschuldet, dass die Lernpfade im Sek I-Spektrum früher fertig waren und die Testphase somit wesentlich länger als im Sek II-Bereich gewesen ist.

### 5.5.2. Alter

Bezogen auf alle getesteten Lernpfade lässt sich das Durchschnittsalter 47 Jahre bei den Lehrer/innen isolieren. Da es in der Rückmeldungsphase drei Mal zu Mehrfachnennungen gekommen ist, d.h. drei Lernpfade wurden von einem/einer Lehrer/in mehrfach im Schulkontext eingesetzt, liegt das Durchschnittsalter bei einer Nennung pro Lehrer/in bei 46 Jahren.

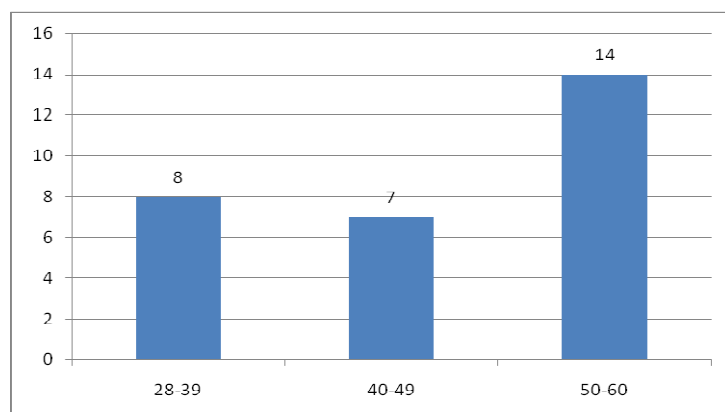


Abbildung 1: Lehrer/innen & Alter

Die Verteilung der Lernpfade über die drei Altersgruppen hinweg ist wenig überraschend. Die Alterverteilung entspricht im Kern dem Durchschnittsalter von Lehrer/innen in der Mathematik (in Österreich) und Deutschland<sup>6</sup>.

Während in der BRD Neue Medien eher von der jüngeren Generation Lehrer/innen erprobt und eingesetzt werden, lässt sich dieser Altersfaktor in Österreich nicht nachweisen. In Österreich sind Schulungen zur Medienkompetenz von Lehrer/innen schon in den 80er Jahren umfassend umgesetzt worden. Daher ist der hohe Beteiligungsgrad von (älteren) Lehrer/innen ab 50 Jahre (14 Nennungen; siehe oben) kaum überraschend. Verstärkt wird dieser altersspezifische Beteiligungsgrad auch dadurch, dass auf Testlehrer/innen zurückgegriffen wurde, die schon in vielen Vorgängerprojekten (CAS, Medienvielfalt) eingebunden waren. Welche Rolle das informelle Informationsmanagement spielt, das einen höheren Einbindungsgrad von älteren Lehrer/innen in schulischen Netzwerken und Gremien mit sich bringt, kann an dieser Stelle nur als vorsichtige Vermutung geäußert werden. Da die ältere Generation routinierter im Umgang mit der Lehre agiert, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese – bei vorhandener Medienkompetenz – im Unterrichtskontext etwas mehr Spielraum haben, um neue (Medien-)Angebote auszuprobieren. (Zeitfaktor) Diese These wird allein schon dadurch erhärtet, dass 3 Testlehrer/innen – im Alter von 50, 52, 57 – gleich mehrere Lernpfade bearbeitet und bewertet haben.

### 5.6.3. Geschlecht

Werden die Daten der Lehrer/innenbefragung unter dem Aspekt Gender ausgewertet, kristallisiert sich folgendes Ergebnis heraus:

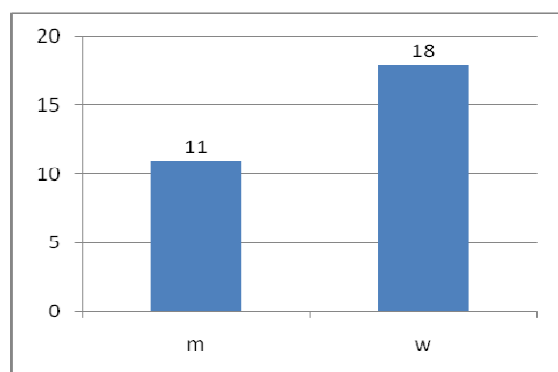


Abbildung 2 : Lehrer/innen & Geschlecht

Von den 29 Lehrer/innen haben sich 11 männliche und 18 weibliche Lehrer/innen an der Evaluation beteiligt. Dies entspricht keinesfalls dem Geschlechterverhältnis innerhalb der Mathematik. Im schulischen Kontext gibt es – insgesamt gesehen – heute (noch) mehr männliche als weibliche Mathematiklehrer/innen. Erst in den letzten Jahren hat es eine Verschiebung des Geschlechterverhältnisses gegeben. Seit ca. 2004 entscheiden sich sogar zumindest in der BRD mehr junge Frauen für die Mathematik als junge Männer.

<sup>6</sup> Vgl. dazu u.a. Studie vom Bayerischen Staatsministerium. Dort liegt das Durchschnittsalter von Lehrer/innen an Gymnasien im Fach Mathematik in Bayern bei 46 Jahren. (Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Statistikabteilung; Stand 2007)

Diagramm Studienanfängerinnen und Studienanfänger Mathematik 1975 - 2008

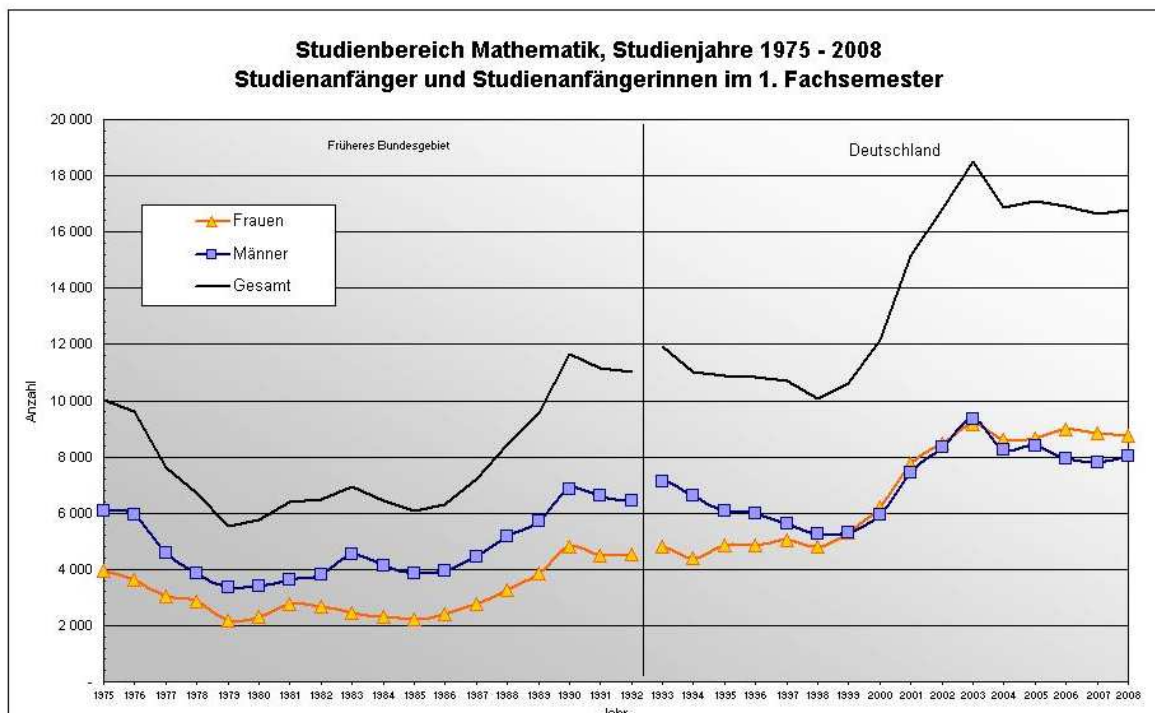


Abb. 3: Studienanfänger/innen Mathematik & Geschlecht

Quelle : [http://www.kompetenzz.de/layout/set/print/\(image\)/13350](http://www.kompetenzz.de/layout/set/print/(image)/13350) (Zugriffsdatum. 27.11.2009)

Warum werden die Lernpfade von Lehrerinnen etwas häufiger eingesetzt als von Lehrern, kann derzeit jedoch nicht eindeutig begründet werden.

#### 5.5.4. Schulform

Mit Blick auf die Schulform lässt sich feststellen, dass die Lernpfade in verschiedenen Schulformen<sup>7</sup> zum Einsatz kamen. Die Lernpfade sind so konzipiert, dass diese direkt in den schulischen Unterricht eingebunden werden können. Einige Lernpfade sind ausschließlich im AHS Bereich eingesetzt worden, andere sind im BHS Sektor und wiederum andere in mehreren Schultypen, insbesondere aus dem Sek I-Bereich.

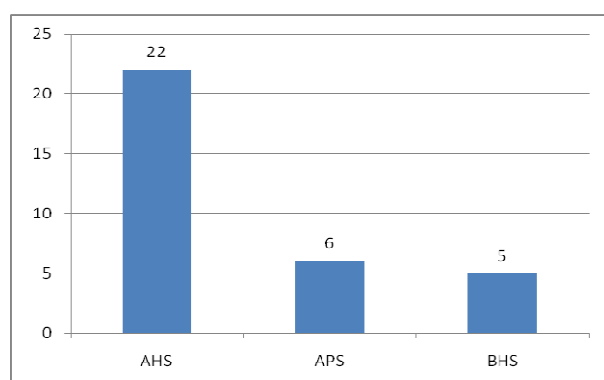


Abb. 4. Schulform

<sup>7</sup> Zur Erläuterung der Schulformen, anbei eine kurze Zusammenfassung der Abkürzungen:

AHS = Allgemeine Höhere Schule (Gymnasium, Realgymnasium), 5.-12. Schulstufe

APS = Allgemeine Pflichtschule (Hauptschule und Neue Mittelschule), 5.-8.Schulstufe

BHS = Berufsbildende Höhere Schule (Berufsschule), 9.-13.Schulstufe

Aus der Grafik wird deutlich, dass die Lernpfade am häufigsten in den Allgemeinen Höheren Schulen (AHS) eingesetzt wurden. Mit 22 Nennungen scheinen die Lernpfade besonders gut die Lehrer/innen AHS Bereich anzusprechen.

### 5.5.5. Bewertung der Lernpfade und Lernleistung

Im Folgenden werden die Ergebnisse dargestellt, die sich auf die Antworten der Lehrer/innen in Bezug auf die Lernpfade herausarbeiten lassen. Auf die Frage: „Wie schätzen Sie die Situation in Ihrer Klasse nach Durchführung des Lernpfades ein?“<sup>8</sup> lassen sich folgende Antwortmuster bei den Lehrer/innen abbilden: Wichtig ist hervorzuheben, dass die Lehrer/innen Ihre Einschätzungen zu vier Dimensionen (Inhalt, Technik, Didaktik und Lernleistung) abgeben sollten.

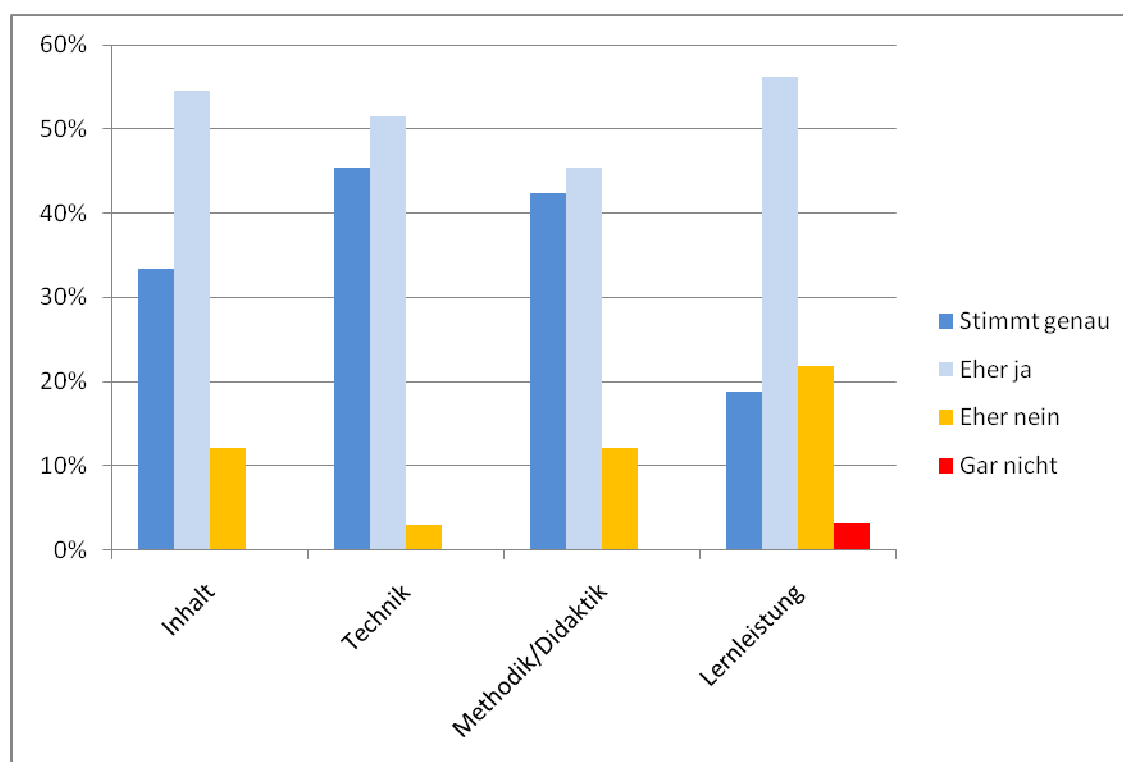


Abbildung 5: Bewertung Inhalt/Technik/Didaktik/Lernleistung

Auffällig ist, dass die Lernpfade in allen Dimensionen (Inhalt, Technik, Didaktik, Lernleistung) von den Lehrer/innen durchgängig positiv bewertet wurden. Damit ist ein wesentliches Ziel der Lernpfadentwicklung erreicht worden.

Wenn die einzelnen Dimensionen betrachtet, lassen sich folgende Aspekte herausarbeiten:

- Laut der Einschätzung der befragten Lehrer/innen wurden die Schüler/innen durch die inhaltlichen Aspekte gut bis sehr gut angesprochen.
- Vor allem die technischen Aspekte der Lernpfade wurden von den Lehrer/innen als besonders schüler/innenorientiert eingeschätzt (Zustimmung 95%).
- Auch die methodisch-didaktische Vorgehensweise wurde von ihnen als besonders geeignet beurteilt.

<sup>8</sup> Die **inhaltlichen Aspekte** haben die Schüler/innen besonders angesprochen!

Die **technischen Aspekte** waren besonders schüler/innenorientiert!

Die **methodisch/didaktische Vorgehensweise** war für Schüler/innen besonders geeignet!

Die **Lernleistung** der Schüler/innen war besonders gut!

- Hervorzuheben ist die Einschätzung der Lehrer/innen über die Lernleistung der Schüler/innen: 75% der Lehrer/innen stimmen der Aussage zu, dass die Lernleistung der Schüler/innen besonders gut war. Lediglich bei einem Lernpfad wurde nach Einschätzung des Lehrers keine Lernleistung der Schüler/innen erreicht. Dies lag aber ausschließlich an der Zielgruppe: „Die Ableitung zum logistischen Wachstum ist für HAK-Schülerinnen zu ‚massiv‘. Insgesamt scheint der Zugang mehr für Gymnasiasten/innen ausgerichtet zu sein.“

Die Antworten der Lehrer/innen gehen einher mit der Einschätzung der Expert/innen, dass die technischen Aspekte der Lernpfade sehr ausgereift sind und keine Änderungen notwendig sind. Abweichungen lassen sich in den Antwortmustern der Lehrer/innen und Expert/innen in den inhaltlichen Aspekten und der methodisch/didaktischen Vorgehensweise erkennen. So wurde insbesondere die methodisch-didaktische Vorgehensweise von Lehrer/innen nicht in Frage gestellt, während die Expert/innen Verbesserungsvorschläge gerade in diesem Bereich angebracht haben.

## 5.6. WISSENSTESTS

Die Wissenstests für die Lernpfade der SEK 1 wurden im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Wien erstellt. Um dabei eine ganzheitliche Beurteilung von Lernmaterialien und Lernmethoden zu gewinnen, gehört neben der Qualitätskontrolle, auch die Verifizierung eines nachhaltigen Lernzuwachses. Die exakte Verifizierung des tatsächlichen Lernzuwachses lässt sich aufgrund breit gestreuter Testklassen unterschiedlicher Schulen, Regionen und Länder nur schwer messen. Die Entwicklung der Wissenstests beruht darauf, die Grundvorstellungen des/der Schüler/in in Form verschiedener Fragestellungen zu prüfen. Darauf wurden auf die formulierten Ziele in den didaktischen Kommentaren der Lernpfade Rücksicht genommen und auch die Bildungsstandards als Leitfaden für zu erwerbende Kenntnisse herangezogen.

Um eine Vergleichbarkeit und einheitliches Design der Fragestellungen für ähnliche Projekte zu gewährleisten, wurden unter Berücksichtigung der Möglichkeiten mit dem Computer zu kommunizieren und unter Berücksichtigung der technischen Ausstattung von Schulen, Richtlinien erstellt.

Die Wissenstests für die Lernpfade der SEK 2 orientieren sich ebenfalls an dem mit dem Lernpfad zu erwerbendem Wissen sowie an den Bildungsstandards für die SEK 2. Sie sind jedoch nicht in der selben Deutlichkeit wie jene der SEK 1 beschrieben.

### 5.6.1. Wissenstests – Allgemeine Beschreibung

#### Visuelle Wahrnehmung

Die Ausgabe am Bildschirm schafft die Möglichkeit, Fragen zu stellen, die mit Hilfe des Sehens erfasst und gelöst werden können. Hier besteht auf den ersten Blick kaum ein Unterschied zu herkömmlichen Tests, jedoch kann durch Animation der Stoff dynamisch dargestellt werden. Bilder, Videos und Flashanimationen eignen sich, um die Augen als Sinn einzusetzen. Assoziationen zur realen Welt erfolgen zu einem großen Teil durch die Visualisierung einer solchen.

Beim Einsatz von Videos muss die Einbindung aus Youtube oder MyVideo erfolgen. Der Player der zuvor genannten Plattformen lässt sich problemlos als Flashfile einbetten. Die Kompatibilität zu allen gängigen Browsern ist somit gegeben. Bei der Einbettung eines selbst erstellten Flashfiles ist dieses auf allen Plattformen zu testen. Ganz besonders muss auf Urheberrechte geachtet werden, um nicht geschütztes Material illegal zu missbrauchen. Die Länge des Videos muss zur verfügbaren Zeit des Tests addiert werden, um die endgültige Zeitspanne für den Test zu bestimmen.

#### Auditive Wahrnehmung

Der Einsatz von Audio Dateien wird als moderner Ansatz im Mathematikunterricht angewendet. Eine funktionale Abhängigkeit zu hören, dient als einmalige Möglichkeit auch den Hörsinn für einen Lernprozess zu verwenden. Ein weiterer wichtiger Aspekt in Zeiten des MP3 Players und eines wahren

Musiküberangebots ist es, Tonfolgen oder Geräusche in einen mathematischen Aspekt zu bringen und somit auch die Mathematik in die Welt der SchülerInnen zu bringen. Jeder Ton muss sich eindeutig vom vorherigen Ton unterscheiden. Ein exakter Abstand (z.B. Terz: 3 Töne) ist bei einer Frage nicht einzusetzen.

Auf die Ausstattung einer Schule muss Rücksicht genommen werden. Sind z.B. keine Kopfhörer vorhanden muss es zu Beginn des Tests eine Möglichkeit geben auditive Wahrnehmungsfragen zu vermeiden. Für einen alternativen musikalischen Zugang kann eine Tonfolge auf einem Notenblatt notiert werden und dieses als Bilddatei angezeigt werden.

### **Haptische Wahrnehmung**

Einen Großteil der Zeit verbringen die Schüler vor analogen Materialien, wie Papier und Stift. Dieser Aspekt darf natürlich nicht in einem Test fehlen, da er der „normalen“ Situation im Unterricht am nächsten kommt. Somit sind auch Fragestellungen zu formulieren, die ohne Computer gelöst werden müssen. Besonders geeignet sind dabei Beispiele, bei denen die Steigung eines Graphen oder der Abstand von einem bestimmten Punkt gefragt sind. Die Fragestellung kann eine ungefähre Skizze enthalten. Für die Lösung muss die geforderte Zeichnung jedoch auf einem Blatt gezeichnet werden. Für Abweichungen, die durch unexaktes Zeichnen auftreten können, muss bei den Antworten ein gewisser Spielraum berücksichtigt werden.

Beim Einsatz eines Beispiels, dessen Lösung sich nicht mit dem Computer konstruieren lässt, müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Die Eindeutigkeit der Lösung muss gegeben sein.
- Eine offene Frage lässt sich nicht automatisiert auswerten.
- Falls es zur Verwendung von gerundeten Werten kommen könnte oder falls eine Zeichnung anzufertigen ist, muss bei den Lösungen ein gewisser Spielraum gegeben sein. Dafür muss vom Ersteller des Wissenstests auf jede Art von Rundungsfehlern Rücksicht genommen werden und diese entsprechend in der oberen Toleranzgrenze und unteren Toleranzgrenze eingebunden werden. Im Falle einer Zeichnung muss der Ersteller des Wissenstests Toleranzgrenzen erstellen. Diese kann je nach Schulstufe variieren, muss jedoch so gewählt werden, dass diese eindeutig als Lösung verifiziert werden kann.

### **Ausführung und Beschreibung der Wissenstests**

Die Ergebnisse der Entwicklung der Wissenstests werden in den nächsten Abschnitten präsentiert. Jedes der Beispiele enthält in der detaillierten Beschreibung folgende Punkte:

- Visuelle Realisierung
- Beschreibung
- Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

Der Bezug zu den Bildungsstandards wird mittels „Ich kann...“ Statements am Ende jedes Wissenstests hergestellt. Eine Kennzahl vor diesem Statement verweist auf die jeweilige Dimension der Bildungsstandards. Diese Abkürzungen sind wie folgt zu verstehen.

#### **A. Handlungsdimension (Allgemeine mathematische Kompetenzen)**

- A1: Darstellen, Modellbilden
- A2: Operieren, Rechnen
- A3: Interpretieren und Dokumentieren
- A4: Argumentieren und Begründen

#### **B. Inhaltliche Dimension (Inhaltliche mathematische Kompetenzen)**

- B1: Arbeiten mit Zahlen und Maßen
- B2: Arbeiten mit Variablen und funktionalen Abhängigkeiten
- B3: Arbeiten mit Figuren und Körpern
- B4: Arbeiten mit statistischen Kenngrößen und Darstellungen

#### **C. Überfachliche Kompetenzen und Standards**

- C1: Autonomes Lernen
- C2: Arbeitstechniken, Methodenkompetenzen
- C3: Kooperatives Handeln
- C4: Kritisches Denken und Reflektieren



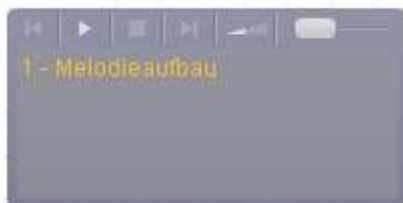
### 5.6.1.1. Schnittstelle – Volksschule – SEK1

#### Aufgabe 1)

#### Visuelle Realisierung

##### Aufgabe 1)

Wenn du auf den Play Button drückst, hörst du einen Melodieaufbau. Die Melodie startet mit einem Ton. Danach wird bei jedem Takt ein gewisse Anzahl von Tönen hinzugefügt.



##### Bedienung des Players:

Wenn Du die Musik nochmal abspielen willst, musst Du zuerst den "Stop" - Button drücken und danach wieder auf "Play".

**1.1) Frage:** Um wieviele Töne wird die Melodie erweitert ?

**Antwort:** Die Melodie erweitert sich nach jeder Wiederholung um  Töne.

**1.2) Frage:** Wie viele Töne würden bei einer erneuten Wiederholung ertönen?

**Antwort:** Es würden  Töne zu hören sein.

#### Beschreibung

Diese Aufgabe befasst sich mit der Erkennung eines Melodieaufbaus. Der Hintergrund dieser ist es durch auditive Wahrnehmung (Alternativ: visuell) einen Zuwachs zu erkennen. Bei der ersten Frage soll erkannt werden, um wie viele Töne sich die Melodie nach der Wiederholung erweitert. Dieser Wert wird auch für die zweite Aufgabe Verwendung finden, da der/die SchülerIn die Anzahl der Töne bei einer erneuten Wiederholung angeben müssen.

Falls keine Kopfhörer vorhanden sind, wird statt der Audiowiedergabe ein Notenblatt verwendet, um aufgrund dieses Notenblattes den Zuwachs zu ermitteln.

### Aufgabe 1)

Du siehst ein Notenblatt vor dir. Nach jedem Takt kommt eine gewisse Anzahl von Tönen hinzu.



**1.1) Frage:** Um wieviele Töne wird die Melodie erweitert ?

**Antwort:** Die Melodie erweitert sich nach jeder Wiederholung um  Töne.

**1.2) Frage:** Wie viele Töne würden im nächsten 5. Takt sein?

**Antwort:** Es würden  Töne im 5. Takt sein.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. aus einer bildlichen Darstellung eine Grundrechnungsart erkennen
2. zahlenmäßige Veränderungen erkennen und verbal beschreiben
3. einfache funktionale Abhängigkeiten erkennen und beschreiben
4. einfache Teilaufgaben lösen

## Aufgabe 2)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 2)

Ein Gummibär alleine kann leider keine Bande gründen. So wartet er auf dem Spielplatz auf weitere Freunde. Jede Stunde kommen neue Gummibären. Klick auf die blauen Buttons, um die anderen Gummibären nach 1,2 und 3 Stunden anzuzeigen.



Neu Starten

1. Stunde

2. Stunde

3. Stunde

**2.1) Frage:** Wie viele Gummibären sind nach der 3. Stunde am Spielplatz?

**Antwort:** Nach der 3. Stunde befinden sich  Gummibären auf dem Spielplatz.

**2.2) Frage:** Wie viele Gummibären kommen jede Stunde hinzu ?

**Antwort:** Es kommen  Gummibären jede Stunde hinzu.

### Beschreibung

Aufgabe 2 greift das Konzept des Lernpfades auf, in dem durch eigenhändiges Drücken eine Veränderung sichtbar wird. In diesem Fall sieht man sich eine Entwicklung nach der 1., 2. und 3. Stunde an. Das erste Teilbeispiel fragt nach der Anzahl nach der 3. Stunde des Wartens. Beim 2. Teilbeispiel wird nach der zahlenmäßigen Veränderung jeder Stunde gefragt.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. aus einer bildlichen Darstellung eine Grundrechnungsart erkennen
2. zahlenmäßige Veränderungen erkennen und verbal beschreiben
3. einfache funktionale Abhängigkeiten erkennen und beschreiben
4. einfache Teilaufgaben lösen

### Aufgabe 3)

#### Visuelle Realisierung

##### Aufgabe 3)

Maria geht mit ihrem Vater zum Kinder-Friseur Haare schneiden. Beim Empfang sagt ein Angestellter zu ihnen: *„Leider müsst ihr noch eine Stunde warten. Wir haben heute nur einen Mitarbeiter hier, der die Haare schneidet. Dieser braucht 20 Minuten, um einem Kind die Haare zu schneiden. Ein Kind hat gerade Platz genommen.“*

**3.1) Frage:** Wie viele Kinder, inklusive dem Kind das gerade Platz genommen hat, kommen noch vor Maria dran?

- ☐ 2 Kinder
- ☐ 3 Kinder
- ☐ 4 Kinder
- ☐ 5 Kinder

**3.2) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig ?

- ☐ Wären mehr Kinder vor Maria, würde Maria schneller drankommen.
- ☐ Wären mehr Mitarbeiter anwesend würde Maria noch länger warten.
- ☐ Wären mehr Mitarbeiter anwesend würde Maria früher drankommen

#### Beschreibung

Aufgrund der gegebenen Sachsituation ist es nötig alle wichtigen Kennzahlen der Sachsituation zu entnehmen. Die Idee dieses Beispiels ist es, eine Aussage für sich zu formulieren und diese richtig einzusetzen. „Je mehr, desto weniger“ (im Falle der Mitarbeiter) „Je weniger, desto weniger“ (im Falle der Kinder). Bei der 1. Frage wird nach der Anzahl der Kinder gefragt die aufgrund einer Zeitangabe noch vor Maria drankommen. Die Auswirkung einer Änderung der Bedingungen ist bei der 2. Frage zu erkennen und einzusetzen.

#### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. aus einer bildlichen Darstellung eine Grundrechnungsart erkennen
2. zahlenmäßige Veränderungen erkennen und verbal beschreiben
3. einfache funktionale Abhängigkeiten erkennen und beschreiben
4. einfache Teilaufgaben lösen

## Aufgabe 4)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 4)

Gegeben ist folgende Tabelle

Größe A	Größe B
1	5
2	10
3	20
4	40

**4.1) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Zu Beginn sind von Größe B 5 Stück vorhanden, bei jedem weiteren Schritt erhöht sich die Anzahl um 5 Stück.
- ☐ Zu Beginn sind von Größe B 10 Stück vorhanden, bei jedem Schritt verdoppelt sich die Stückanzahl.
- ☐ Zu Beginn sind von Größe B 5 Stück vorhanden, bei jedem Schritt verdoppelt sich die Stückanzahl.
- ☐ Zu Beginn sind von Größe B 5 Stück vorhanden, bei jedem Schritt verdreifacht sich die Stückanzahl.

### Beschreibung

Bei dieser Aufgabe soll durch eine gegebene Tabelle eine schrittweise Veränderung erkannt werden. Bei der Frage gilt es durch aufmerksames Lesen diese Veränderung verbal zu formulieren.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. zahlenmäßige Veränderungen erkennen und verbal beschreiben
2. einfache funktionale Abhängigkeiten erkennen und beschreiben
3. einfache Teilaufgaben lösen



## Aufgabe 5)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 5)

Kevin hat zu seinem Geburtstag einen Hasen bekommen.

Damit der Hase glücklich ist, benötigt er einen Käfig mit  $25\text{m}^2$  Fläche. Kevin überlegt einen quadratischen Käfig zu bauen. Kevin braucht deine Hilfe, um den Käfig zu bauen. Bestimme für Kevin die Seitenlänge des Käfigs.



**5.1) Frage:** Wie groß muss eine Seite des Käfigs sein, um eine Fläche von  $25\text{ m}^2$  zu erreichen?

**Antwort:** Eine Seite des Geheges muss  m lang sein.

**5.2) Frage:** Wie groß ist der Umfang des Käfigs?

**Antwort:** Der Umfang des Käfigs beträgt  m.

**5.3) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verdoppelt sich der Umfang.
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, vervierfacht sich der Umfang.
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verachtfacht sich der Umfang.

In diesem Beispiel soll durch eine Geschichte eine gewisse Sachsituation erfasst werden. Bei diesem Beispiel werden die Anforderungen insofern erhöht, da Begriffe wie Umfang und Flächeninhalt eines Quadrats vorausgesetzt werden. Bei der 1. Frage muss man durch die Wahl der richtigen Grundrechnungsart eine Seite des Geheges ausrechnen. Bei der 2. Frage soll der Umfang mit der zuvor ausgerechneten Seite bestimmt werden. Die möglichen Antworten der 3. Frage stellen die Beziehung der Seite mit dem Umfang her. Die richtige Antwort kann mittels Überlegung oder Nachrechnen gelöst werden.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. in Rechtecken funktionale Abhängigkeiten zwischen den Seitenlängen, Umfang und Flächeninhalt erkennen und beschreiben
2. Formeln für Umfang und Flächeninhalt eines Rechtecks angeben
3. einfache Teilaufgaben lösen

## Aufgabe 6)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 6)

Jessica fühlt sich nicht mehr wohl in ihrem kleinen Zimmer. Ihr Zimmer ist  $9\text{ m}^2$  groß. Jessica hat ein Zimmer in Form eines Quadrats. Nun fragt sie ihre Mutter, ob sie ein 4 mal so großes Zimmer bekommen kann. Um die Mutter zu überzeugen, musst du eine Seite vom neuen Zimmer, das ebenfalls ein Quadrat sein soll, ausrechnen.



**6.1) Frage:** Wie groß soll das neue Zimmer von Jessica sein?

**Antwort:** Das neue Zimmer soll    $\text{m}^2$  groß sein.

**6.2) Frage:** Wie groß ist eine Seite des neuen Zimmers?

**Antwort:** Eine Seite des neuen Zimmers beträgt   m.

**6.3) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verdoppelt sich die Fläche.
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, vervierfacht sich die Fläche
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verachtfacht sich die Fläche

### Beschreibung

In diesem Beispiel soll wie in Beispiel 5 durch eine Geschichte eine gewisse Sachsituation erfasst werden. Ebenfalls sind die Begriffe, wie Umfang und Flächeninhalt eines Quadrats, Vorraussetzung zur Lösung der Fragen. Bei der 1. Frage muss man durch die Wahl der richtigen Grundrechnungsart die Größe des neuen Zimmers ausrechnen. Bei der 2. Frage soll eine Seite mit dem zuvor ausgerechneten Flächeninhalt bestimmt werden. Die möglichen Antworten der 3. Frage stellen die Beziehung der Seite mit der gegebenen Fläche in Verbindung. Die richtige Antwort kann mittels Überlegung oder Nachrechnen gelöst werden.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. in Rechtecken funktionale Abhängigkeiten zwischen den Seitenlängen, Umfang und Flächeninhalt erkennen und beschreiben
2. Formeln für Umfang und Flächeninhalt eines Rechtecks angeben
3. einfache Teilaufgaben lösen

## Bezug zu den Bildungsstandards

A1.1 Ich kann einen gegebenen Sachverhalt erfassen und mathematische Beziehungen darin erkennen.

A1.4 Ich kann für ein Problem verschiedene mathematische Modelle bzw. Lösungswege finden.

A2.1 Ich kann einfache Rechnungen im Kopf durchführen.

A2.4 Ich kann Lösungen auch durch systematisches Probieren wie auch mit Hilfe von Tabellen oder grafischen Darstellungen finden.

A3.1 Ich kann mathematische Begriffe und mathematische Darstellungen eines Sachverhaltes im jeweiligen Kontext interpretieren.

A3.2 Ich kann (Rechen-)Ergebnisse im jeweiligen inner- oder außermathematischen Kontext interpretieren.

C1.2 Ich versuche, den Lernstoff zu verstehen und nicht nur auswendig zu lernen.



## 5.6.1.2 Wetter – Temperaturkurven

### Aufgabe 1)

#### Visuelle Darstellung

##### Aufgabe 1)

Wolfgang Amadeus Wetterzart hat ein neues Werk veröffentlicht. In dem Werk beschreibt er die Temperaturentwicklung an seinem 12. Geburtstag. Der erste Ton beschreibt die Temperatur um 6 Uhr morgens. Der letzte Ton beschreibt die Temperatur um 22 Uhr.

Eine Erhöhung der Töne bedeutet einen Temperaturanstieg und eine immer tiefer werdende Melodie einen Temperaturabfall. Höre dir die Melodie genau an und beantworte die unten stehenden Fragen.



*Bedienung des Players:*

Wenn Du die Musik nochmal abspielen willst, musst Du zuerst den "Stop" - Button drücken und danach wieder auf "Play".

**1.1) Frage:** Wie oft steigt die Temperatur an Wolfgangs Geburtstag?

**Antwort:** Die Temperatur steigt an seinem Geburtstag ----- mal.

**1.2) Frage:** Wann war die Temperatur am höchsten?

- ☐ am Anfang des Tages
- ☐ am Vormittag
- ☐ am Nachmittag
- ☐ am Ende des Tages

#### Beschreibung

In dieser Aufgabe soll eine Sachlage melodisch interpretiert werden. Aufgrund des entweder höheren oder tieferen Tons gilt es hier die richtige Interpretation im Hinblick einer Wetterkurve zu finden. Sind keine Kopfhörer vorhanden, wird eine Melodie auf einem Notenblatt angezeigt, um eine Sachlage aus einem anderen grafischen Zusammenhang zu erkennen.

### Aufgabe 1)

Wolfgang Amadeus Wetterzart hat ein neues Werk veröffentlicht. In dem Werk beschreibt er die Temperaturentwicklung an seinem 12. Geburtstag. Der erste Ton beschreibt die Temperatur um 6 Uhr morgens. Der letzte Ton beschreibt die Temperatur um 22 Uhr.

Eine Erhöhung der Töne bedeutet einen Temperaturanstieg und eine immer tiefer werdende Melodie einen Temperaturabfall. Sieh dir die Melodie genau an und beantworte die unten stehenden Fragen.



**1.1) Frage:** Wie oft steigt die Temperatur an Wolfgangs Geburtstag?

**Antwort:** Die Temperatur steigt an seinem Geburtstag ----- mal.

**1.2) Frage:** Wann war die Temperatur am höchsten?

- ☐ am Anfang des Tages
- ☐ am Vormittag
- ☐ am Nachmittag
- ☐ am Ende des Tages

Die erste Frage beschäftigt sich mit der Erkennung der Temperatur anhand der Tonhöhe. Der/Die SchülerIn muss zur Beantwortung den Verlauf der Temperaturen richtig interpretieren. Die 2. Frage stellt einen großen Anspruch an SchülerInnen, die eine Beantwortung aufgrund der „Audio“ Darstellung wählen. Der/Die SchülerIn muss angeben an welcher Tageszeit die Temperatur am höchsten ist.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

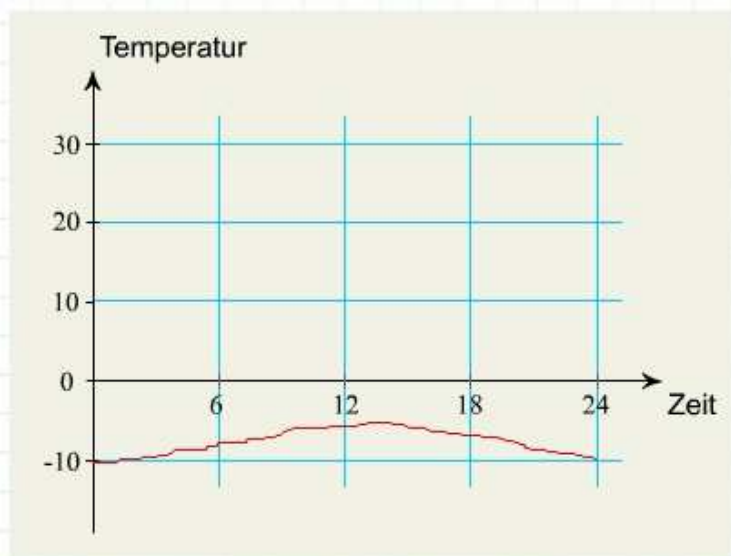
1. Ablesen von Informationen aus einem Diagramm
2. Verstehen eines Diagramms
3. Verstehen eines Textes

## Aufgabe 2)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 2)

Gegeben ist folgende Wetterkurve.



**2.1) Frage:** An welchem besonderen Tag könnte diese Wetterkurve aufgezeichnet worden sein?

- ☐ Ostern
- ☐ Ende des Schuljahres
- ☐ Beginn des Schuljahres
- ☐ Weihnachten

**2.2) Frage:** Marie behauptet, dass es um 12 Uhr kälter war, als um 24 Uhr. Kann diese Aussage stimmen?

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Um 12 Uhr und um 24 Uhr hatte es die gleiche Temperatur.

### Beschreibung

Eine grafische Darstellung einer Temperaturkurve dient als Grundlage für das 2. Beispiel. Die 1. Frage setzt zur erfolgreichen Beantwortung eine richtige Interpretation des Diagramms voraus.

Das richtige Ablesen von Informationen aus dem Diagramm muss für die Lösung der 2. Frage erfolgen.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Ablesen von Informationen aus einem Diagramm
2. Verstehen eines Diagramms
3. Verstehen eines Textes

### Aufgabe 3)

#### Visuelle Realisierung

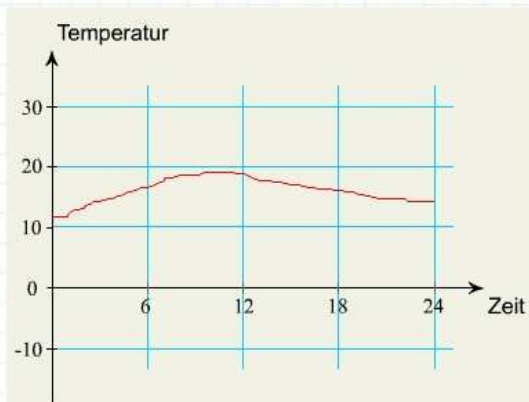
##### Aufgabe 3)

Maja liest die Wettervorhersage für den nächsten Tag.

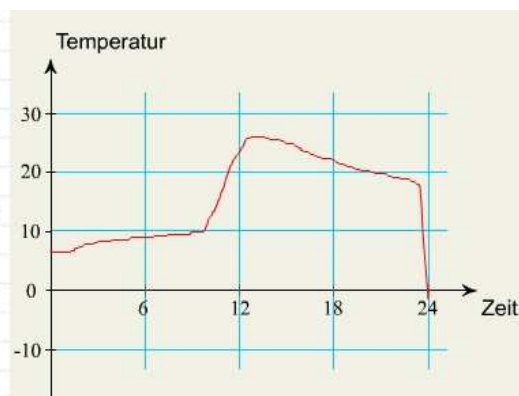
"Am morgen ist mit einem wolkenfreien Himmel zu rechnen und die Temperaturen betragen 15 - 18 Grad. Zu Mittag kann es so richtig heiß werden mit Temperaturen zwischen 25 - 28 Grad. Am Nachmittag ziehen Wolken auf und bringen Regen. Die Temperaturen am Nachmittag betragen 18 - 20 Grad. In der Nacht kühlt es so richtig ab und die Temperaturen betragen 10 - 12 Grad."

**3.1) Frage:** Welcher der Diagramme stimmt mit der Vorhersage von Maia überein?

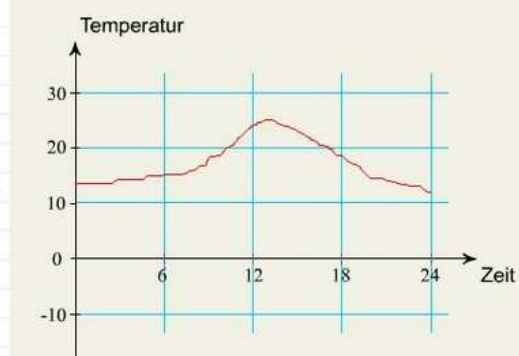
☐ 1. Diagramm

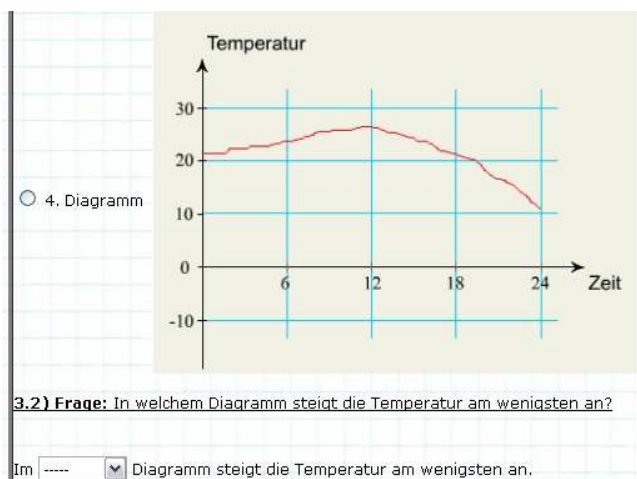


☐ 2. Diagramm



☐ 3. Diagramm





Als Grundlage für dieses Beispiel dient eine Wettervorhersage. Bei der ersten Frage soll das richtige Diagramm zu der gegebenen Wettervorhersage gefunden werden. Besonders Wert wird auf das Verständnis des Textes gelegt. Werden nicht alle Informationen vollständig erfasst, kann es zu einer falschen Beantwortung kommen. Die 2. Frage erfordert das richtige Ablesen von Informationen aus einem Diagramm.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Ablesen von Informationen aus einem Diagramm
2. Verstehen eines Diagramms
3. Verstehen eines Textes
4. Vergleichen und Interpretieren verschiedener Diagramme
5. Darstellen der Inhalte eines Textes in Form eines Diagramms



## Aufgabe 4)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 4)

Gegeben ist folgende Tabelle

Zeit	Temperatur
0	8
3	10
6	12
9	18
12	25
15	24
18	20
21	18
24	14

**4.1) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Der Temperaturanstieg zwischen 0 Uhr und 6 Uhr war größer, als der zwischen 6 Uhr und 12 Uhr.
- ☐ Der Temperaturanstieg zwischen 0 Uhr und 6 Uhr war kleiner, als der zwischen 6 Uhr und 12 Uhr.
- ☐ Der Temperaturanstieg zwischen 0 Uhr und 6 Uhr war gleich, als der zwischen 6 Uhr und 12 Uhr.

**4.2) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Die Temperatur um 5 Uhr war höher, als um 22 Uhr.
- ☐ Die Temperatur um 5 Uhr war kleiner, als um 22 Uhr.
- ☐ Die Temperatur um 5 Uhr und 22 Uhr waren gleich.

### Beschreibung

Aufgabe 4 erfasst das richtige Interpretieren einer Tabelle. Das Auslesen der Daten ohne grafische oder deskriptive Darstellung soll die Vorstellungskraft fördern. Eine Temperaturkurve soll als kontinuierlicher Prozess erkannt werden, der gewisse physikalische Grenzen hat.

Die richtige Interpretation und Vorstellung von dem Verlauf der Temperatur stellen die Grundlage für die Lösung der beiden Fragen dar.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Darstellen der Inhalte eines Textes in Form eines Diagramms
2. Anstellen und Begründen von Vermutungen
3. Selbstständiges Ausfüllen einer Tabelle

## Aufgabe 5)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 5)



**5.1) Frage:** Welche der folgenden Wettervorhersagen vom Vortag trifft auf dieses Foto zu?

- ☐ Am Morgen kann es leicht regnen und die Temperaturen betragen zwischen 12 und 15 Grad. Im Laufe des Vormittags lockert es auf, aber Wolken verdecken die Sonne. Die Temperaturen betragen zwischen 15 und 17 Grad. Am Nachmittag bis hin zum Abend regnet es mit großer Wahrscheinlichkeit mit Temperaturen um die 20 Grad.
- ☐ Am Morgen ist mit Sonnenschein zu rechnen und die Temperaturen betragen zwischen 18 und 25 Grad. Im Laufe des Vormittags bis zum Mittag erreichen wir aufgrund des wolkenlosen Himmels 30 Grad. Am Nachmittag bis hin zum Abend ziehen leichte Wolken auf, die jedoch keinen Regen bringen werden.
- ☐ Den ganzen Vormittag bis zum Mittag ist mit Regen zu rechnen. Die Temperaturen betragen zwischen 12 und 15 Grad. Im Laufe des Nachmittags wird es aber die Sonne doch schaffen durchzukommen und auch die Temperaturen betragen zwischen 15 und 18 Grad.

### Beschreibung

Aufgabe 5 hat ein Bild als Ausgangssituation. Es gilt dieses Bild als eine Sachlage zu verstehen. Das wichtigste ist es, alle Details des Bildes zu erkennen und in einer Wettervorhersage richtig zu interpretieren. Die Schwierigkeit der Frage besteht darin die eigenen Vorstellungen des Bildes gegebenenfalls abzuändern um eine Antwortmöglichkeit in Betracht zu ziehen. Bestimmte Tatsachen im Bild lassen aber eine Eindeutigkeit der Antwort zu.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Verstehen eines Textes
2. Anstellen und Begründen von Vermutungen

## Aufgabe 6)

### Visuelle Realisierung

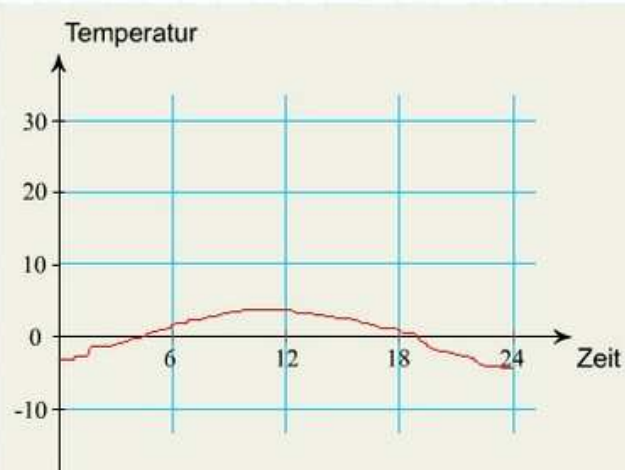
#### Aufgabe 6)

Gegeben ist folgende Tabelle

Zeit	Temperatur
0	-12
3	-8
6	-6
9	-1
12	2
15	1
18	0
21	-2
24	-4

6.1) Frage: Welcher der Diagramme stimmt mit der Tabelle überein?

☐ 1. Diagramm

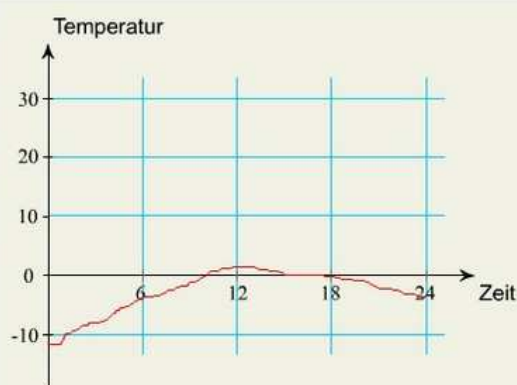


☐ 2. Diagramm

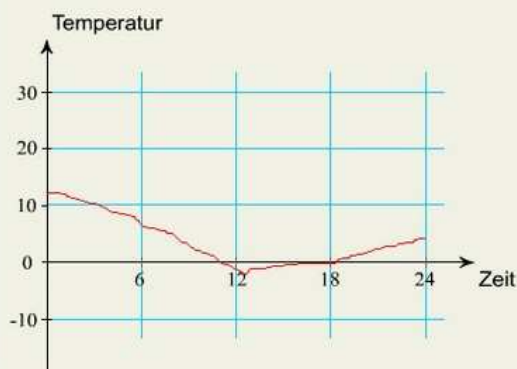




☐ 3. Diagramm



☐ 4. Diagramm



**6.2) Frage:** In welchem Diagramm ist die Temperatur am höchsten?

**Antwort:** Die höchste Temperatur wird im  -ten Diagramm erreicht

**6.3) Frage:** Nadja mag es nicht wenn es kalt ist. Sie beschließt nur zum Spielplatz zu gehen, wenn es um 12 Uhr nicht weniger als 0 Grad hat. Bei welcher Wetterkurve würde Nadja **nicht** zum Spielplatz gehen?

**Antwort:** Bei dem  Diagramm war Nadja nicht am Spielplatz.

## Beschreibung

In dieser Aufgabe ist eine Tabelle gegeben. In diesem Beispiel steht nicht nur die Zuordnung des Diagramms einer Tabelle wie in Frage 1 gefordert im Vordergrund, sondern auch die richtige Interpretation der Diagramme für Frage 2. Die 3. Frage ist so gestaltet, dass sie nicht abhängig von der 2. Frage steht, obwohl der Bezug nahe liegt, aufgrund der Ermittlung der höchsten Temperatur in Frage 2. Dies soll das richtige und aufmerksame Lesen des Textes fördern. Obwohl negative Zahlen, laut Lehrplan für die 7. Schulstufe vorgesehen sind, entschloss ich mich aufgrund der intuitiven Erkennungsmöglichkeit aus dem Kontext der Wetterkurve für eine Verwendung negativer Zahlen.

## Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Ablesen von Informationen aus einem Diagramm
2. Verstehen eines Diagramms
3. Verstehen eines Textes
4. Vergleichen und Interpretieren verschiedener Diagramme
5. Darstellen der Inhalte eines Textes in Form eines Diagramms

## Bezug zu den Bildungsstandards

A1.1 Ich kann einen gegebenen Sachverhalt erfassen und mathematische Beziehungen darin erkennen.

A1.4 Ich kann für ein Problem verschiedene mathematische Modelle bzw. Lösungswege finden.

A2.1 Ich kann einfache Rechnungen im Kopf durchführen.

A2.4 Ich kann Lösungen auch durch systematisches Probieren wie auch mit Hilfe von Tabellen oder grafischen Darstellungen finden.

A3.1 Ich kann mathematische Begriffe und mathematische Darstellungen eines Sachverhaltes im jeweiligen Kontext interpretieren.

A3.2 Ich kann (Rechen-)Ergebnisse im jeweiligen inner- oder außermathematischen Kontext interpretieren

A3.4 Ich kann die Korrektheit mathematischer Darstellungen und Lösungswege einschätzen bzw. Fehler erkennen

C1.2 Ich versuche, den Lernstoff zu verstehen und nicht nur auswendig zu lernen

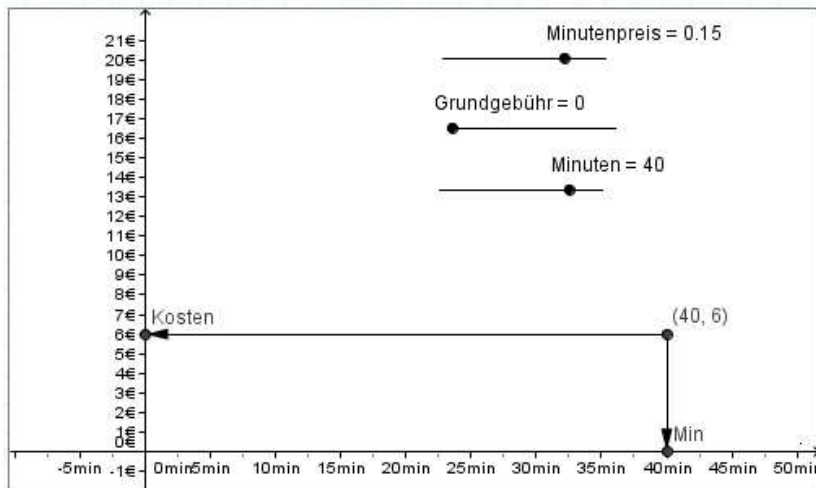
### 5.6.1.3. Direktes und indirektes Verhalten

#### Aufgabe 1)

#### Visuelle Realisierung

##### Aufgabe 1)

Telefonkosten mit und ohne Grundgebühr:



**1.1) Frage:** Christina hat einen Handyvertrag ohne Grundgebühr. Sie zahlt pro Minute 0,15 €, in der sie telefoniert. Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Wenn Christina doppelt soviel telefoniert, zahlt sie doppelt soviel und wenn sie halb soviel telefoniert, bezahlt sie das Doppelte.
- ☐ Wenn Christina doppelt soviel telefoniert, zahlt sie viermal so viel und wenn sie halb soviel telefoniert, bezahlt sie halb so viel.
- ☐ Wenn Christina doppelt soviel telefoniert, zahlt sie doppelt so viel und wenn sie halb soviel telefoniert, bezahlt sie halb so viel.
- ☐ Wenn Christina dreimal soviel telefoniert, zahlt sie dreimal so viel und wenn sie halb soviel telefoniert, bezahlt sie doppelt so viel.

**1.2)** Bei Beispiel 1.1 handelt es sich um -----.

**1.3) Frage:** Nina hat einen Handyvertrag mit fünf Euro Grundgebühr. Sie zahlt pro Minute 0,10 € in der sie telefoniert. Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Wenn Nina doppelt soviel telefoniert, zahlt sie doppelt so viel und wenn sie halb soviel telefoniert, bezahlt sie halb so viel.
- ☐ Wenn Nina nichts telefoniert, zahlt sie auch nichts.
- ☐ Wenn Nina 20 Minuten telefoniert, zahlt sie 7 €.
- ☐ Wenn Nina dreimal soviel telefoniert, zahlt sie dreimal so viel und wenn sie halb soviel telefoniert, bezahlt sie halb so viel.

**1.4)** Bei Beispiel 1.3 handelt es sich um -----.

## **Beschreibung**

Für Aufgabe 1 steht eine interaktive Anwendung im Mittelpunkt, um eine direkte Manipulation zu gewähren. Anders als im Lernpfad müssen hier Einstellungen gesucht werden, die zur Lösung der Frage führen.

Für die Fragen 1 und 3 werden Tarifmodelle verwendet, wie es heimischen Mobiltelefonanbieter verwenden. Ein direkter Zusammenhang zur Realität soll hergestellt und auch als solcher erkannt werden.

Frage 1 und 2 wird eine direkte Proportionalität beschrieben, die einer Sachlage zugrundeliegend erkannt werden muss.

In den Fragen 3 und 4 liegt keine Proportionalität vor. Die Schwierigkeit dieses Beispiels liegt darin, die Grundgebühr zu berücksichtigen und gegebenenfalls die richtige Antwort mittels Proportionalitätsfaktorenüberlegungen zu lösen.

## **Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars**

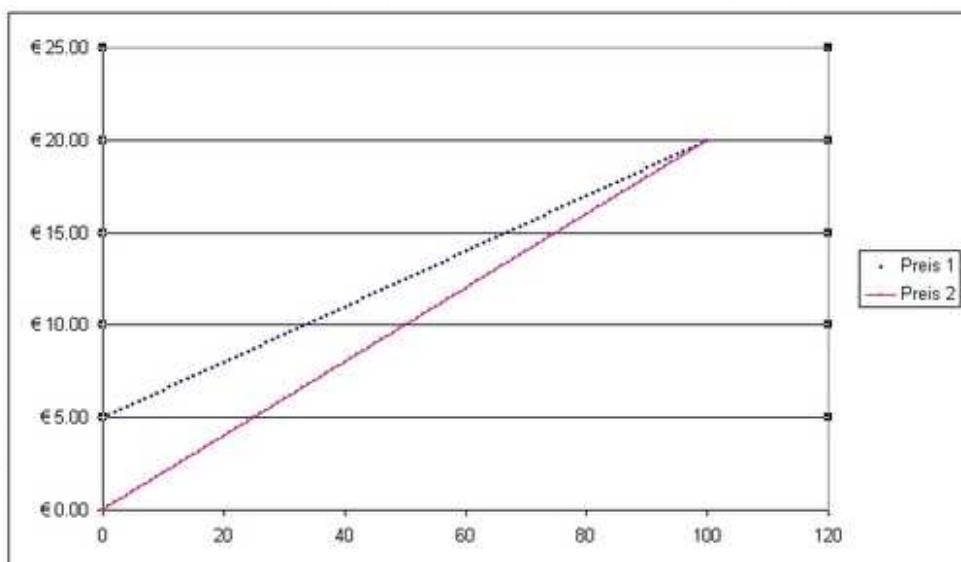
1. Eigenschaften einer direkten Proportionalität mit Worten, Tabellen und Graphen beschreiben können.
2. Strategien zur Widerlegung von Behauptungen angeben können

## Aufgabe 2)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 2)

Im folgenden Diagramm sind 2 Linien zu sehen, welche die Kosten für das Telefonieren darstellen. Angebot 1 ist blau gezeichnet und Angebot 2 ist rot gezeichnet.



2.1) Frage: Bei Angebot 1 handelt es sich um .....

2.2) Frage: Bei Angebot 2 handelt es sich um .....

2.3) Frage: Bei welchem Werbespruch handelt es sich um Angebot 1?

☐ Unschlagbar! Keine Grundgebühr. Und nur unglaubliche 15 Cent pro Minute zahlen.

☐ 5 Euro Grundgebühr! Dafür aber auch um nur 5 Cent pro Minute telefonieren.

☐ Sparen Sie sich Grundgebühr und zahlen Sie nur 25 Cent pro Minute.

☐ Sie zahlen pro Minute 15 Cent. Für eine Grundgebühr von 5 € freuen wir uns Sie als neuen Kunden zu begrüßen.

2.4) Frage: Bei welchem Werbespruch handelt es sich um Angebot 2?

☐ 1 € Grundgebühr! Und obendrauf kommen nur 30 Cent pro Minute.

☐ Keine Grundgebühr und um nur unglaubliche 15 Cent pro Minute telefonieren.

☐ Sie zahlen bei uns nur 5 € Grundgebühr. Und ansonsten fallen keine weiteren Kosten an.

☐ Jetzt kommt es ganz klein! Keine Grundgebühr und nur 20 Cent pro Minute zahlen.

### Beschreibung

Aufgabe 2 beschäftigt sich mit der richtigen Interpretation eines Graphen. Der Graph verwendet die Sachlage von der 3. Frage aus Aufgabe 1. Die Fragen 1 und 2 können Interpretationsfehler aufzeigen, da diese Fragen einen Bezug zu den Fragen 2 und 4 der Aufgabe 1 herstellen. Für die Fragen 3 und 4 wurden aufgrund der

Aktualität bewusst so gewählt, um die Mathematik in die reale Welt zu transportieren, in dem ein direkter Nutzen für die SchülerInnen aufgezeigt wird.

### **Einordnung des Beispiels in die Ziele des didaktischen Kommentars**

1. Eigenschaften einer direkten Proportionalität mit Worten, Tabellen und Graphen beschreiben können.
2. Strategien zur Widerlegung von Behauptungen angeben können

## Aufgabe 3)

## Aufgabe 3)

Es liegt ein direktes Verhältnis vor mit  $y = 1,1 \cdot x$

**3.1) Frage:** Was kann dieses direkte Verhältnis bedeuten?

- ☐ Für einen Liter Benzin bezahlt man 1,1 €.
- ☐ Die Grundgebühr für eine Taxifahrt beträgt 1,1 €.
- ☐ Wenn ich  $y$  - Liter Benzin tanke bezahle ich insgesamt 1,1 €.

Es liegt ein direktes Verhältnis vor mit  $y = 2 \cdot x$

**3.2) Frage:** Welche der folgenden Tabellen ist richtig?

☐

x	y
0	0
1	2
2	4
3	6
4	10

☐

x	y
0	0
1	-2
2	-4
3	-6
4	-8

☐

x	y
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8

## Beschreibung

Aufgabe 3 besitzt einen Term als Ausgangspunkt. Diesem ist bei der 1. Frage eine Sachlage zu Grunde zu legen und in Frage 2 eine Tabelle zu zuordnen. Die Verwendung eines Terms zur Beschreibung einer funktionalen Abhängigkeit bietet sich aufgrund der Kontexte in dem Lernpfade an und legt das Fundament für die Termdarstellung im 8. Schuljahr vorgesehenen linearen Funktionen.

### **Einordnung des Beispieles in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars**

1. Eigenschaften einer direkten Proportionalität mit Worten, Tabellen und Graphen beschreiben können.
2. Die Formel als Darstellungsform verwenden können



## Aufgabe 4)

### Visuelle Realisierung

**Aufgabe 4)**

Es liegt ein indirektes Verhältnis vor mit  $y = 60 : x$

**4.1) Frage:** Was kann dieses indirekte Verhältnis bedeuten?

☐ Mit 3 Liter pro Minute kann man das Becken in 60 Minuten auffüllen.

☐ Für eine Grundgebühr von 60 € kann man gratis telefonieren.

☐ Ein Wasserbecken fasst 60 Liter Wasser. Je mehr Liter pro Minute in das Becken gepumpt werden, umso schneller wird das Becken voll

Es liegt ein indirektes Verhältnis vor mit  $y = 40 : x$

**4.2) Frage:** Welche der folgenden Tabellen ist richtig?

☐

x	y
1	40
2	80
10	400
20	800
40	1600

☐

x	y
1	40
2	20
10	4
20	2
40	1

☐

x	y
1	40
2	20
10	2
20	1
40	1

### Beschreibung

Diese Aufgabe orientiert sich an Aufgabe 3 indem ein indirektes Verhältnis verwendet wird. Aufgabe 4 besitzt eine Termdarstellung eines indirekten Verhältnisses als Ausgangspunkt. Diesem ist bei der 1. Frage eine Sachlage zu Grunde zu legen und in Frage 2 eine Tabelle zu zuordnen.

### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Eigenschaften einer direkten Proportionalität mit Worten, Tabellen und Graphen beschreiben können.
2. Die Formel als Darstellungsform verwenden können

## Bezug zu den Bildungsstandards

A1.1 Ich kann einen gegebenen Sachverhalt erfassen und mathematische Beziehungen darin erkennen.

A1.4 Ich kann für ein Problem verschiedene mathematische Modelle bzw. Lösungswege finden.

A2.1 Ich kann einfache Rechnungen im Kopf durchführen.

A2.4 Ich kann Lösungen auch durch systematisches Probieren wie auch mit Hilfe von Tabellen oder grafischen Darstellungen finden.

A3.1 Ich kann mathematische Begriffe und mathematische Darstellungen eines Sachverhaltes im jeweiligen Kontext interpretieren.

A3.2 Ich kann (Rechen-)Ergebnisse im jeweiligen inner- oder außermathematischen Kontext interpretieren

A3.4 Ich kann die Korrektheit mathematischer Darstellungen und Lösungswege einschätzen bzw. Fehler erkennen

C1.2 Ich versuche, den Lernstoff zu verstehen und nicht nur auswendig zu lernen

## 5.6.1.4. Lineare Funktionen

### Aufgabe 1)

#### Visuelle Realisierung

##### Aufgabe 1)

Eine lineare Funktion hat als Graphen eine Gerade. Im folgenden Beispiel wird der Graph durch eine Melodie ersetzt. Höre dir die zwei Melodien "Funktion 1" und "Funktion 2" an und beantworte folgende Fragen.

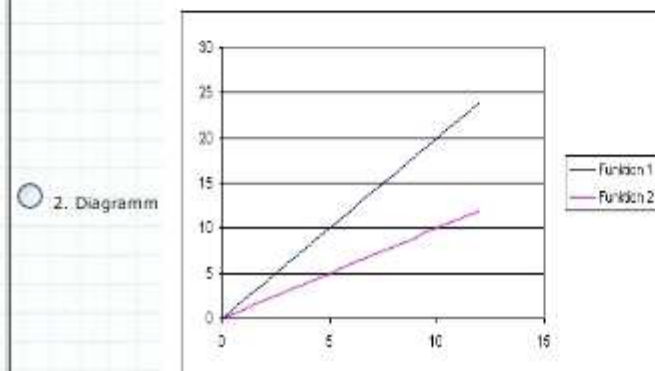
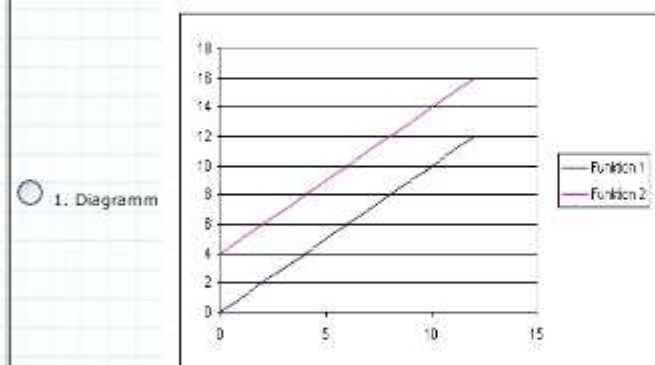


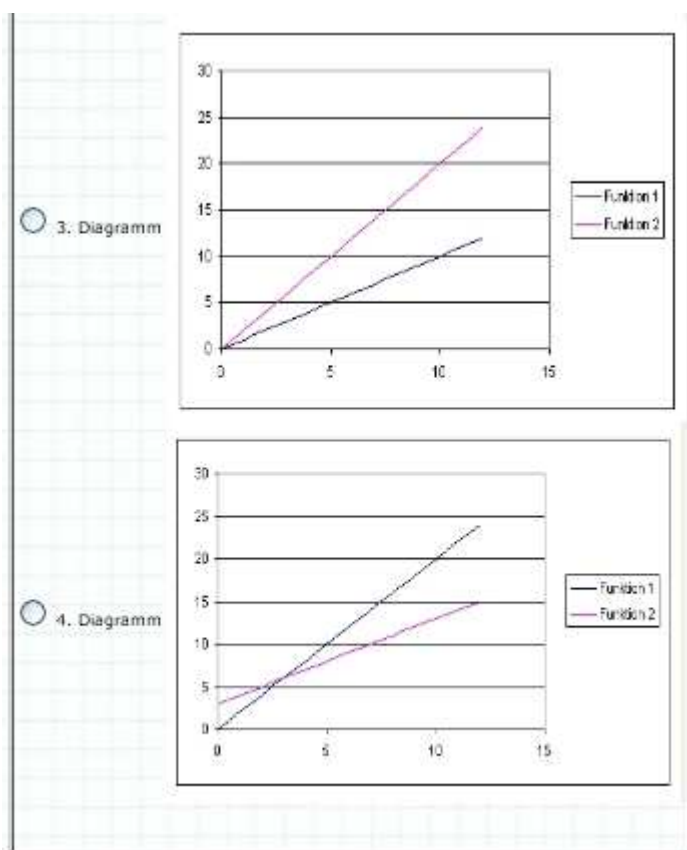
**Bedienung des Players:**  
Wenn Du die Musik nochmal abspielen willst, musst Du zuerst den "Stop" - Button drücken und danach wieder auf "Play".

**1.1) Frage:** Welcher der beiden Funktionen besitzt ein größeres  $k$  von der Gleichung, linearer Funktionen,  $y = k \cdot x + d$ ?

**Antwort:** Das größere  $k$  besitzt die Melodie  .

**1.2) Frage:** Welche der folgenden Graphen würde sich ergeben wenn man die Melodien in einem Graphen zeichnen würde?





## Beschreibung

In der Aufgabe 1 werden zwei Melodien abgespielt. Nun gilt es zu erkennen, welche die größere Steigung besitzt. Ähnlich einer graphischen Darstellung besitzt eine Melodie eine größere und die andere Melodie eine kleinere Steigung. Bei der ersten Frage soll ein Vergleich der beiden Steigungen gemacht werden. Aufgrund dieses Vergleichs muss entschieden werden, welche der beiden Melodien das größere  $k$  der Termdarstellung  $y = k \cdot x + d$  besitzt. Als Ersatz, falls keine Kopfhörer vorhanden sind, gilt es zwei Melodien anhand von einem Notenblatt zu vergleichen.

Alternativ zur Audiodarstellung:

Funktion 1



Funktion 2



## Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

Verstehen, wie sich eine Veränderung der Parameter  $k$  und  $d$  auf den Graphen der Funktion  $y = k \cdot x + d$  auswirkt.

**Aufgabe 2)****Visuelle Realisierung****Aufgabe 2)**

Ordne der Tabelle die richtige Gleichung zu!

x	y
0	2
1	5
2	8
3	11
4	14

**2.1) Frage:** Welche der folgende Gleichungen stimmt mit der Tabelle überein?

- ☐ 1. Gleichung  $y = 2 \cdot x + 2$
- ☐ 2. Gleichung  $y = 4 \cdot x + 2$
- ☐ 3. Gleichung  $y = 1 \cdot x + 2$
- ☐ 4. Gleichung  $y = 3 \cdot x + 2$

**2.2) Frage:** Welche Gleichung aus Beispiel 2.1 steigt am steilsten?

Antwort: Die ..... steigt am steilsten.

**Beschreibung**

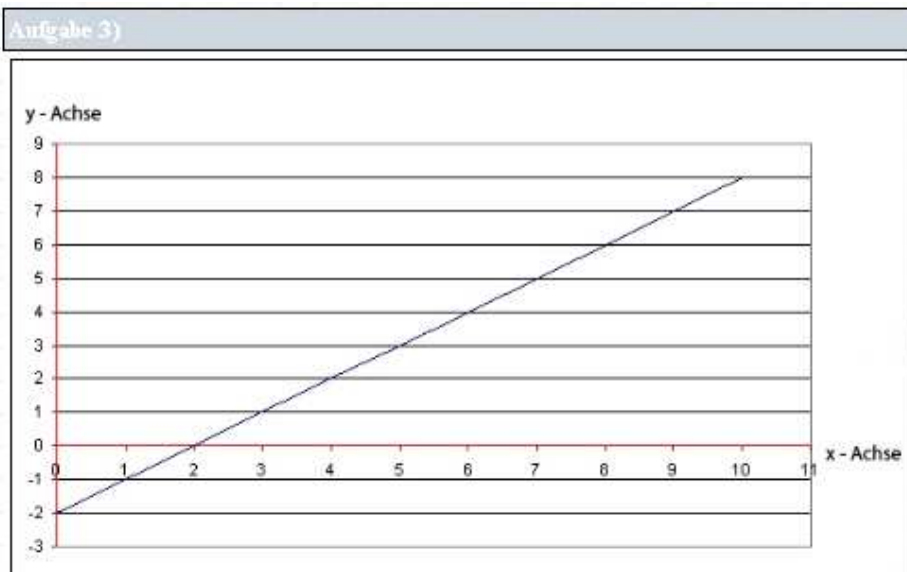
In Aufgabe 2 gilt es einen Darstellungswechsel von der Tabelle hin zur Termdarstellung zu realisieren. Für die Beantwortung der 1. Frage ist es wichtig die symbolische Darstellung richtig zu interpretieren. Die 2. Frage bezieht sich auf die möglichen Antworten der 1. Frage. Es muss erkannt werden, welches der Symbole der Termdarstellung für die Steigung verantwortlich ist und daraus ist zu erkennen, welche der Gleichungen die größte Steigung besitzt.

**Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars**

Verstehen, wie sich eine Veränderung der Parameter  $k$  und  $d$  auf den Graphen der Funktion  $y = k \cdot x + d$  auswirkt.

### Aufgabe 3)

#### Visuelle Realisierung



**3.1) Frage:** Welche der folgenden Gleichungen stimmt mit dem Graphen überein?

- ☐ 1. Gleichung  $y = x + 2$
- ☐ 2. Gleichung  $y = x - 2$
- ☐ 3. Gleichung  $y = 3 \cdot x - 2$
- ☐ 4. Gleichung  $y = 3 \cdot x$

**3.2) Frage:** Welche Gleichung aus Beispiel 3.1 geht durch den Ursprung?

Antwort: Die  geht durch den Ursprung.

#### Beschreibung

In Aufgabe 3 ist ausgehend von einem Graphen der richtige Term zu zuordnen. Das Erkennen und Anwenden der im Lernpfad gelernten Methoden, z.B. Steigungsdreieck, steht im Mittelpunkt dieser Aufgabe. Bei der 1. Frage soll aus dem Graphen die Parameter  $k$  und  $d$  eruiert werden. Frage 2 beschäftigt sich mit der Rolle von  $d$  bei der Konstruktion einer Ursprungsgeraden.

#### Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Verstehen, wie sich eine Veränderung der Parameter  $k$  und  $d$  auf den Graphen der Funktion  $y = k \cdot x + d$  auswirkt.
2. Aus dem Graphen einer linearen Funktion die Parameter  $k$  und  $d$  ablesen und damit die entsprechende Funktionsgleichung angeben.

**Aufgabe 4)****Visuelle Realisierung****Aufgabe 4)**

Gegeben ist folgende lineare Funktion

$$y = 3 \cdot x - 5$$

**4.1) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig ?

- ☐  $k = 3, d = 5$
- ☐  $k = -3, d = -5$
- ☐  $k = -3, d = 5$
- ☐  $k = 3, d = -5$

**4.2) Frage:** Welche der folgenden Tabellen ist richtig für die lineare Funktion  $y = 3 \cdot x - 5$  ?

☐

x	y
0	5
1	-2
2	1
3	4
4	7

☐

x	y
0	-5
1	-2
2	1
3	4
4	7

☐

x	y
0	5
1	2
2	-1
3	-4
4	-7

**Beschreibung**

Im Lernpfad wird speziell auf  $k$  und  $d$  eingegangen und ihre Bedeutung in einer Gleichung der Form  $y = k \cdot x + d$  näher erläutert. Aufgabe 4 hat die Erkennung von  $k$  und  $d$  aus einem Term als Ziel. Vor allem das Erkennen eines negativen  $d$  steht in der ersten Frage im Vordergrund. Bei Frage 2 muss für die richtige Beantwortung dem Term aus einer Auswahl von tabellarischen Darstellungen die Richtige zugeordnet werden.

**Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars**

Verstehen, wie sich eine Veränderung der Parameter  $k$  und  $d$  auf den Graphen der Funktion  $y = k \cdot x + d$  auswirkt.

## Aufgabe 5)

### Visuelle Realisierung

#### Aufgabe 5)

Gegeben sind folgende Größen!

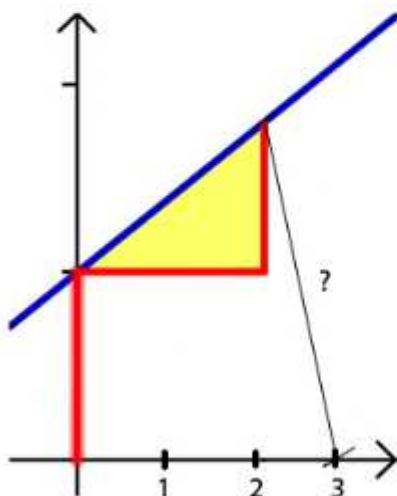
$$k = 4$$

$$d = -1$$

Konstruiere nun den Graphen zu der linearen Funktion!

**5.1) Frage:** Gesucht ist die auf folgendem Bild eingezeichnete Strecke!

**Achtung!!!** Das Steigungsdreieck kann bei dem Beispiel anders aussehen.



**Antwort:** Die Länge der gesuchten Strecke beträgt

.....  cm.

**5.2) Frage:** Welche der folgenden Gleichungen, zu dem oben genannten

$k = 4$  und  $d = -1$ , ist richtig ?

☐

$$y = 4 \cdot x + 1$$

☐

$$y = -1 \cdot x - 4$$

☐

$$y = 4 \cdot x - 1$$

☐

$$y = 1 \cdot x - 4$$



## Beschreibung

In dieser Aufgabe ist eine Zeichnung anzufertigen. Damit das Beispiel nicht ohne Stift und Papier zu lösen ist, wird nach einer Strecke gefragt, die ohne Zeichnung nur schwierig zu eruieren wäre. Somit wird auch das Anfertigen einer Zeichnung gefördert. Als Grundlage soll das Steigungsdreieck eingesetzt werden, das im Lernpfad vorgestellt wurde.

## Einordnung des Beispiels in die ausformulierten Ziele des didaktischen Kommentars

1. Verstehen, wie sich eine Veränderung der Parameter  $k$  und  $d$  auf den Graphen der Funktion  $y = k \cdot x + d$  auswirkt.
2. Den Graphen einer linearen Funktion mit Hilfe von  $k$  und  $d$  konstruieren.

## Bezug zu den Bildungsstandards

A1.1 Ich kann einen gegebenen Sachverhalt erfassen und mathematische Beziehungen darin erkennen.

A1.4 Ich kann für ein Problem verschiedene mathematische Modelle bzw. Lösungswege finden.

A2.1 Ich kann einfache Rechnungen im Kopf durchführen.

A2.4 Ich kann Lösungen auch durch systematisches Probieren wie auch mit Hilfe von Tabellen oder grafischen Darstellungen finden.

A3.1 Ich kann mathematische Begriffe und mathematische Darstellungen eines Sachverhaltes im jeweiligen Kontext interpretieren.

A3.2 Ich kann (Rechen-)Ergebnisse im jeweiligen inner- oder außermathematischen Kontext interpretieren.

A3.4 Ich kann die Korrektheit mathematischer Darstellungen und Lösungswege einschätzen bzw. Fehler erkennen.

B2.1 Ich kann Variable, Terme, Gleichungen und Systeme linearer Gleichungen mit 2 Variablen sinnvoll einsetzen und mit ihnen arbeiten.

B2.2 Ich kenne den Begriff der Funktion und kann diesen angemessen verwenden.

B2.3 Ich kenne verschiedene Darstellungen von Funktionen, kann diese angemessen einsetzen und mit ihnen arbeiten.

C1.2 Ich versuche, den Lernstoff zu verstehen und nicht nur auswendig zu lernen.

### 5.6.1.5. Schnittstellenlernpfad SEK1/SEK2

#### Aufgabe 1)

Sieh dir die zwei Melodien "Funktion 1" und "Funktion 2" an und beantworte folgende Fragen.

Funktion 1



Funktion 2



**1.1) Frage:** Um welchen Grundtyp von Funktionen handelt es sich bei der 2. Melodie?

**Antwort:** Es handelt sich um eine  .

**1.2) Frage:** Welche Melodie könnte zur folgender Sachlage passen :  
Handytarif ohne Grundgebühr und sekundengenaue Abrechnung ?

- ☐ 1. Melodie
- ☐ 2. Melodie
- ☐ keine der beiden Melodien
- ☐ beide Melodien

### Aufgabe 2)

**2.1) Frage:** Bei welcher der folgenden Aussagen ist **keine** Abhängigkeit festzustellen?

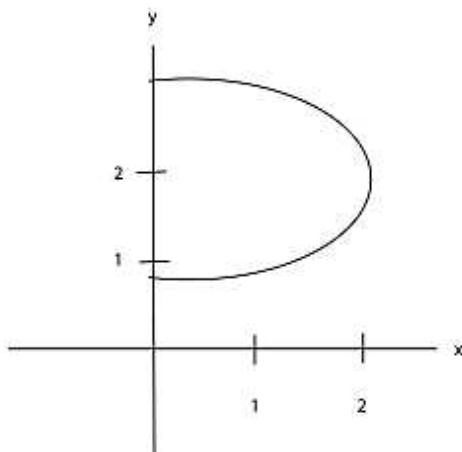
- ☐ 1. Aussage Die Kosten bei einer Prepaid Karte für das Mobiltelefon hängt von den telefonierten Minuten ab.
- ☐ 2. Aussage Die Fahrtzeit in den Urlaub hängt von der gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeit ab.
- ☐ 3. Aussage Der Preis einer Ware hängt von der Qualität der Ware ab.
- ☐ 4. Aussage Die Fläche eines Quadrats hängt von der Seitenlänge ab.

### Aufgabe 3)

**3.1) Frage:** Funktionen können auch als eindeutige Zuordnung gesehen werden. Welche der folgenden Aussage besitzt **keine** eindeutige Zuordnung?

- ☐ 1. Aussage    Mobiltelefonnummer  $\Rightarrow$  Person
- ☐ 2. Aussage    Sozialversicherungsnummer  $\Rightarrow$  Versicherung
- ☐ 3. Aussage    Autokennzeichen  $\Rightarrow$  Heimatbezirk des Besitzers
- ☐ 4. Aussage    Strichcode  $\Rightarrow$  Ware

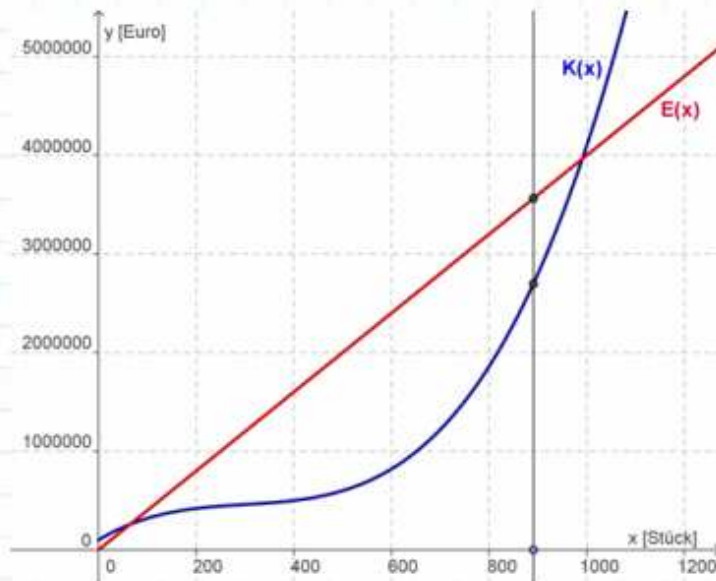
**3.2) Frage:** Handelt es sich bei folgendem Graphen um eine eindeutige Zuordnung?



Antwort:

**Aufgabe 4)**

Gegeben sind folgende Graphen wobei  $K(x)$  die Kostenfunktion und  $E(x)$  die Erlösfunktion darstellt.

**4.1) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig ?

- ☐ Erst ab einem Verkauf von 1100 Stück der Ware macht der Produzent einen Gewinn.
- ☐ Die Erstellung des Produktes hat dem Produzenten nichts gekostet.
- ☐ Der Gewinn nach 800 verkauften Stück Ware beträgt der Gewinn ca. 1200000 €.
- ☐ Erst bei mehr als 1000 verkauften Stück Ware macht der Produzent Gewinn.

**4.2) Frage:**

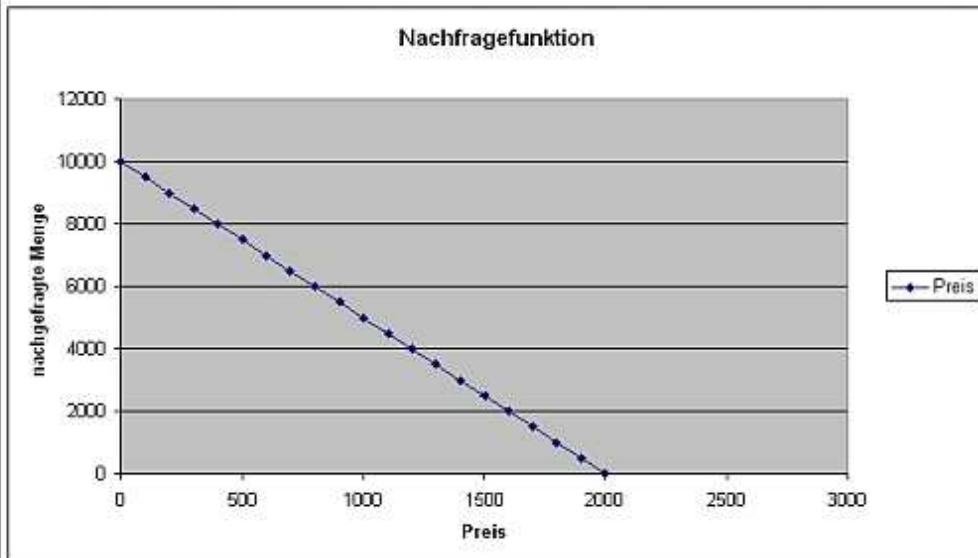
Die Kosten für eine Ware bei 400 produzierten Stücken belaufen sich auf 10000 €. Die Ertragsfunktion der Ware lautet  $E(x) = 25 \cdot x$ .

Welchen Gewinn erzielt der Produzent bei 400 verkauften Stück Ware ?

- ☐ Der Produzent deckt seine Kosten genau ab.
- ☐ Der Produzent fährt sogar einen Verlust ein.
- ☐ Der Produzent macht einen Gewinn von 25 €.

### Aufgabe 5)

Eine Nachfragefunktion besitzt folgenden Graphen?



**5.1) Frage:** Wie hoch ist der Höchstpreis?

**Antwort:** Der Höchstpreis beträgt  €.

**5.2) Frage:** Wann ist eine Sättigung des Marktes erreicht ?

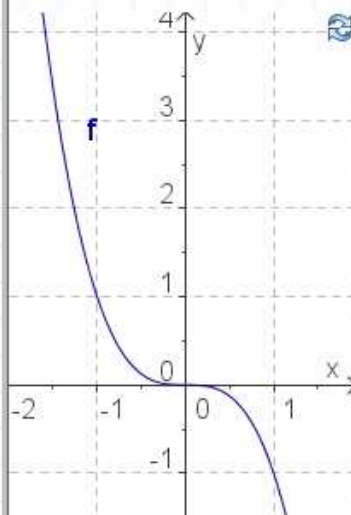
**Antwort:** Bei einer Stückzahl von .



### 5.6.1.6. Potenzfunktionen

#### Aufgabe 1)

Betrachte folgenden Graphen einer Funktion der Form  $f(x) = a \cdot x^3$



**1.1) Frage:** Bestimme  $a$  der gegebenen Funktion!

Antwort:  $a =$   .

Betrachte folgendes Foto:



**1.2) Frage:** Stelle dir den Rauch des Flugzeuges als einen Graphen einer Funktion  $f(x) = a \cdot x^n$ . ( $n$  positiv) vor. Wie würde hier  $a$  gewählt werden um diese Kurve mittels einer Funktion festzuhalten?

- ☐  $a < 0$
- ☐  $a > 0$
- ☐  $a = 0$

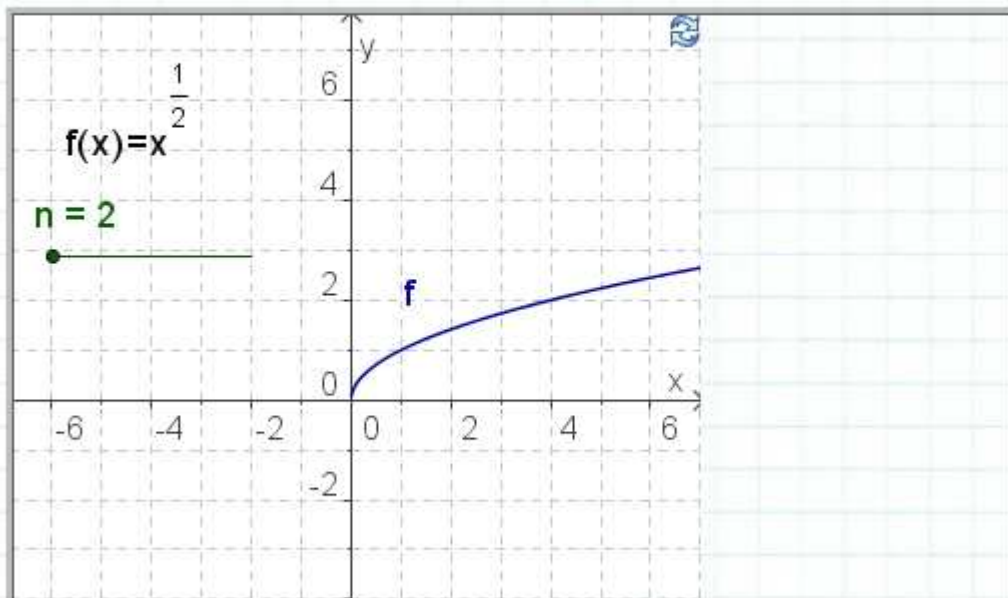
## Aufgabe 2)

**2.1) Frage:** Welche der folgenden Aussagen über Funktionen mit  $f(x) = x^{(-n)}$ , wenn  $n$  gerade ist, ist falsch ?

- ☐ 1. Aussage    Alle Graphen sind Achsensymmetrisch zur y-Achse
- ☐ 2. Aussage    Für die betrachteten Exponenten sind alle Graphen im Intervall  $]0; \infty[$  streng monoton steigend und im Intervall  $] - \infty; 0[$  streng monoton fallend.
- ☐ 3. Aussage    Die Funktionswerte aller Graphen sind positiv, ihre Wertebereiche sind  $]0; \infty[$ . Die x-Achse und die y-Achse sind Asymptoten der Funktionsgraphen.



## Aufgabe 3)



**3.1) Frage:** Frank möchte unbedingt wissen welchen Funktionswert die (oben in der Grafik) Funktion an der Stelle -1 hat. Was würdest du ihm richtigerweise antworten?

- ☐ 1. Aussage Setze den Wert in die Funktion ein und lese das Ergebniss vom Taschenrechner ab.
- ☐ 2. Aussage Verwende den Wert 1 und sezte dem Ergebniss ein Minus davor.
- ☐ 3. Aussage Wenn du besser aufgepasst hättest würdest du wissen, dass dieser Wert nicht eingesetzt werden darf.
- ☐ 4. Aussage Verlängere einfach den Graphen nach "linksunten" und messe mit dem Lineal den Wert.

**3.2) Frage:** Wie würde eine Funktion aussehen die für jeden Wert dessen Quadratwurzel ausgibt?

Antwort:

#### Aufgabe 4)

Betrachte folgendes Foto:



**4.1) Frage:** Den Graphen welcher Funktion könnte die Kurve des BMX - Fahrers sein (Die Kurve vom Intervall  $(0;10]$ )?

- ☐  $f(x) = x^{(-1/n)} (n \geq 1)$
- ☐  $f(x) = x^{(1/n)} (n \geq 1)$
- ☐  $f(x) = x^{(n)} (n \geq 1)$

**4.2) Frage:**

Funktion 1:  $f(x) = x^{-\frac{1}{n}}$

Funktion 2:  $f(x) = x^{\frac{1}{n}}$

Angenommen  $n=100$ . An welcher Stelle schneiden sich die beiden Funktionsgraphen?

- ☐ gar nicht
- ☐  $(0|0)$
- ☐  $(1|1)$

### 5.6.1.7. Quadratische Funktionen

### Aufgabe 1)

Sieh dir die zwei Melodien "Funktion 1" und "Funktion 2" an und beantworte folgende Fragen.

### Funktion 1



## Funktion 2



**1.1) Frage:** Bei welcher Melodie handelt es sich um den "Graphen" des Bremsweges?

Antwort Bei

**1.2) Frage:** Wie lautet die einfachste Formel des Bremsweges?

- ☐  $s = 0,01 * v$   
☐  $s = 0,01 * v^2$   
☐  $s = v * t$   
☐  $s = v/t$

### Aufgabe 2)



Die Formel für den Bremsweg unter der Berücksichtigung der

Bremsbeschleunigung lautet  $s = \frac{1}{2a_B} \cdot v^2$ .

**2.1) Frage:** Welche Aussage stimmt wenn man  $v$  verändert?

- ☐ 1. Aussage    Je größer  $v$  desto länger wird der Bremsweg
- ☐ 2. Aussage    Je kleiner  $v$  desto länger wird der Bremsweg .
- ☐ 3. Aussage    Die Änderung von  $v$  hat keinen Einfluß auf den Bremsweg.

### Aufgabe 3)

**3.1) Frage:** Die Graphen von Funktionen mit der Funktionsgleichung  $f(x) = ax^2$  heißen **Parabeln**. Welche Eigenschaft trifft **nicht** zu?

- ☐ 1. Aussage Parabeln sind symmetrisch zur y - Achse
- ☐ 2. Aussage Der Scheitel jeder Parabel liegt im Punkt S(0|0)
- ☐ 3. Aussage Wenn a negativ ist dann ist die Parabel nach oben geöffnet.

**3.2) Frage:** Der Punkt P(1|4) liegt auf einer Parabel. Wie lautet die Funktionsgleichung?

Antwort:



#### Aufgabe 4)

Neben dem Bremsweg ist auch die Reaktionszeit entscheidend für den Anhalteweg.



**4.1) Frage:** Der Anhalteweg eines Fahrzeuges wurde mit 125m gemessen. Die Bremsbeschleunigung wurde mit  $2 \text{ m/s}^2$  angegeben. Die Geschwindigkeit des Fahrzeuges wurde mit 72 km/h gemessen. Wie schnell hat der Fahrer reagiert?

- ☐ Die Reaktionszeit dauerte 1 sek.
- ☐ Die Reaktionszeit dauerte 1,25 sek.
- ☐ Die Reaktionszeit dauerte 1,5 sek.
- ☐ Die Reaktionszeit dauerte 1,75 sek.

**4.2) Frage:**

Die Reaktionszeit eines Menschen entscheidet speziell im Sport über Sieg oder Niederlage.



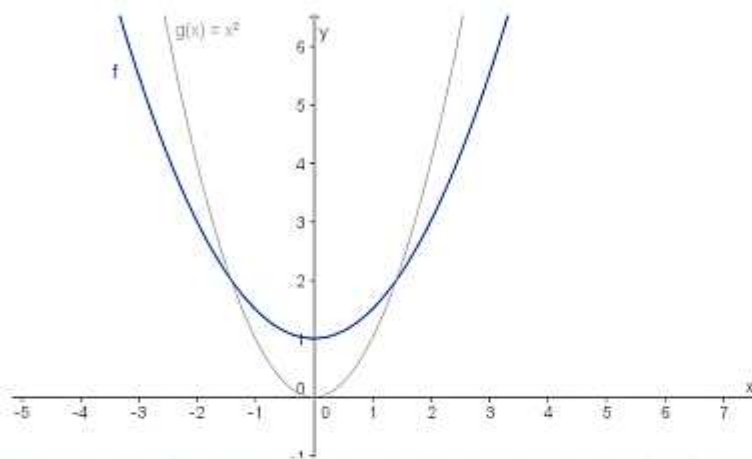
Der Abstand des Werfers beim Baseball zum Schläger beträgt exakt 18,39 m. Die durchschnittliche Geschwindigkeit eines Balles erreicht 150 km/h. Die Reaktionszeit eines durchschnittlichen Menschen beträgt 1 sek.

Hat man mit einer Reaktionszeit von 1 sek. eine Chance den Ball zu treffen?

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Manchmal

## Aufgabe 5)

Betrachte folgenden Graphen.



**5.1) Frage:** Wie lautet die Funktionsgleichung von f?

**Antwort:** Die Funktionsgleichung lautet  ..

**5.2) Frage:** Welche Aussage über die Funktionsgleichung  $ax^2 + bx + c$  stimmt **nicht**?

- ☐ Der lineare Teil der Funktionsgleichung ist durch die Variabel b gegeben.
- ☐ Die Variable a darf nur positiv gewählt werden
- ☐ Um den Graphen nach entlang der y-Achse zu verschieben kann die Variable c verändert werden.

### 5.6.1.8. Exponential- und Logarithmusfunktion

### Aufgabe 1)

Sieh dir die zwei Melodien "Funktion 1" und "Funktion 2" an und beantworte folgende Fragen.

### Funktion 1



## Funktion 2

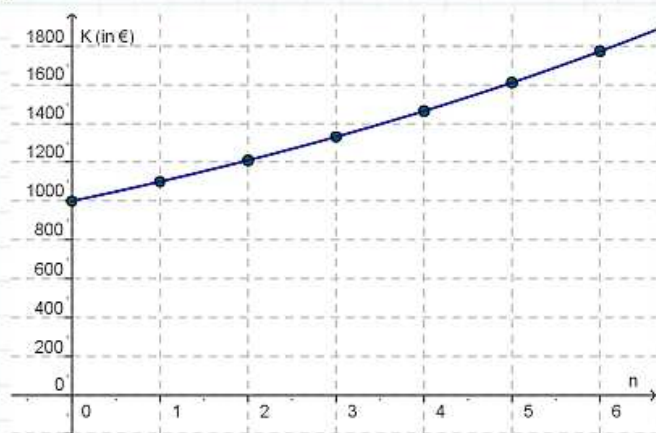


**1.1) Frage:** Siehe beide Melodien als Exponentialfunktion  $f(x) = a^x$ . Welche der beiden Funktionen besitzt das größere  $a$ ?

Antwort: Bei  .



### Aufgabe 2)



**2.1) Frage:** Mit welcher Verzinsung werden 1000€ angelegt, wenn sich das Kapital entsprechend der grafischen Darstellung entwickelt?

- ☐ 1. Möglichkeit  $p=2\%$
- ☐ 2. Möglichkeit  $p=4\%$
- ☐ 3. Möglichkeit  $p=10\%$
- ☐ 4. Möglichkeit  $p=15\%$

### Aufgabe 3)

**3.1) Frage:** Der Graph der Funktion  $f(x) = 2 \cdot 3,5^x$ ...

- ☐ ... ist monoton fallend
- ☐ ... ist monoton steigend
- ☐ ... geht durch den Punkt (0|1)
- ☐ ... verläuft immer unterhalb der x-Achse

**3.2) Frage:** Welcher der folgenden Aussagen stimmt **nicht** ?

- ☐ Je größer ein positiver Funktionswert einer Exponentialfunktion ist, desto größer ist die Zunahme der Exponentialfunktion.
- ☒ Eine Exponentialfunktion  $f(x) = a^x$  mit  $0 < a < 1$  ist monoton fallend.
- ☐ Der Funktionswert von  $f(x) = 4^x$  an der Stelle  $x = 1$  ist gleich groß wie der Funktionswert von  $g(x) = (1/4)^x$  an der Stelle  $x = -1$ .
- ☐ Für jede lineare Funktion gilt  $f(x+1) = f(x) + 1$ .

#### Aufgabe 4)



Justin überlegt ein Konto zu eröffnen. Er bekommt ein Angebot mit 4,5% (KEST wird nicht berücksichtigt) Zinsen im Jahr. Justin hat als Kapital 2000€.

**4.1) Frage:** Nach wie vielen Jahren beträgt das Kapital 2721,73€?

- ☐ nach 5 Jahren
- ☐ nach 6 Jahren
- ☐ nach 7 Jahren
- ☐ nach 8 Jahren

**4.2) Frage:**

Justin würde sich jedoch nach 3 Jahren ein Auto kaufen und benötigt 2800 €.

Wie hoch muss der Zinssatz sein um dieses Kapital nach 3 Jahren zu erreichen. (Startkapital: 2000 €)?

- ☐ ~12%
- ☐ ~13%
- ☐ ~14%

### Aufgabe 5)

Betrachte die Funktionsgleichung  $f(x) = 10^x$ .

**5.1) Frage:** Bestimme den Funktionswert der Umkehrfunktion an der Stelle  $x=2$ ?

**Antwort:** Der Funktionswert lautet  .

**5.2) Frage:** Welche Aussage über den Zusammenhang von der Exponential und Logarithmusfunktion stimmt **nicht** ?

- ☐ Die Umkehrfunktion der Exponentialfunktion trägt die Bezeichnung Logarithmusfunktion.
- ☐ Der Graph einer Logarithmusfunktion geht durch Spiegeln an der 2. Mediane aus dem Graphen der entsprechenden Exponentialfunktion hervor.
- ☐  $\log(1) = \ln(1) = 0$

### 5.6.1.9. Trigonometrische Funktionen

#### Aufgabe 1)

Betrachte folgende Funktionen:

##### Funktion 1

$$x \rightarrow \frac{1}{10} \cdot \cos(10x)$$

##### Funktion 2

$$x \rightarrow 10 \cdot \sin\left(\frac{x}{10}\right)$$

**1.1) Frage:** Für welche der beiden Funktionen liegen benachbarte Nullstellen einander näher?

- ☐ Funktion 1
- ☐ Funktion 2
- ☐ Die Nullstellen liegen gleich weit auseinander

**1.2)** Der Funktionswert an der Stelle  $x = 0$  lautet für die Funktion 1

..... ▾.

**1.3)** Eine Schwingung wird mit  $r(t) = 6 \cdot \sin(4t)$  angegeben. Eine andere Schwingung  $s(t)$  besitzt die doppelte Amplitude und die halbe Periodendauer. Wie lautet die Funktionsgleichung?

Die richtige Funktionsgleichung lautet ..... ▾.



### Aufgabe 2)

Betrachte folgende Funktionen:

#### Funktion 1

$$x \rightarrow 3 \cdot \sin(20x)$$

#### Funktion 2

$$x \rightarrow 20 \cdot \sin(3x)$$

**2.1) Frage:** Welche der beiden Funktionen kann den Funktionswert 20 annehmen?

**2.2) Frage:** Gibt es eine gemeinsame Nullstelle der 2 Funktionen?

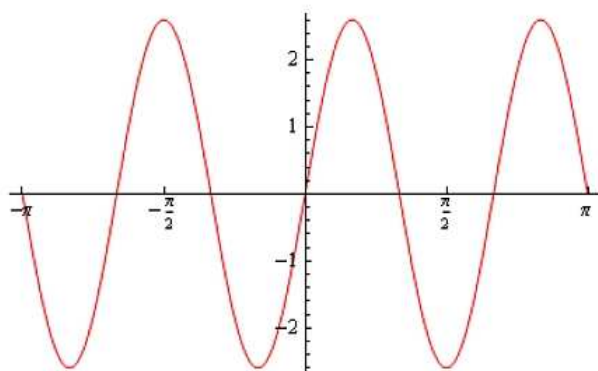
**2.3) Frage:** Welcher Graph der angegebenen Funktionen steigt an der Stelle  $x = 0$  am steilsten an?

- ☐  $f(x) = \cos(x)$
- ☐  $f(x) = \sin(x)$
- ☐  $f(x) = \cos(2x)$
- ☐  $f(x) = \sin(2x)$

Aufgabe 3)



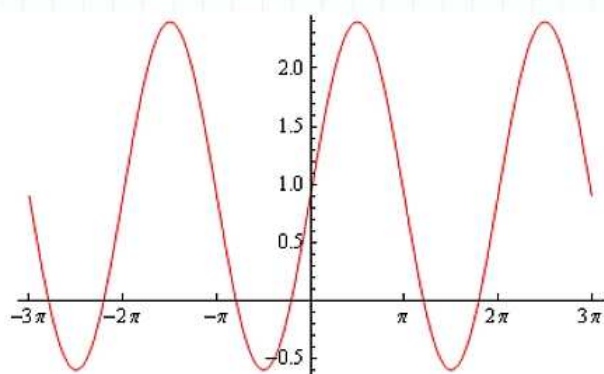
Betrachte folgenden Graphen:



**3.1) Frage:** Welchen Ansatz würdest du zur Modellierung des Funktionsgraphen benutzen ?

- ☐  $f(x) = a \cdot \cos(b \cdot x)$
- ☐  $f(x) = a \cdot \sin(b \cdot x)$
- ☐  $f(x) = a \cdot \cos(x + c)$

Betrachte folgenden Graphen:



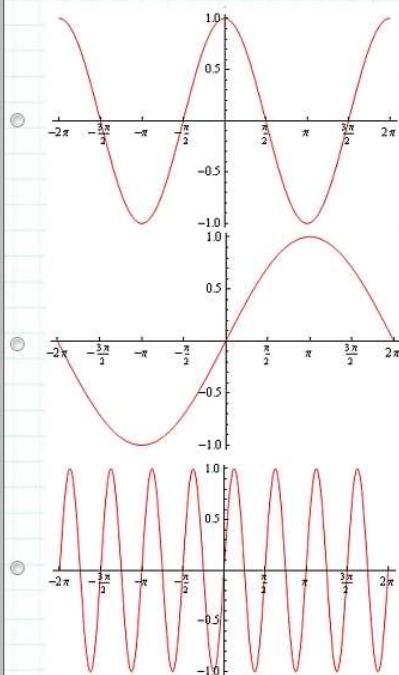
**3.2) Frage:** Welchen Ansatz würdest du zur Modellierung des Funktionsgraphen benutzen ?

- ☐  $f(x) = a \cdot \cos(b \cdot x)$
- ☐  $f(x) = a \cdot \sin(x + c)$
- ☐  $f(x) = a \cdot \sin(x) + d$

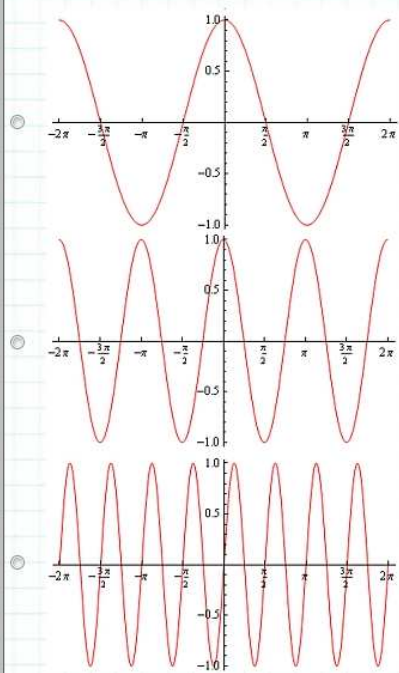
#### Aufgabe 4)



**4.1) Frage:** Welche Funktionsgraph beschreibt folgende Funktion:  
 $f(x) = \sin(x/2)$  ?



**4.2) Frage:** Welche Funktionsgraph beschreibt folgende Funktion:  
 $f(x) = \cos(2x)$  ?





### 5.6.1.10. Diskret – kontinuierlich

#### Aufgabe 1)

Betrachte folgende Graphen.

Der Graph wurde mit Hilfe des Heron Verfahrens erstellt.

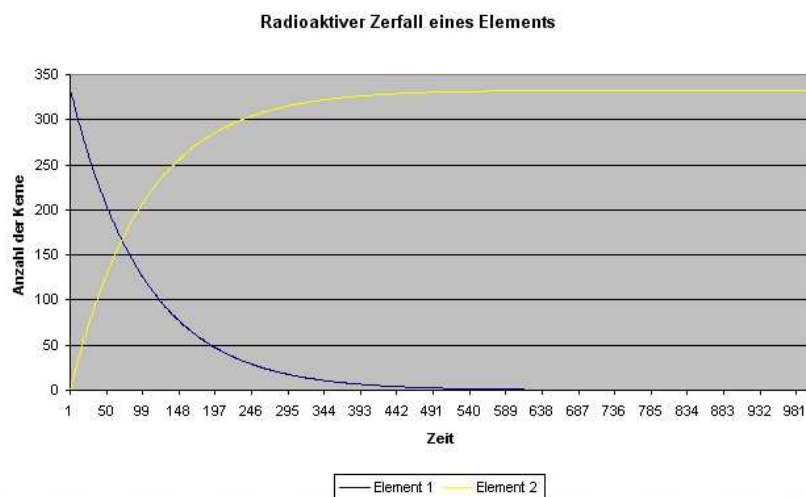


**1.1) Frage:** Welcher Fehler wurde bei der Anwendung des Heronverfahren für die Ermittlung der Wurzel von 12 gemacht?

- ☐ Es wurde kein Fehler gemacht.
- ☐ Der Startwert wurde negativ angenommen.
- ☐ Der Startwert wurde zwar positiv gewählt jedoch viel zu groß für dieses Beispiel.

Betrachte folgenden Graphen.

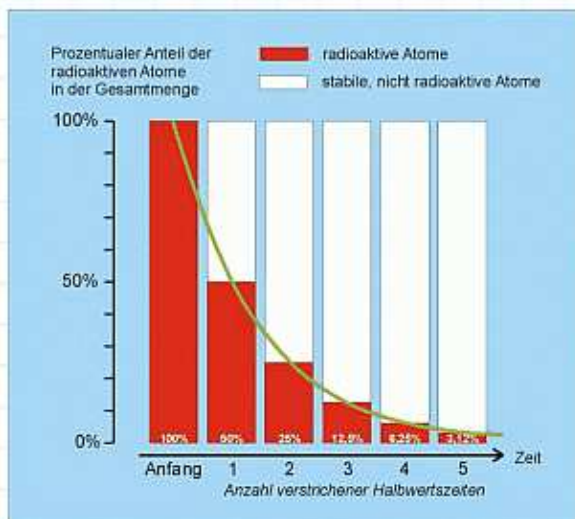
Der Graph stellt den radioaktiven Zerfall eines Elementes in ein zweites stabiles Element.



**1.2) Welche der folgenden Aussagen ist richtig?**

- ☐ Element 1 ist nach 638 Zeitschritten restlos verschwunden.
- ☐ Die Anzahl von Elemente 1 und Elemente 2 sind nach ca. 70 Zeitschritten ident.
- ☐ Der Zerfallsprozess erfolgt im Intervall [295;540] linear.

## Aufgabe 2)



Radeon hat eine Halbwertszeit von 3,8 Tagen.

**2.1) Frage:** Nach einer gewissen Zeit kann man noch 49% der Anfangsmenge messen. Wie viele Tage sind seit der ersten Messung vergangen?

**2.2) Frage:** Wie viele Tage müssen vergehen um nur mehr 25% der Anfangsmenge zu messen?

**2.3) Frage:** Welchen Ansatz kann man verwenden um Lambda bei gegebener Halbwertszeit zu berechnen?

- ☐  $-1/2 \cdot x(0) = x(0) \cdot e^{(-\text{Lambda} \cdot t)}$
- ☐  $1/2 \cdot x(0) = x(0) \cdot e^{(\text{Lambda} \cdot t)}$
- ☐  $1/2 \cdot x(0) = x(0) \cdot e^{(-\text{Lambda} \cdot t)}$
- ☐  $1/2 \cdot x(0) = x(0) \cdot e^{(-\text{Lambda} \cdot -t)}$

### Aufgabe 3)

Löse folgende Differentialgleichung:

$$y' \cdot y^3 = -x$$

mit der Anfangsbedingung  $A(2|2)$ .

**3.1) Frage:** Wie lautet der Funktionswert von der speziellen Lösung an der Stelle 3 ?

- ☐ ~1,565
- ☐ ~2,565
- ☐ ~3,565

**3.2) Frage:** Wie nennt man das Verfahren zur Lösung einfacher Differentialgleichungen ?

- ☐ Trennung der Konstanten
- ☐ Trennung der Funktionswerte
- ☐ Trennung der Variablen

### 5.6.1.11. Die Dreiecksverteilung

#### Aufgabe 1)

**1.1) Frage:** Bei welchen der folgenden Zufallsvariablen handelt es sich **nicht** um eine kontinuierliche Zufallsvariable?

- ☐ Wartezeit an der Kinokasse
- ☐ Dehnbarkeit von Bungee-Seilen
- ☐ Anzahl der fehlerhaften Teile einer Warensendung

**1.2) Frage:** Welche der folgenden Aussagen zur Berechnung von Wahrscheinlichkeiten bei kontinuierlichen Zufallsvariablen sind richtig?

- ☐ Die Wahrscheinlichkeit für Werte in einem bestimmten Intervall entspricht der Fläche unterhalb der Dichtefunktion in diesem Intervall.
- ☐ Die Wahrscheinlichkeit für Werte in einem bestimmten Intervall entspricht der Summe der Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Werte in diesem Intervall
- ☐ Die Wahrscheinlichkeit für einen bestimmten Wert entspricht dem Funktionswert der Dichtefunktion.

### Aufgabe 2)

**2.1) Frage:** Welche der folgenden Eigenschaften kann eine Dichtefunktion  $f(x)$  nicht erfüllen?

- ☐  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$  für alle  $b$
- ☐  $\int_a^b f(x) dx \geq 0$  für alle  $b$
- ☐  $f(x) \geq 0$  für alle  $x$
- ☐  $f(x) > 1$  für alle  $x$

Angenommen, der Projektleiter des im Lernpfad beschriebenen Projekts hätte keine Ahnung von der voraussichtlichen Projektdauer und man würde jede Dauer (innerhalb der vorgegebenen 14-Tage-Frist) als gleich wahrscheinlich annehmen.

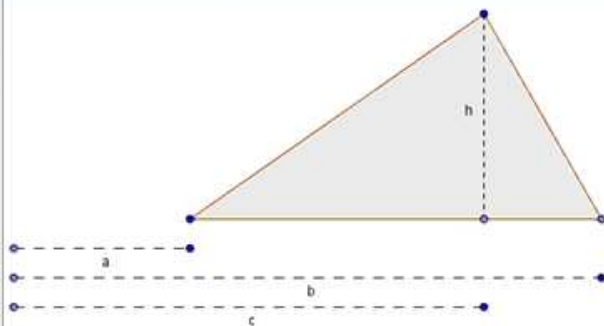
**2.2) Frage:** Wie würde die Dichtefunktion dieser Gleichverteilung aussehen?

- ☐ Die Dichtefunktion entspricht einem Rechteck (beginnend bei  $x=0$ ) mit Breite 14 und Höhe 1.
- ☐ Die Dichtefunktion entspricht einem Rechteck (beginnend bei  $x=0$ ) mit Breite  $1/4$  und Höhe 14.
- ☐ Die Dichtefunktion entspricht einem Rechteck (beginnend bei  $x=0$ ) mit Breite 14 und Höhe  $1/4$ .



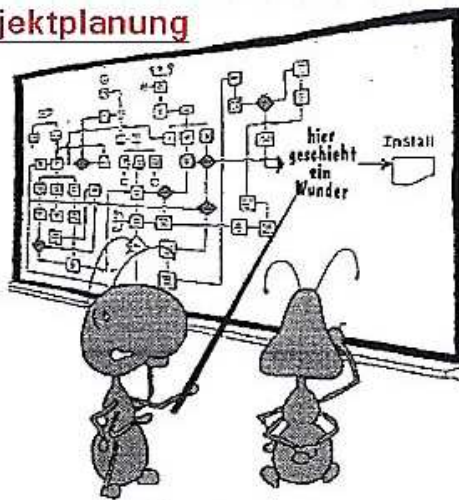
## Aufgabe 3)

**3.1) Frage:** Welche der folgenden Aussagen zur Dreiecksverteilung sind richtig (zur Unterstützung hier nochmals die Skizze aus dem Lernpfad)?



- ☐ Das Verteilungsmaximum kann auch außerhalb des Intervalls  $[a;b]$  liegen.
- ☐ Das Intervall  $[a;b]$  muss immer im positiven Bereich liegen.
- ☐ Eine Verschiebung des Verteilungsmaximum (d.h. eine Veränderung von  $c$ ) verändert nichts an der Höhe des Maximums.

## Projektplanung



Sehr gute Arbeit!  
Aber sollten wir hier vielleicht nicht  
noch ein wenig detaillierter werden...?

**3.2) Frage:** Angenommen  $a=0$ ,  $b=5$ ,  $c=4$ . Die sind die Eckdaten für ein Projekt dessen Dauer mit maximal 5 Tagen gegeben ist. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit am 3. Tag um Punkt 12 Uhr Mittags das Projekt zu beenden?

- ☐ <50%
- ☐ >50%
- ☐ 0%

## 5.6.1.12. Zugang zur Poissonverteilung

### Aufgabe 1)

**1.1) Frage:** Welche dieser Ergebnisse von Zufallsversuchen ist **kein** Beispiel für eine diskrete Zufallsvariable?

- ☐ Würfeln mit einem fairen Würfel.
- ☐ Abmessen der Länge von zufällig aus einer gegebenen Menge ausgewählten Werkstücken.
- ☐ Ziehen eines Gewinners bei einem Preisausschreiben.
- ☐ Befragung bei SchülerInnen nach der Note bei der letzten Mathematikschularbeit.

**1.2) Welche Aussage ist falsch ?**

Die statistische Definition der Wahrscheinlichkeit...

- ☐ ...findet Anwendung, wenn man kein mathematisches Modell zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit findet.
- ☐ ... ist die optimale Prognose der relativen Häufigkeiten.
- ☐ ... ist eine empirische Größe, die eine große Versuchsreihe voraussetzt.
- ☐ ... ist ein aus rein mathematischen Überlegungen berechneter Wert für die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Zufallsversuchs.

## Aufgabe 2)

## Ergebnis Statistik für die 1. Fußball Bundesliga

**2.1) Frage:** Welche Aussage trifft **nicht** auf die poissonverteilte Wahrscheinlichkeitsfunktion zu ?

- ☐ Die Poissonverteilung ist ein Beispiel einer Wahrscheinlichkeitsfunktion für diskrete Zufallsvariablen.
- ☐ Die graphische Darstellung einer poissonverteilten Wahrscheinlichkeitsfunktion zeigt eine asymmetrische Verteilung.
- ☐ Die poissonverteilte Wahrscheinlichkeitsfunktion ist eine Funktion der Form
- ☐  $f(x) = \frac{e^{-p \cdot n} \cdot (p \cdot n)^x}{x!}$  und ist für alle reellen Zahlen definiert.

**2.2) Frage:** Welche der folgenden Aussagen zur Berechnung von Wahrscheinlichkeiten bei poissonverteilten Zufallsvariablen ist **falsch**?

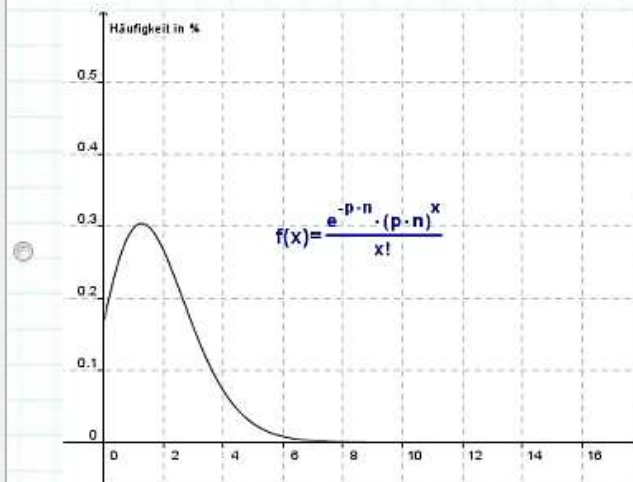
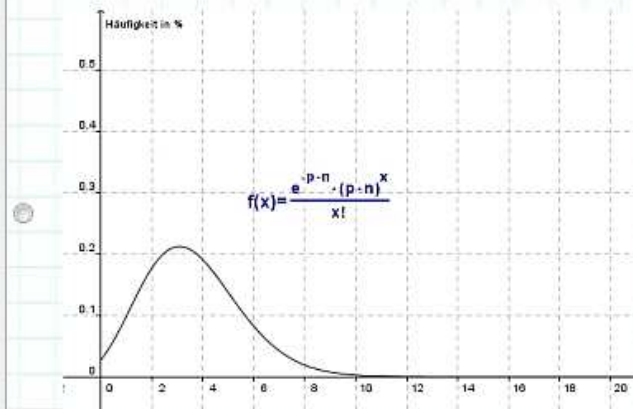
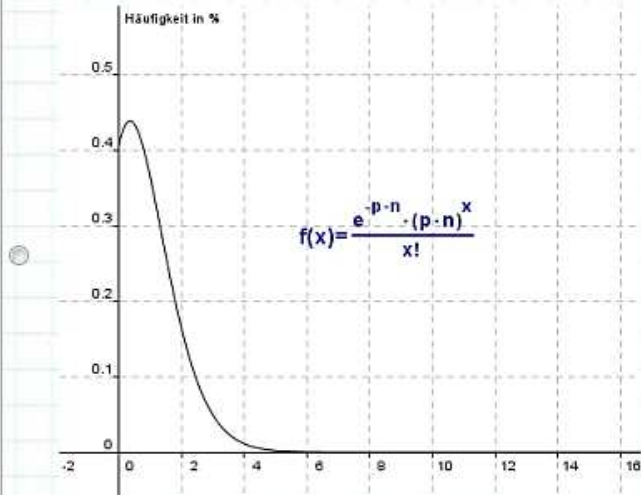
- ☐ Die Wahrscheinlichkeit für  $P(X = x)$  für immer größer werdende  $x$  nähert sich der Zahl 1 an, wird sie jedoch nie überschreiten.
- ☐ Die Wahrscheinlichkeit für Werte in einem bestimmten Intervall entspricht der Fläche unterhalb der Trägerfunktion
- ☐  $f(x) = \frac{e^{-p \cdot n} \cdot (p \cdot n)^x}{x!}$  in diesem Intervall.
- ☐ Die Wahrscheinlichkeit für Werte in einem bestimmten Intervall entspricht der Summe der Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Versuchsausgänge in diesem Intervall.
- ☐ Als Verteilungsfunktion für poissonverteilte Zufallsvariable gilt allgemein
- ☐ die Darstellung  $F(x) = \sum_{k=0}^x f(k)$ , wobei  $f(k) = \frac{e^{-p \cdot n} \cdot (p \cdot n)^k}{k!}$  und  $k \in \mathbb{N}$ .



## Aufgabe 3)

**3.1) Frage:** Bei welcher grafischen Darstellung wurde das größte  $p$  gewählt bei gleichem  $n$ ?

(Die Punkte wurden zur besseren Veranschaulichung mit einer Kurve verbunden)

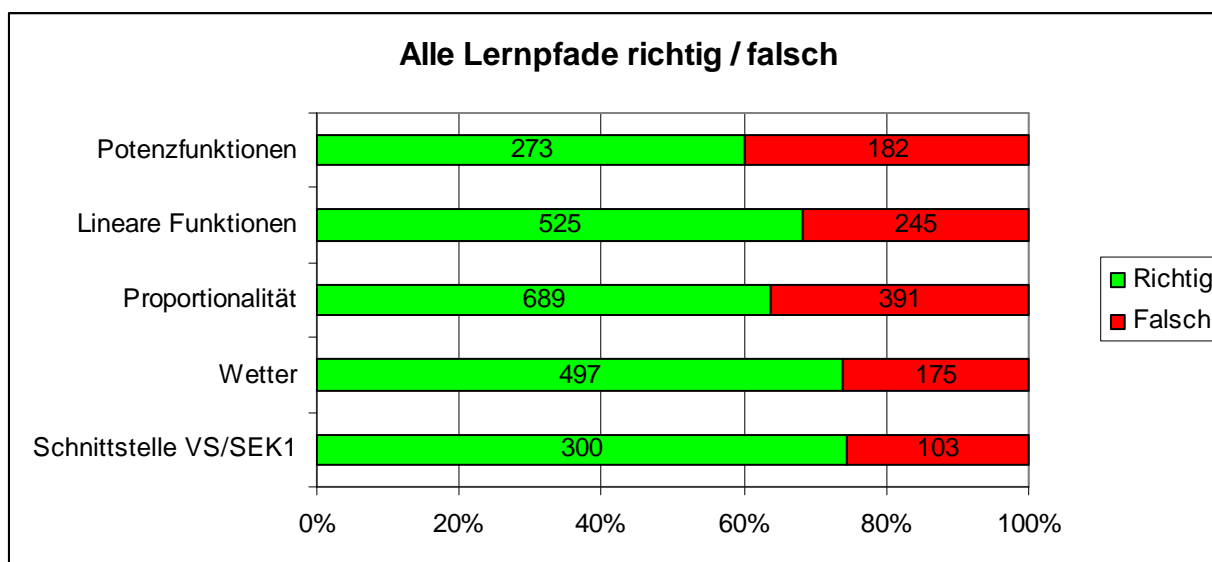


## 5.6.2 Wissenstests – Ergebnisse

Bei den Ergebnissen der Wissenstests beziehen wir uns nur auf jene, wo davon ausgegangen werden kann, dass mindestens eine Klasse den Wissenstest absolviert hat. Es werden jeweils die Anzahl richtiger und falscher Antworten gegenübergestellt.

Lernpfad	Anzahl	männlich	weiblich
Schnittstelle VS/SEK1	31	18	12
Wetter und Temperaturkurven	56	28	28
Direkte und indirekte Proportionalitäten	90	43	46
Lineare Funktionen	77	41	35
Potenzfunktionen	65	46	18
<b>Gesamt</b>	<b>319</b>	<b>176</b>	<b>139</b>

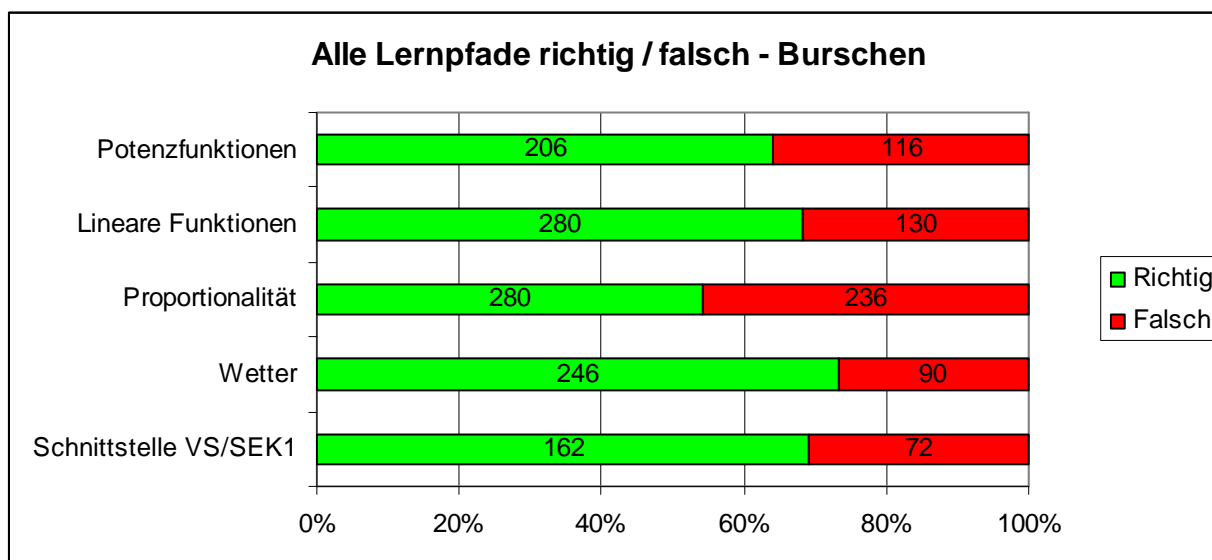
Bei den Lernpfaden der Sek1 (Schnittstellenlernpfad, Wetter, Proportionalität und lineare Funktionen) werden mehr als 60% der Fragen beim jeweiligen Wissenstest richtig beantwortet. Erfreulich ist, dass bereits auch für die Schüler/innen der 5. Schulstufe diese Form des Lernens erfolgreich eingesetzt werden kann.



Beim Wissenstest zum Lernpfad an der Schnittstelle Volksschule – Sekundarstufe 1 hatten die 31 Schüler/innen je 13 Fragen zu beantworten. Insgesamt wurden fast 80% der Fragen richtig beantwortet. Beim Wissenstest zum Lernpfad „Wetter – Temperaturkurven“ hatten die 56 Schüler/innen je 12 Fragen zu beantworten, auch hier wurden annähernd 80% der Fragen richtig beantwortet. Der Wissenstest zum Lernpfad „Direkte/indirekte Proportionalität“ umfasst 12 Fragen, mehr als 60% wurden richtig beantwortet. Die 77 Schüler/innen, die den Wissenstest zum Lernpfad „Lineare Funktionen“ absolviert haben, konnten mehr als 60% der Fragen richtig beantworten. Beim Wissenstest zum Lernpfad „Potenzfunktionen“ konnten die 65 Schüler/innen 60% der Fragen richtig beantworten.

Insgesamt zeigt sich also eine sehr hohe Lösungswahrscheinlichkeit.

Werden die Ergebnisse nach Burschen und Mädchen getrennt betrachtet, so ergibt sich eine Verschiebung zu Gunsten der Mädchen. Generell überwiegt auch bei den Burschen die Anzahl der richtigen Antworten, dennoch antworten die Mädchen tendenziell richtiger.



Vor allem beim Lernpfad „Direkte/indirekte Proportionalität“ zeigt sich ein schlechteres Abschneiden der Burschen. Beim Lernpfad „Potenzfunktionen“ hingegen absolvieren die Burschen den Wissenstest etwas besser.

Geringfügige Unterschiede in den Anzahlen bei Mädchen / Burschen zu Allen sind darauf zurückzuführen, dass einige Teilnehmer/innen ihr Geschlecht nicht angegeben haben und daher bei „Allen“ gewertet werden konnten, aber nicht einem Geschlecht zugeordnet werden konnten.

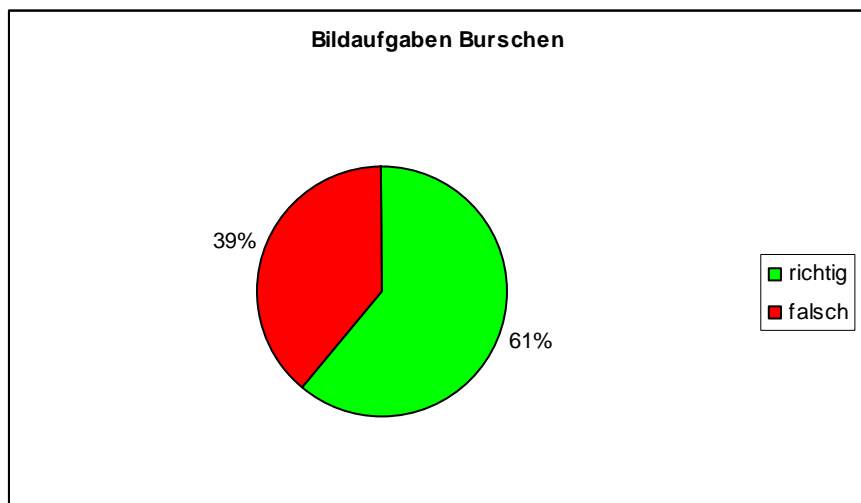
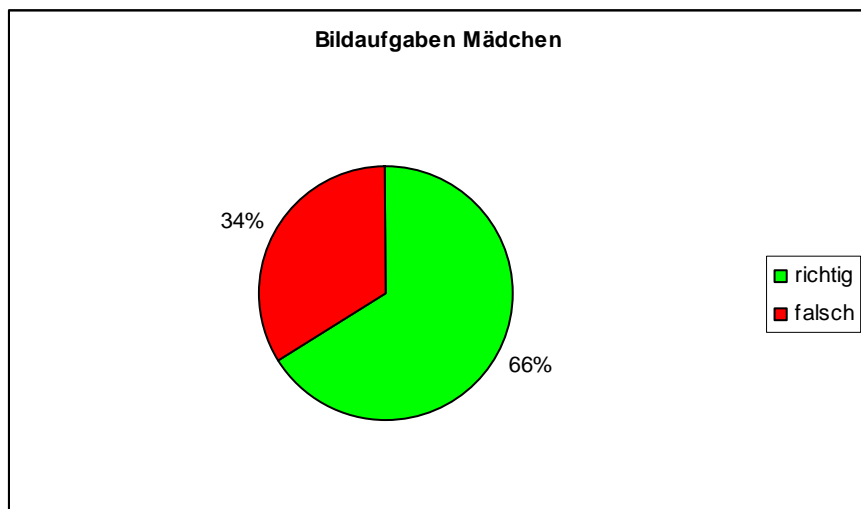
Bevor nun auf die einzelnen Lernpfade eingegangen wird, werden Unterschiede bei den verschiedenen Aufgabentypen untersucht. Dabei werden

- Bildaufgaben,
- interaktive Aufgaben,
- Textaufgaben und
- sonstige Aufgaben

unterschieden und analysiert.

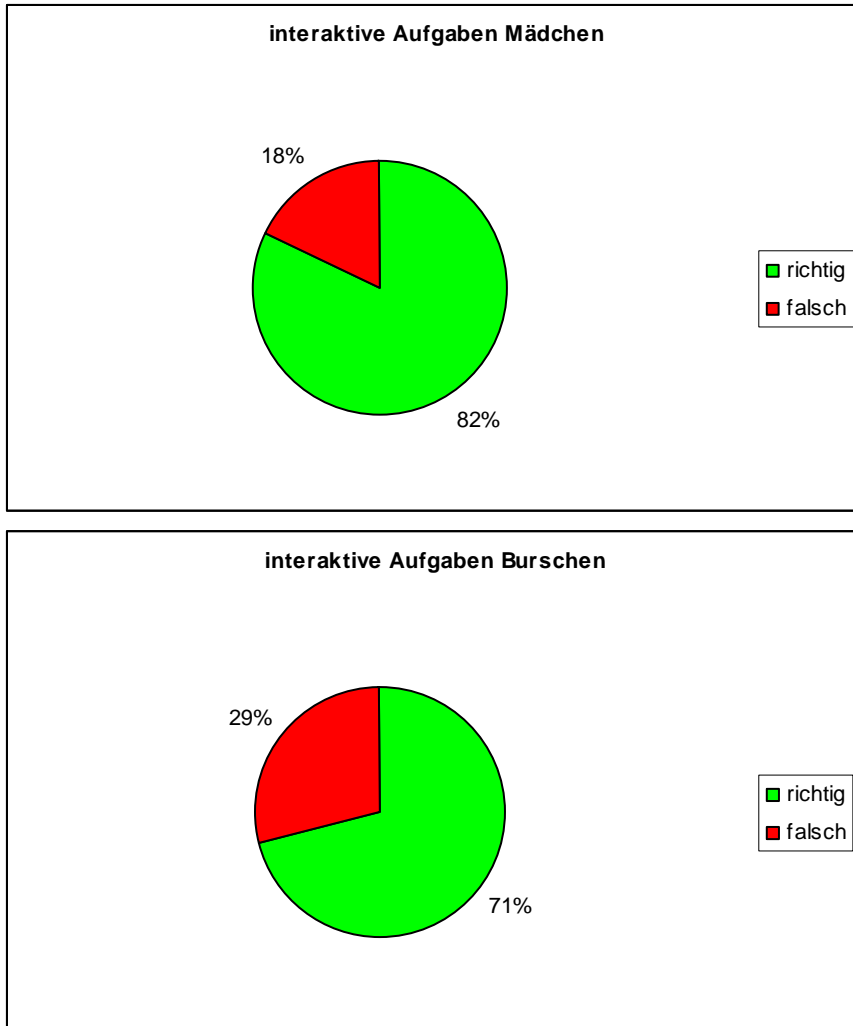
## Bildaufgaben

Bildaufgaben sind jene, bei denen die Lösung von der Interpretation eines Bildes abhängt. Diese werden ohne signifikanten Unterschied von Mädchen und Burschen gleich gut beantwortet.



## Interaktive Aufgaben

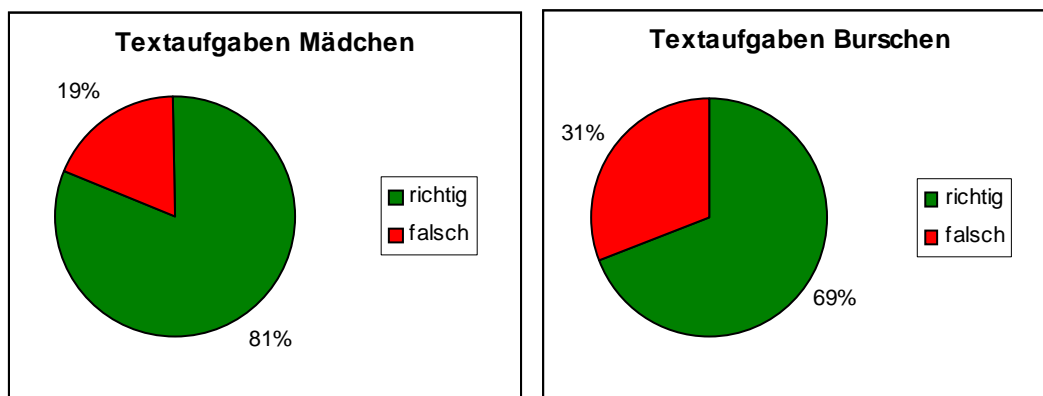
Bei den interaktiven Aufgaben müssen die Schüler/innen durch Klicken oder andere Interaktion mit einem Applet die Antwort finden. Klassische Anwendungen wären GeoGebra Anwendungen, die mit einem Schieberegler verändert werden können.



Bei diesen Aufgaben lässt sich erkennen, dass die Mädchen besser zu recht kommen als die Burschen. Mit einer Lösungswahrscheinlichkeit von 82% zählt dieser Bereich zu den klaren Mädchendomänen und lässt die Vorteile von interaktivem Unterricht speziell für Mädchen erkennen. Bei einer Lösungswahrscheinlichkeit von 71% bei den Burschen liegen die interaktiven Aufgaben im Schnitt der Lösungswahrscheinlichkeit aller Beispiele.

## Textaufgaben

Bei den Textaufgaben handelt es sich um Beispiele, die durch die Interpretation eines Textes beantwortet werden müssen.

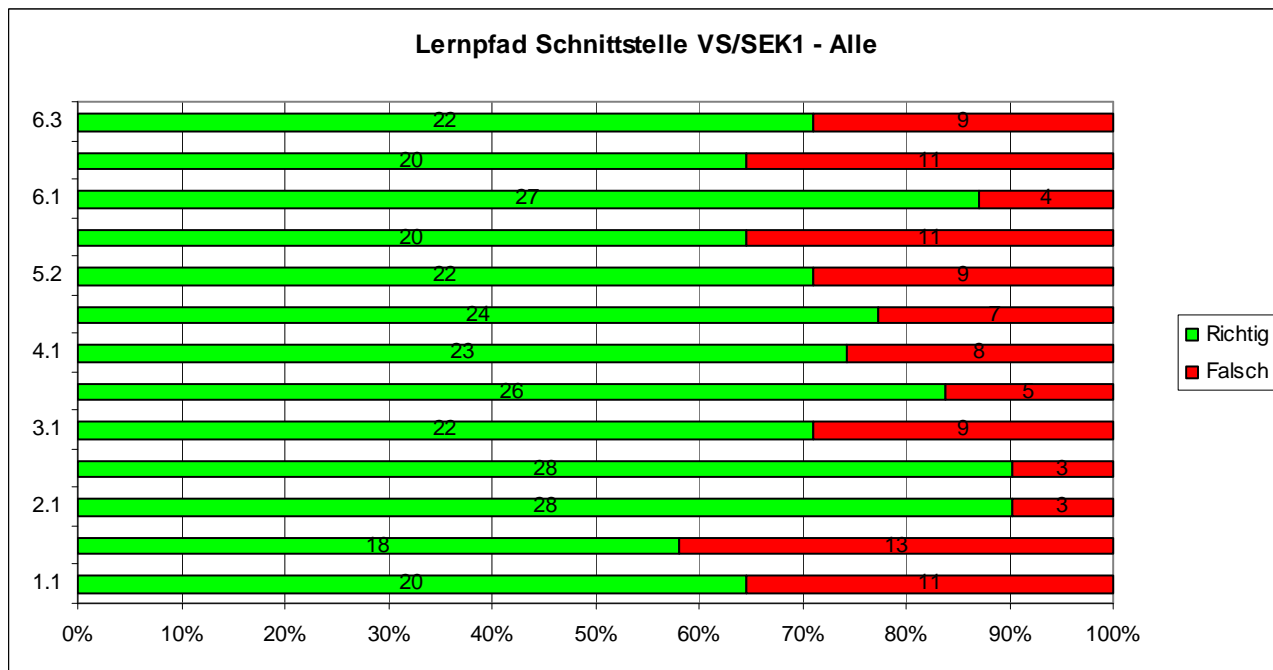


Wie bei den interaktiven Aufgaben lässt sich auch hier eine erstaunliche Dominanz der Mädchen erkennen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass einerseits die Burschen geringere kognitive Kompetenz aufweisen und zudem auch eine geringere Bereitschaft zeigen, sich intensiv mit den Texten auseinanderzusetzen. Speziell die Ergebnisse der unteren Jahrgangsstufen tragen zu diesem für die Mädchen dominanten Ergebnis bei. Ähnliche Ergebnisse liefern auch die PISA-Tests. „In allen Ländern schneiden die Mädchen beim Erkennennaturwissenschaftlicher Fragestellungen im Mittel besser ab als die Burschen.“ [Online: [http://www.bifie.at/sites/default/files/publikationen/2007-12-04\\_pisa-2006-ersteergebnisse.pdf](http://www.bifie.at/sites/default/files/publikationen/2007-12-04_pisa-2006-ersteergebnisse.pdf), gültig am 15.12.2009]

Lernpfade könnten also für Burschen zum Training in Bereich kognitiver Kompetenzen und zum Ausgleich dortiger Defizite geeignet sein.

### 5.6.2.1. Lernpfad Volksschule – SEK 1

Bei diesem Lernpfad hatten die 31 Schüler/innen insgesamt 13 Fragen zu 6 Aufgabenstellungen zu beantworten.



Ein Großteil dieser Fragen konnte zu 70% richtig beantwortet werden. Nur eine Frage konnte mit etwas weniger als 60% richtig beantwortet werden. Dies war bei Aufgabe 1.2 der Fall.

**Aufgabe 1)**

Du siehst ein Notenblatt vor dir. Nach jedem Takt kommt eine gewisse Anzahl von Tönen hinzu.

1. Takt      2. Takt      3. Takt      4. Takt

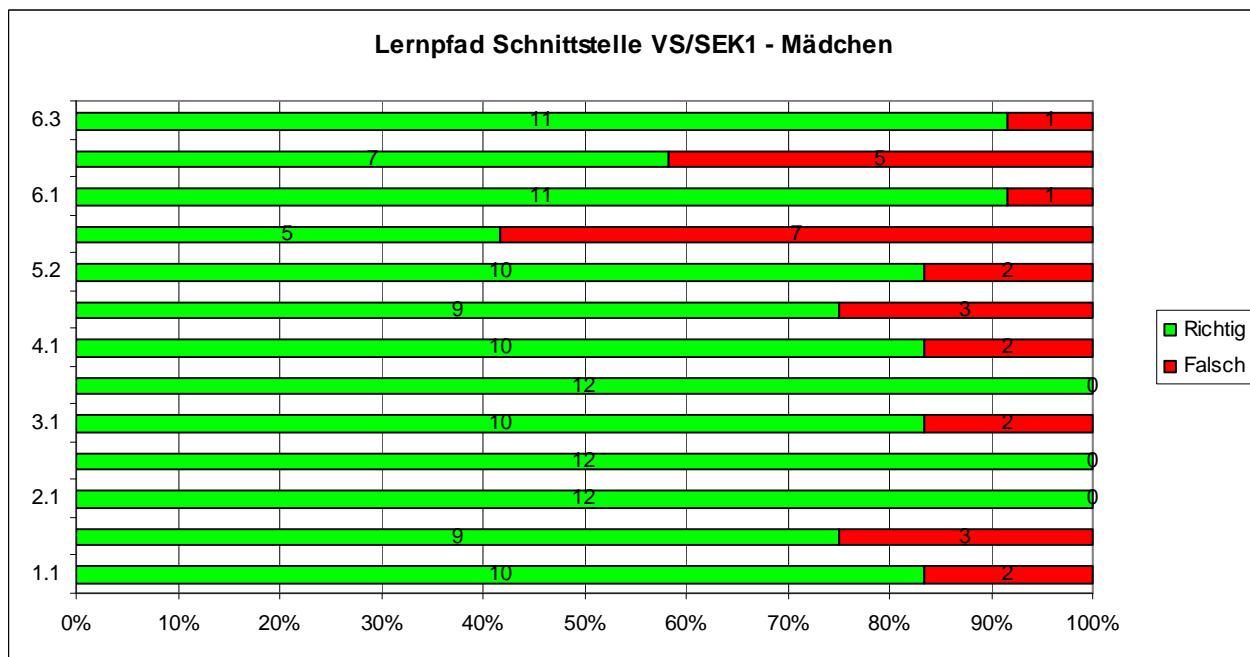
**1.1) Frage:** Um wieviele Töne wird die Melodie erweitert ?

**Antwort:** Die Melodie erweitert sich nach jeder Wiederholung um  Töne.

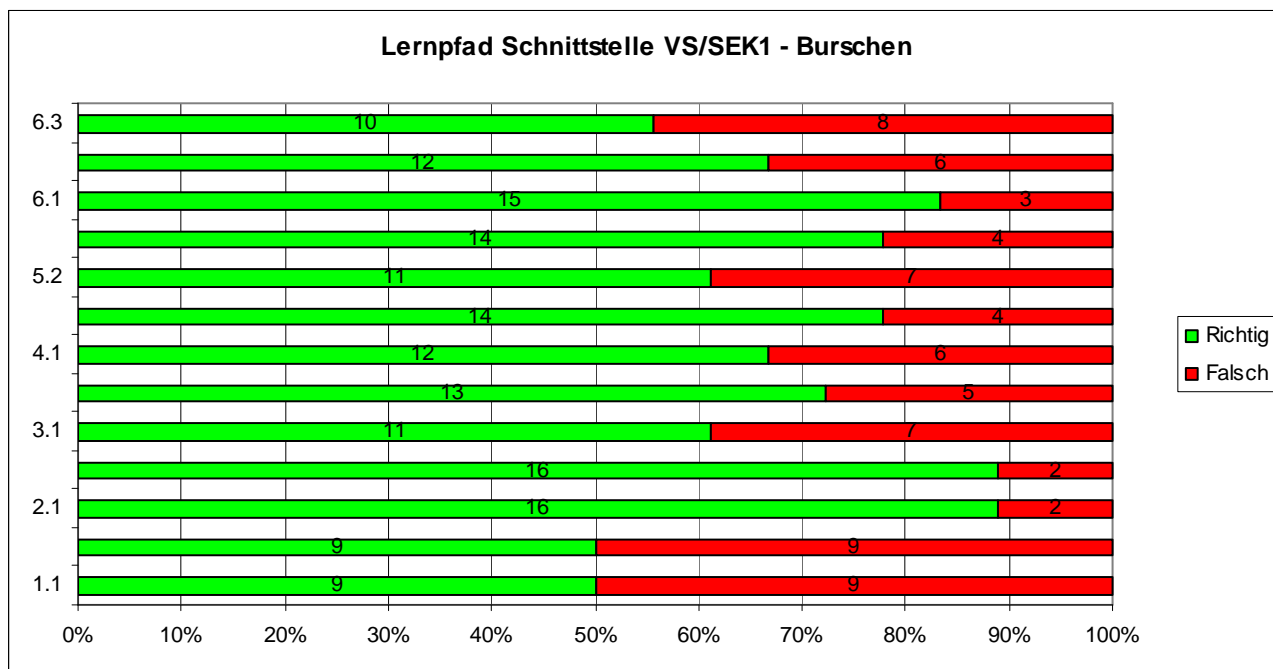
**1.2) Frage:** Wie viele Töne würden im nächsten 5. Takt sein?

**Antwort:** Es würden  Töne im 5. Takt sein.

Werden die Ergebnisse dieses Wissenstests genderspezifisch betrachtet, so ergeben sich einige interessante Unterschiede. So wird zum Beispiel die bereits oben angesprochene Aufgabe 1.2) von den Mädchen deutlich besser absolviert als von den Burschen.



Deutlich schlechter schneiden die Mädchen hingegen bei 5.3) ab, obwohl eine ähnliche Aufgabe im Lernpfad selbst vorhanden ist. Interessant dazu ist der Vergleich der Ergebnisse bei Aufgabe 6.3). Hier schneiden die Mädchen wiederum deutlich besser ab als die Burschen.





### Aufgabe 5)

Kevin hat zu seinem Geburtstag einen Hasen bekommen.

Damit der Hase glücklich ist, benötigt er einen Käfig mit  $25\text{m}^2$  Fläche. Kevin überlegt einen quadratischen Käfig zu bauen. Kevin braucht deine Hilfe, um den Käfig zu bauen. Bestimme für Kevin die Seitenlänge des Käfigs.



**5.1) Frage:** Wie groß muss eine Seite des Käfigs sein, um eine Fläche von  $25\text{ m}^2$  zu erreichen ?

**Antwort:** Eine Seite des Geheges muss  m lang sein.

**5.2) Frage:** Wie groß ist der Umfang des Käfigs?

**Antwort:** Der Umfang des Käfigs beträgt  m.

**5.3) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verdoppelt sich der Umfang.
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, vervierfacht sich der Umfang.
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verachtfacht sich der Umfang.

**Aufgabe 6)**

Jessica fühlt sich nicht mehr wohl in ihrem kleinen Zimmer. Ihr Zimmer ist  $9 \text{ m}^2$  groß. Jessica hat ein Zimmer in Form eines Quadrats. Nun fragt sie ihre Mutter, ob sie ein 4 mal so großes Zimmer bekommen kann. Um die Mutter zu überzeugen, musst du eine Seite vom neuen Zimmer, das ebenfalls ein Quadrat sein soll, ausrechnen.



**6.1) Frage:** Wie groß soll das neue Zimmer von Jessica sein?

**Antwort:** Das neue Zimmer soll    $\text{m}^2$  groß sein.

**6.2) Frage:** Wie groß ist eine Seite des neuen Zimmers?

**Antwort:** Eine Seite des neuen Zimmers beträgt   m.

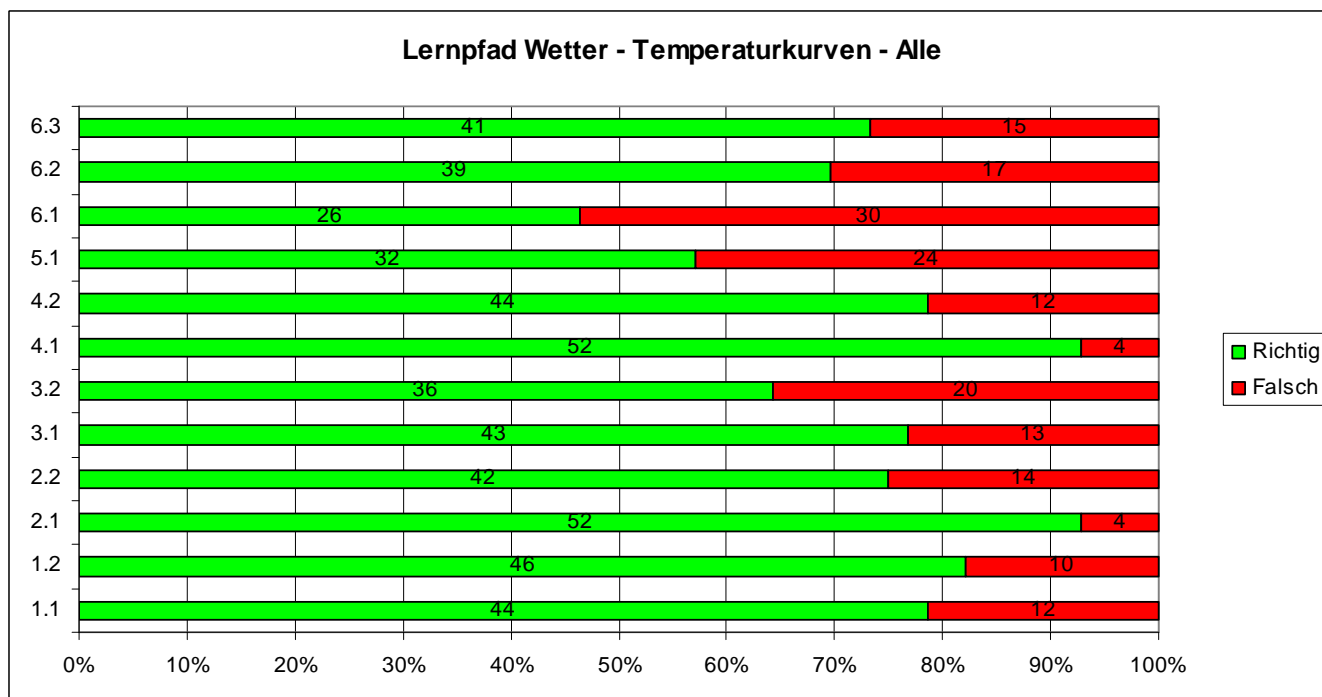
**6.3) Frage:** Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verdoppelt sich die Fläche.
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, vervierfacht sich die Fläche
- ☐ Wenn man die Seiten eines Quadrats verdoppelt, verachtfach sich die Fläche

Worin dieses unterschiedliche Abschneiden bei den doch recht ähnlichen Aufgaben 5.3) und 6.3) begründet liegt, kann derzeit nicht stichhaltig nachgewiesen werden.

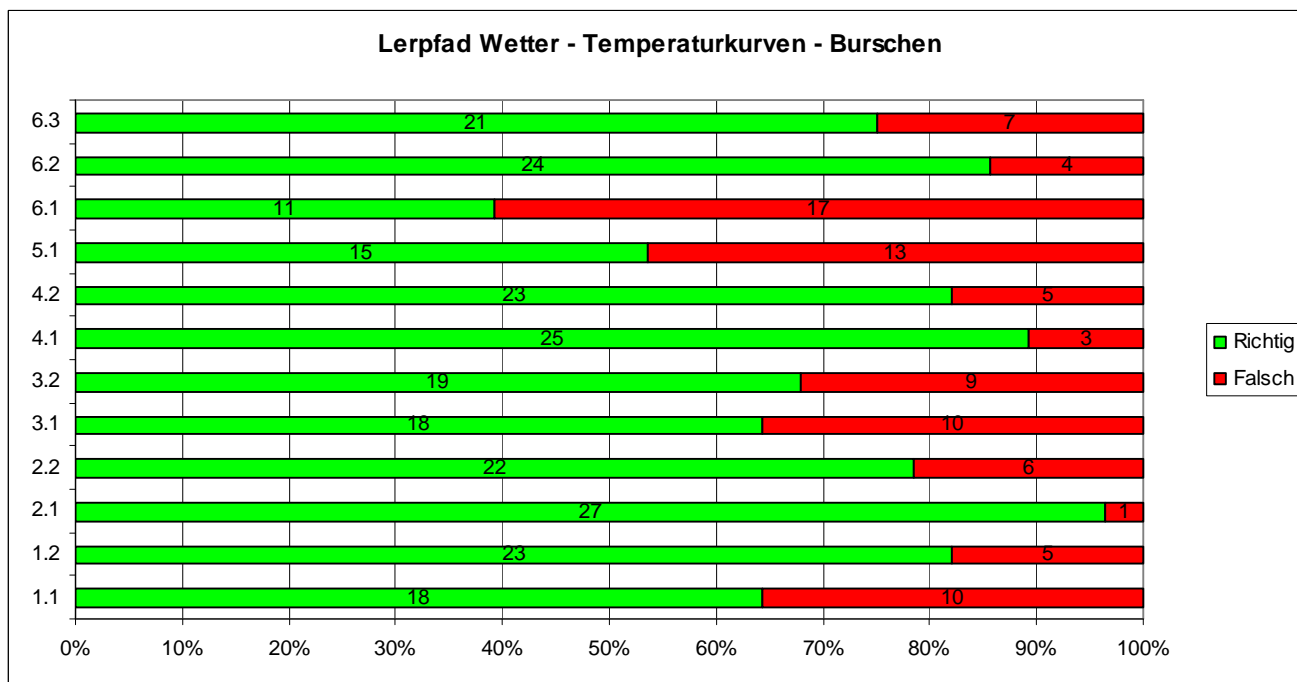
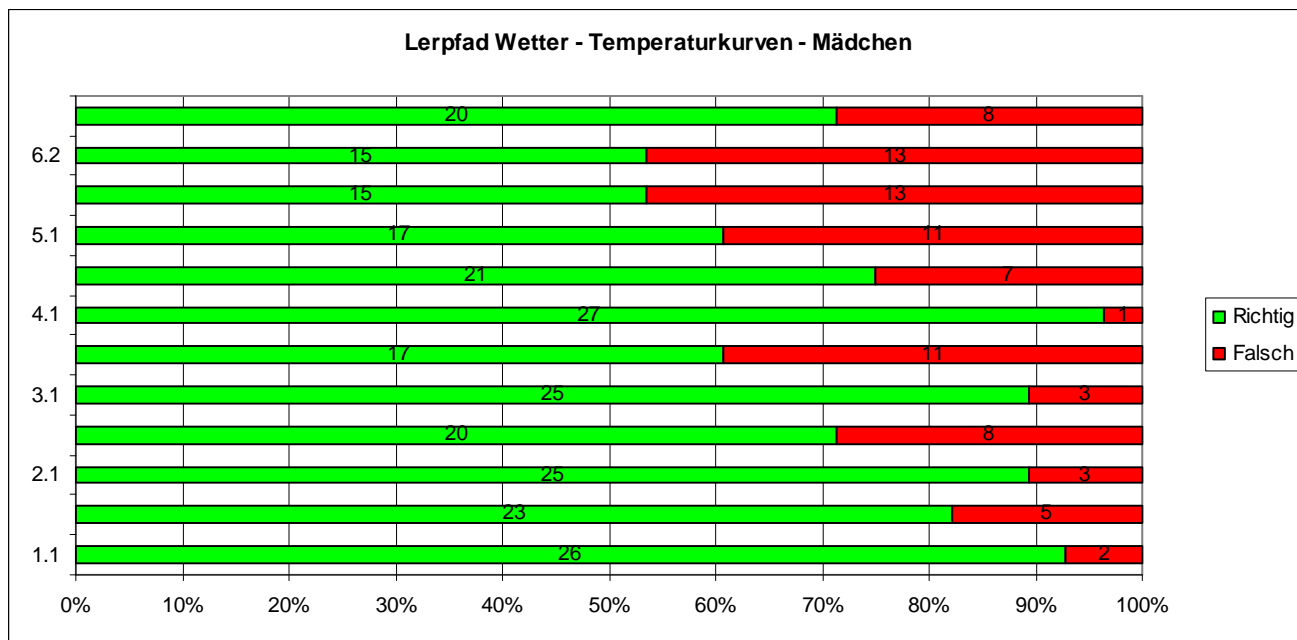
### 5.6.2.2. Lernpfad Wetter – Temperaturkurven

Bei diesem Lernpfad hatten die 56 Schüler/innen 12 Fragen zu insgesamt 6 Aufgaben zu beantworten. Insgesamt konnten auch hier wieder erstaunliche viele Fragen richtig beantwortet werden. Ein negativer Ausreißer ist die Aufgabe 6.1). Hierbei sollten die Schüler/innen einer vorgegebenen Tabelle die richtige grafische Darstellung zuordnen. Möglicherweise liegt das daran, dass die Tabelle auch negative Temperaturwerte enthält, negative Zahlen in der 2. Klasse aber noch nicht im Lehrplan vorgesehen sind, wenngleich anzunehmen ist, dass die Schüler/innen aus ihrem Alltag mit Minusgraden bereits vertraut sind. Dennoch erscheint ein Übertragen dieser Alltagserfahrung in mathematische Tabellen und Diagramme nicht so einfach möglich.



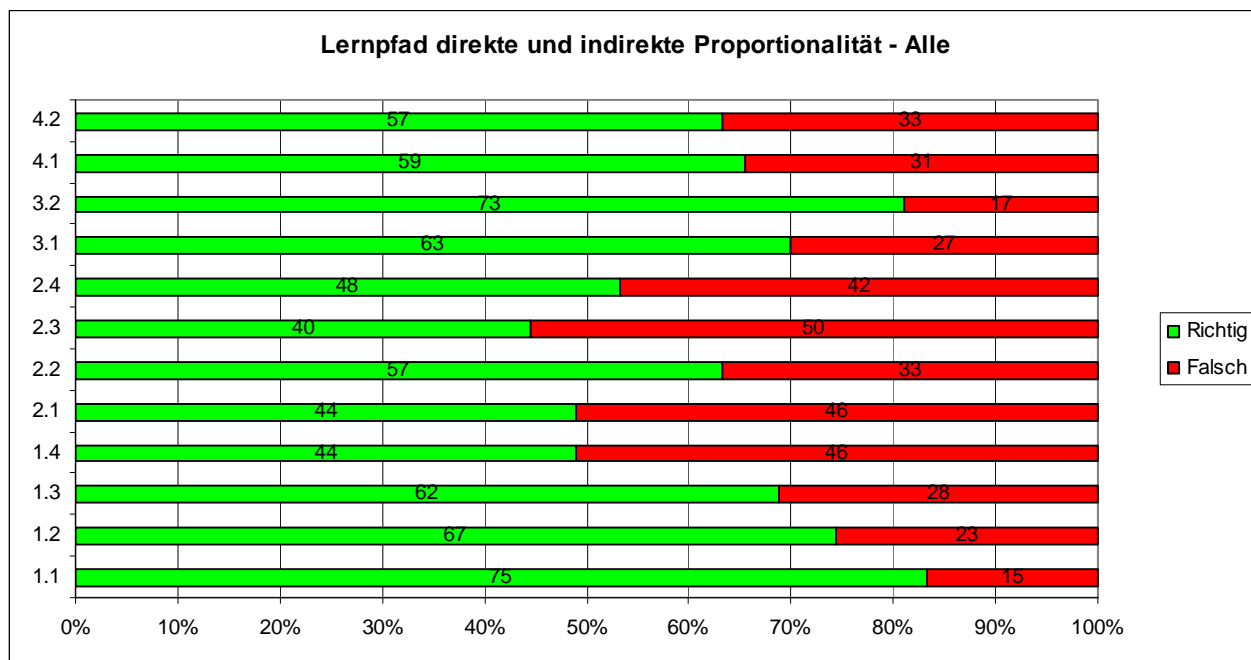
Bei einigen Teilaufgaben dieses Wissenstests zeigen sich interessante Unterschiede bei Mädchen und Burschen.

Die Fragen 1.1) und 4.1) werden von den Mädchen deutlich besser beantwortet als von den Burschen. Die Frage 6.2) hingegen wird von den Burschen deutlich besser beantwortet. Aussagekräftige Begründungen für diese unterschiedlichen Ergebnisse können derzeit nicht gegeben werden.



### 5.6.2.3. Lernpfad Direktes und indirektes Verhältnis

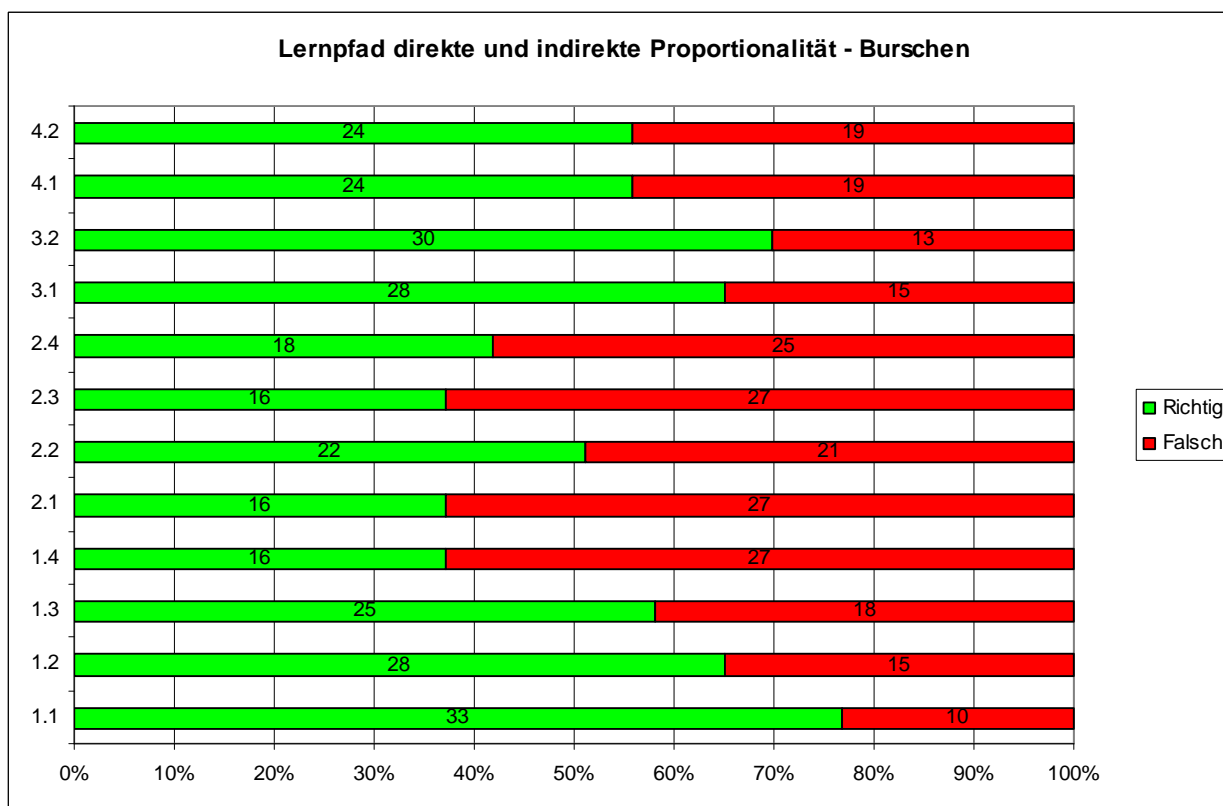
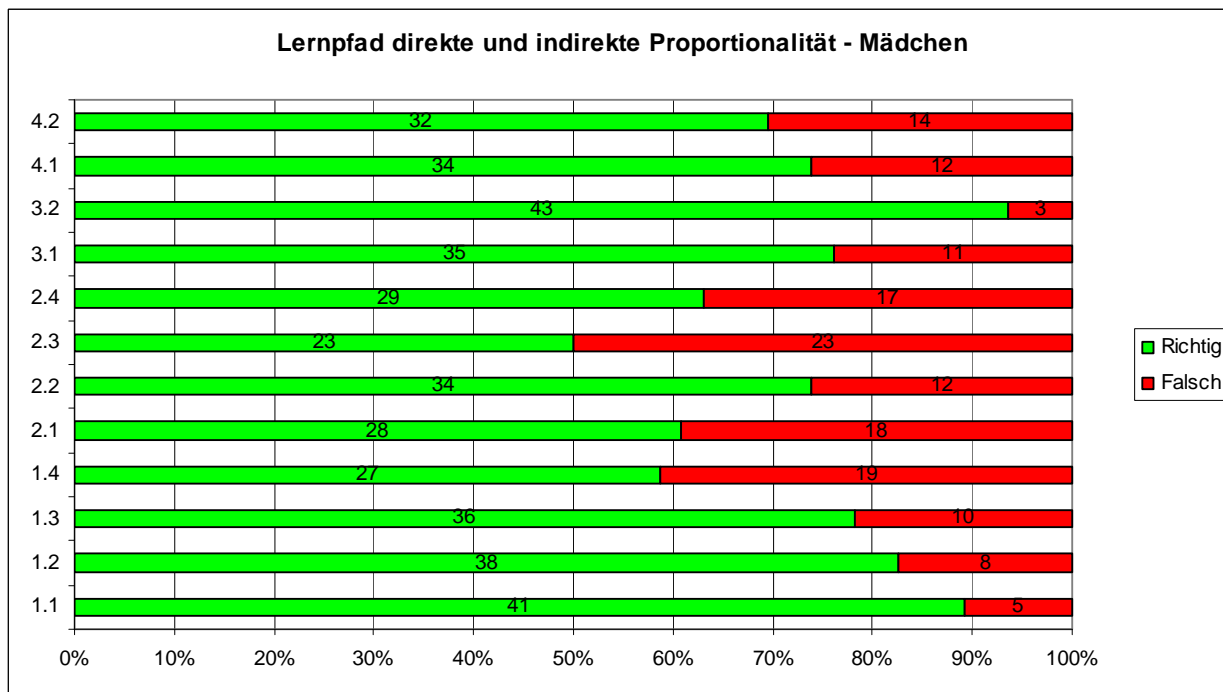
Bei diesem Wissenstest hatten die 90 Schüler/innen 12 Fragen zu insgesamt vier Aufgaben zu beantworten. 9 dieser Fragen wurden wiederum mit mehr als 50% richtig gelöst. Drei Fragen hingegen konnten nur von weniger als 50% richtig beantwortet werden.



Bei der Frage 1.4) mussten die Schüler/innen in Analogie zum Lernpfad auswählen, welche Art von Verhältnis vorliegt. Dass dies hier nicht so gut gelang, legt nahe, dass der Transfer von den Kontexten des Lernpfades auf andere Kontexte nicht so gut gelungen ist.

Die gesamte zweite Aufgabe insbesondere mit den Teilfragen 2.1) und 2.3) dürften den Schüler/innen Schwierigkeiten bereitet haben. Hier fällt auf, dass die grafischen Darstellungen des Wissenstests entgegen den im Lernpfad üblichen Darstellungen völlig ohne außermathematischen Kontext präsentiert werden. Möglicherweise erschwert dies für die Schüler/innen das Lösen der Aufgabe.

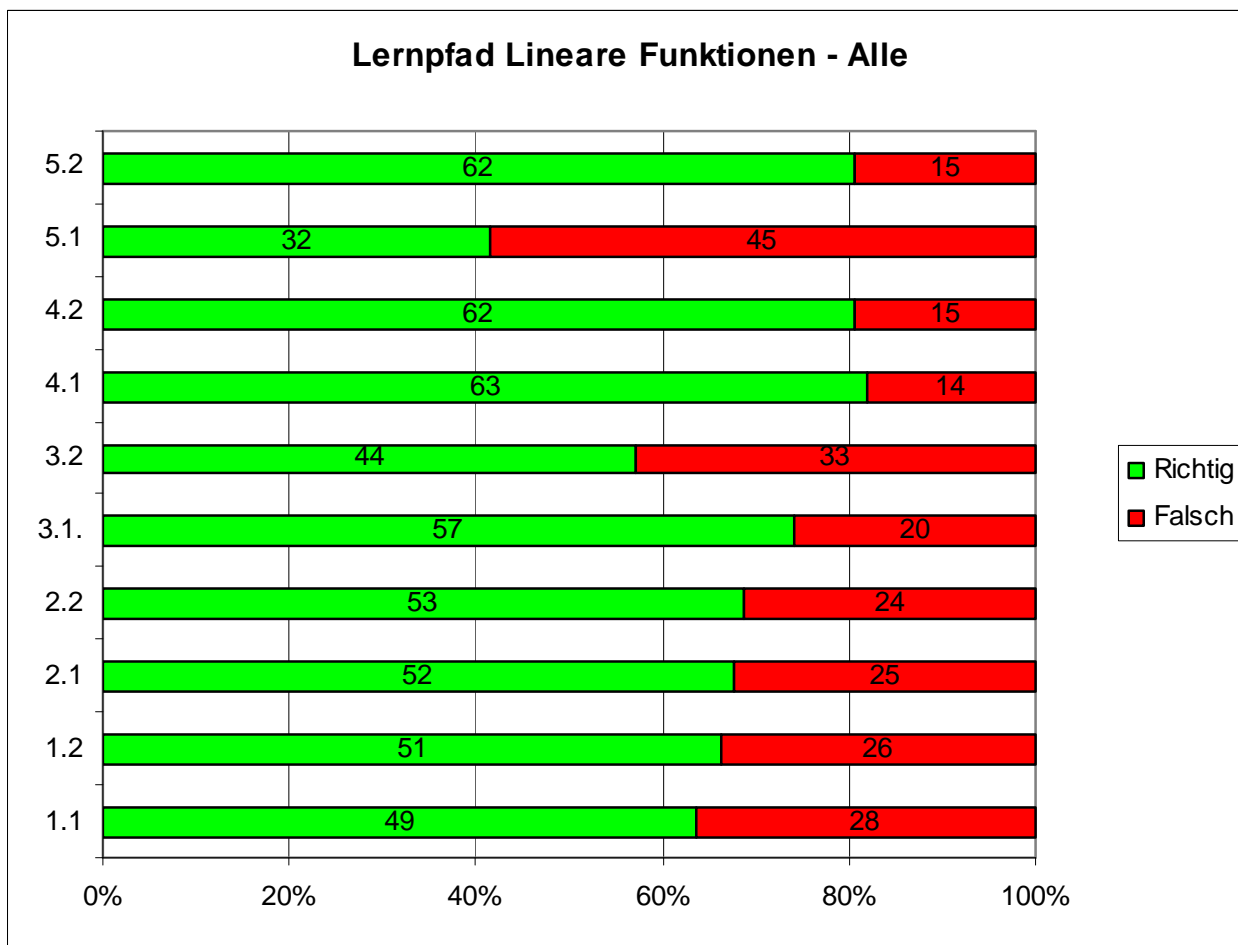
Bei diesem Lernpfad sind die Anzahl richtiger Antworten bei den Burschen deutlich geringer als bei den Mädchen. Mädchen erzielen sogar wie in den bisherigen Lernpfaden bei einzelnen Teilfragen fast 100% richtige Antworten. Interessant ist, dass die Mädchen auch bei den Teilaufgaben 1.4) und 2.1) besser abschneiden als die Burschen. Mädchen kommen in diesem Fall anscheinend deutlich besser mit den „abstrakten“ Teilaufgaben zu Recht.

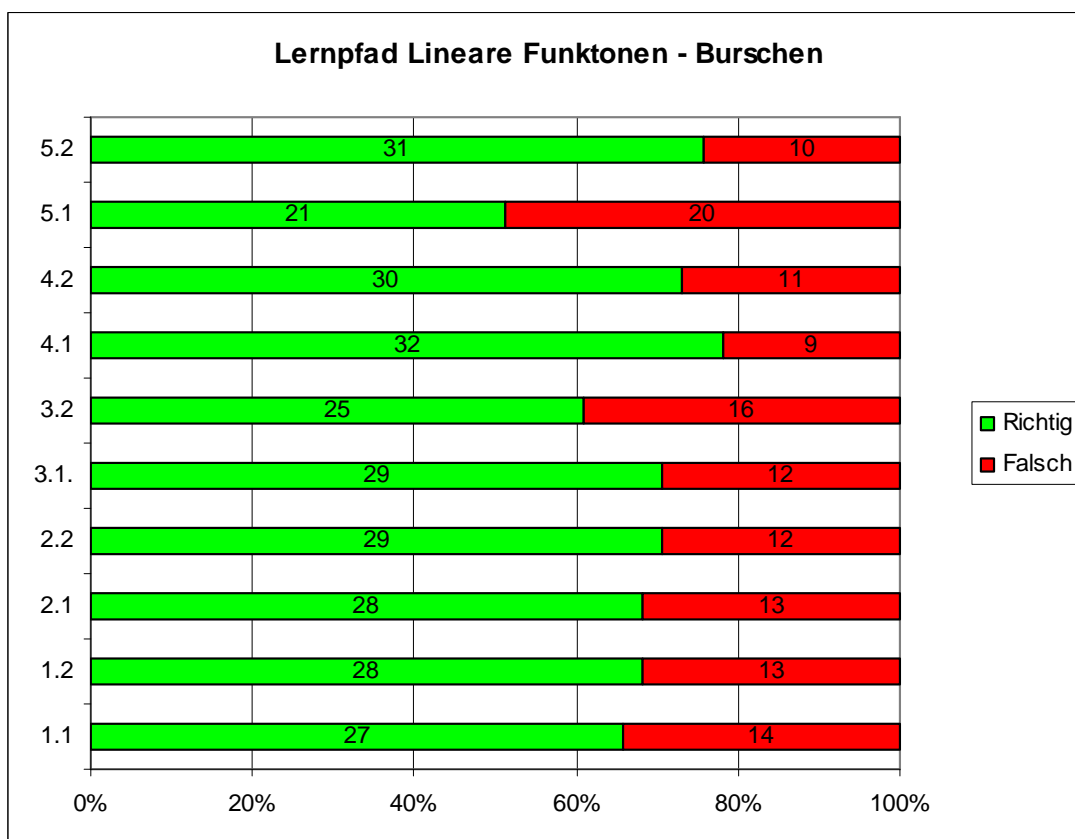
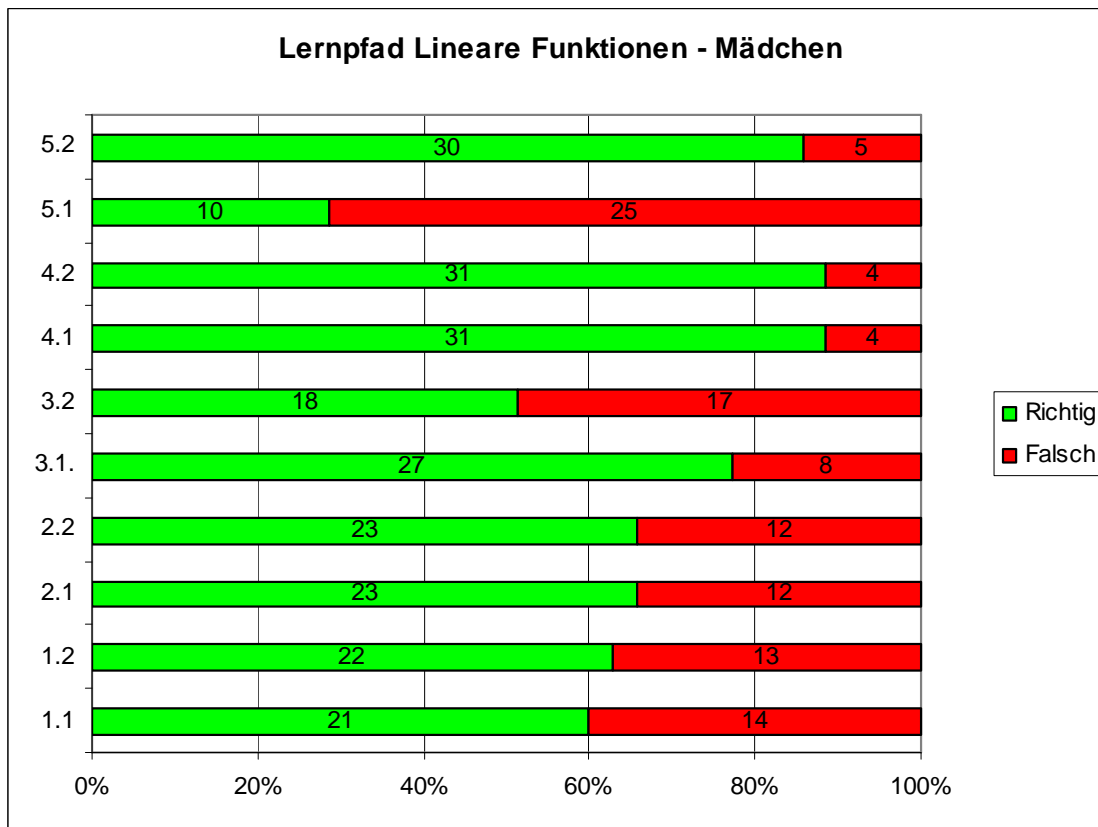


### 5.6.2.4. Lernpfad Lineare Funktionen

Die 77 Schüler/innen, die diesen Wissenstest absolviert haben, konnten zu mehr als 60% acht der 10 gestellten Teilaufgaben richtig lösen. Die Teilaufgabe 5.1) erscheint sehr schwierig und damit ist die niedrige Lösungswahrscheinlichkeit auch erklärbar.

Es handelt sich bei dieser Aufgabe um die Frage, welche der beiden linearen Funktionen eine größere Steigung besitzt. Dabei werden jedoch die linearen Funktionen in keiner bisher üblichen Darstellung präsentiert. Als lineare Funktion liegt dieser Aufgabe zum einen eine Tonspur, zum anderen eine visuelle Notendarstellung zugrunde. Hierbei lineare Funktionen zu hören bzw. zu erkennen und dann noch die größere Steigung anzugeben, erscheint sehr schwierig.



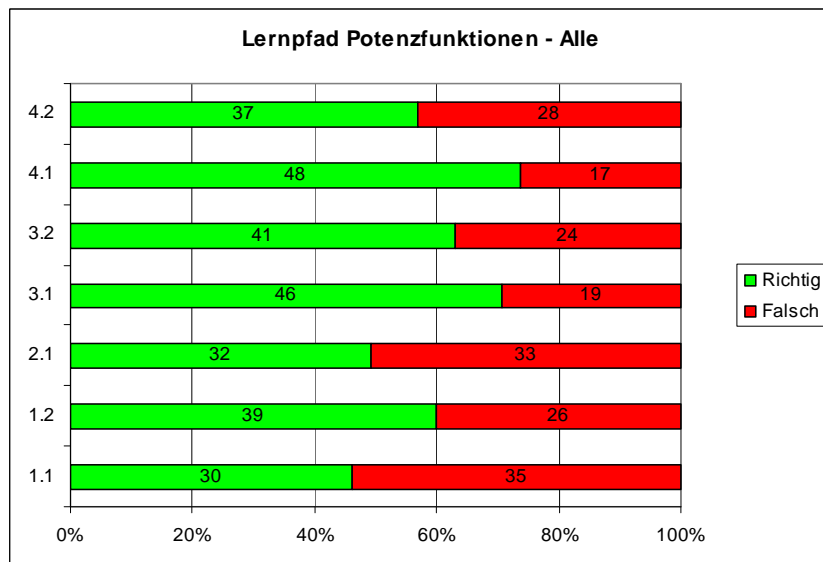


Mit Ausnahme der drei Teilaufgaben 4.1), 4.2) und 5.2) schneiden Mädchen und Burschen bei diesem Test annähernd gleich gut ab.

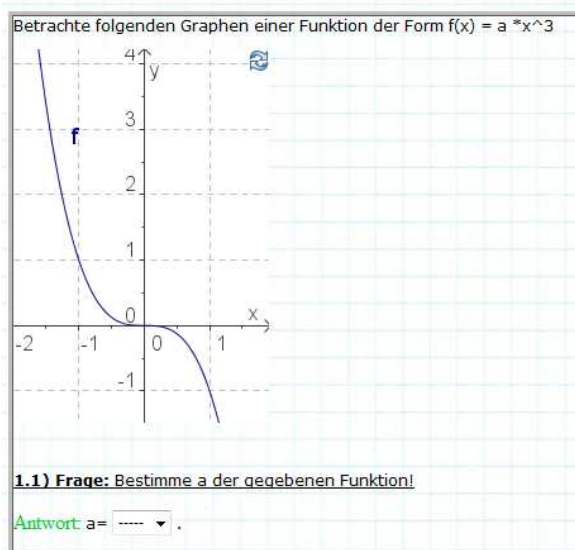


### 5.6.2.5. Lernpfad Potenzfunktionen

Bei diesem Lernpfad hatten die 65 Schüler/innen je sieben Teilaufgaben zu lösen. Vier davon konnten mit einer Lösungswahrscheinlichkeit von mindestens 60% richtig gelöst werden. Insgesamt zeigt dieser Lernpfad tendenziell von allen getesteten Lernpfaden das schlechteste Ergebnis.



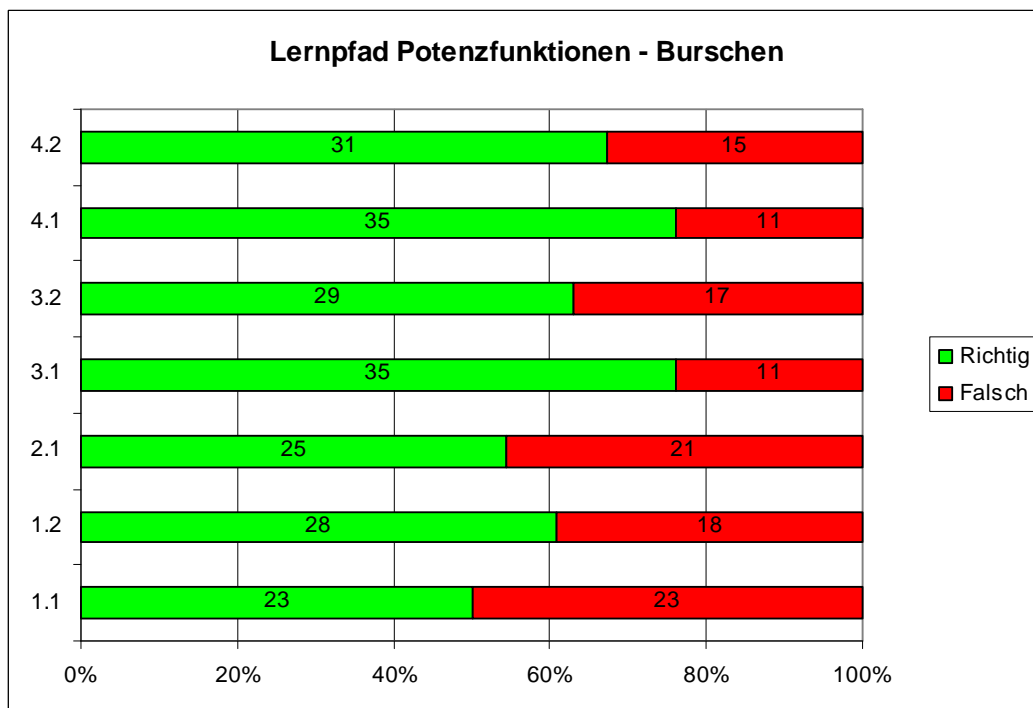
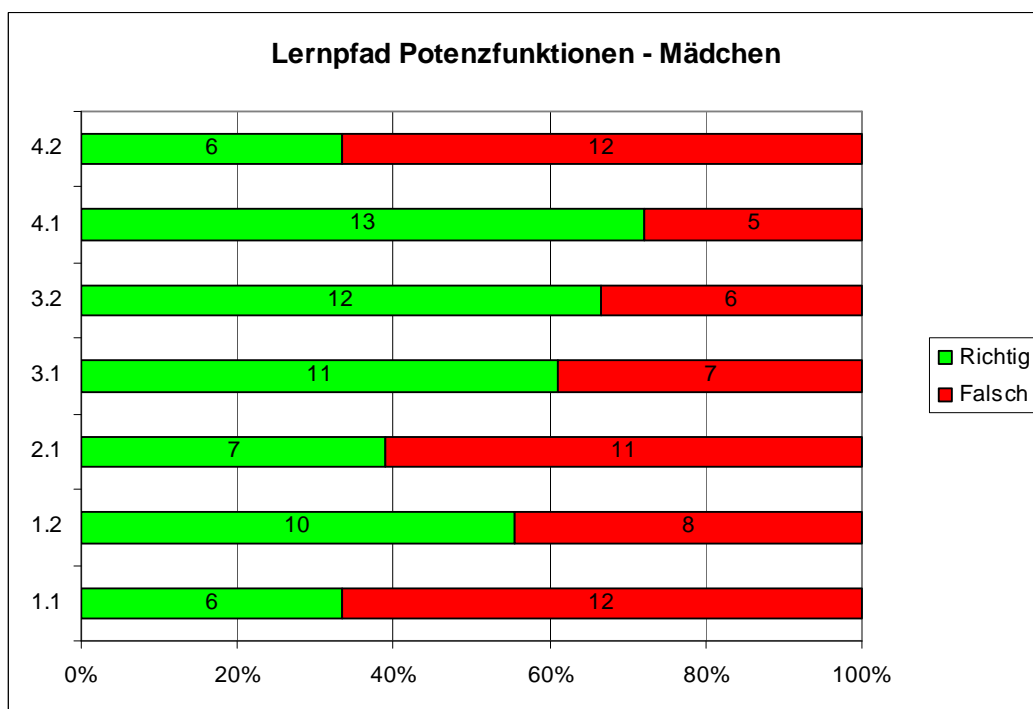
Die beiden Teilaufgaben 1.1) und 2.1) konnte von wenigen Schüler/innen richtig beantwortet werden.



**2.1) Frage:** Welche der folgenden Aussagen über Funktionen mit  $f(x) = x^{(-n)}$ , wenn  $n$  gerade ist, ist falsch?

- ☐ 1. Aussage: Alle Graphen sind Achsensymmetrisch zur y-Achse
- ☐ 2. Aussage: Für die betrachteten Exponenten sind alle Graphen im Intervall  $]0; \infty[$  streng monoton steigend und im Intervall  $] - \infty; 0[$  streng monoton fallend.
- ☐ 3. Aussage: Die Funktionswerte aller Graphen sind positiv, ihre Wertebereiche sind  $]0; \infty[$ . Die x-Achse und die y-Achse sind Asymptoten der Funktionsgraphen.

Bei diesem Wissenstest schneiden die Mädchen zum ersten Mal deutlich schlechter als die Burschen ab.



Besonders interessant ist das viel schlechtere Abschneiden der Mädchen bei Teilaufgabe 4.2), die wiederum sehr abstrakt und ohne jeglichen Kontext ist.

## 5.7. RESÜMEE

Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse dieser umfangreichen Evaluation, dass die Experten/innen die Qualität der Lernpfade als sehr hoch einschätzen und darüber hinaus einige interessante Anregungen zur Verbesserung der Lernpfade liefern. Zum Beispiel:

- Auf den Alltagskontext der Beispiele achten.
- Selbstkontrolle weniger leicht zugänglich machen.
- Weniger kleinschrittiges Lernen.
- Wiki anstelle von klassischen Hefteinträgen erproben.
- Genderaspekte im Begleitmaterial für die Lehrer/innen deutlich machen.

Die Lehrer/innen sind mit dem vorliegenden Material sehr zufrieden und schätzen gerade das von den Experten/innen kritisierte kleinschrittige Lernen. Sie wünschen sich aber ebenso wie die Experten/innen, dass die Lösungen nicht so leicht für die Schüler/innen zugänglich sind und schlagen zum Teil auch digitale Mitschriften vor, um den Kopieraufwand zu minimieren und den gesamten Lernprozess am Computer zu dokumentieren. Eine Lehrerin zeigt auf, dass die Materialien auch für ihre sehr schwachen Schüler/innen gut geeignet sind.

Den Schüler/innen hat das Arbeiten mit Lernpfaden sehr gut bis gut gefallen. Die Einschätzung der Schüler/innen, dass sie die wichtigsten mathematischen Inhalte des Lernpfades verstanden haben, wird zumindest durch die Ergebnisse der Wissenstests in der Sekundarstufe 1 bestätigt. Zuhause werden die Online-Materialien nach wie vor selten eingesetzt.

Bei den Wissenstests hat überrascht, dass 60% und mehr der Fragen von den Schüler/innen in relativ kurzer Zeit (8 – 12 Minuten) richtig beantwortet wurden. Interessant wäre nun ein Vergleich mit Schüler/innen, die den gleichen Wissenstest absolvieren, nachdem sie den Stoff im klassischen Sinne erlernt haben.

## 5.8. ANHANG

### Ergebnisse Schüler/innen-Feedback - Lernpfad direkte/indirekte Proportionalität:

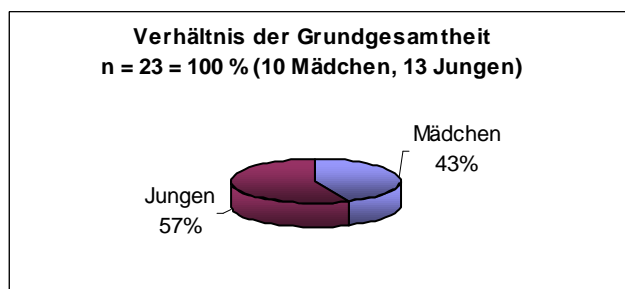


Abb. 15

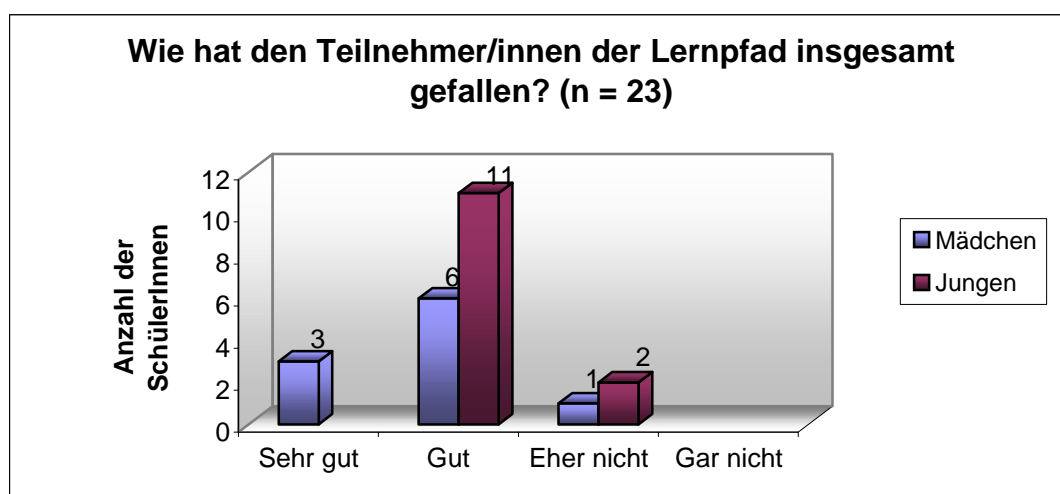


Abb. 16

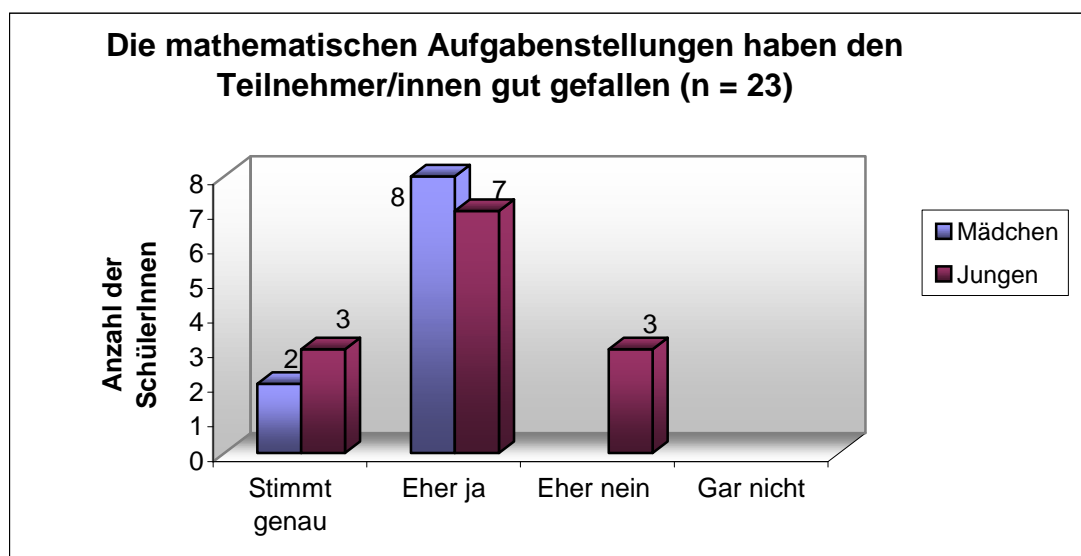


Abb. 17

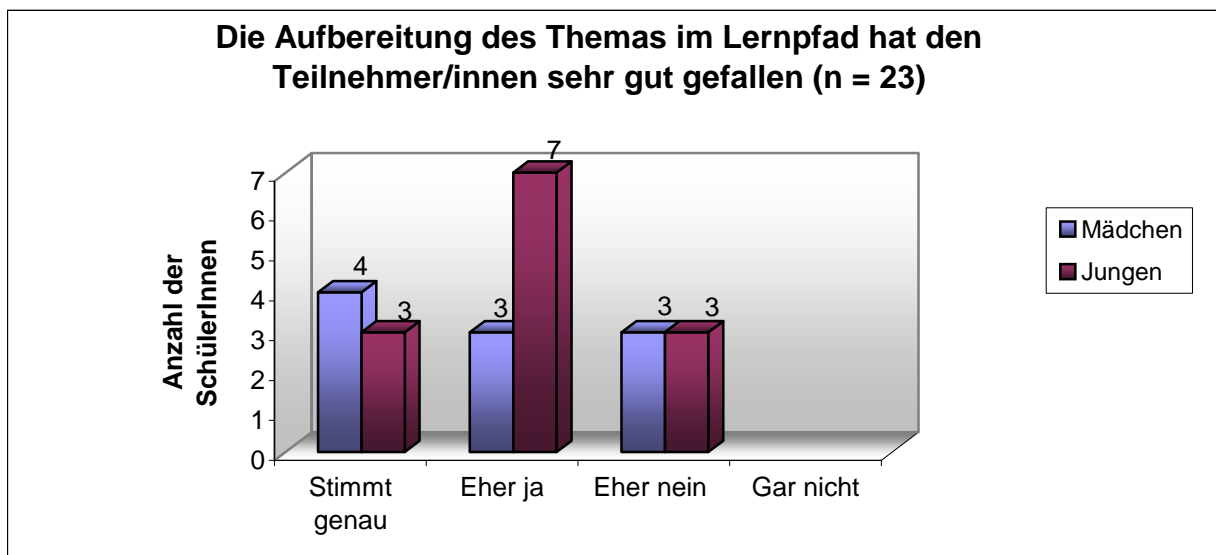


Abb. 18

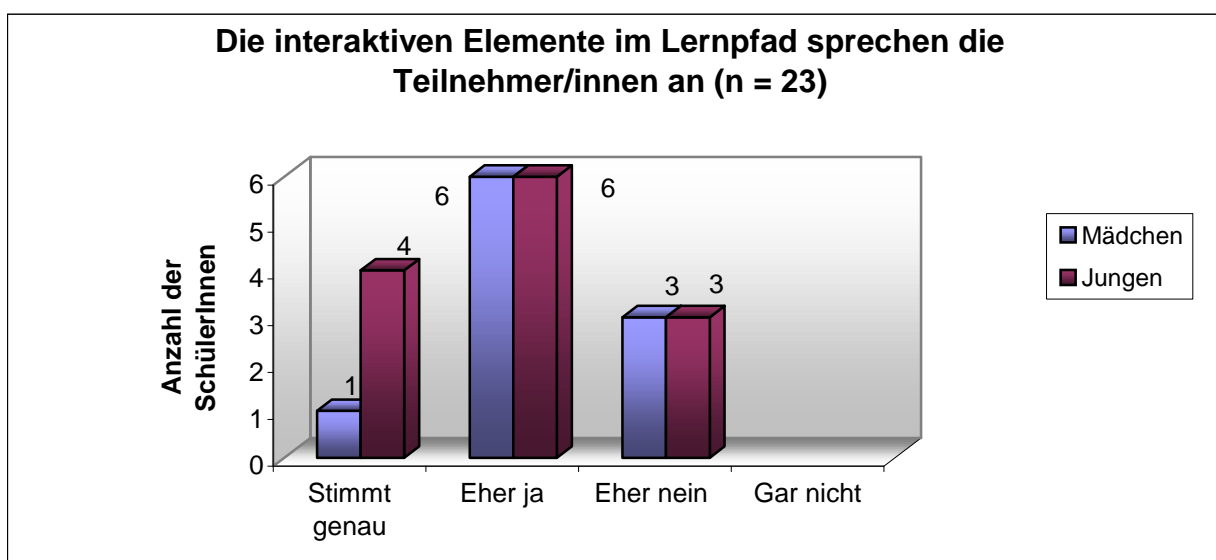


Abb. 19

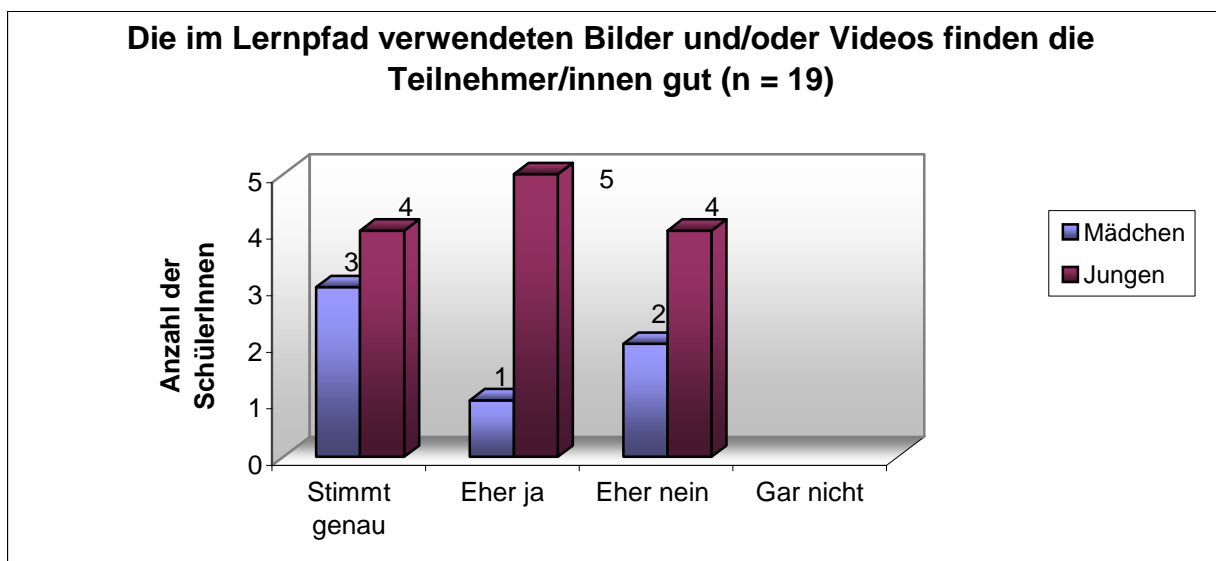


Abb. 20

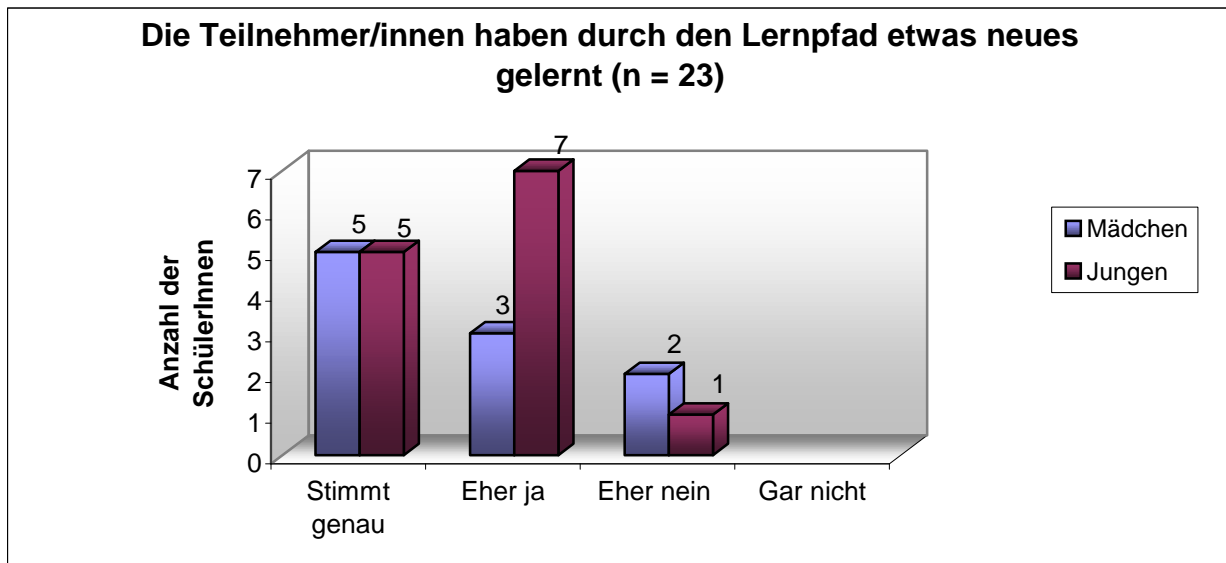


Abb. 21

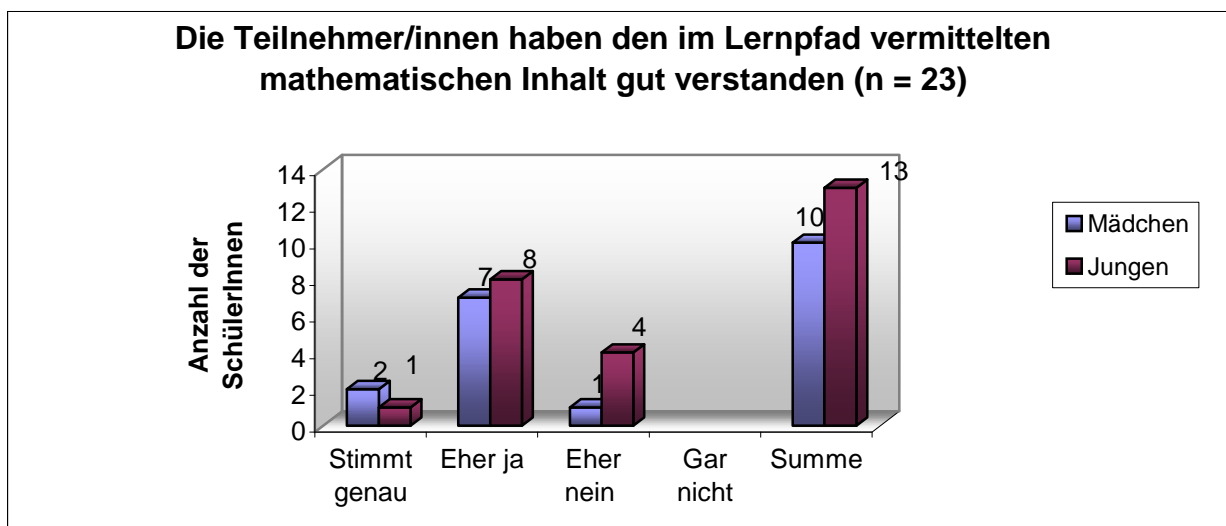


Abb. 22

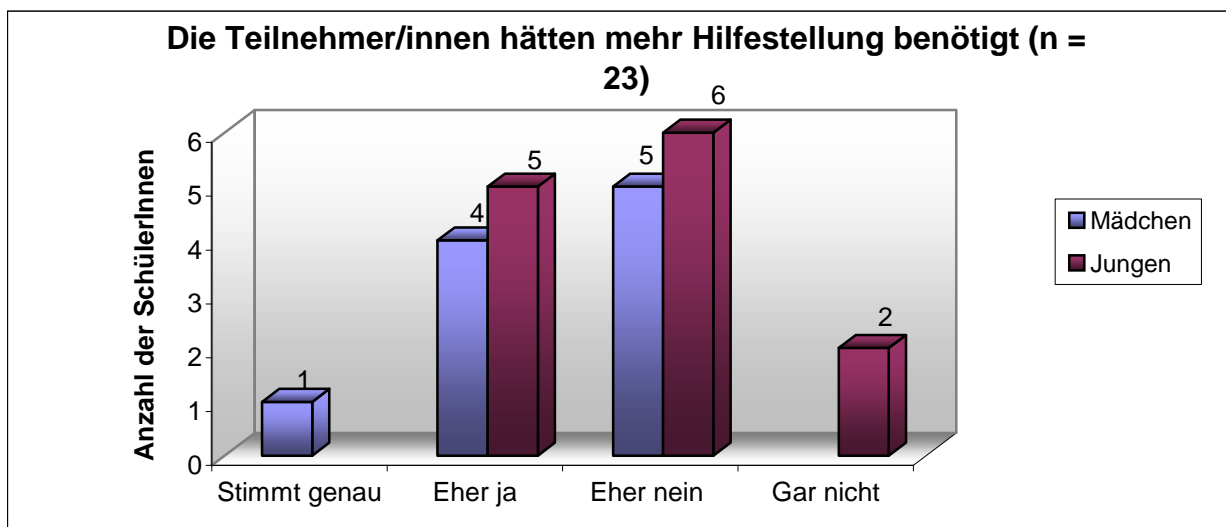


Abb. 23

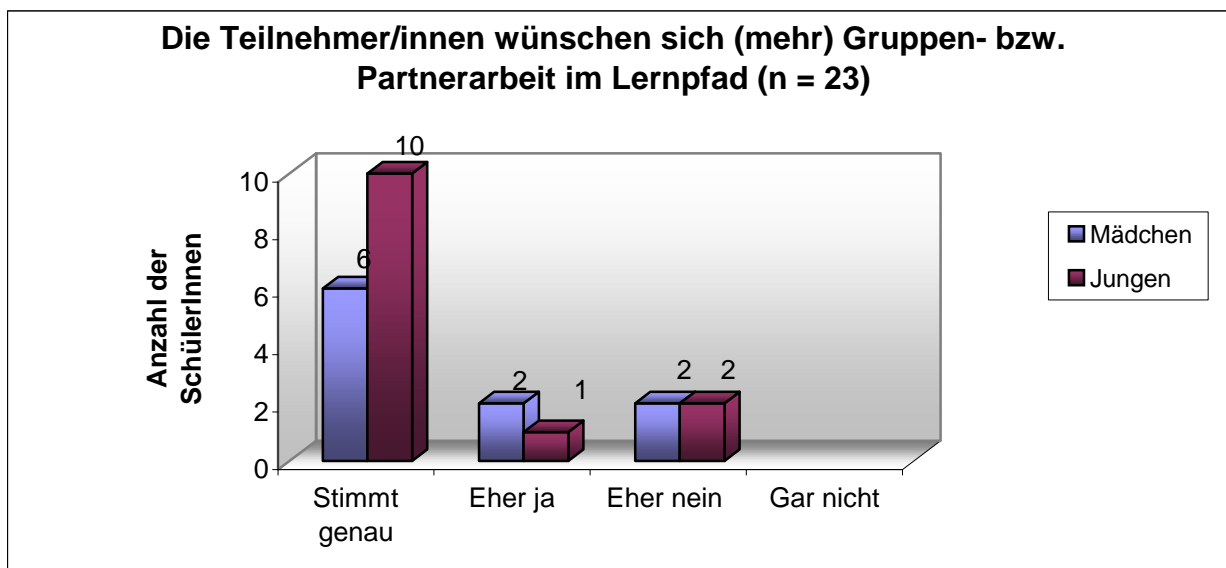


Abb. 24

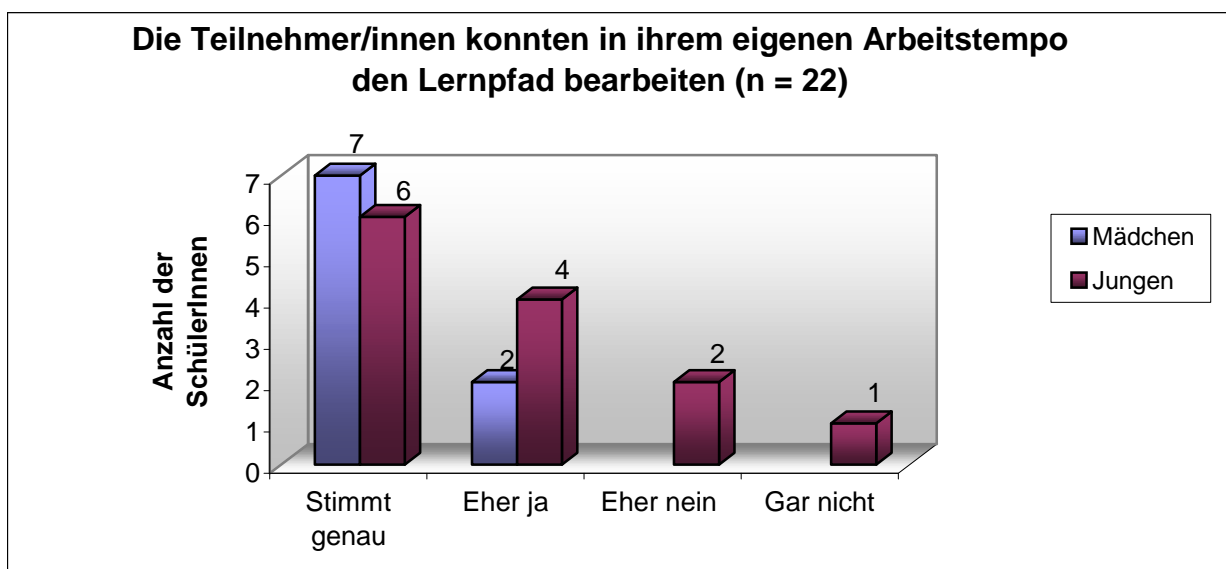


Abb. 25

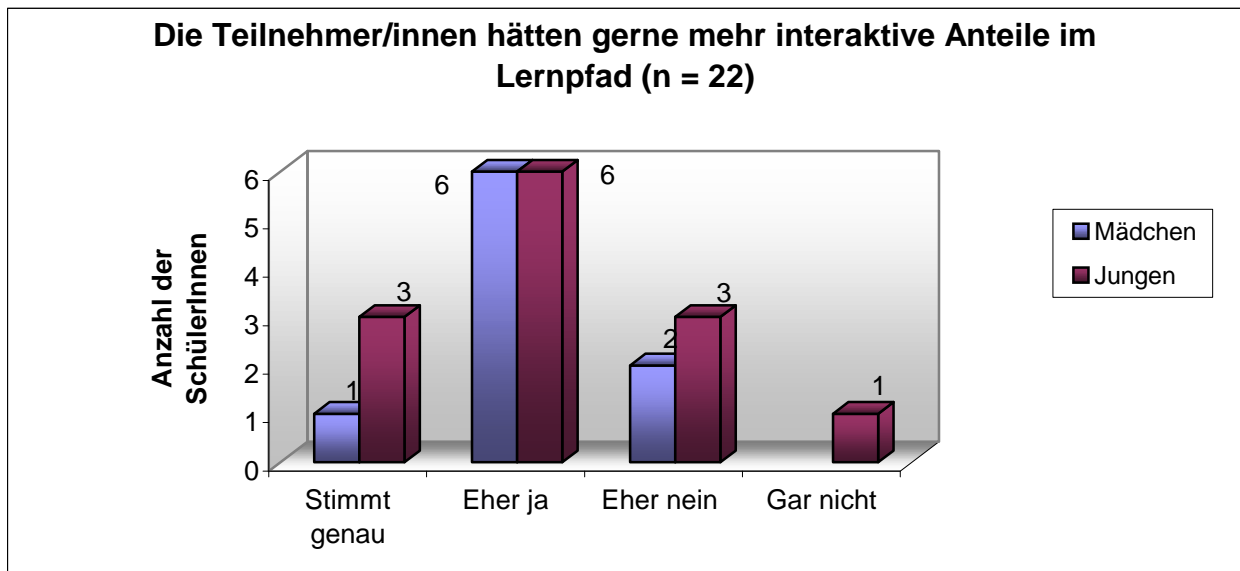


Abb. 26

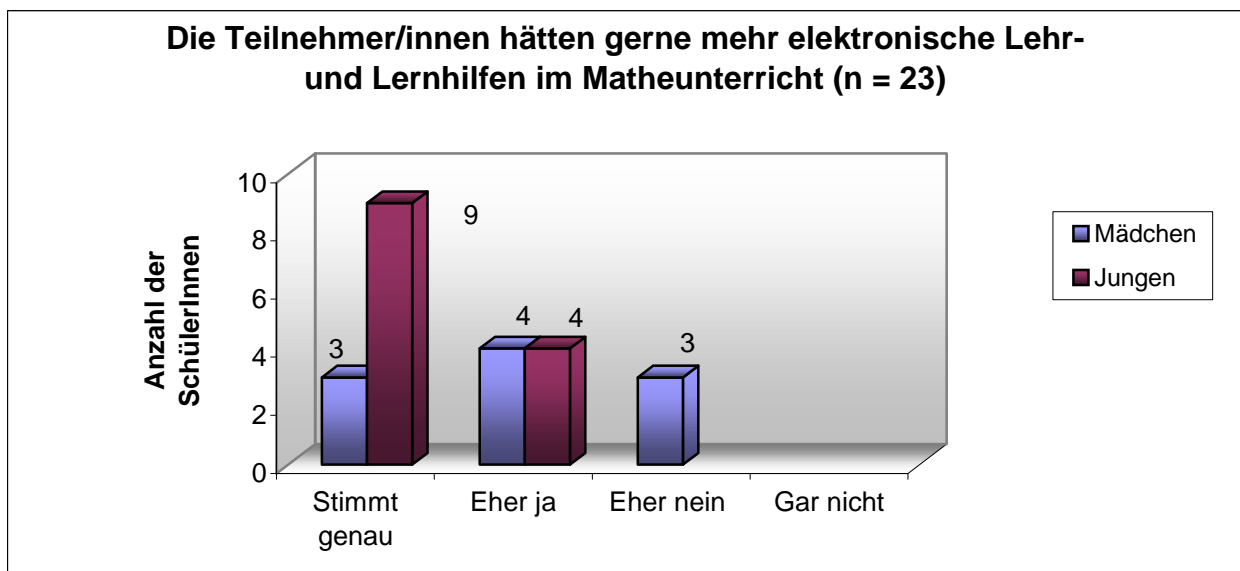


Abb. 27



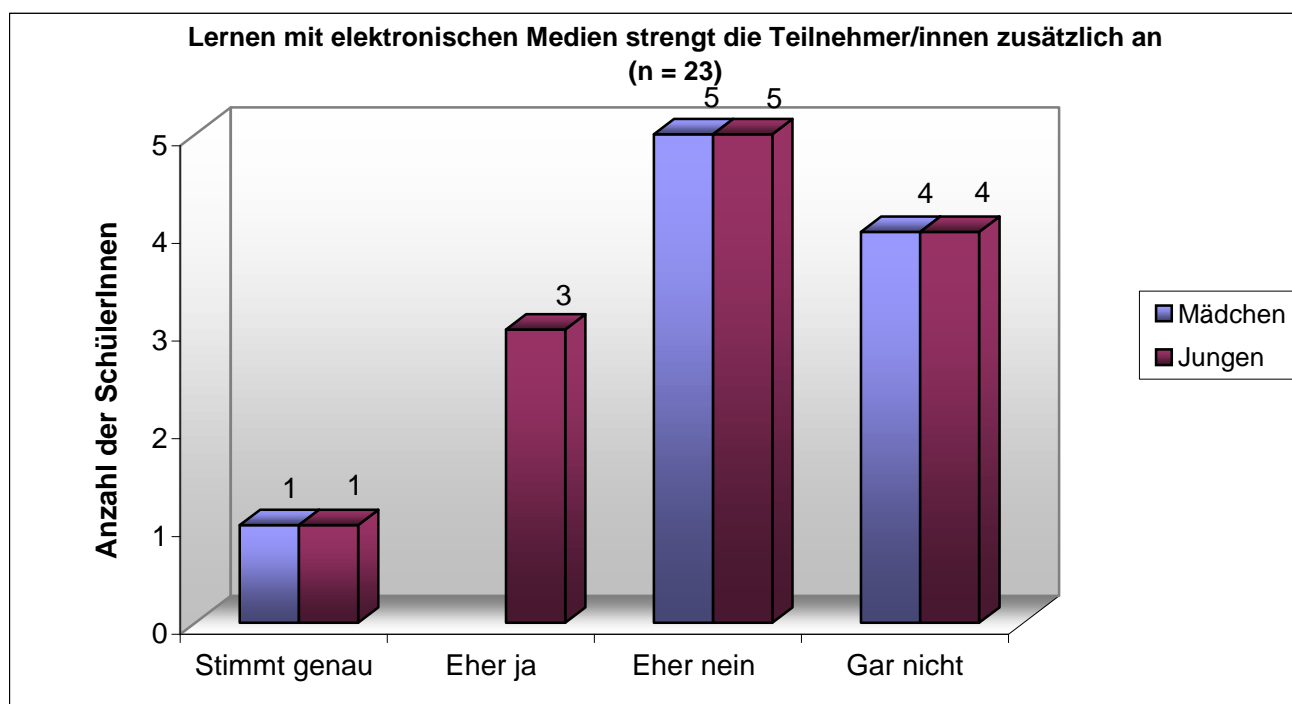


Abb. 28

## Ergebnisse des Schüler/innen-Feedbacks zum Schnittstellenlernpfad Volksschule – SEK 1

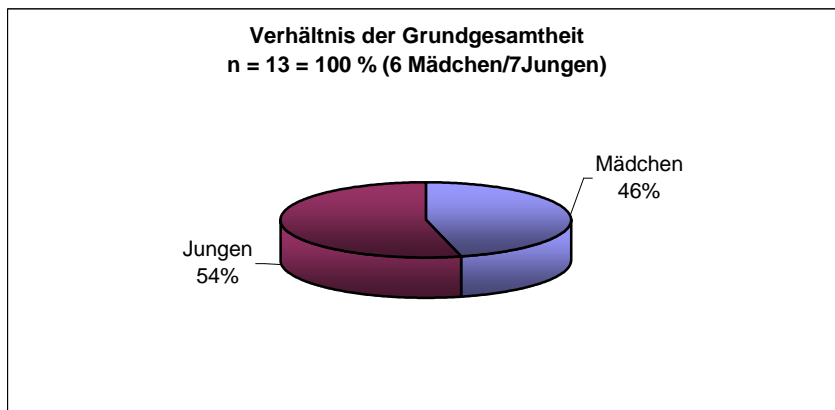


Abb. 29

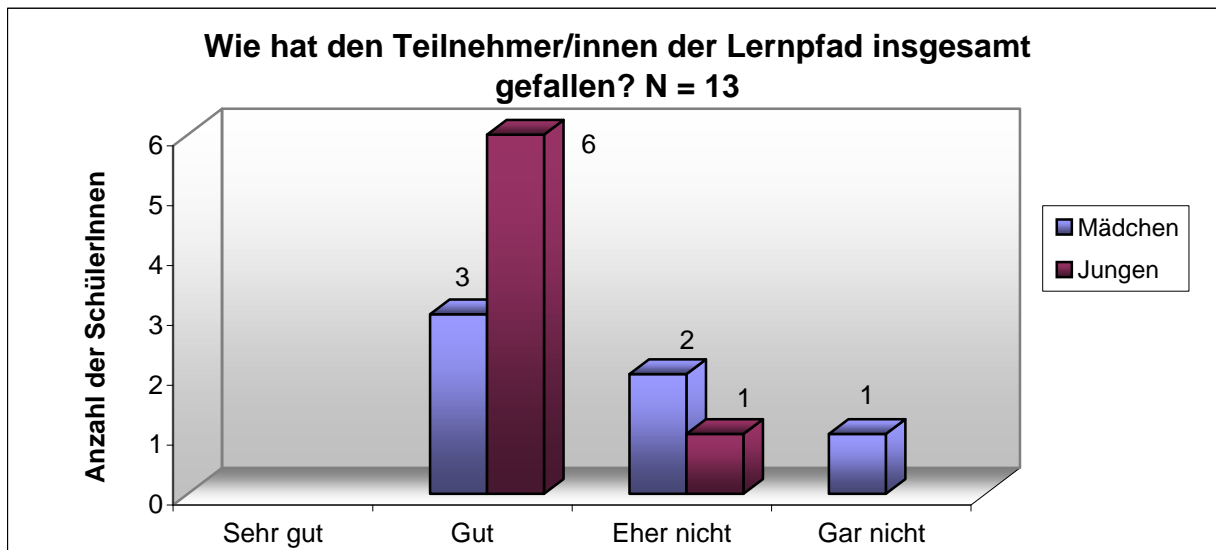


Abb. 30

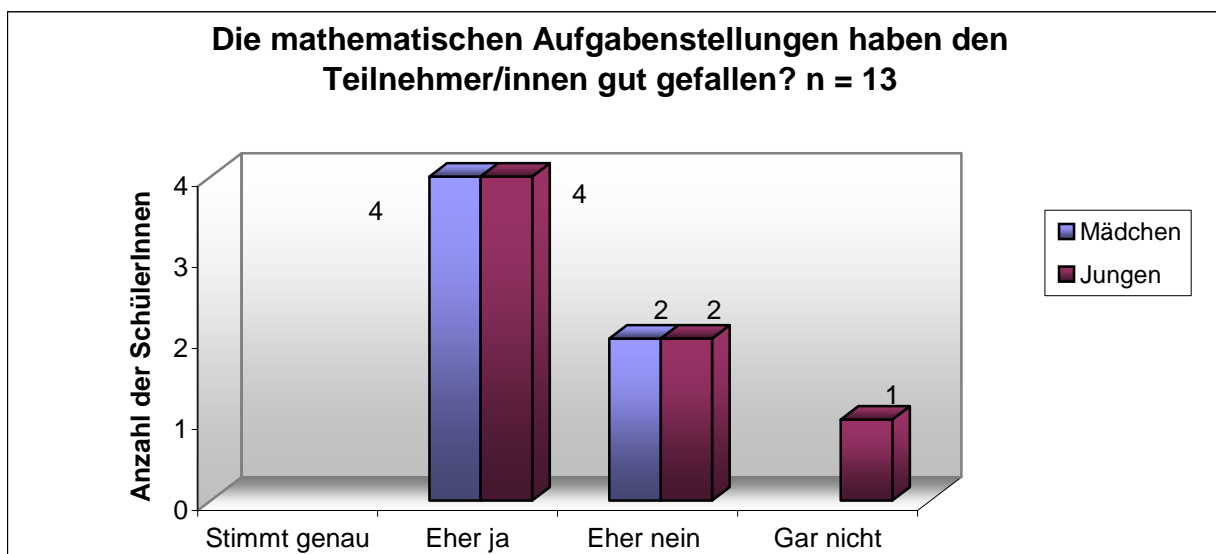


Abb. 31

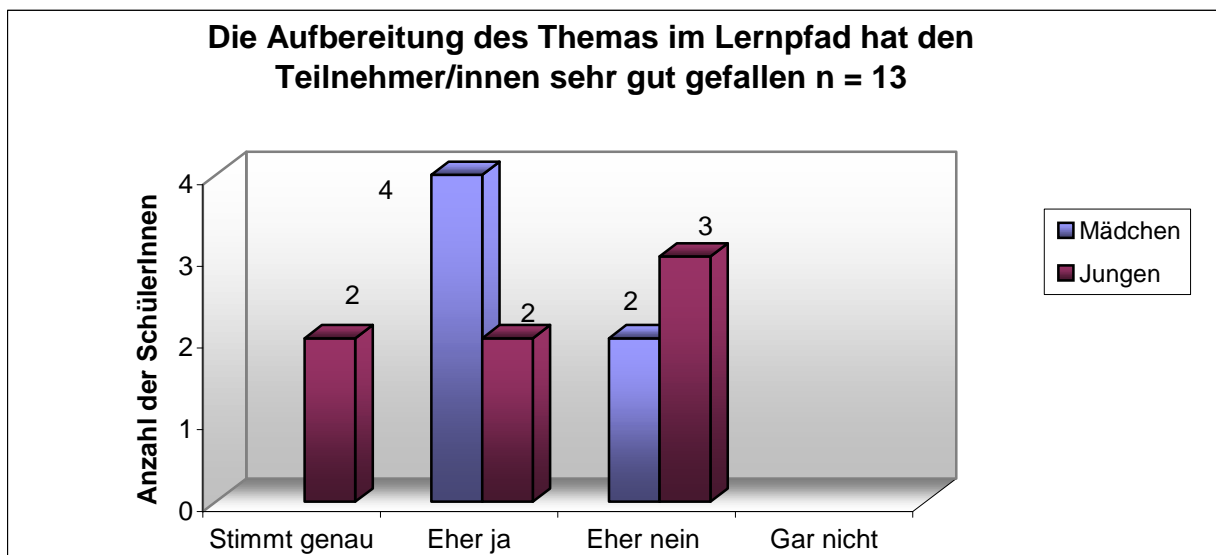


Abb. 32

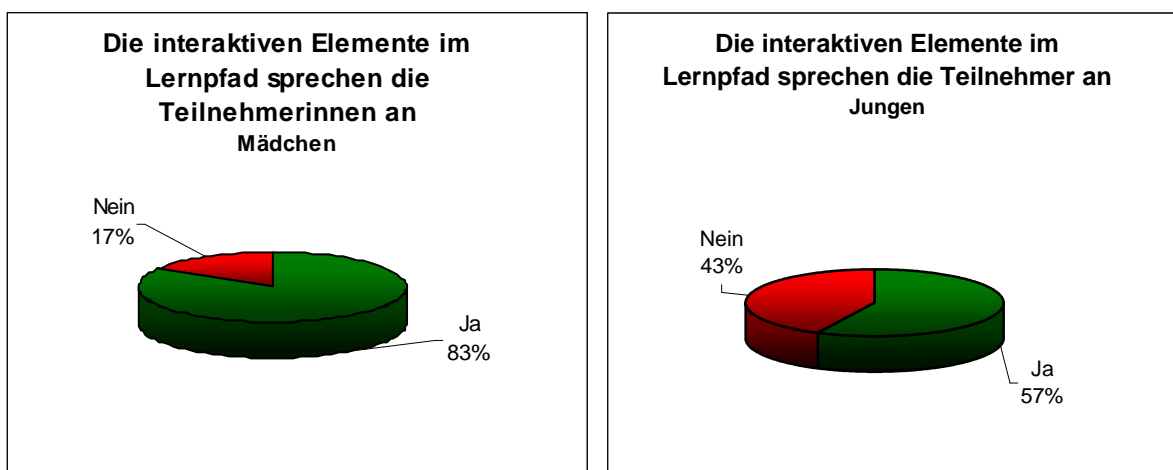


Abb. 33/34

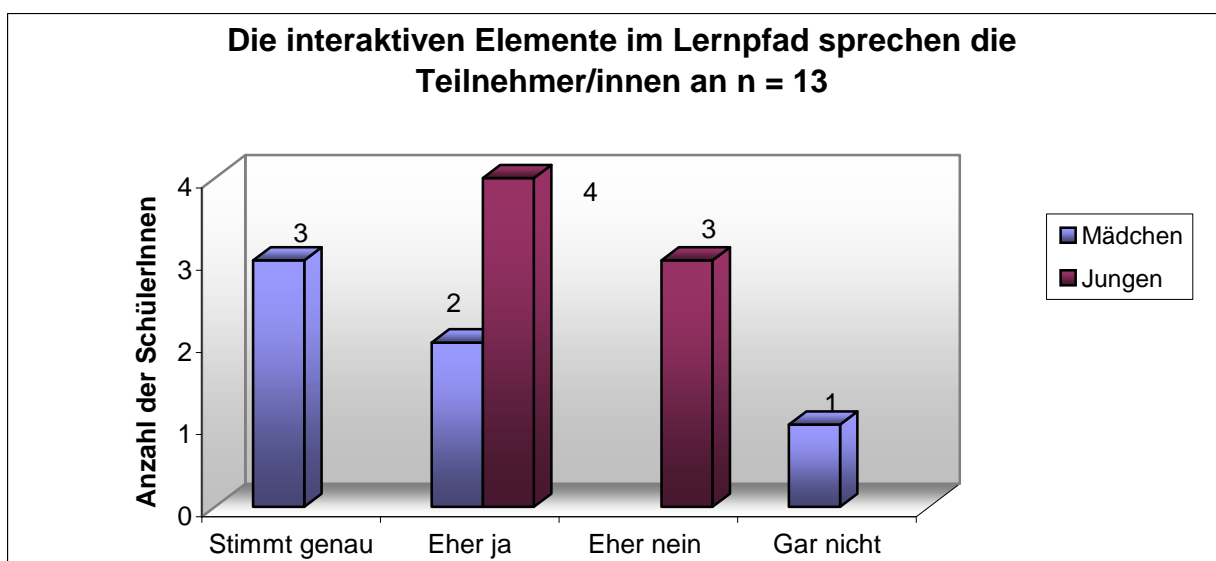


Abb. 35

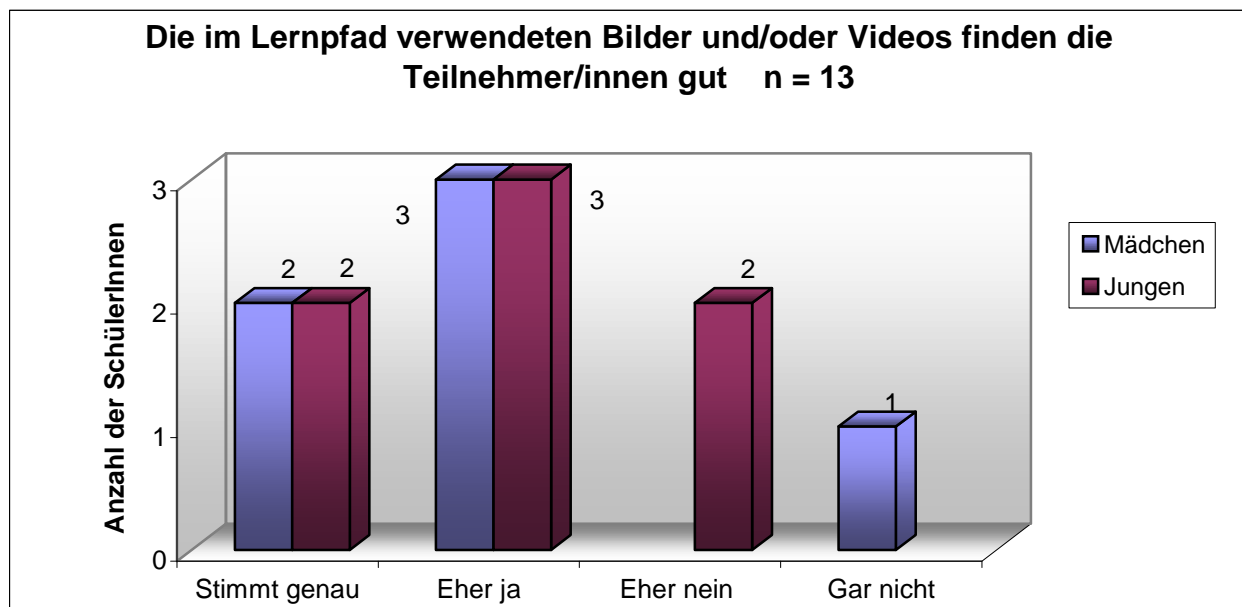


Abb. 36

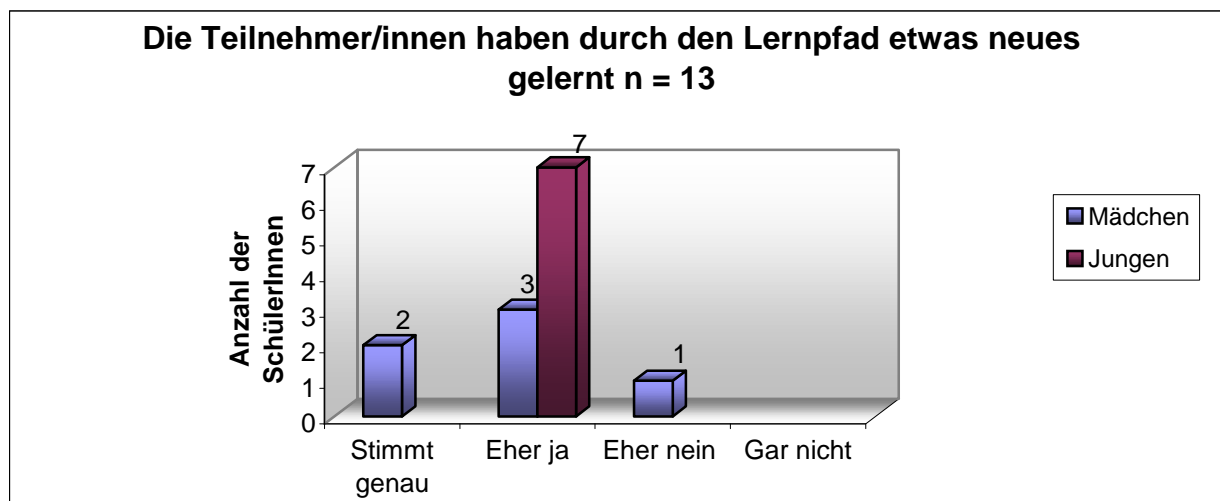


Abb. 37

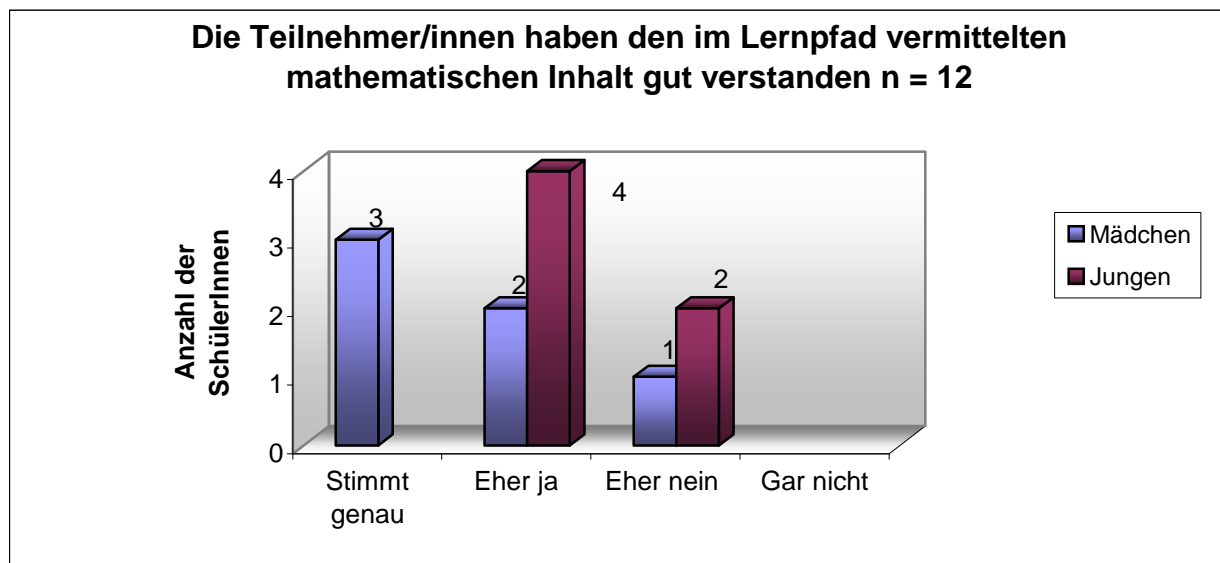


Abb. 38

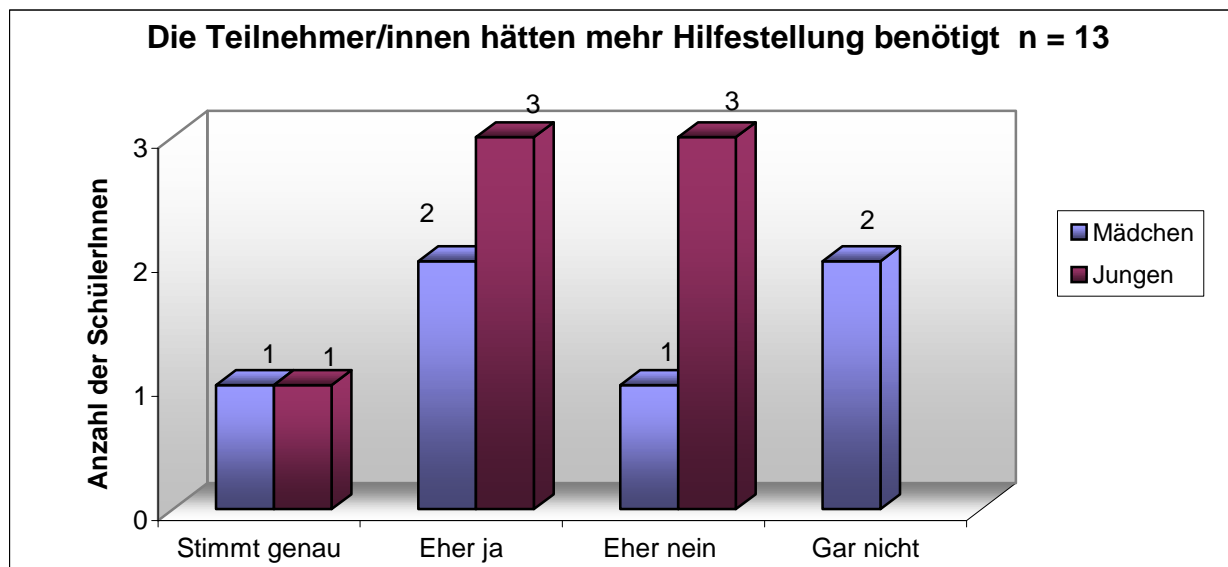


Abb. 39



Abb. 40/41

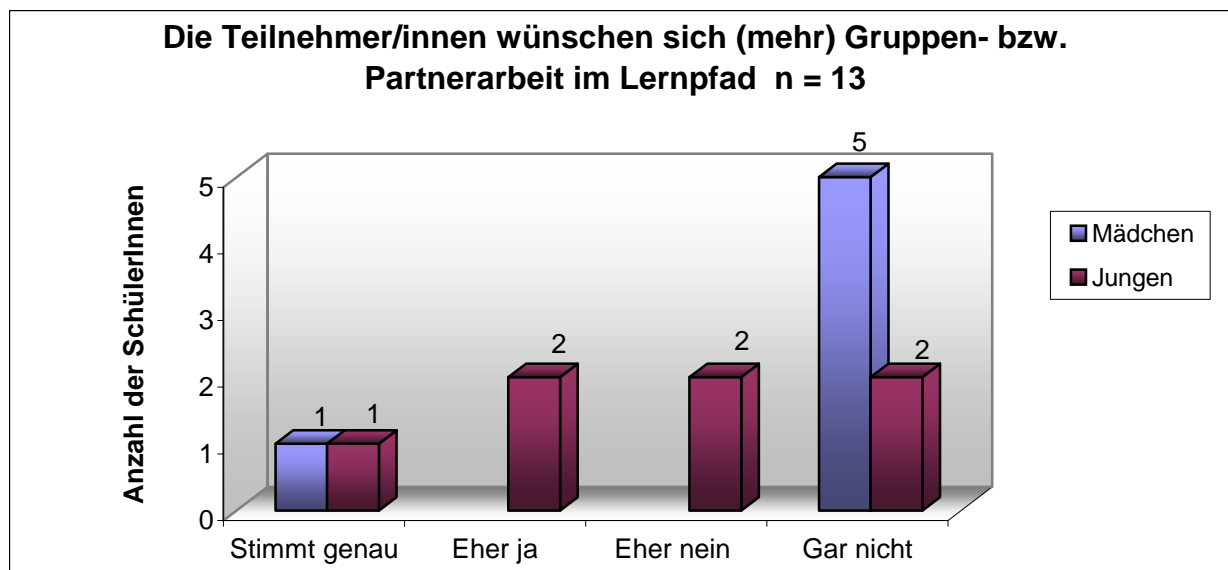


Abb. 42

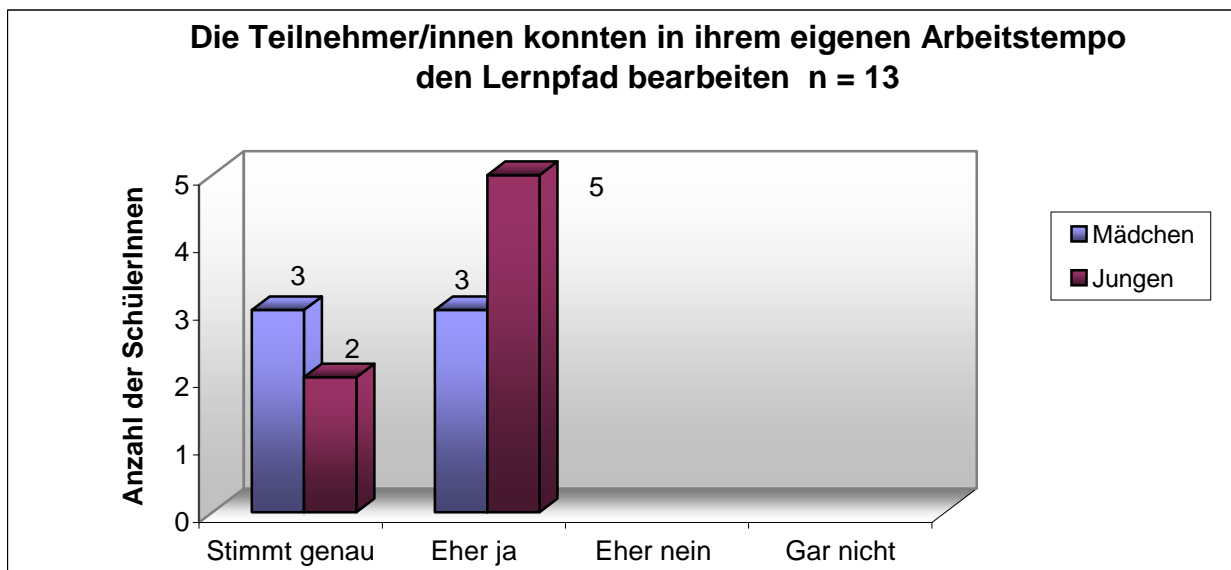


Abb. 43

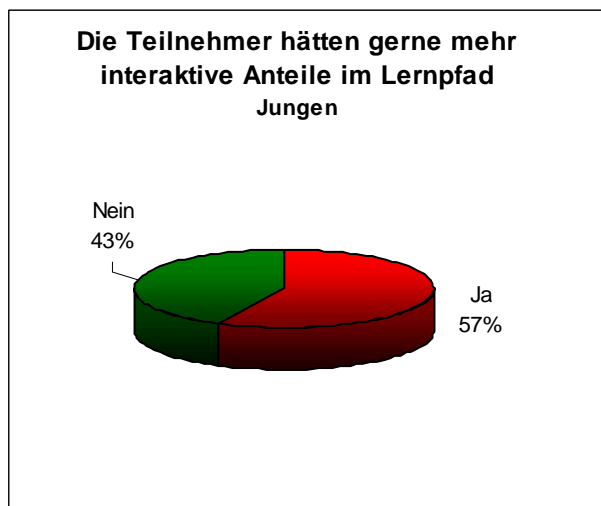


Abb. 44/45

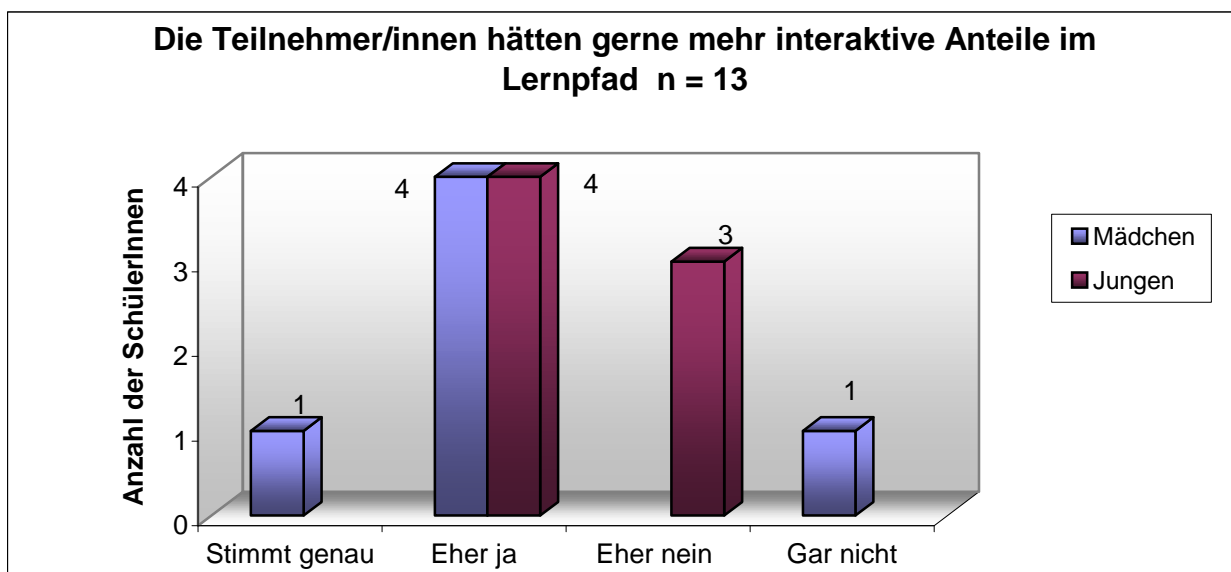


Abb. 46

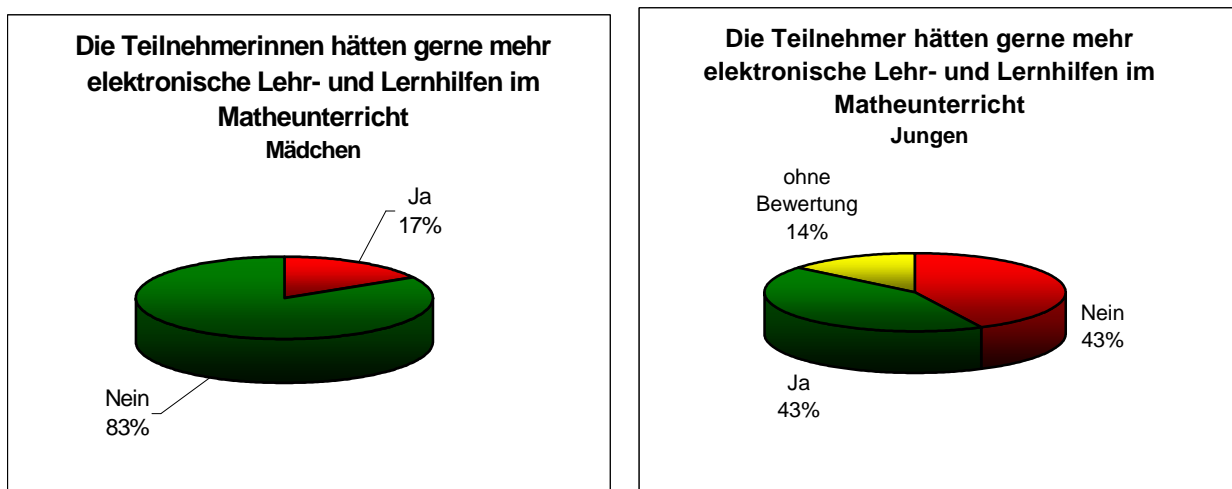


Abb. 47/48

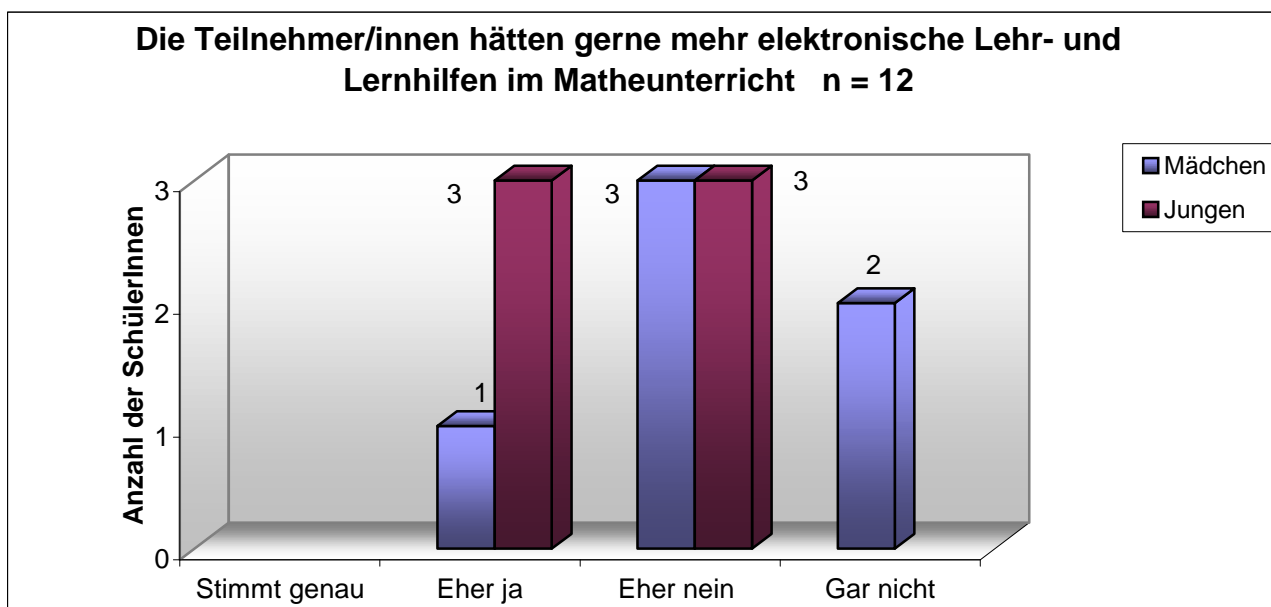


Abb. 49

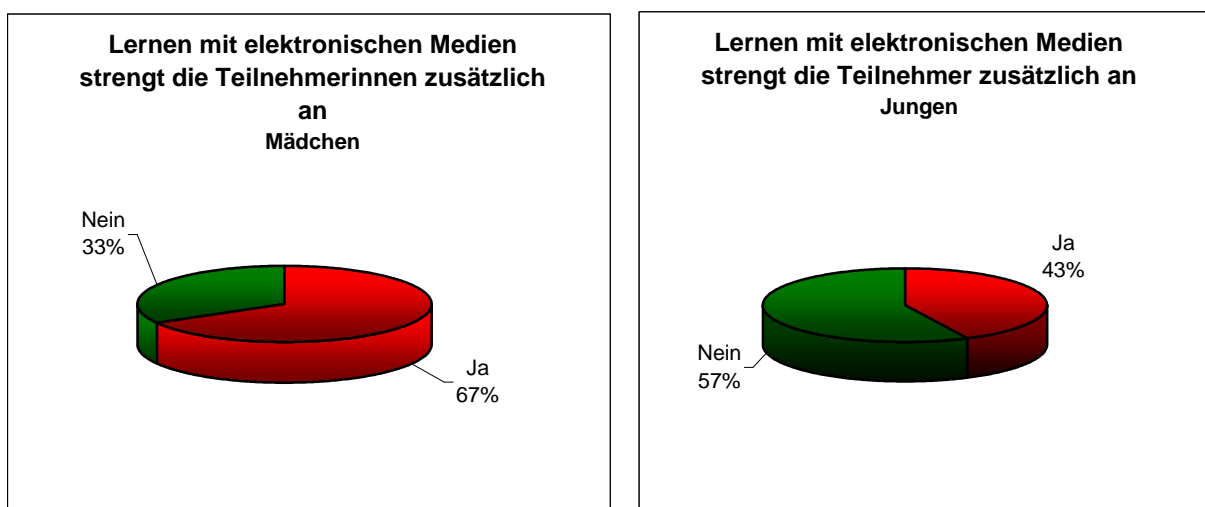


Abb. 50/51

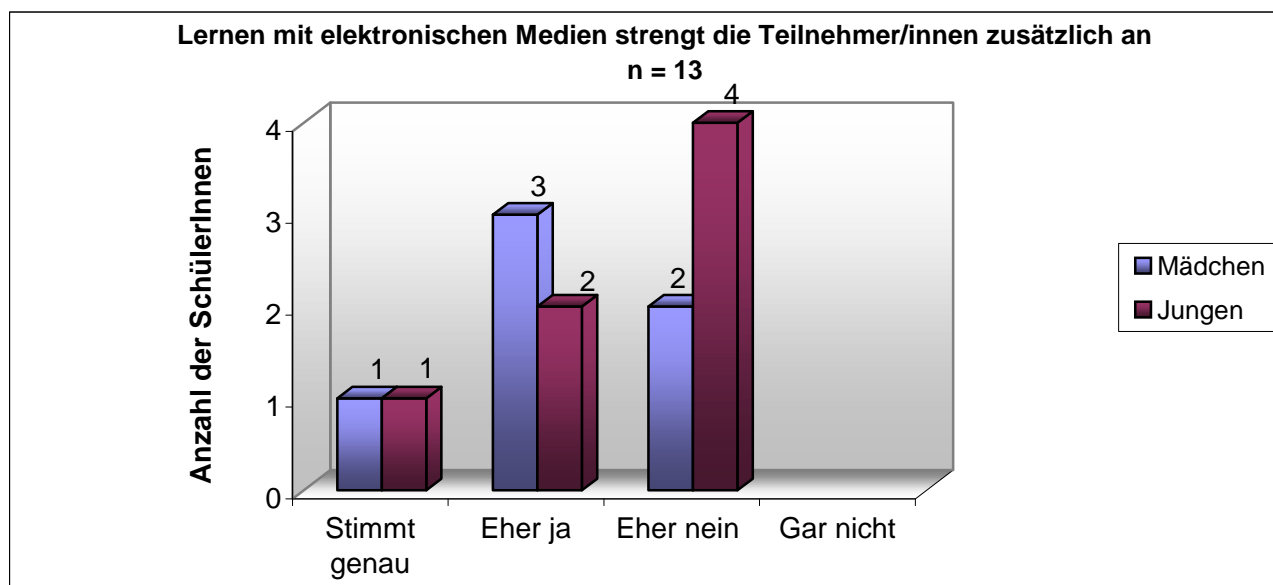


Abb. 52



## Ergebnisse des Schüler/innen-Feedbacks zum Lernpfad Trigonometrische Funktionen (HAK, Skihandelsschule Schladming)

3. Semester: 11 Schüler/innen (4 Mädchen/7 Jungen)

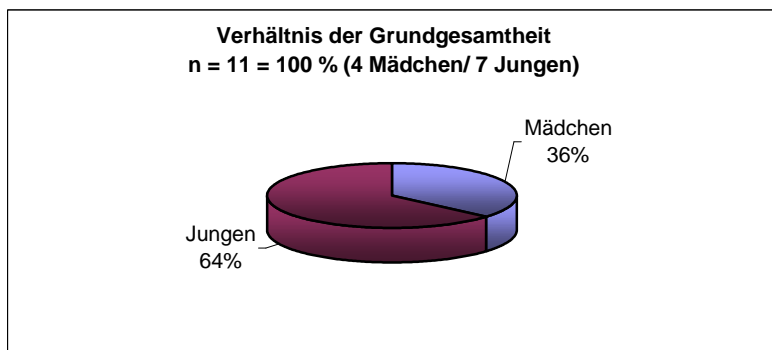


Abb. 53

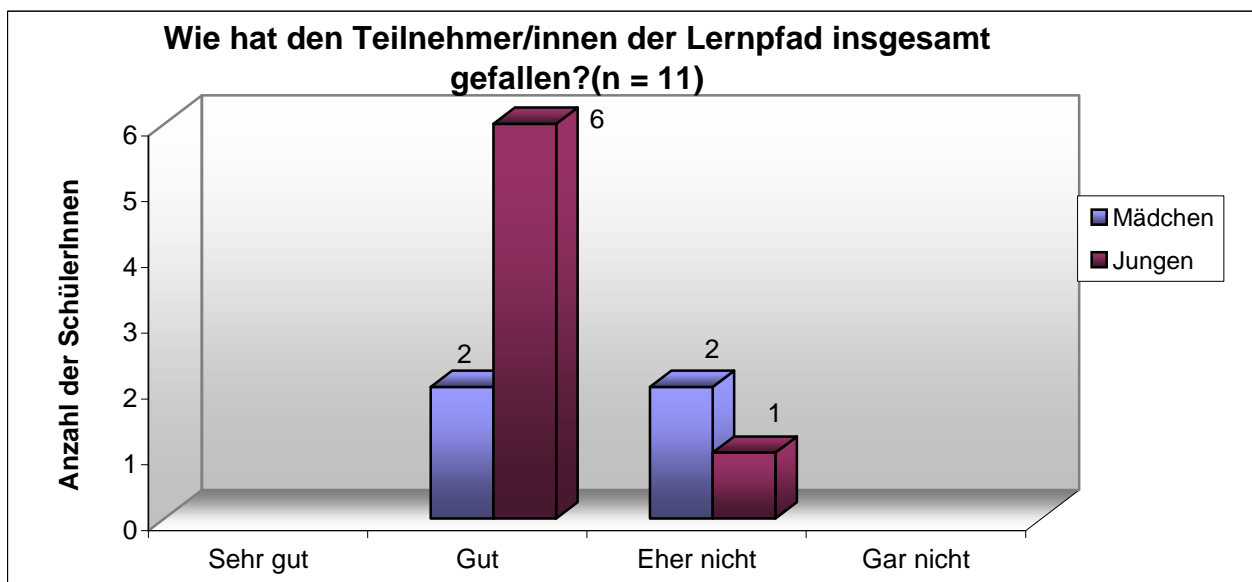


Abb. 54

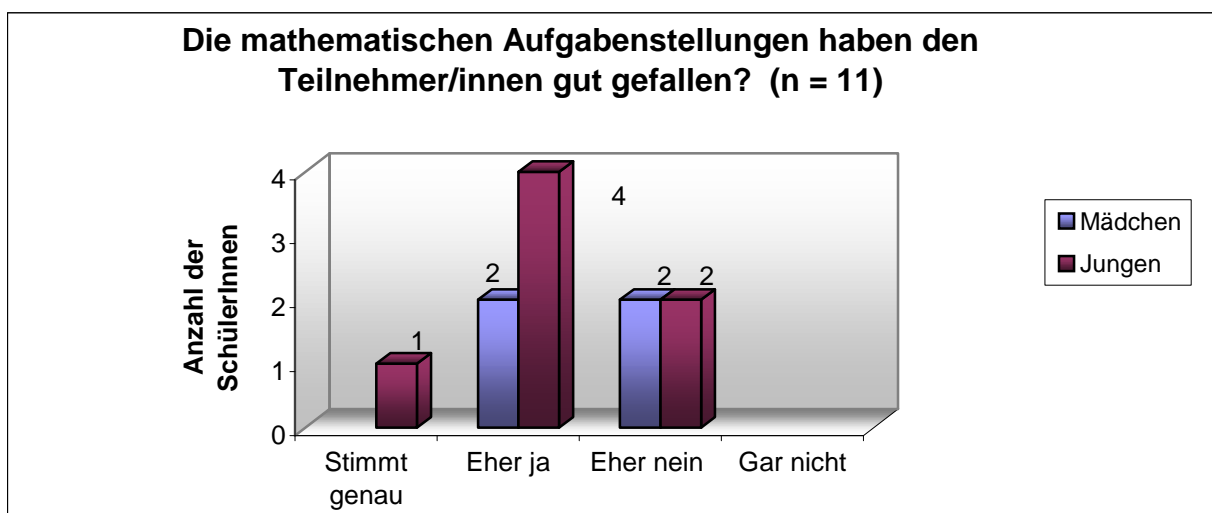


Abb. 55

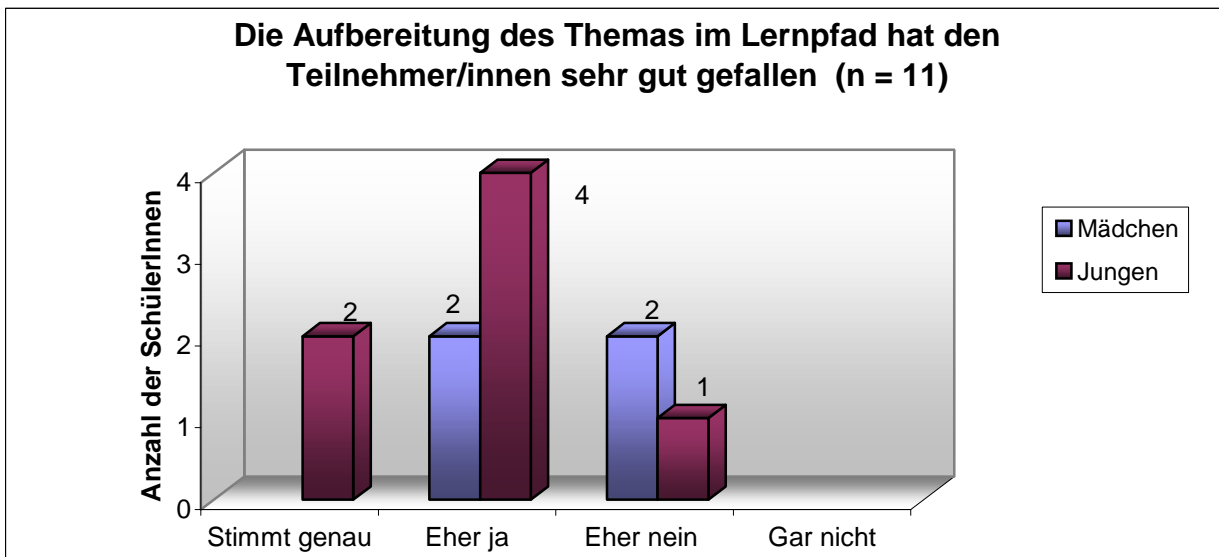


Abb. 56

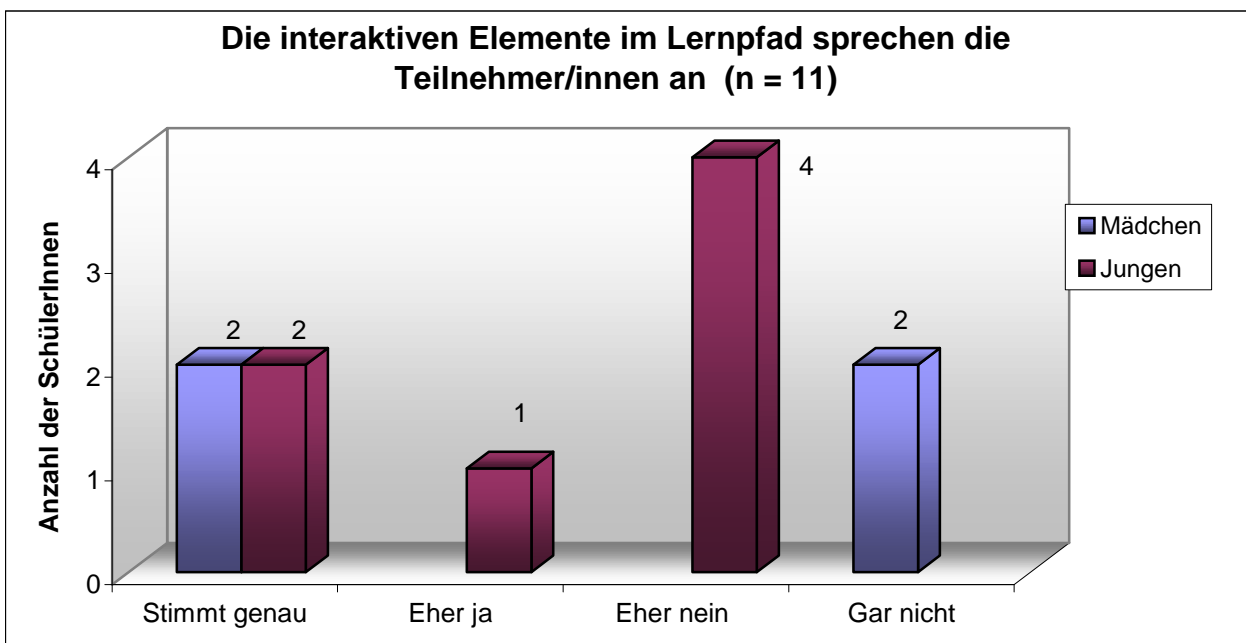


Abb. 57

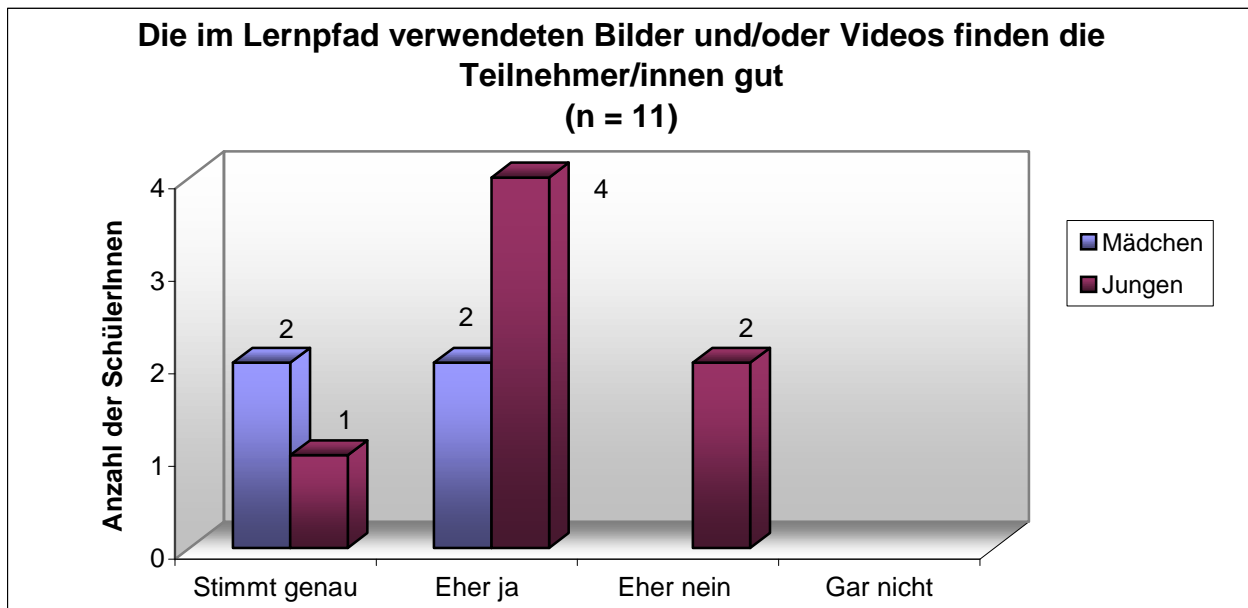


Abb. 58

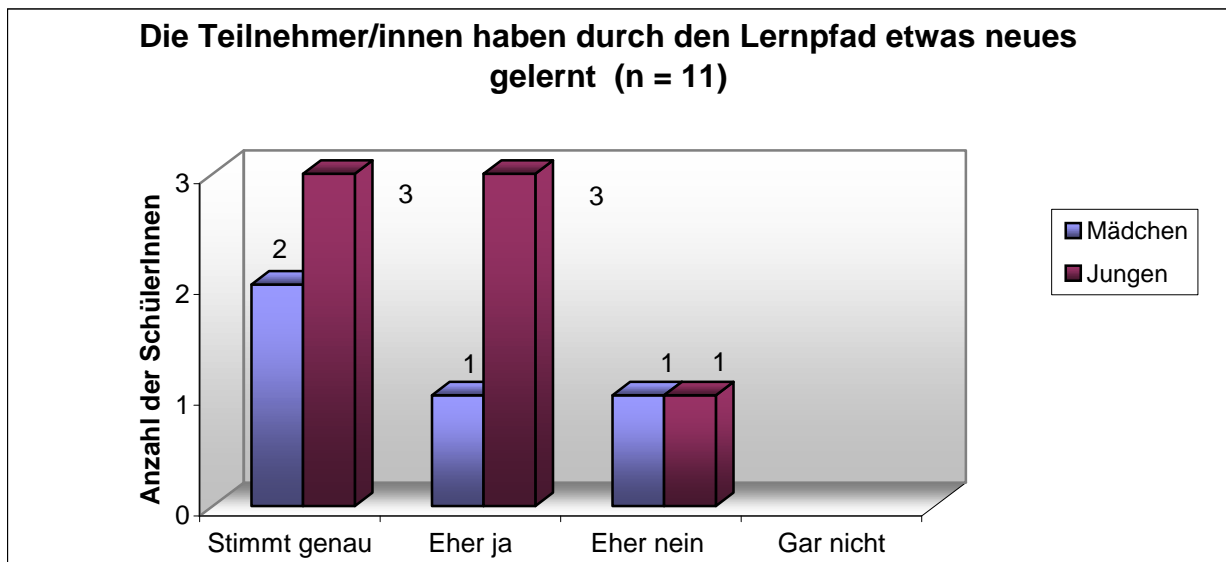


Abb. 59

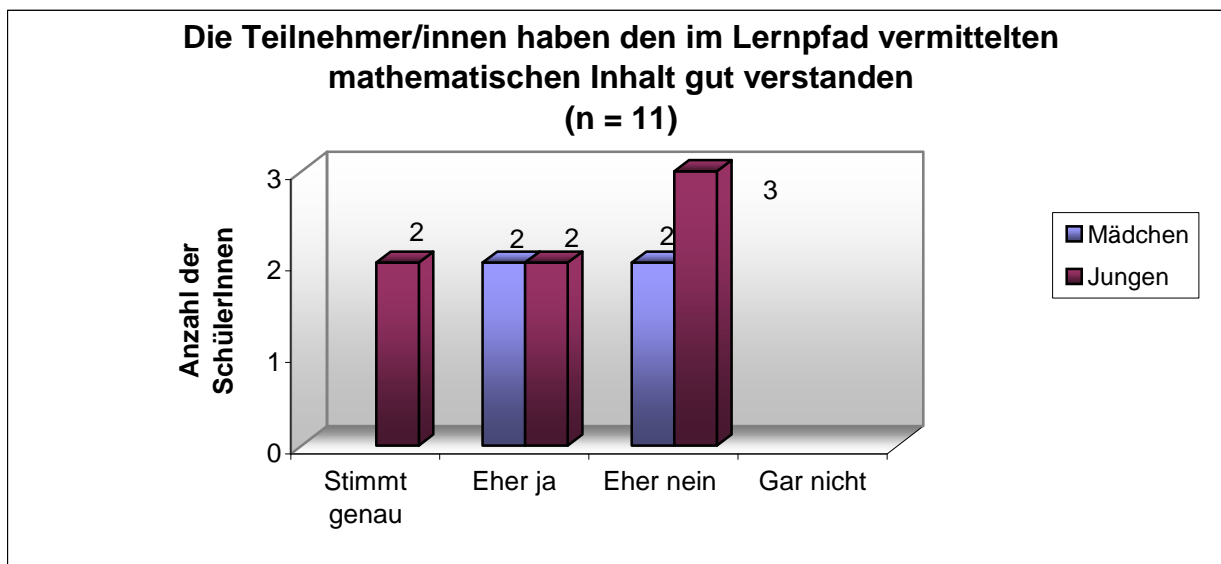


Abb. 60

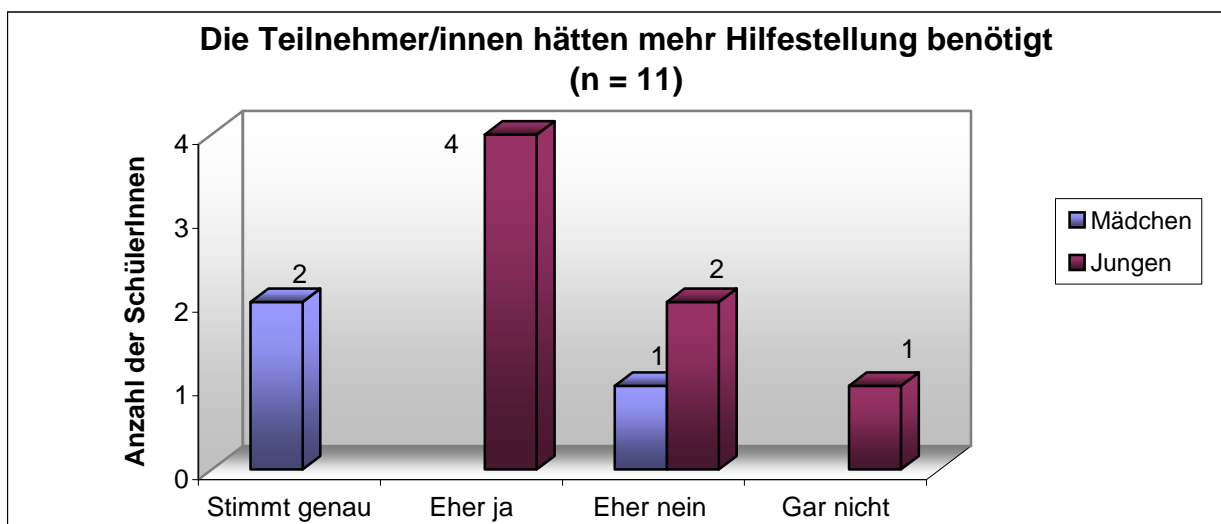


Abb. 61

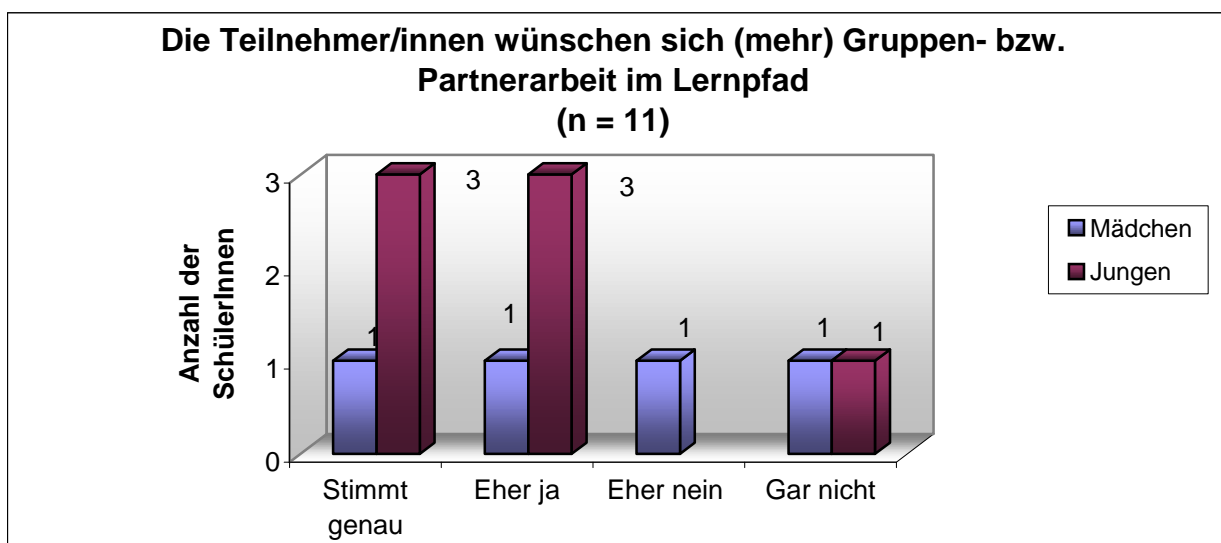


Abb. 62

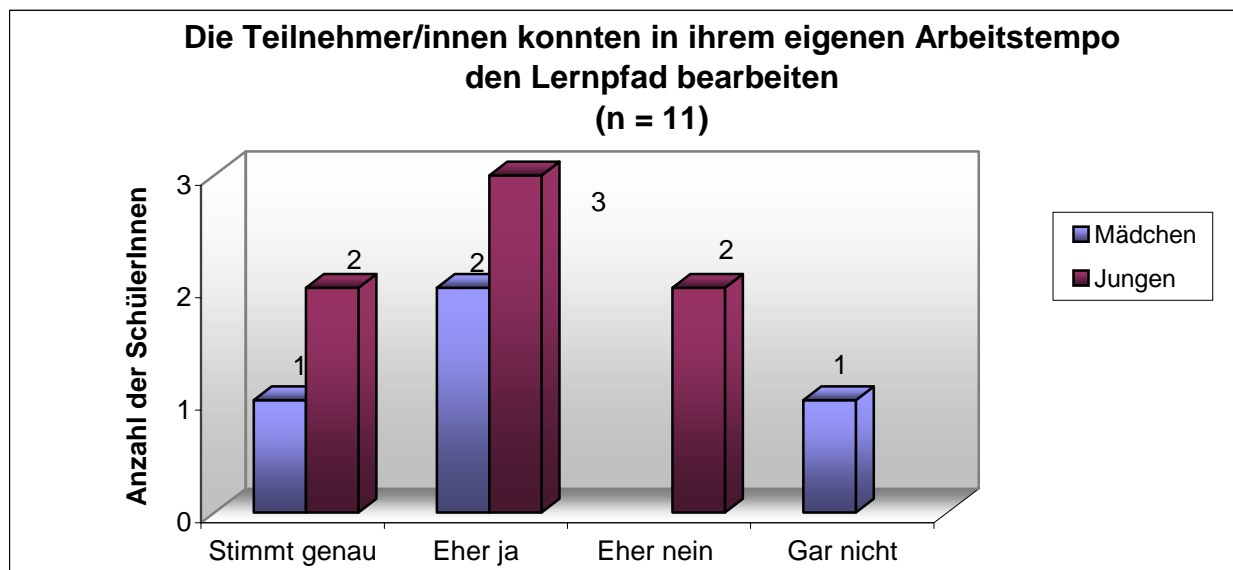


Abb. 63

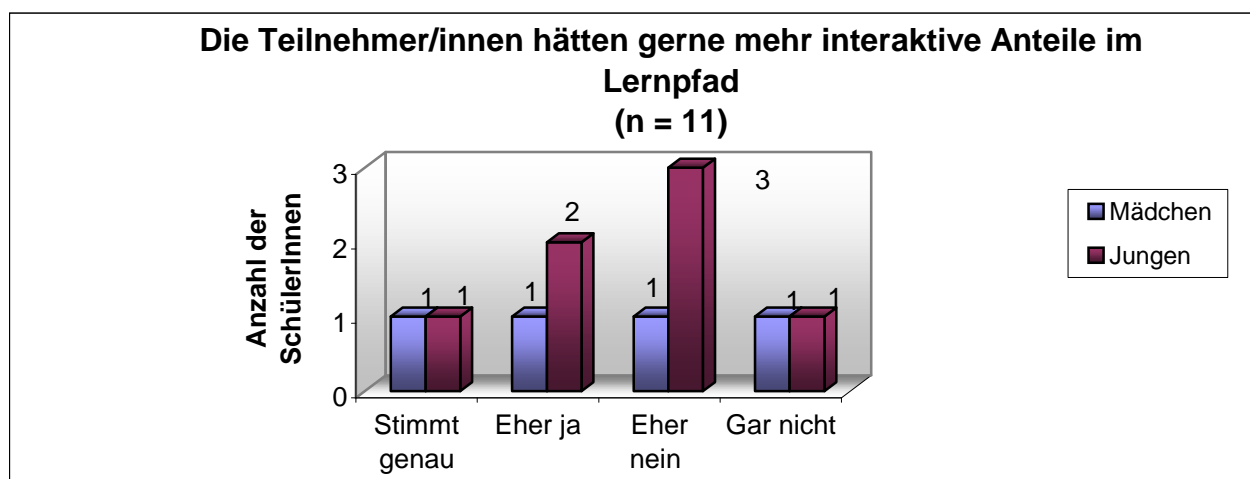


Abb. 64

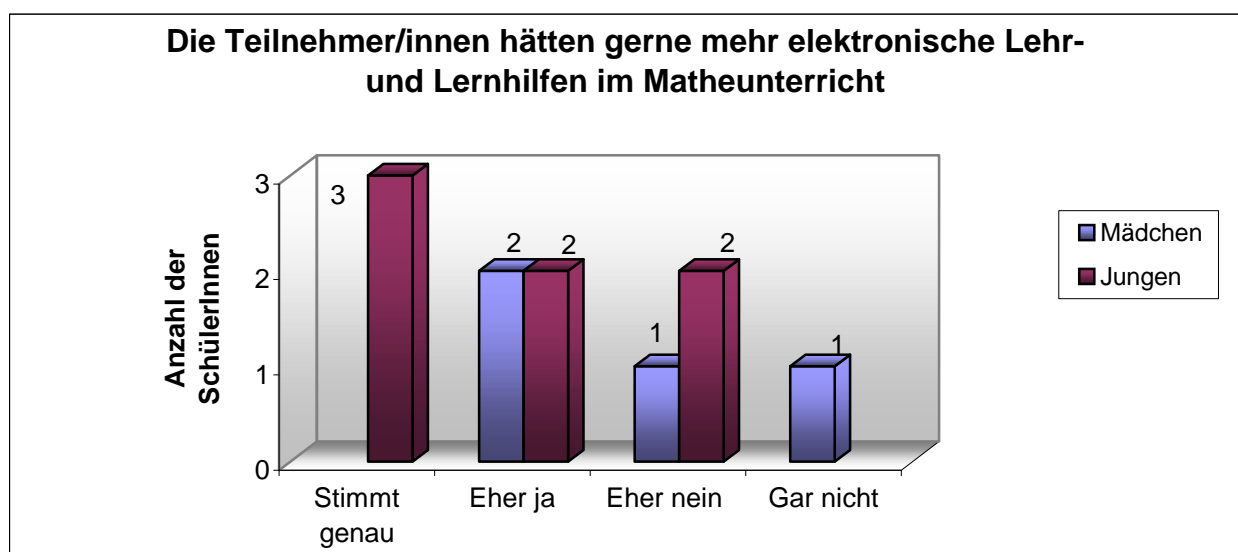


Abb. 65

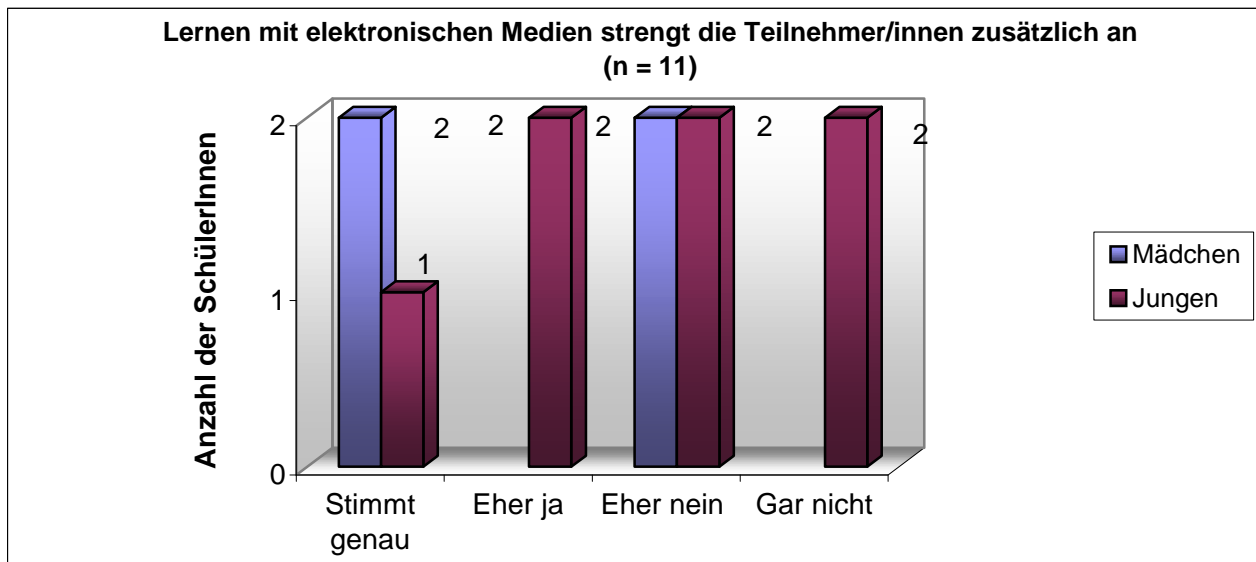


Abb. 66

#### 4. Semester (14 Schüler/innen – 3 Mädchen/11 Jungen)

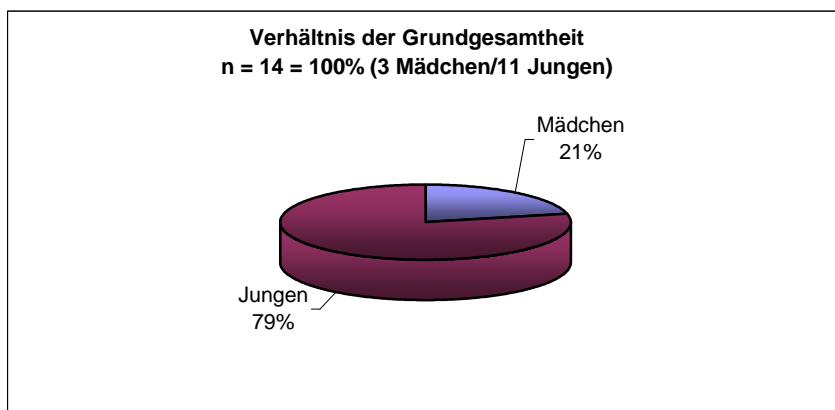


Abb. 67

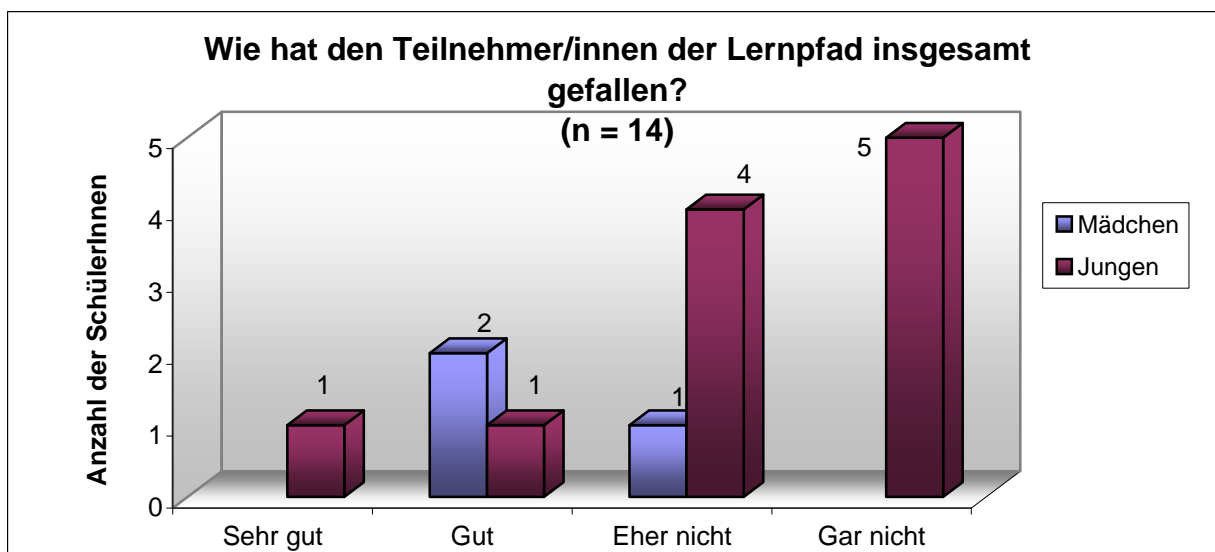


Abb. 68

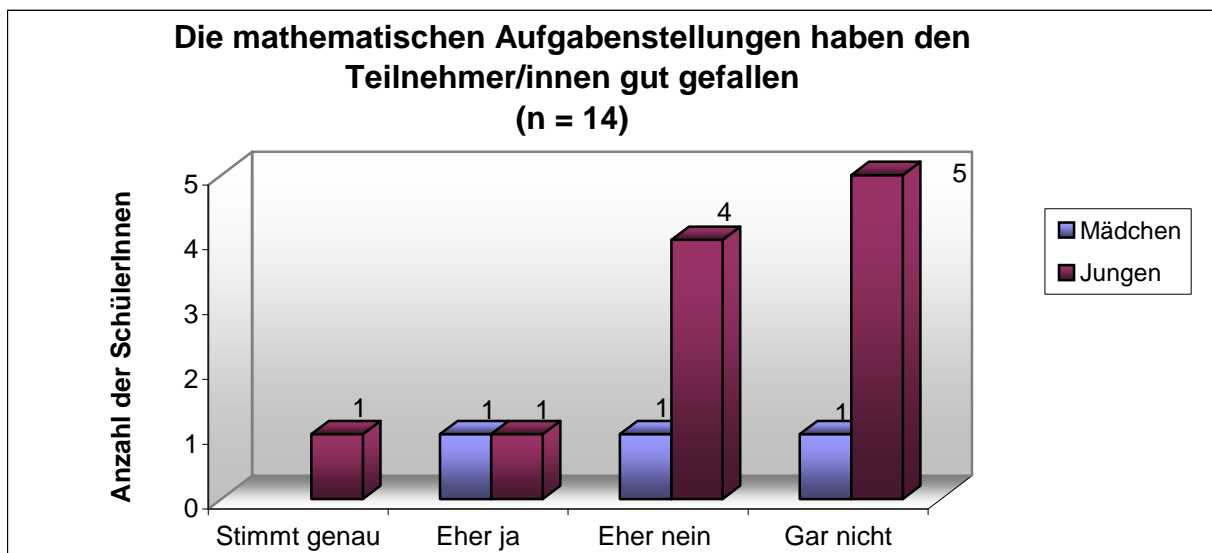


Abb. 69

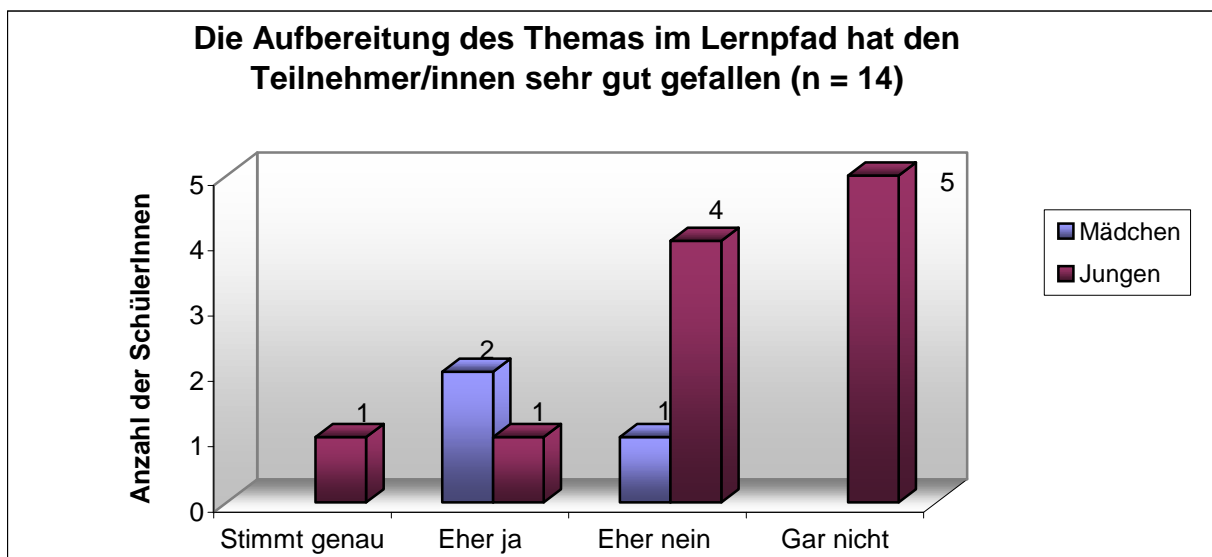


Abb. 70

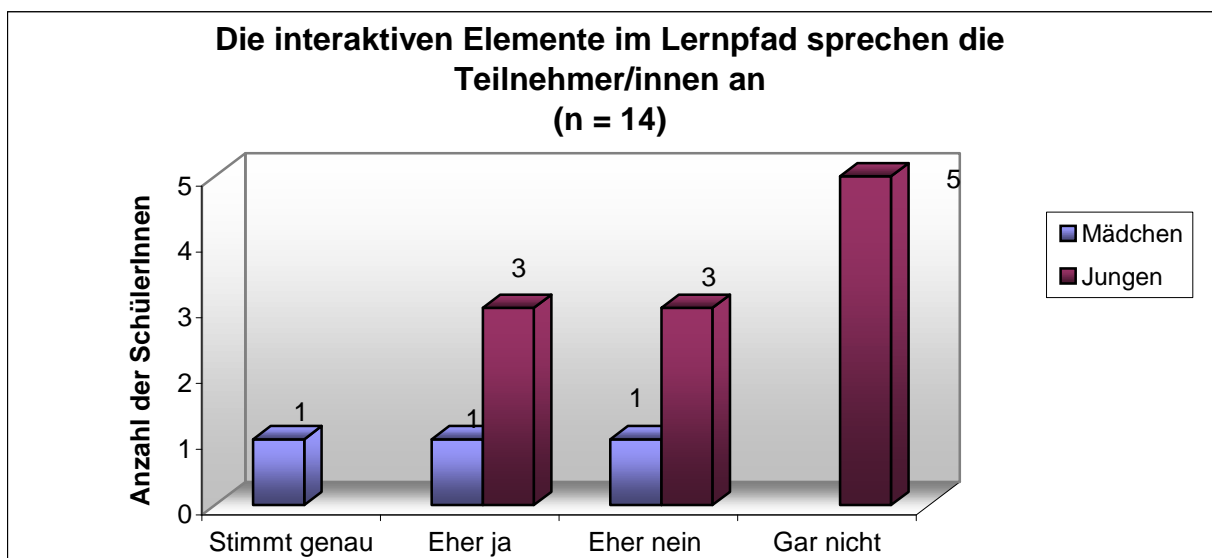


Abb. 71

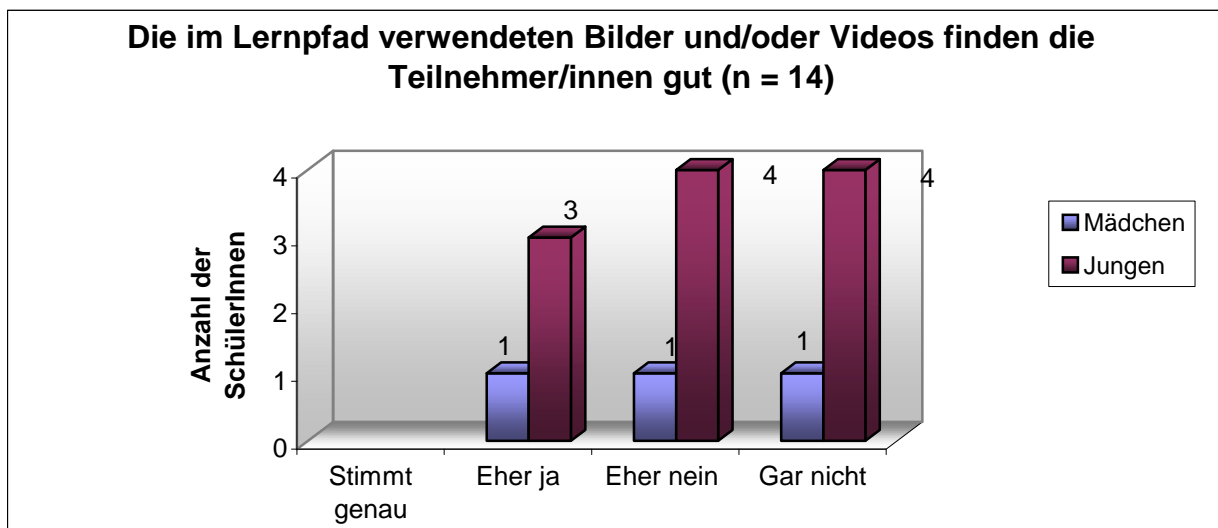


Abb. 72

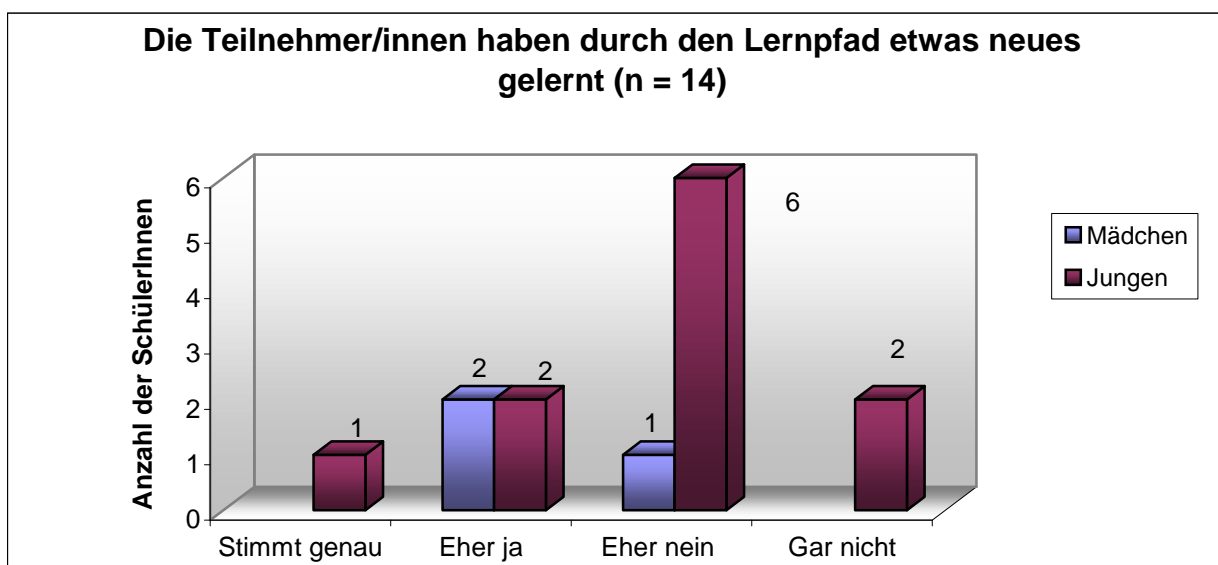


Abb. 73

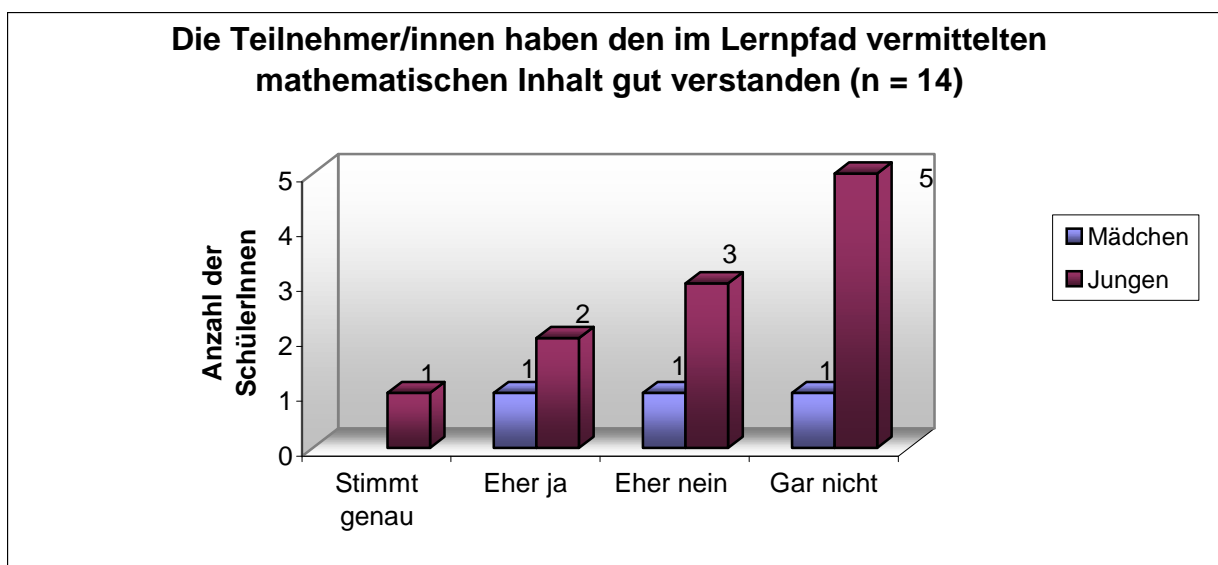


Abb. 74



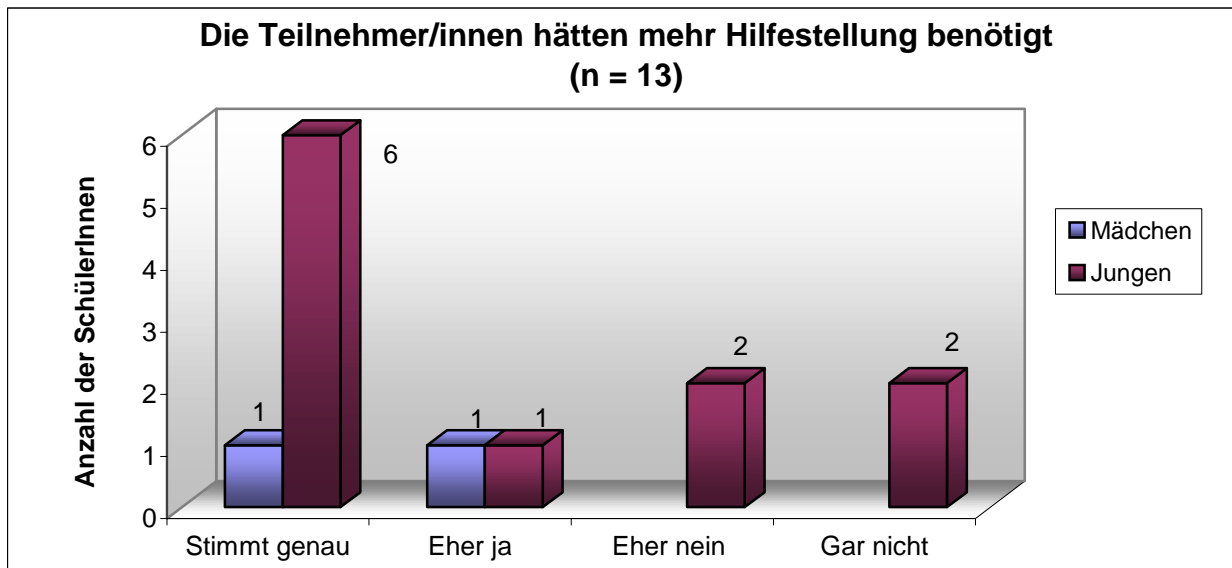


Abb. 75

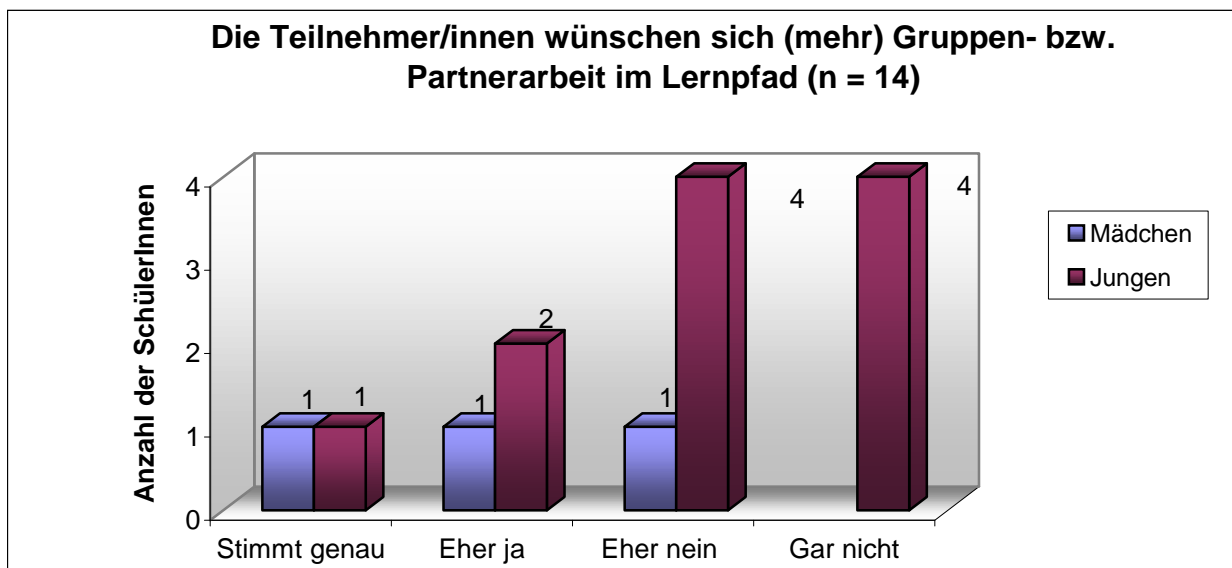


Abb. 76

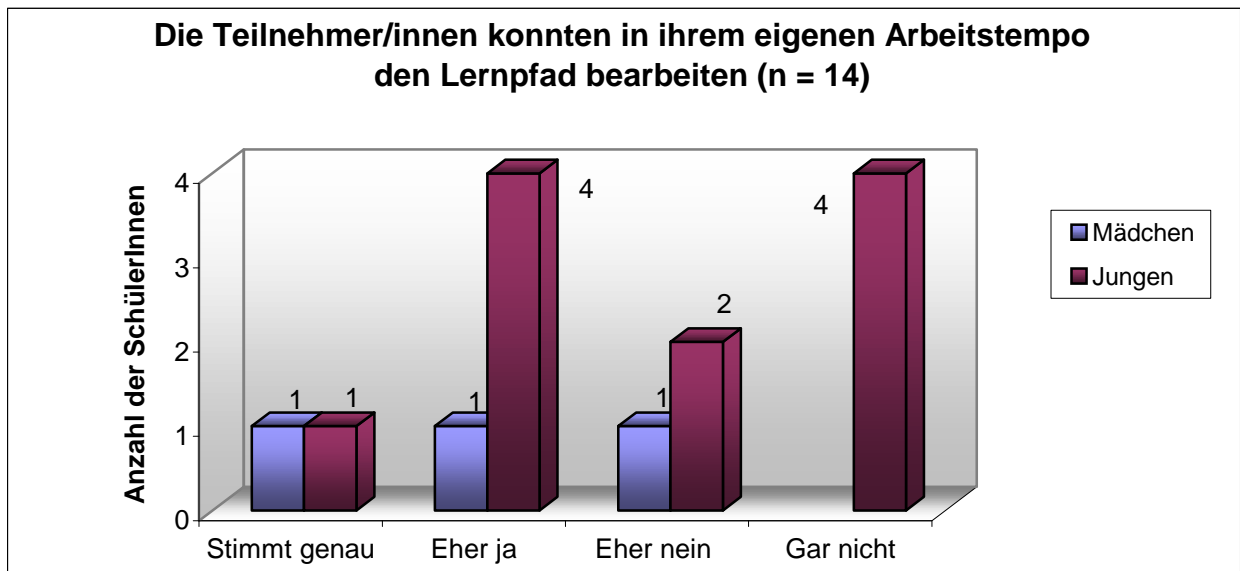


Abb. 77

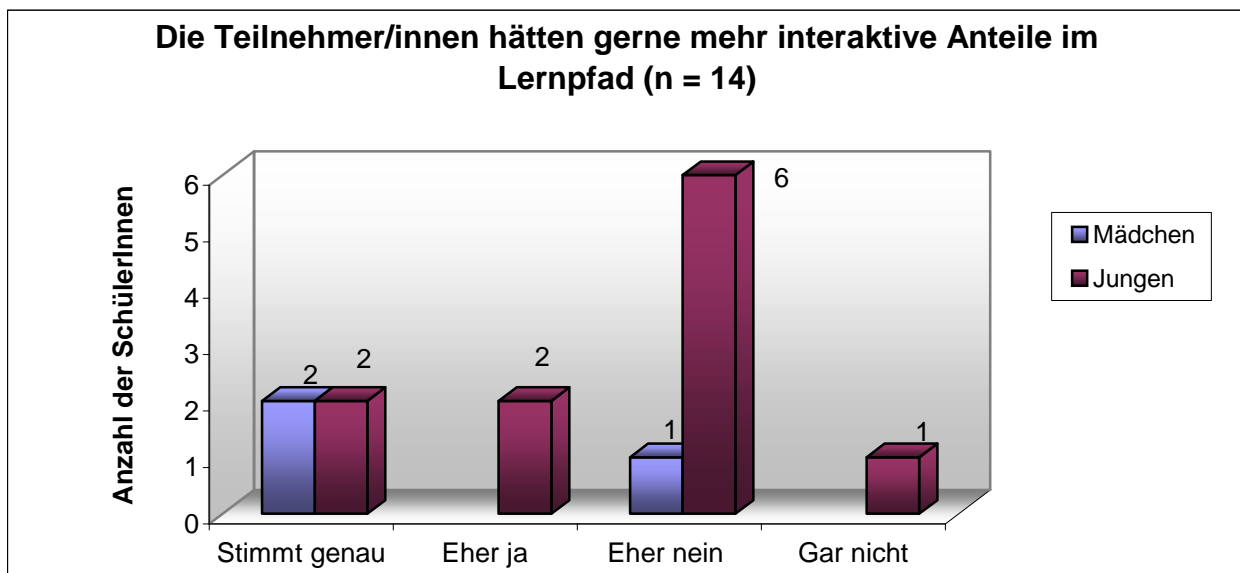


Abb. 78

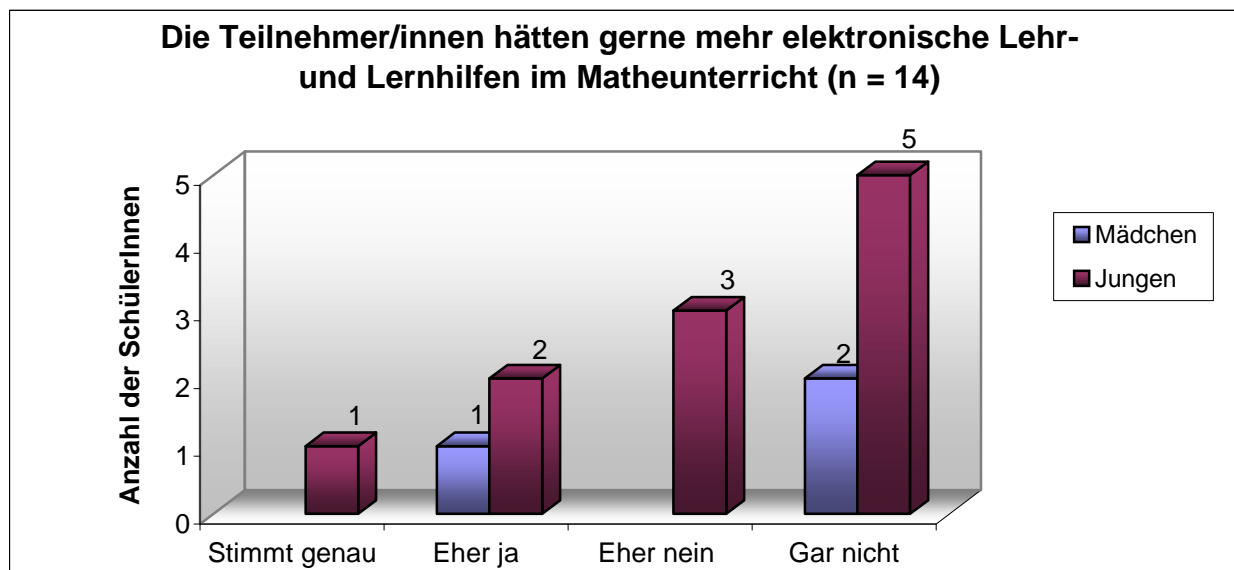


Abb. 79

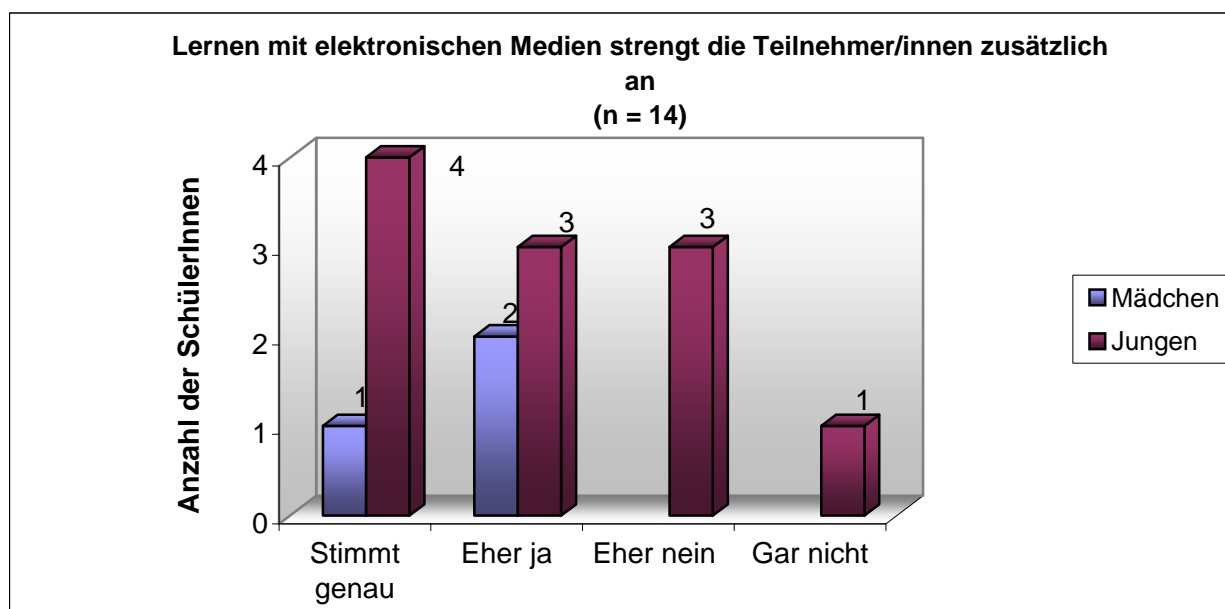


Abb. 80

## Anhang

Als Anhang befinden sich auf der CD folgende Unterlagen:

Fragebogen zum Schüler/innenfeedback

Ergebnisse der Experten/innenbefragung zu den Mathematiklernpfaden (Powerpoint-Präsentation)

Daten zur Lehrer/innenbefragung und den Testklassen