

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Fehlermuster beim Erwerb der Prozentrechnung. Eine empirische Studie

verfasst von | submitted by
Angela Wolfbeisser BEd

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

Wien | Vienna, 2024

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 500 520 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Bewegung und Sport Unterrichtsfach Mathematik

Betreut von | Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Stefan Götz

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank all jenen Personen zum Ausdruck bringen, die mich während meines Studiums begleitet, unterstützt und motiviert haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Stefan Götz für die ausgezeichnete Betreuung während meiner Masterarbeit. Danke für die fachliche Expertise, die schnellen Verbesserungsvorschläge und die großartigen Ideen.

Ein großer Dank geht ebenfalls an die Direktorin Mag.^a Inge Jöbstl, die es mir ermöglichte, meine Forschung an ihrer Schule durchzuführen.

Weiters möchte ich mich bei meinen Eltern und meinen Freunden bedanken, die mir stets ein großer Rückhalt waren, sowohl im Studium als auch bei der Erstellung der Masterarbeit.

Abstract

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung, welche typischen Fehlermuster beim Erwerb der Prozentrechnung in der sechsten Schulstufe auftreten, da sie einen wesentlichen Teilbereich im alltäglichen Leben einnimmt.

Nach einer theoretischen Einführung zu den Grundvorstellungen von Prozenten und der Prozentrechnung, wird die Theorie bezüglich unterschiedlicher Lösungsstrategien behandelt.

Um der Fragestellung nachzugehen, wird eine Fehlerklassifizierung festgelegt, um so die Aufgabenbearbeitungen der Schüler*innen einheitlich auswerten und analysieren zu können.

Der empirische Abschnitt dieser Arbeit beinhaltet die Auswertung von 187 Schüler*innen-Fragebögen aus acht Schulklassen einer AHS, wobei der Fokus auf der Fehleranalyse nach kategorisierten Testaufgaben liegt.

Die statistische Analyse der daraus resultierenden Hypothesen, gibt Einblick über mögliche Fehlerquellen beim Erwerb der Prozentrechnung.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass je nach dem auf welchen Teilbereich der Fokus im Unterricht gelegt wurde, diese Kategorie der Prozentrechnung mit weniger Fehlern bearbeitet wurde.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Prozentrechnung	2
2.1	Warum ist Prozentrechnen wichtig?	2
2.2	Sachsituationen.....	2
2.3	Grundvorstellungen zu Prozenten und der Prozentrechnung	3
2.3.1	Begriffserklärung	3
2.3.2	Grundvorstellungen zu Prozenten	4
2.3.3	Grundvorstellungen zur Prozentrechnung.....	5
2.4	Lösestrategien zur Prozentrechnung.....	7
2.4.1	Schlussrechnung	7
2.4.2	Operatormethode	8
2.4.3	Formel	8
2.4.4	Sonstige Lösungsstrategien.....	10
2.5	Prozentrechnung in der Schule	10
3	Methodik.....	12
3.1	Auswahl der Schüler*innen	12
3.2	Fehlerklassifizierung.....	12
3.3	Statistischer Test.....	14
3.3.1	McNemar-Test.....	14
3.3.2	Wie funktioniert der McNemar-Test?	14
3.3.3	Interpretation der Ergebnisse.....	15
4	Analyse und Auswertung	16
4.1	Gesamtauswertung Fragebögen	16
4.2	Fehleranalyse nach kategorisierten Testaufgaben	17
4.2.1	Den Grundwert, Anteil und Prozentsatz erkennen können.....	17
4.2.2	Den Prozentsatz berechnen können.....	22
4.2.3	Den Anteil berechnen können.....	29
4.2.4	Den Grundwert berechnen können	35

4.2.5	Prozente zum Vergleichen verwenden können.....	43
4.2.6	Prozentrechnungen hintereinander ausführen können.....	48
4.2.7	Teile eines Ganzen darstellen können.....	52
4.3	Schließende Statistik.....	55
4.3.1	Werden der Anteil (A) und der Grundwert (G) öfter vertauscht, wenn der Anteil größer als der Grundwert ist?	55
4.3.2	Bringen überbestimmte Aufgaben im Vergleich zu anderen Aufgaben mehr Verständnisfehler hervor?.....	57
4.3.3	Passieren mehr Rechenfehler, wenn sich die Zahlen im Hunderterbereich befinden statt im Zehnerbereich?	59
5	Resümee.....	61
	Literaturverzeichnis	64
	Abbildungsverzeichnis.....	67
	Tabellenverzeichnis.....	68
	Anhang.....	70
	Auswertungen Aufgabe 1	70
	Auswertungen Aufgabe 2	71
	Auswertungen Aufgabe 3	72
	Auswertungen Aufgabe 4	73
	Auswertungen Aufgabe 5	73
	Auswertungen Aufgabe 6	74
	Auswertungen Aufgabe 7	75
	Auswertungen Aufgabe 8	77
	Auswertungen Aufgabe 9	78
	Auswertungen Aufgabe 10	79
	Auswertungen Aufgabe 11	80
	Auswertungen Aufgabe 12	81
	Kontingenztabellen nach Klassen Aufgabe 1.....	82
	Kontingenztabellen nach Klassen Aufgabe 5 und Aufgabe 8.....	84
	Kontingenztabellen nach Klassen Aufgabe 6 und Aufgabe 9.....	86

1 Einleitung

Nachdem die Prozentrechnung in wesentlichen Teilbereichen im alltäglichen Leben einen hohen Stellenwert einnimmt, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit den auftretenden Fehlern im Bereich der Prozentrechnung.

Der empirische Abschnitt dieser Arbeit wurde mithilfe einer quantitativen Untersuchung in acht Schulklassen der sechsten Schulstufe an einer allgemeinbildenden höheren Schule im Bundesland Wien im Unterrichtsfach Mathematik durchgeführt.

Hierfür wurde eine Aufgabensammlung rund um die Prozentrechnung zusammengestellt, die alle Bereiche der Grundwertaufgaben dieser Schulstufe abdeckt. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt dabei auf den Aufgabenbearbeitungen der Schüler*innen. Die ermittelten Fehler werden in verschiedene Fehlerkategorien klassifiziert. Die größte Bandbreite an fehlerhaften Bearbeitungen findet sich erwartungsgemäß im Bereich der Verständnisfehler. Aus diesem Grund wird innerhalb der Analyse und Auswertung genauer erläutert, um welche Art von Verständnisfehler es sich handelt.

Das zugrundeliegende Ziel der Arbeit ist, die erhobenen Daten nutzbar zu machen. Hierzu wird im dritten Kapitel die Methodik ihrer Auswertung vorgestellt. Die Daten werden in weiterer Folge in Kapitel vier detailliert beschrieben, kategorisiert und analysiert.

Aufgrund dieser Fehlerkategorisierung soll es ermöglicht werden, mit diesem Detailwissen über die auftretenden Fehler bei der Prozentrechnung den Fokus der Unterrichtsgestaltung dementsprechend zu richten.

Im letzten Kapitel findet eine statistische Auswertung mithilfe des McNemar-Tests statt, womit einzelne Fragestellungen auf Signifikanz überprüft werden.

2 Prozentrechnung

2.1 Warum ist Prozentrechnen wichtig?

Die Prozentrechnung nimmt im Mathematikunterricht einen hohen Stellenwert ein, da dieses Thema einen starken Alltagsbezug aufweist und den Schüler*innen sowohl im alltäglichen Leben als auch in der Berufswelt immer wieder begegnen wird (Gudladt, 2021, S. 5). Beispielsweise ist die Prozentrechnung bei der Bewältigung elementarer Tätigkeiten wie der Kalkulation von Preisreduktionen, Preissteigerungen, dem Analysieren und Interpretieren von Zeitungsausschnitten sowie dem Verstehen von Diagrammen und Nachrichten ein unverzichtbares Werkzeug. Zusätzlich ist die Prozentrechnung auch in anderen Unterrichtsgegenständen eine unerlässliche Voraussetzung für einen positiven Lernfortschritt, zum Beispiel bei den Reaktionsgleichungen in der Chemie (Parker & Leinhardt, 1995, S. 422). Aus diesem Grund kann dieses Themengebiet als Inhalt mathematischer Grundbildung betrachtet werden (Friedl, 2008, S. 30-38; Hafner, 2009, S. 1; Römer, 2008 S. 37-41).

2.2 Sachsituationen

Meißner (1982, S. 122 ff.) sieht Aspekte der fachlichen Einordnung bereits in den unterschiedlichen Verwendungssituationen der Prozentrechnung. Demzufolge legt er charakteristische Anwendungssituationen von Prozenten fest.

Die Sachsituationen werden hierbei in zwei Dimensionen unterteilt.

1. Anteilssituationen

Hierbei handelt es sich um jene statistischen mengentheoretischen Inklusionen, bei denen zwei Mengen miteinander verglichen werden. Ein Exempel diesbezüglich wäre die Fragestellung, wie viel Prozent der österreichischen Bevölkerung im letzten Jahr arbeitslos waren.

2. Zuordnungssituationen

Diese thematisieren die Darstellung einer Veränderung und unterstehen demnach keiner statischen Sicht, wie die Frage nach dem prozentualen Zuwachs der Weltbevölkerung.

Abgesehen davon unterteilt Meißner (1982, S. 122 ff.) die Sachsituationen aufgrund der Art ihrer Gesetzmäßigkeit in drei zusätzliche Gruppen.

1. Keine Proportionalität liegt vor

Bei dieser Gruppe handelt es sich lediglich um den funktionalen Zusammenhang zwischen einem Grundwert und einem Prozentwert.

2. Eine Proportionalität wird unterstellt

In diese Gruppe fallen Sachlagen, bei denen die Proportionalität gegenständlich nicht vorhanden ist. Ein Exempel wäre eine Statistik über die Teilnahme der Bevölkerung an der Bundespräsidentenwahl, bei der von der bundesweiten Quote auf die einzelnen Regionen geschlossen wird.

3. Eine eindeutige Proportionalität ist vorhanden

Beispielsweise ist beim Einkaufen die Mehrwertsteuer stets proportional zum Nettopreis.

2.3 Grundvorstellungen zu Prozenten und der Prozentrechnung

Grundvorstellungen beschreiben nach vom Hofe (1995, S. 98) „Elemente der Vermittlung bzw. [...] Objekte des Übergangs zwischen der Welt der Mathematik und der individuellen Begriffsbildung des Lernenden“. Der Begriff Grundvorstellung konkretisiert demnach im allgemeinen Sprachgebrauch den alltäglichen Begriff des intuitiven Verständnisses (Griesel et al., 2019 S.129).

2.3.1 Begriffserklärung

Um die Grundvorstellungen zum Prozentbegriff besser verstehen zu können, werden zunächst die Grundbegriffe näher erläutert.

1. Grundwert

Mit dem Begriff des Grundwerts G wird das Ganze oder auch 100 % dargelegt. Von der Anwendungssituation abhängig kann dieser Wert entweder den Ursprung einer Veränderung oder einen Vergleichswert verkörpern (Berger, 1989, S. 88). Wird eine Aufgabenstellung unabhängig von der Anwendungssituation betrachtet, so werden dem Grundwert stets 100 % zugeordnet (Pöhler, 2018, S. 16).

Im Gegensatz dazu wurden bei speziellen Anwendungen Regeln festgelegt, welcher Wert als Grundwert anzusehen ist. Ein Beispiel hierfür wäre, dass bei einer Aufgabenstellung zur Berechnung der Mehrwertsteuer der Nettopreis als Grundwert zu definieren ist.

2. Prozentwert

Der Prozentwert A ist gemeint, wenn Teile eines Ganzen oder das Vielfache eines Ganzen zugeordnet werden sollen (Meierhöfer, 2000, S. 10). Als Formel betrachtet, handelt es sich um ein $\frac{p}{100}$ -faches des Grundwerts, das bedeutet $A = \frac{p}{100} \cdot G$, wobei p die Anzahl der Prozente angibt (Prozentsatz) (Hafner, 2012, S. 38). Weiters kann auch abhängig von der Anwendungssituation ein Vergleich zweier elementfremder Mengen von Interesse sein, wobei zu entscheiden ist, welche Menge dem Prozentwert und welche dem Grundwert zuzuordnen ist (Pöhler, 2018, S. 17).

3. Prozentsatz

Der Begriff Prozentsatz p definiert das „Verhältnis von zwei Größen in Form eines Hundertstelbruchs“ (Berger, 1989, S. 11). Ob beim Prozentsatz der ganze Bruch oder lediglich der Nenner gemeint ist, hängt von der Auslegung der Aufgabenstellung ab. Sill (2010, S. 10) formuliert Folgendes: „Auf die Bezeichnung ‚Prozentsatz‘, die im Alltag kaum vorkommt, kann im Rahmen des sicheren Wissens und Könnens verzichtet werden. Alle Prozentaufgaben lassen sich auch ohne diesen Begriff formulieren.“ Aus diesem Grund fordert Sill (2010, S. 9) dazu auf, den Prozentsatz immer in der Form $p\%$ anzugeben, um so die sprachliche Verständlichkeit zu fördern, da der Prozentsatz im Alltag größtenteils auf diese Weise Verwendung findet. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff ‚Prozentsatz‘ wie üblich verwendet.

Neben den bereits bekannten Grundbegriffen sollte die Erweiterung Pöhlers ebenfalls nicht außer Acht gelassen werden. Dieser möchte der Problematik der Mehrdeutigkeit des Begriffs des Prozentwerts durch eine weitere Ausdifferenzierung entgegenarbeiten. Aus diesem Grund definierte Pöhler (2018) diese Erweiterung folgendermaßen:

[...] Der Betrag, um den eine Größe in Situationsmustern mit Veränderungen vermehrt bzw. verringert wird, [soll] nicht ebenfalls mit dem Begriff Prozentwert belegt werden. Stattdessen soll – mit dem Ziel der Vermeidung einer mehrdeutigen Verwendung des Begriffes – für die adressierte Differenz zwischen Grund- und Prozentwert der Ausdruck absolute Differenz etabliert werden. In Äquivalenz dazu, sei für die Differenz zwischen 100 % und dem Prozentsatz der Terminus prozentuale Differenz eingeführt. (Pöhler, 2018, S. 17)

Er verfolgt damit das Ziel, den Begriff des Prozentsatzes mit der ‚prozentualen Differenz‘ sowie den Begriff des Prozentwertes mit der ‚absoluten Differenz‘ zu verbinden, um somit klarzustellen, um welche Anwendungssituation es sich handelt.

2.3.2 Grundvorstellungen zu Prozenten

Hinsichtlich des Prozentzeichens sind gut verständliche Übersetzungen weit verbreitet, beispielsweise Prozente als Hundertstel oder von Hundert (Pöhler, 2018, S. 13). Weiters ist in einigen Schulbüchern oft die Grundvorstellung der Prozente als Zahl dargestellt. Pöhler (2018, S. 13) erläutert, dass genau jene Annahme die Gleichsetzung der Prozentangabe mit der eines Bruchs und einer Dezimalzahl gestattet. Aus diesem Grund gilt zum Beispiel

$$25\% = \frac{25}{100} = 0,25.$$

Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass bei der Umwandlung von Prozentzahlen in Brüche der Grundwert (100 %), also das Ganze berücksichtigt wird. Aus diesem Grund muss laut

Pöhler (2018, S. 13) bei der Prozentangabe stets die Bezugsgröße angegeben werden, mit Ausnahme von Aufgabenstellungen aus dem Wahrscheinlichkeitskontext.

Ein weiterer Ansatz, den Pöhler (2018, S. 14) verfolgt, ist, Prozente als Anteile darzustellen, wobei zwei Mengen miteinander verglichen werden und eine Menge die Teilmenge der anderen Menge bildet. Dadurch liegt wie bereits oben erwähnt eine statistische mengentheoretische Inklusion vor. Bei dieser Art von Grundvorstellung sind Prozentstreifen ein besonders unterstützendes Hilfsmittel, da diese kognitive Arithmetikprozesse mit Prozenten mit geringem Schwierigkeitsgrad erlauben (Feijs et al., 2008, S. 93).

Zusätzlich dazu gibt es ebenfalls die Grundvorstellung, Prozente als Verhältnisse zu betrachten. Diese Anschauung ermöglicht den Vergleich zweier Mengen, wobei Pöhler (2018) hierbei zwischen Vergleichssituationen und Veränderungssituationen unterscheidet.

In Vergleichssituationen können Anteile, die sich auf unterschiedliche Bezugsgrößen beziehen, statistisch miteinander verglichen werden. Dies bedeutet, dass für solche Gegebenheiten die Untersuchung der Verbindung zwischen zwei elementfremden Mengen zum selben Zeitpunkt charakteristisch wäre, beispielsweise durch Aufgabenstellungen, die den Vergleich der Mächtigkeiten von Menge A mit der von Menge B als Ziel haben und dazu den Unterschied von $p\%$ zwischen den beiden Mächtigkeiten eruieren möchten (Pöhler, 2018, S. 17).

Auf der anderen Seite wird sich in Veränderungssituationen unter zeitlichem und räumlichem Einfluss auf die prozentuelle Änderung von Bezugsgrößen konzentriert (Berger, 1989, S. 17; Pöhler, 2018, S. 16).

Nach Pöhler (2018, S. 16) können Situationsmuster differenziert werden, wenn es sich um einen Vergleich der Größenordnung handelt. Dies bedeutet, dass es entweder um die Veränderung *auf* $p\%$ oder, wenn die Höhe der Änderung im Fokus steht, um die Veränderung *um* $p\%$ geht.

2.3.3 Grundvorstellungen zur Prozentrechnung

Nach Blum und vom Hofe (2003, S. 15) existieren drei Grundvorstellungen der Prozentrechnung: erstens die von-Hundert-Vorstellung, zweitens die Hundertstel-Vorstellung und drittens die Bedarfseinheiten-Vorstellung.

1. von-Hundert-Vorstellung

Diese Grundvorstellung hat ihren Ursprung in der Wortinterpretation des $\%$ -Zeichens, das ‚pro hundert‘ bedeutet (Hafner, 2012, S. 37). Wie bereits im Namen enthalten, wird sich der Grundwert G aus 100 gleich großen Teilen bestehend vorgestellt. Aufgrund des Prozentsatzes $p\%$ werden p Teile des Grundwerts herangezogen (Blum & vom Hofe,

2003, S. 14-18; Hafner, 2012, S. 37). Das bedeutet, dass diese Annahme 40 % eines Grundwerts G als 40 von 100 Teilen interpretiert (Abbildung 1).



Abbildung 1: von-Hundert-Vorstellung (40 %)

Zu Beginn wird der gegebene Grundwert in 100 gleich große Teile gegliedert. Im Anschluss werden 40 dieser Teilflächen hervorgehoben, da die Aufgabenstellung nach 40 % des Grundwerts G verlangt (Hafner 2012, S. 37 ff.).

Die von-Hundert-Vorstellung birgt jedoch auch gedankliche Hürden, wenn die Angaben nicht Vielfache von 100 sind, denn bei dieser Grundvorstellung besteht das Risiko der Überakzentuierung der 100 Teilstücke. Dies bedeutet, dass der Eindruck entstehen könnte, dass 12 % immer 12 Einheiten sind. Demzufolge würden beispielsweise 12 % von 37 € als 12 € ausgelegt werden.

2. Hundertstel-Vorstellung

Diese Grundvorstellung beruht auf einem Bruch, in dem p % als Hundertstelbruch, also mit $\frac{p}{100}$, dargestellt wird. Dieser Bruch kann auch als multiplikativer Operator angesehen werden und referiert mit der Bezugsgröße, dem Grundwert. Dies bedeutet, dass der Prozentwert berechnet wird, indem die Bezugsgröße, also der Grundwert, mit dem konstanten Hundertstelbruch $\frac{p}{100}$ multipliziert wird (Buchholtz et al., 2016, S. 38; Hafner, 2012, S. 38). Nach Buchholtz et al. ist diese Bruchdarstellung eine Proportionalitätskonstante, weil dadurch eine „proportionale Zuordnung zwischen dem Größenbereich der Bezugsgröße und dem Größenbereich der Prozentwerte geschaffen“ wird (Buchholtz et al., 2016, S. 38).

Wie die von-Hundert-Vorstellung birgt auch die Hundertstel-Vorstellung eine Fehlerquelle, denn es könnte sein, dass das Ergebnis beim Teilen in 100 gleich große Teile nicht im Zahlenbereich $\mathbb{N}$ liegt, wodurch die Schüler*innen Schwierigkeiten haben könnten, den Zwischenschritt des Operators fehlerfrei auszuführen. Im Gegensatz dazu sind die flexible Anwendbarkeit und die leichte Übertragbarkeit aus der Bruchrechnung ein eindeutiger Vorteil (Appell, 2004, S. 23 ff.).

3. Bedarfseinheiten-Vorstellung

Die dritte Grundvorstellung legt ihr Augenmerk auf die Zuordnung zwischen Größenbereichen und beruht demnach auf der Proportionalität (Hafner, 2012, S. 38). Bei der Bedarfseinheiten-Vorstellung wird die Größe 100 % dem angegebenen Grundwert zugeschrieben, womit sich dieser aus hundert 1 %-Teilen zusammensetzt. Demzufolge entspricht das Achtfache dieses Anteils 8 % (Buchholtz et al., 2016, S. 39; Pöhler 2018, S. 11 ff.).

„Die Angabe p% vom Ganzen entspricht hier im Sinne der Proportionalitätsüberlegungen also p-mal dem hundertsten Teil des Ganzen“ (Buchholtz et al., 2016, S. 39).

Diese Grundvorstellung ist in einem Spezialfall der Proportionalitätsrechnung wiederzuerkennen und ist somit bei der Lösungsstrategie Dreisatz einzuordnen (Blum & vom Hofe, 2003, S. 14 ff.).

Ein mögliches Missverständnis verursachen jedoch Aufgabenstellungen, bei denen es um einen vermehrten beziehungsweise verminderten Grundwert geht, denn die Schüler*innen haben oftmals Schwierigkeiten, die unterschiedlichen Grundwerte dementsprechend zu definieren, und berechnen infolgedessen einen falschen Anteil.

2.4 Lösestrategien zur Prozentrechnung

Um Aufgabenstellungen zur Prozentrechnung bewältigen zu können, werden die unterschiedlichsten Lösungsstrategien angewendet. Im folgenden Abschnitt werden diese Lösungsverfahren genauer erläutert.

2.4.1 Schlussrechnung

Bei dieser Lösungsstrategie wird die Vervielfachungstreue der zugrundeliegenden Proportionalität genutzt (Berger, 1989, S. 73).

Zu Beginn der Schlussrechnung wird durch die Multiplikation beider Größen mit der identischen rationalen Zahl der Wert für ein Prozent berechnet. Die Eingrenzung auf den Zahlenbereich der rationalen Zahlen findet aufgrund des Einsatzes im Schulbetrieb statt. Im zweiten Schritt wird der gefragte Prozentsatz durch nochmaliges Multiplizieren ermittelt, indem der zu bestimmende Faktor der zugeordneten Prozentangabe entspricht. Im Fall einer Aufgabenstellung, bei der der Prozentsatz gesucht ist, wird die Rollenzuweisung vertauscht (Berger, 1989, S. 73 ; Hafner, 2012, S.33 ff.).

Verschiedenste Studien haben ergeben, dass insbesondere für schwache Schüler*innen die Schlussrechnung gut geeignet ist, da diese Lösungsstruktur häufig vom Aufbau der

Schulbücher unterstützt wird. Zusätzlich wird der Zusammenhang zwischen Grundwert, Prozentwert und Prozentsatz nochmals verdeutlicht (Römer, 2008, S. 37).

2.4.2 Operatormethode

Bei diesem Lösungsverfahren sind die Gemeinsamkeiten der Prozentrechnung und der Bruchrechnung von großer Relevanz (Scholz, 2003, S. 24), denn der Anteil A wird als das $\frac{p}{100}$ -fache des Grundwerts G berechnet (Hafner, 2012, S. 38).

Weiters wird durch die Operatormethode die Betonung des von-Aspekts der Prozentrechnung verwendet. Zusätzlich erleichtert die Operatormethode den Schüler*innen oftmals die Prozentrechnung, da für alle drei Grundaufgaben, „den Anteil berechnen können“, „den Grundwert berechnen können“ und „den Prozentsatz berechnen können“, ein geeignetes Lösungsschema gefunden werden kann, das sich aus der fehlenden Information der Aufgabenstellung ergibt. So ist beispielsweise die Ermittlung des Grundwerts G unter Zuhilfenahme des Umkehroperators „ $\cdot \frac{p}{100}$ “ besonders leicht (Berger, 1989, S. 78 f.).

Darüber hinaus kann die Verzahnung von Prozentangaben und Dezimalzahlen bei der Operatormethode ausgenutzt werden, weil dadurch das Verständnis der Schüler*innen in Bezug auf die Verbindung dieser zwei Darstellungsmöglichkeiten geschärft wird, zum Beispiel dahingehend, dass 40 % eines Grundwerts G gleichzusetzen ist mit dem 0,4-fachen desselben Grundwerts G . Zudem besitzt die Operatormethode im weiteren Verlauf des Mathematikunterrichts vor allem bei der Zinsrechnung ein hohes Adaptionspotenzial (Appell, 2004, S. 28 f.).

Durch Forschungsstudien hat sich herausgestellt, dass Schüler*innen, die verschiedene Methoden zur Prozentrechnung erlernt haben, dazu neigen, bei freier Wahlmöglichkeit für die Bearbeitung meist auf die Operatormethode zurückzugreifen (Scholz, 2003, S. 24).

Ein Nachteil der Operatormethode ist jedoch der algorithmische Kern der Vorgehensweise, da auffallend mechanische Verfahren von Schüler*innen oftmals nicht langfristig abgespeichert werden (Scholz, 2003, S. 24). Allerdings geschieht das Berechnen von 1 % bei der Schlussrechnung ebenfalls schematisch und entspricht eigentlich nicht den zugrundeliegenden Ideen der Prozentrechnung.

2.4.3 Formel

Dieser Lösungsstrategie der Prozentrechnung liegt die Formel $A = G \cdot \frac{p}{100}$ zugrunde, denn aus dieser Formel lässt sich durch Äquivalenzumformungen für jeden Aufgabentyp eine eigene Formel herleiten (Hafner, 2012, S. 40).

Es wurde herausgefunden, dass diese Lösungsstrategie durch das mögliche Auswendiglernen der drei Formeln für leistungsschwache Schüler*innen besonders attraktiv ist (Appell, 2004, S. 24). Dieser scheinbare Vorteil sollte jedoch auch kritisch hinterfragt werden, da die Methode des sturen Auswendiglernens zu keiner konstanten Erkenntnisentwicklung führt. Laut Berger (1989, S. 85) findet bei dieser Methode eine Teilung in Sachebene und mathematische Ebene statt. Zuerst ist auf der Sachebene festzulegen, welche Werte durch die Aufgabenstellung gegeben sind und welcher Wert gesucht wird. Im Anschluss daran wird auf der mathematischen Ebene die dementsprechende Formel herangezogen und der gesuchte Wert wird berechnet. Durch diese Vorgehensweise haben die Schüler*innen die Möglichkeit, sich stets nur auf eine Ebene konzentrieren zu müssen, worin Berger (1989, S. 85) einen Vorteil vor allem für leistungsschwache Schüler*innen sieht. Trotzdem betrachtet Berger die Lösungsstrategie der Formel auch kritisch, da bei der Prüfung der Ergebnisse eine Verbindung der beiden Ebenen unumgänglich ist. Zusätzlich sollte der mathematische Hintergrund beim Anwenden der Formeln ebenfalls verstanden werden, um mögliche Fehler weitestgehend zu vermeiden. Aus diesem Grund ist Berger (1989, S. 85) der Auffassung, dass die Lösungsstrategie der Formel erst im späteren Unterrichtsverlauf der Prozentrechnung eingeführt werden sollte.

Sollten Schüler*innen bereits Schwierigkeiten beim Bearbeiten von Aufgabenstellungen bezüglich der Prozentrechnung haben, so bietet laut Friedel (2008, S. 30) die Lösungsstrategie der Formel keine effektive Übung, da hierbei lediglich Werte eingesetzt werden und kein inhaltlicher Zusammenhang beziehungsweise kein Verständnis gefragt ist.

Zusätzlich ist die Formel im alltäglichen Leben oftmals umständlicher in der Anwendung als die Berechnung der gefragten Größe mithilfe der Schlussrechnung. Appell (2004, S. 25) weist ebenfalls darauf hin, dass bei einem erhöhten beziehungsweise verminderten Grundwert Schwierigkeiten entstehen können, da nicht der Anteil, sondern der um den Anteil erhöhte beziehungsweise reduzierte Grundwert gegeben ist und sich dadurch eine Vielzahl an Äquivalenzumformungen ergeben, um so das gefragte Ergebnis berechnen zu können.

2.4.4 Sonstige Lösungsstrategien

Eine weitere Lösungsstrategie für Grundwertaufgaben der Prozentrechnung wäre die Bruch- und Verhältnisgleichung. Die Verhältnisgleichung

$$\frac{G}{100 \%} = \frac{A}{p \%}$$

bildet in diesem Fall den Ausgangspunkt der Lösung, denn durch Äquivalenzumformungen kann jeweils die gefragte Variable ermittelt werden.

Dieser Ansatz basiert weitreichend auf dem Ansatz der Prozentformel (Hafner, 2012, S. 39).

2.5 Prozentrechnung in der Schule

Wie bereits im Abschnitt 1.1 erwähnt wurde, nimmt die Prozentrechnung einen wesentlichen Teilbereich im alltäglichen Leben ein. Beispiele hierfür sind nach Gudladt (2021, S. 7) und Pöhler (2018, S. 9) Rabattangebote in verschiedenen Bereichen, Statistiken in den unterschiedlichen Medien, Zinsen bei Bankgeschäften oder Vergleiche von relativen Zahlen, beispielsweise bei Sportwetten.

Aus diesem Grund ist es besonders relevant, den Schüler*innen die Prozentrechnung näherzubringen, sodass ein hohes Maß an Verständlichkeit vorliegt und sie ihr Wissen in den unterschiedlichsten Kontexten anwenden können.

Nach Hafner (2012, S. 38) ergeben sich aufgrund der Grundvorstellungen der Prozentangaben drei Grundaufgaben, um die jeweils fehlende Größe, den Grundwert, den Prozentwert (Anteil) oder den Prozentsatz, berechnen zu können.

Hafner (2012, S. 38) unterteilt daher die Prozentrechnung in drei Grundaufgaben:

1. Der Prozentwert (A) ist gesucht.
2. Der Grundwert (G) ist gesucht.
3. Der Prozentsatz (p) ist gesucht.

Diese drei Aufgabentypen definieren sich in der Regel dadurch, dass zwei Angaben gegeben sind und die dritte gesucht wird (Gudladt, 2021, S. 13).

Wird dies historisch betrachtet, so ist die Frage nach dem Prozentwert (A) die erste Grundaufgabe der Prozentrechnung und bildet demnach den Ausgangspunkt für die beiden anderen Aufgabentypen (Gudladt, 2021, S. 13; Pöhler, 2018, S. 20).

Darüber hinaus erweitert Pöhler (2018, S. 20–21) in Anlehnung an Hafner diese drei Grundaufgaben um acht weitere Variationen von Grundaufgaben.

In dieser Arbeit werden insgesamt sieben Grundaufgaben der Prozentrechnung, die im Fokus des Schulbuches „Thema Mathematik“ stehen, auf unterschiedliche Fehlerkategorien untersucht:

1. Den Grundwert, Anteil und Prozentsatz erkennen können
2. Den Prozentsatz berechnen können
3. Den Anteil (Prozentwert) berechnen können
4. Den Grundwert berechnen können
5. Prozente zum Vergleichen verwenden können
6. Prozentrechnungen hintereinander ausführen können
7. Teile eines Ganzen darstellen können

3 Methodik

An einer allgemeinbildenden höheren Schule wurde eine empirische Studie zum Thema „Typische Fehlermuster beim Erwerb der Prozentrechnung“ mit dem Ziel einer deskriptiven Fehleranalyse mithilfe von durch Schüler*innen auszufüllende Fragebögen durchgeführt.

Die Studie wurde in der gesamten 2. Jahrgangsstufe (6. Schulstufe) abgehalten, wobei sich insgesamt 187 Schüler*innen zur Teilnahme bereit erklärt haben. Die Testung fand Ende Mai 2023 beziehungsweise Anfang Juni 2023 in der 22. Kalenderwoche statt, nachdem alle Schüler*innen dieser Jahrgangsstufe die vorgesehenen Inhalte der Prozentrechnung durchgenommen hatten. Weiters hatten zu diesem Zeitpunkt alle Teilnehmer*innen bereits eine Schularbeit unter anderem mit dem Thema der Prozentrechnung abgelegt. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass sich alle Schüler*innen zum Zeitpunkt der Durchführung bereits intensiver mit dem Thema auseinandergesetzt hatten. Ferner wurde die Studie bereits im Vorhinein angekündigt.

Der Fragebogen enthielt zwölf verschiedene Fragen mit den unterschiedlichsten Anforderungen bezüglich der Handlungskompetenzen. Die Schüler*innen hatten 50 Minuten reine Bearbeitungszeit zur Verfügung, wobei keine technischen Hilfsmittel erlaubt waren.

Weiters wurde darauf geachtet, dass keine Testungen später als in der vierten Unterrichtsstunde stattfanden.

Bei der Analyse der Aufgaben wurden bei der Fehlerrate die nicht bearbeiteten Aufgaben den falsch gelösten Aufgaben zugeordnet, da dies bei der Schularbeit, der Matura oder Ähnlichem ebenfalls der Fall wäre und bei dieser Analyse lediglich zwischen gelöst und nicht gelöst unterschieden wurde.

3.1 Auswahl der Schüler*innen

Die Untersuchung fand in der gesamten 2. Jahrgangsstufe (6. Schulstufe) an einer allgemeinbildenden höheren Schule statt. Insgesamt besuchten 213 Schüler*innen diese Schulstufe, wobei 187 Schüler*innen beziehungsweise Erziehungsberechtigte einwilligten, an der Studie teilzunehmen.

3.2 Fehlerklassifizierung

Den Schüler*innen unterlaufen beim Lösen mathematischer Aufgabenstellungen verschiedene Fehler. Alle diese möglichen Vorgehensweisen im Zuge dieser Arbeit zu evaluieren, ist weder sinnvoll noch machbar. In diesem Abschnitt wird die festgelegte Auswahl beschrieben. Es werden nur jene fehlerhaften Vorgehensweisen aufgenommen, die allein aus

den vorliegenden schriftlichen Arbeiten als Fehler erkennbar sind. Nicht bearbeiteten Aufgaben wurde keine Fehlerkategorie zugeteilt. Es ist möglich, dass mehrere unterschiedliche Fehlertypen bei einer Aufgabenbearbeitung auftreten.

VF – Verständnisfehler

In diese Fehlerkategorie fallen all jene Fehler, die darauf schließen lassen, dass die Aufgabenstellung nicht beziehungsweise nicht vollständig verstanden oder falsch interpretiert wurde. Zu den Verständnisfehlern zählen ebenfalls alle Fehler, bei denen der Grundwert, der Prozentwert oder der Prozentsatz miteinander vertauscht wurden. Falsche Rechenansätze beziehungsweise fehlerhafte Denkansätze wurden ebenfalls dieser Kategorie zugeordnet.

RF – Rechenfehler

Beim Berechnen von Ergebnissen wurde ein Zahlenterm fehlerhaft in einen anderen umgerechnet. Das bedeutet beispielsweise, dass beim Berechnen eines Werts eines Terms auf einen korrekt notierten Schritt ein falsches Ergebnis beziehungsweise Zwischenergebnis folgte.

UF – Fehler beim Umformen von einem Bruch in die Prozentschreibweise oder in eine Dezimalzahl

In diese Kategorie fallen Fehler, bei denen eindeutig erkennbar ist, dass eine Regel für das Umwandeln der Bruchschreibweise in die Dezimalschreibweise oder in die Prozentschreibweise fehlerhaft ausgeführt wurde. Selbstverständlich wurden hier Umformungen in alle Richtungen betrachtet.

AB – Abschreibfehler

Zu dieser Fehlerkategorie zählen ausschließlich reine Übertragungsfehler, die keine zusätzlichen Bearbeitungsschritte betroffen haben. Ein Fehler wird demnach als Abschreibfehler gewertet, wenn einzelne Zeilen oder Zeichen von der Angabe oder von den eigenen Niederschriften falsch übertragen wurden. Es wurde nicht darauf geachtet, wie groß der zeitliche beziehungsweise räumliche Abstand zwischen Aufgabenstellung und Abschrift ist. Es wurden ausschließlich jene Fehler dieser Kategorie zugeordnet, bei denen Angabe und Aufgabenbearbeitung eindeutig vorliegen und bei denen aus der restlichen Niederschrift keine Hinweise ersichtlich sind, sodass eine gewollte Handlung als Ursache für den Unterschied zwischen der Aufgabenstellung beziehungsweise zwischen den eigenen Notationen und der Abschrift ausgeschlossen werden kann.

3.3 Statistischer Test

3.3.1 McNemar-Test

Im Laufe der Auswertung und der Betrachtung der Literatur ergaben sich einige Fragestellungen, die mithilfe des McNemar-Tests erforscht werden. Grund für diesen statistischen Test ist, dass er gepaarte nominale Daten vergleicht und analysiert.

Ein weiterer Vorteil dieses Tests ist seine Einfachheit und Spezifität. Quinn McNemar entwickelte diesen Test im Jahr 1947. Der McNemar-Test wird bevorzugt in Studien mit zwei möglichen Ergebnissen verwendet, also wie in diesem Fall mit Ergebnissen, die in eine von zwei Kategorien fallen, also „Fehler“ oder „kein Fehler“. Diese werden in einer 2×2-Kontingenztafel zusammengefasst (Hemmerich, 2023).

Der McNemar-Test untersucht im Genaueren die nicht übereinstimmenden Ergebnisse. Diese werden verglichen und analysiert, um zu prüfen, ob ein signifikanter Unterschied im Anteil besteht. Dies hilft bei der Feststellung, ob eine beobachtete Veränderung eingetreten ist, also beispielsweise wie im Fall dieser Untersuchung, ob eine geringere Fehlerhäufigkeit in einem Bereich verglichen mit einem anderen wahrscheinlich auf eine Ursache zurückzuführen ist und nicht nur ein zufälliges Ergebnis abbildet. Der McNemar-Test ist ein wichtiges Werkzeug zur Validierung der Wirksamkeit von Maßnahmen beziehungsweise um die Zuverlässigkeit und Aussagekraft der Ergebnisse einer Studie nachzuweisen (Hemmerich, 2023).

3.3.2 Wie funktioniert der McNemar-Test?

Ausgangspunkt des McNemar-Tests ist eine 2×2-Kontingenztafel, die unter anderem zwei nicht übereinstimmende Ergebnisse darstellt. Diese Vierfeldertafel wird mit Daten aus der Studie befüllt, die in vier Kategorien zu unterteilen sind (Hemmerich, 2023):

1. Die Gesamtanzahl der Personen, bei denen beide Tests ein positives Ergebnis hervorbrachten.
2. Die Gesamtanzahl der Personen, bei denen der erste Test ein positives und der zweite Test ein negatives Ergebnis hervorbrachte.
3. Die Gesamtanzahl der Personen, bei denen der erste Test ein negatives und der zweite Test ein positives Ergebnis hervorbrachte.
4. Die Gesamtanzahl der Personen, bei denen beide Tests ein negatives Ergebnis hervorbrachten.

Ein Beispiel einer solcher Vierfeldertafel sieht wie folgt aus: Tabelle 1.

	Test 2 positiv	Test 2 negativ	Gesamt
Test 1 positiv	a	b	$a + b$
Test 1 negativ	c	d	$c + d$
Gesamt	$a + c$	$b + d$	$N = a + b + c + d$

Anmerkung. $a, b, c, d \dots$ Anzahl der Personen in jeder Kategorie; $N \dots$ Gesamtzahl der teilnehmenden Personen

Tabelle 1: 2×2-Kontingenztafel allgemein

Der essenzielle Bestandteil des McNemar-Tests ist der Vergleich der Werte b und c , also der beiden Anzahlen, die für nicht übereinstimmende Ergebnisse stehen. Die Nullhypothese des McNemar-Tests gibt Auskunft darüber, dass beide Tests gleich wirkungsvoll sind, beziehungsweise im Fall dieser Forschungsstudie, dass beide Aufgabenstellungen dieselbe Fehleranfälligkeit aufweisen, was im Detail bedeuten würde, dass die Werte b und c annähernd gleich groß sein sollten (Hemmerich, 2023).

Die Formel für die McNemar-Teststatistik lautet

$$\chi^2 = \frac{(b - c)^2}{b + c}.$$

„Der McNemar-Tests [sic!] basiert auf einer Chi-Quadrat-Teststatistik und hat immer einen Freiheitsgrad von 1 ($df = 1$).“ (Hemmerich, 2023)

3.3.3 Interpretation der Ergebnisse

Durch die oben ersichtliche Formel wird ein Chi-Quadrat-Wert (χ^2) erhalten. Sollte dieser Wert groß sein, so lässt dies vermuten, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Tests vorliegt. Dies führt wiederum zur Ablehnung der Nullhypothese (Hemmerich, 2023).

4 Analyse und Auswertung

4.1 Gesamtauswertung Fragebögen

	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Anzahl der teilgenommene Schüler*innen	187		22		26		26		25		13		24		28		23	
Aufgabe bearbeitet	1 539	68,6	179	67,8	265	84,9	227	72,8	154	51,3	81	51,9	218	75,7	201	59,8	214	77,5
Aufgabe nicht bearbeitet	705	31,4	85	32,2	47	15,1	85	27,2	146	48,7	75	48,1	70	24,3	135	40,2	62	22,5
Gesamtanzahl der Aufgaben	2 244	100,0	264	100,0	312	100,0	312	100,0	300	100,0	156	100,0	288	100,0	336	100,0	276	100,0
Anzahl/Anteil der richtig gelösten Aufgaben	483	31,4	57	31,8	67	25,3	74	32,6	40	26,0	33	40,7	84	38,5	56	27,9	72	33,6
Anzahl/Anteil der fehlerhaft bearbeiteten Aufgaben	1 056	68,6	122	68,2	198	74,7	153	67,4	114	74,0	48	59,3	134	61,5	145	72,1	142	66,4

Tabelle 2: Fragebogenstatistik

Von 213 angefragten Schüler*innen haben insgesamt 187 Schüler*innen an der empirischen Studie teilgenommen, wobei zu erwähnen ist, dass die Teilnahmebereitschaft generell sehr hoch war. Einzige Ausnahme stellt die 2E dar, hier willigten lediglich 13 von 25 Schüler*innen ein, an der Untersuchung aktiv mitzuwirken.

Allgemein ist festzustellen, dass der Großteil der Schüler*innen, die nicht teilnehmen wollten, aufgrund der Leistungen im Unterrichtsfach Mathematik als eher leistungsschwach einzustufen ist. Vor allem beim Betrachten der Ergebnisse der 2E ist dies zu beachten, da hier fast alle eher leistungsschwachen Schüler*innen die Teilnahme verweigerten.

Auffällig ist, dass in der 2D 48,7 % und in der 2E 48,1 % der Aufgabenstellungen unbearbeitet blieben.

Werden alle Klassen betrachtet, dann sind 31,4 % der 2 244 Aufgabenstellungen nicht bearbeitet worden. Von den 1 539 bearbeiteten Aufgaben sind 31,4 % ohne Fehler gelöst worden, was zur Folge hat, dass bei 68,6 % der bearbeiteten Aufgaben eine fehlerhafte Vorgehensweise festgestellt werden konnte.

Wird die Aufschlüsselung aller Fehler und aller Klassen in Tabelle 2 betrachtet, so ist ersichtlich, dass bei 187 Teilnehmer*innen und zwölf Aufgaben je Schüler*in insgesamt 2244 Aufgaben bearbeitet wurden (siehe Tabelle 2), wobei insgesamt 1364 unterschiedliche Fehler aufgetreten sind. Die mit Abstand häufigsten Fehler waren Verständnisfehler, diese machen 62,8 % aller Fehler aus. Die zweithäufigste Fehlerquelle, die jedoch nur 18 % ausmacht, sind Rechenfehler. Lediglich 2,9 % aller Fehler sind auf Abschreibfehler zurückzuführen, was darauf schließen lässt, dass die Teilnehmer*innen konzentriert gearbeitet haben.

Fehleranalyse alle Klassen

	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Verständnisfehler	857	62,8	99	68,8	173	61,8	121	65,8	106	64,6	30	50,8	105	61,4	118	63,8	105	59,3
Umwandlungsfehler	173	12,7	10	6,9	24	8,6	28	15,2	27	16,5	12	20,3	28	16,4	21	11,4	23	13,0
Formelfehler	49	3,6	7	4,9	12	4,3	1	0,5	10	6,1	5	8,5	5	2,9	2	1,1	7	4,0
Rechenfehler	245	18,0	26	18,1	59	21,1	30	16,3	16	9,8	9	15,3	25	14,6	41	22,2	39	22,0
Abschreibfehler	40	2,9	2	1,4	12	4,3	4	2,2	5	3,0	3	5,1	8	4,7	3	1,6	3	1,7
Gesamt	1364	100,0	144	100,0	280	100,0	184	100,0	164	100,0	59	100,0	171	100,0	185	100,0	177	100,0

Tabelle 3: Fehleranalyse alle Klassen

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, hat die Klasse der 2B mit insgesamt 280 Fehlern die meisten Fehler begangen, obwohl in dieser Klasse nicht mehr Schüler*innen (26) teilgenommen haben als beispielsweise in der Klasse der 2C; in der 2G haben sogar mehr Schüler*innen (insgesamt 28) teilgenommen (vgl. Tabelle 1).

Im Vergleich dazu weist die 2E eine sehr geringe Fehleranzahl auf, hier haben jedoch nur 13 Schüler*innen an der Studie teilgenommen (vgl. Tabelle 1).

Im Schnitt sind bei allen anderen Klassen insgesamt ungefähr gleich viele Fehler aufgetreten.

4.2 Fehleranalyse nach kategorisierten Testaufgaben

Die Kategorien geben an, welches Lernziel die jeweiligen Aufgaben ansprechen. Alle Aufgabenstellungen stammen aus dem Schulbuch Dorfmayr et al. (2021, S. 155–156) und wurden bereits im Schulbuch diesen Kategorien zugeordnet.

4.2.1 Den Grundwert, Anteil und Prozentsatz erkennen können

Aufgabe 1

Gib den Grundwert (G), den Anteil (A) und den Prozentsatz (p) an.

		G	p	A
1.1	Von 28 Schüler*innen treiben 7 regelmäßig Sport. Das sind 25 %.			
1.2	20 % der 25 Schüler*innen der 4A tragen eine Brille. Das sind 5 Kinder.			
1.3	Die Gesamtschüler*innenanzahl ist von 304 auf 320 gestiegen. Das sind im Vergleich zum Vorjahr 105 %.			
1.4	Eine 0,6 l Flasche ist etwa zu $\frac{1}{3}$ voll, es befinden sich 0,2 l Apfelsaft darin.			

1.5	Beim Kauf einer Wohnung um 200 000 € müssen noch 3 % an den Makler gezahlt werden. Das sind 6 000 €.			
1.6	Der Wert eines Comic-Heftes ist in den letzten 15 Jahren von 4 € auf 16 € gestiegen. Das ist eine Steigerung auf 400 %.			

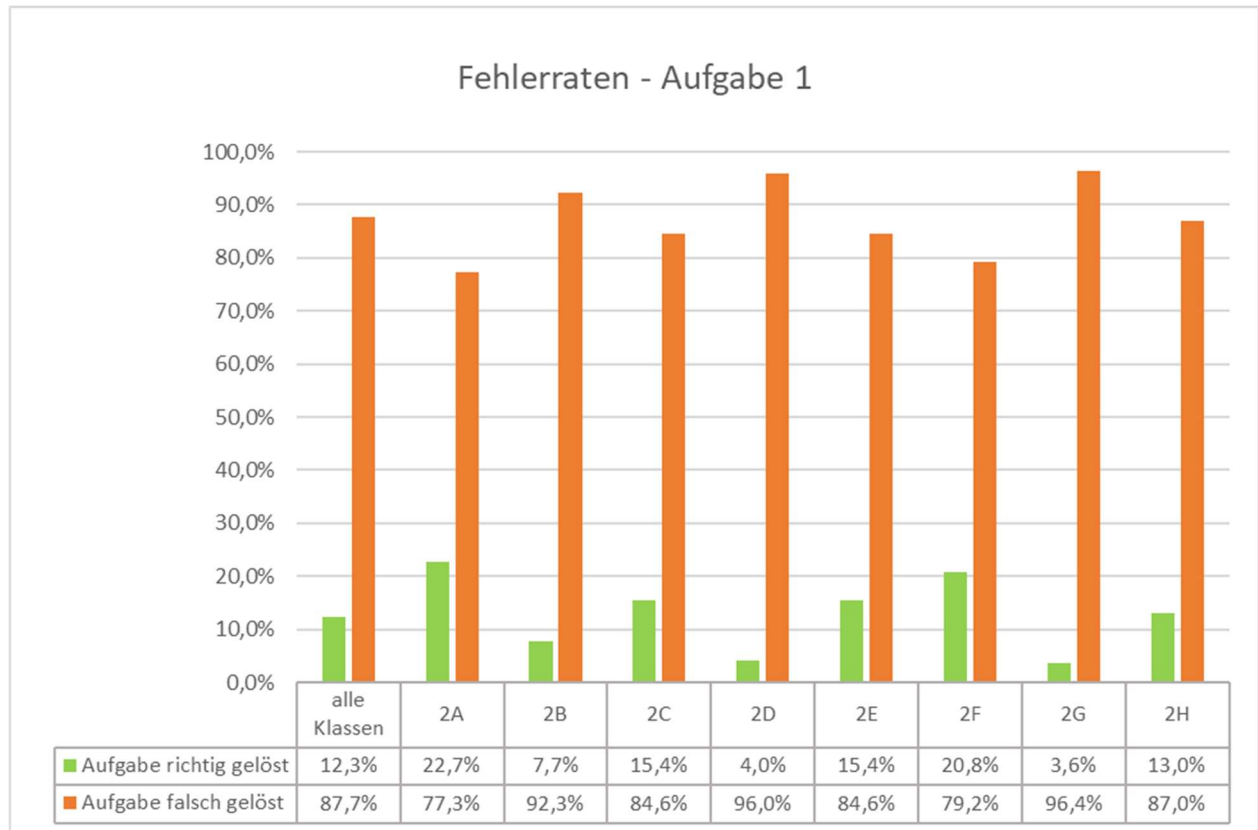


Abbildung 2: Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 1

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass im Allgemeinen in allen Klassen im Schnitt lediglich 12,3 % der Kinder die Tabelle aus Aufgabe 1 fehlerfrei ausgefüllt haben.

Vor allem in der 2D und in der 2G wurden nur 4 % beziehungsweise 3,6 % der Aufgaben richtig gelöst. Dies liegt daran, dass beispielsweise in der 2D 25 Schüler*innen die Aufgabe 1 bearbeitet haben (siehe Anhang Tabelle 1.1) und bereits 22 dieser Schüler*innen einen Umwandlungsfehler bei der Fragestellung 1.4 begangen haben (siehe Tabelle 4). Eine fast gleich hohe Fehlerrate, nämlich 96,4 %, tritt bei der 2G auf; diese Klasse weist bereits ebenfalls eine hohe Anzahl an Umwandlungsfehlern auf (siehe Tabelle 4).

Die 2B liegt mit 7,7 % an richtig gelösten Aufgaben ebenfalls bei einer Fehlerrate von über 90 %, was auch teilweise an der hohen Anzahl an Umwandlungsfehlern liegt (siehe Tabelle 4).

Die einzelnen Fehlertypen werden nachfolgend genauer analysiert.

Am wenigsten Schwierigkeiten hatte bei dieser Aufgabenstellung die 2A, da hier sogar 22,7 % der Tabellen von Aufgabe 1 richtig ausgefüllt wurden. Dies bedeutet, dass die Schüler*innen der 2A die Grundwertaufgabe „den Grundwert, Anteil und Prozentsatz erkennen können“ am besten beherrschen. Knapp danach folgt die 2F mit rund 21 % richtig gelösten Aufgaben.

Fehleranalyse „den Grundwert, Anteil und Prozentsatz erkennen können“ (Aufgabe 1)

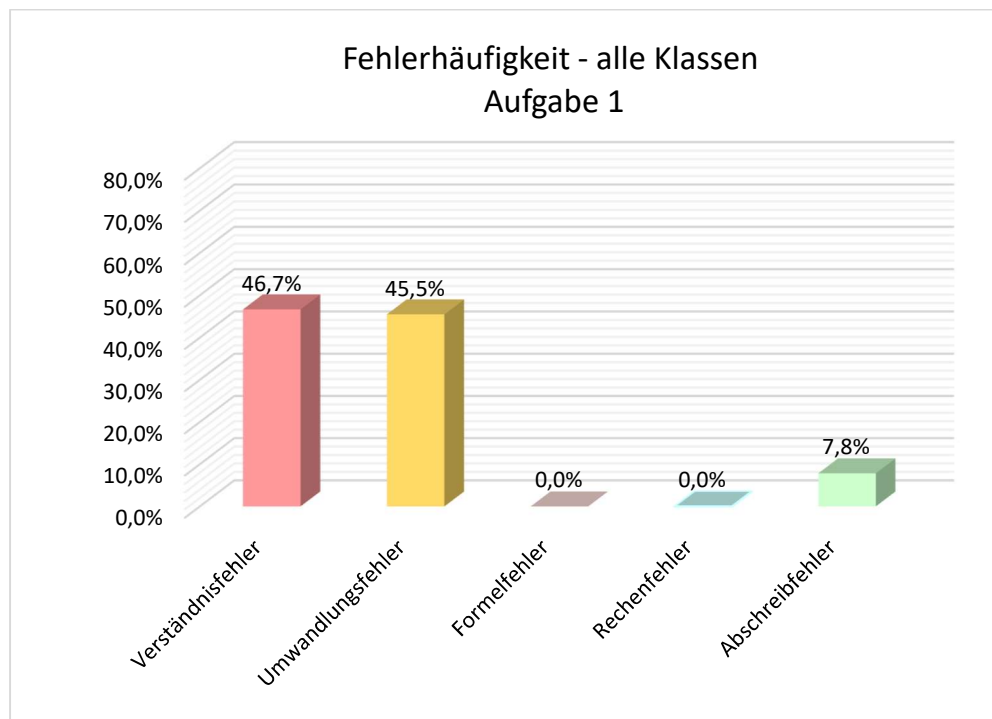


Abbildung 3: Fehlerhäufigkeiten mit der Grundgesamtheit aller aufgetretenen Fehler Aufgabe 1

Abbildung 3 zeigt die Fehlerhäufigkeit der ersten Aufgabenstellung in Bezug auf die Grundgesamtheit aller aufgetretenen Fehler bei Aufgabe 1. Aus dieser ist klar ersichtlich, dass die zwei häufigsten Fehlerquellen die Verständnis- und Umwandlungsfehler sind. Diese beiden nehmen jeweils rund 46 % ein. Im Gegensatz dazu beanspruchen die Abschreibfehler weniger als 8 %.

Dass bei der Aufgabe 1 keine Formelfehler beziehungsweise Rechenfehler aufgetreten sind, begründet sich aus der Aufgabenstellung, da weder Formeln noch komplexe Rechenschritte angewandt werden mussten.

Im nächsten Abschnitt soll genauer auf die verschiedenen Arten der aufgetretenen Fehler eingegangen werden.

Verständnisfehler

Aufgabe 1	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
A und G vertauscht, wenn $A > G$	47 39,5	9 50,0	8 44,4	5 35,7	8 36,4	2 66,7	7 43,8	5 31,3	3 25,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	27 22,7	2 11,1	- -	- -	5 22,7	1 33,3	5 31,3	8 50,0	6 50,0
p mit A bzw. G vertauscht	18 15,1	3 16,7	6 33,3	3 21,4	2 9,1	- -	2 12,5	1 6,3	1 8,3
In Angabe %-Satz als Bruch dargestellt	9 7,6	- -	2 11,1	4 28,6	2 9,1	- -	- -	- -	1 8,3
Überbestimmte Aufgabe nicht verstanden	8 6,7	2 11,1	1 5,6	- -	3 13,6	- -	- -	1 6,3	1 8,3
A und G vertauscht	6 5,0	1 5,6	- -	1 7,1	1 4,5	- -	2 12,5	1 6,3	- -
$A = G - A$	3 2,5	1 5,6	1 5,6	- -	1 4,5	- -	- -	- -	- -
Nicht verstanden, wenn $p > 100 \%$	1 0,8	- -	- -	1 7,1	- -	- -	- -	- -	- -
Summe	119 100,0	18 100,0	18 100,0	14 100,0	22 100,0	3 100,0	16 100,0	16 100,0	12 100,0

Tabelle 4: Verständnisfehler Aufgabe 1

Tabelle 4 zeigt, dass der häufigste Fehler in der Kategorie der Verständnisfehler (die Grundgesamtheit in Tabelle 3) der Zuordnungsfehler bei Größen ist. Dies bedeutet, dass die Schüler*innen die Zahlen der einzelnen Aufgabenstellungen falsch zuordneten, wodurch zum Beispiel der Grundwert und der Anteil miteinander vertauscht wurden. Dies ist vor allem der Fall gewesen, wenn die Textaufgabe so gewählt wurde, dass der Prozentsatz größer als 100 % war, denn in diesen Situationen war der Anteil größer als der Grundwert und 39,5 % der Schüler*innen hatten Schwierigkeiten damit, diesen Denkansatz zu realisieren (siehe Abbildung 4).

1.) Gib den Grundwert (G), den Anteil (A) und den Prozentsatz (p) an.

	G	p	A	
Von 28 Schüler*innen treiben 7 regelmäßig Sport. Das sind 25 %.	28	25%	7	✓
20 % der 25 Schüler*innen der 4A tragen eine Brille. Das sind 5 Kinder.	25	20%	5	✓
Die Gesamtschüler*innenanzahl ist von 304 auf 320 gestiegen. Das sind im Vergleich zum Vorjahr 105 %.	320	105%	304	VF
Eine 0,6 l Flasche ist etwa zu $\frac{1}{3}$ voll, es befinden sich 0,2 l Apfelsaft darin.	0,6 l	$\sim 33\frac{33}{100}\%$	0,2 l	✓
Beim Kauf einer Wohnung um 200 000 € müssen noch 3 % an den Makler gezahlt werden. Das sind 6 000 €.	200 000 €	3%	6000 €	✓
Der Wert eines Comic-Heftes ist in den letzten Jahren 15 Jahren von 4 € auf 16 € gestiegen. Das ist eine Steigerung auf 400 %.	16 €	400%	4	VF

Abbildung 4: Aufgabe 1 Lösung Schüler*in

Ein möglicher Grund hierfür könnte die zu starke Betonung der Annahme von Prozentsatz als Anteile sein (Pöhler, 2018, S. 14 ff.). Zusätzlich zu diesem Sonderfall fallen noch zwei weitere Fehlerkategorien in diese zentrale Fehlerkategorie: erstens mit einer Häufigkeit von 5 % die falsche Zuweisung von Grundwert und Anteil, wenn $p < 100$, und zweitens, mit einer Häufigkeit von rund 15 %, die falsche Zuordnung zwischen den Größen Prozentsatz und Anteil oder Prozentsatz und Grundwert. Dieser Fehler ist nochmals fundamentaler, da hier ein Wert

falsch zugeordnet wurde, obwohl die Angabe das Prozentzeichen enthielt. Weiters resultierten 7,6 % der Verständnisfehler daraus, dass in der Angabe 1.4 der Prozentwert $p\% = 33,33\%$ als Bruch $\frac{1}{3}$ dargestellt wurde. Bei der überbestimmten Aufgabe 1.6 traten Zuordnungsfehler bei den Größen auf, die 6,7 % aller Verständnisfehler ausmachen. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Fehlerquellen ist noch hervorzuheben, dass bei dieser Aufgabenstellung 22,7 % der Fehler darauf basieren, dass die Aufgabenstellung offenbar nicht verstanden wurde, denn insgesamt 27 der 187 Schüler*innen haben die auszufüllenden Spalten der Tabelle lediglich mit dem Symbol ‚X‘ ausgefüllt, was die Annahme zulässt, dass die Teilnehmer*innen von einer Multiple-Choice-Aufgabe ausgingen.

Umwandlungsfehler

Aufgabe 1	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Bruch falsch umgewandelt	116	8	21	19	22	9	9	16	12
Summe	116	8	21	19	22	9	9	16	12

Tabelle 5: Umwandlungsfehler Aufgabe 1

Wie in Tabelle 5 dargestellt, ist der einzig mögliche Umwandlungsfehler sehr häufig vorgekommen, denn wird die absolute Anzahl der aufgetretenen Umwandlungsfehler (116) betrachtet und ins Verhältnis mit der Gesamtanzahl aller teilnehmenden Schüler*innen gesetzt, so haben rund 62 % aller Schüler*innen den Bruch $\frac{1}{3}$ bei der Aufgabenstellung 1.4 falsch umgewandelt. Der Großteil war der Auffassung, dass $\frac{1}{3}$ mit 30 % gleichzusetzen ist (siehe Abbildung 5).

1.) Gib den Grundwert (G), den Anteil (A) und den Prozentsatz (p) an.

	G	p	A	
Von 28 Schüler*innen treiben 7 regelmäßig Sport. Das sind 25 %.	28	25%	7	✓
20 % der 25 Schüler*innen der 4A tragen eine Brille. Das sind 5 Kinder.	25	20%	5	✓
Die Gesamtschüler*innenanzahl ist von 304 auf 320 gestiegen. Das sind im Vergleich zum Vorjahr 105 %.	320	105%	304	VF
Eine 0,6 l Flasche ist etwa zu $\frac{1}{3}$ voll, es befinden sich 0,2 l Apfelsaft darin.	0,6	30%	0,2	UF
Beim Kauf einer Wohnung um 200 000 € müssen noch 3 % an den Makler gezahlt werden. Das sind 6 000 €.	200 000	3%	6 000	✓
Der Wert eines Comic-Heftes ist in den letzten Jahren 15 Jahren von 4 € auf 16 € gestiegen. Das ist eine Steigerung auf 400 %.	16	400%	4	VF

Handwritten notes: $1:3=0,3$, $\frac{10}{10}$

Abbildung 5: Aufgabe 1 Lösung Schüler*in

Vor allem in der 2B und der 2D ist dieser Fehler über 20-mal aufgetreten. Wahrscheinlich liegt der Ursprung dieser Fehlerquelle bereits beim Erwerb der Bruchrechnung, doch mit Sicherheit lässt sich dies nicht feststellen.

Abschreibfehler

Aufgabe 1	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Übertragungsfehler	20	0	5	3	3	1	6	1	1
Summe	20	0	5	3	3	1	6	1	1

Tabelle 6: Abschreibfehler Aufgabe 1

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich ist, machen die Übertragungsfehler mit Abstand den geringsten Anteil der Fehlerquellen aus (vgl. Tabelle 3 und Tabelle 4). Dennoch sind 20 Übertragungsfehler, also 7,8 % aller Fehler, beim Übertragen der Informationen in die Tabelle passiert (siehe Abbildung 3). Vor allem in den Klassen der 2B und 2F lässt sich eine auffällige Häufung dieses Fehlertyps feststellen.

4.2.2 Den Prozentsatz berechnen können

Aufgabe 6

In einer Klasse sitzen 14 Jungs und 11 Mädchen. Berechne die relativen Anteile an Jungs und an Mädchen in Prozent!

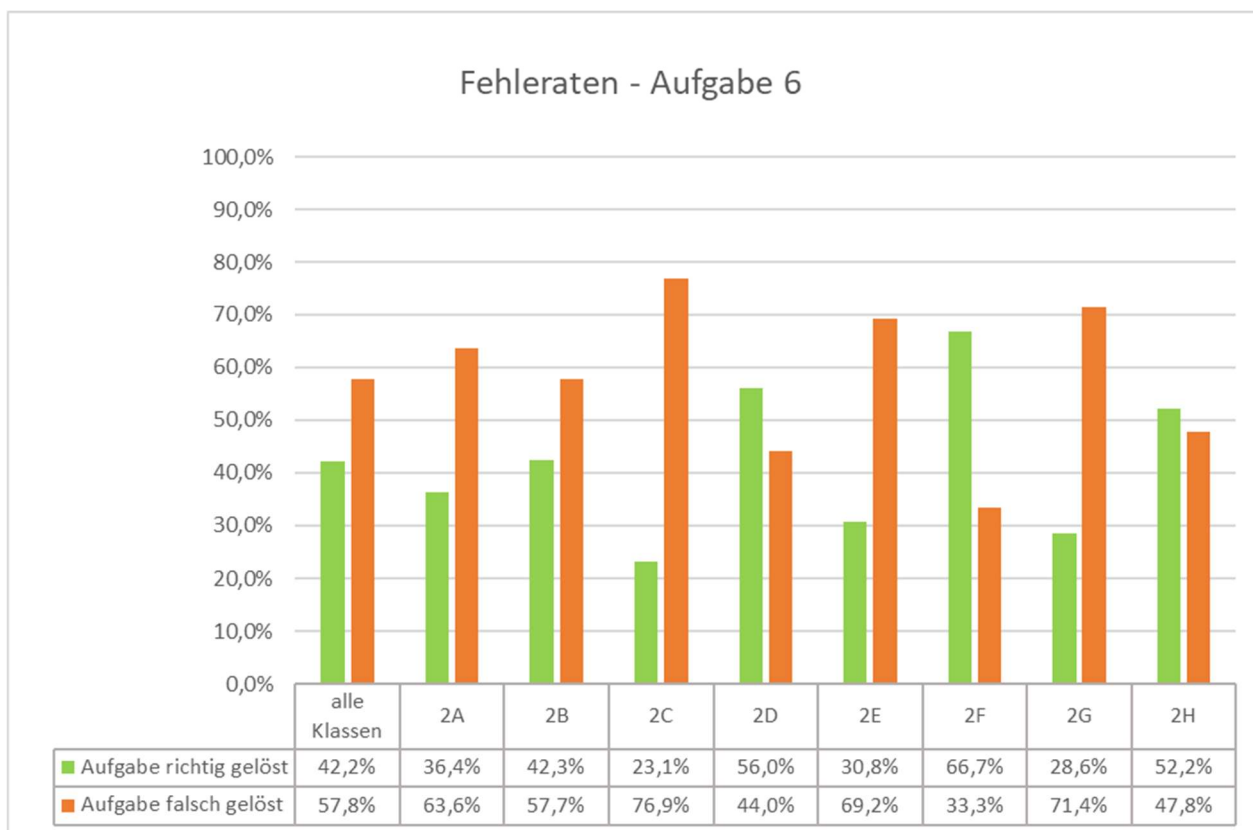


Abbildung 6: Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 6

Abbildung 6 zeigt, dass knapp über 40 % aller Aufgabenbearbeitungen korrekt waren. Besonders gut haben die Kinder der 2F abgeschnitten, da hier lediglich 33,3 % der Aufgabenbearbeitungen Fehler enthielten. Dies bedeutet, dass deutlich mehr als die Hälfte der Schüler*innen die Aufgabe 2, also die Grundwertaufgabe „den Prozentsatz berechnen können“, fehlerfrei bearbeitet haben. Insgesamt lösten in drei der acht Klassen über 50 % der Schüler*innen die Aufgabe richtig. Im Gegensatz dazu schafften es lediglich 23,1 % der Kinder der Klasse der 2C, die Aufgabe fehlerfrei zu bearbeiten.

Aufgabe 9

Bei einer Talentshow im Fernsehen stimmt das Publikum darüber ab, ob die Kandidat*innen in die nächste Runde kommen oder nicht. Erst wenn sie über 75 % aller Zuschauer*innen im Saal überzeugt haben, kommen sie weiter.

Kommt die Band The Franklins weiter, wenn 276 der 320 Zuschauer*innen für sie stimmen?

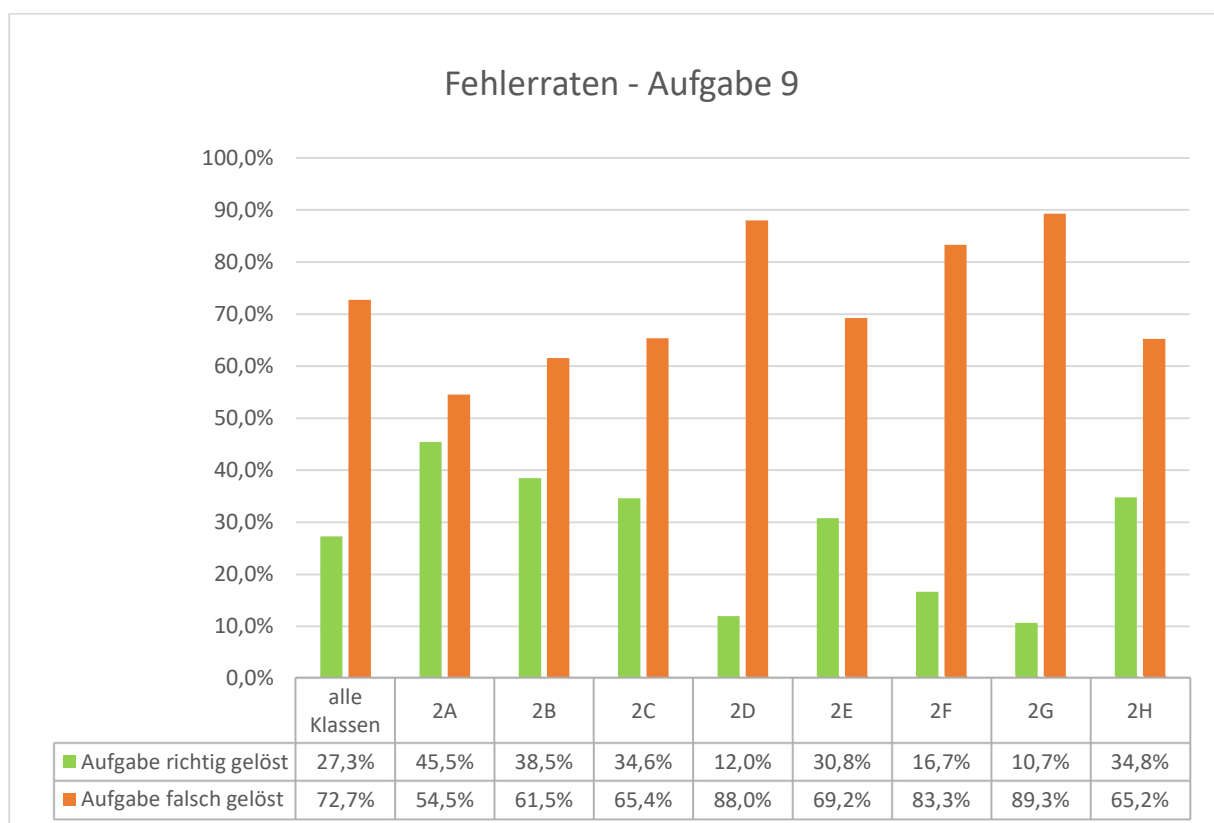


Abbildung 7: Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 9

Im Vergleich zur Aufgabenstellung 6 geht aus der Abbildung 7 hervor, dass bei der Aufgabe 9 die Fehlerrate meist höher liegt, obwohl beide Fragestellungen dasselbe Lernziel abfragen, nämlich „den Prozentsatz berechnen können“. Aufgrund dessen lässt sich folgern, dass schwieriger zu verstehende Aufgabentexte ebenfalls eine Rolle bei der Bearbeitung der Aufgabenstellungen spielen. Es sticht beispielsweise die 2A heraus, weil die Schüler*innen

dieser Klasse im Vergleich zu Aufgabe 6 (siehe Abbildung 6) bei der Aufgabe 9 deutlich besser abgeschnitten haben, da hier 45,5 % der Aufgaben richtig gelöst wurden. Als weiteres Beispiel kann auch die 2C angeführt werden, da diese Kinder bei dieser Aufgabenstellung ebenfalls besser abschnitten als bei Aufgabe 6 (vgl. Abbildung 6). Die Ergebnisse dieser beiden Klassen lassen sich eventuell dadurch erklären, dass die Lehrpersonen dieser Klassen ein besonderes Augenmerk auf diese Art von Fragestellung bezüglich der Grundwertaufgaben für „den Prozentsatz berechnen können“ gelegt haben.

Fehleranalyse „den Prozentsatz berechnen können“ (Aufgabe 6 und Aufgabe 9)

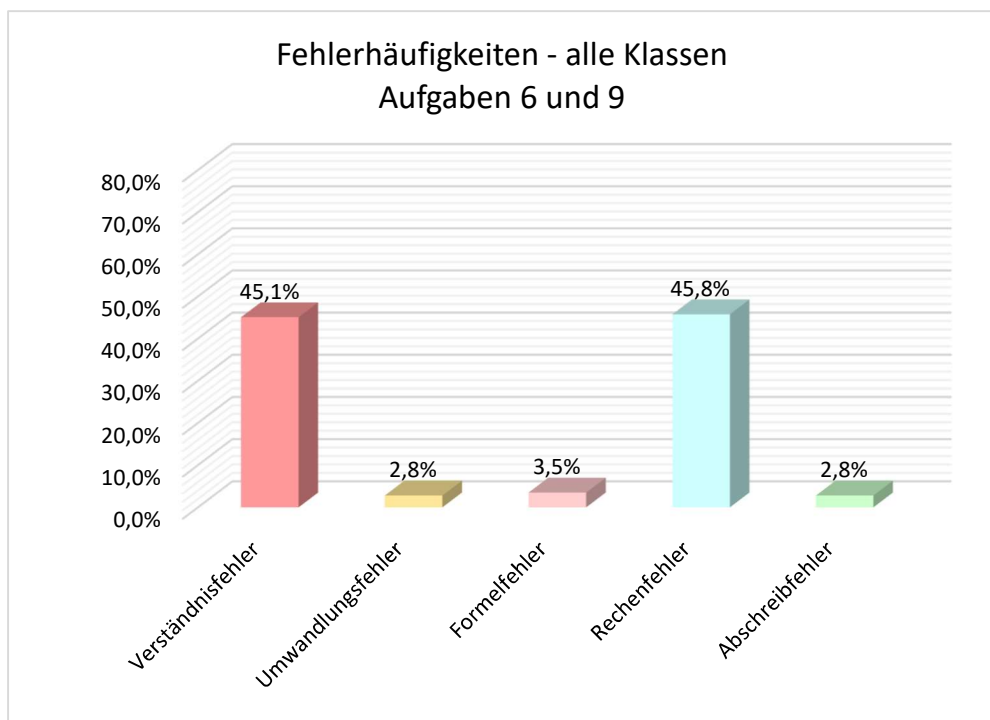


Abbildung 8: Fehlerhäufigkeiten Aufgabe 6 & 9

Abbildung 8 zeigt die Fehlerhäufigkeiten des Lernziels „den Prozentsatz berechnen können“. Dies bedeutet, dass in dieser Grafik die Fehler, die bei Aufgabe 6 und Aufgabe 9 gemacht wurden, als Grundgesamtheit zusammengefasst werden, was zu dem Ergebnis führt, dass die häufigsten zwei Fehlerquellen die Verständnis- und Rechenfehler darstellen, wobei die Verständnisfehler bereits 45,1 % der Fehlerquellen ausmachen. Es ist jedoch nicht außer Acht zu lassen, dass fast 46 % der Fehler Rechenfehler sind, obwohl hier lediglich Divisionen mit ganzen Zahlen durchgeführt werden mussten.

Positiv zu vermerken ist, dass nicht mehr als 3,5 % der Fehler Formelfehler sind, obwohl sich die erlernte Grundformel der Schüler*innen auf den zu berechnenden Anteil bezieht.

Im Folgenden werden nun die verschiedenen Arten der aufgetretenen Fehler genauer analysiert.

Verständnisfehler

Aufgabe 6	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Ergebnis nicht zuordenbar	15	42,9	3	42,9	2	33,3	3	42,9	1	33,3	2	50,0	-	-	2	50,0	2	50,0
G falsch ermittelt	12	34,3	2	28,6	3	50,0	1	14,3	2	66,7	2	50,0	-	-	-	-	2	50,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	3	8,6	1	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	50,0	-	-
Sowohl G, A und p falsch ermittelt	3	8,6	-	-	1	16,7	2	28,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aufgabe zur Hälfte richtig gelöst	2	5,7	1	14,3	-	-	1	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	35	100,0	7	100,0	6	100,0	7	100,0	3	100,0	4	100,0	0	-	4	100,0	4	100,0

Tabelle 7: Verständnisfehler Aufgabe 6

Tabelle 7 zeigt, dass bei Aufgabe 6 die häufigste Fehlerquelle nicht direkt im Bereich der Prozentrechnung liegt, da hier alles richtig berechnet wurde, jedoch nicht angegeben wurde, welcher Prozentsatz sich auf die Mädchen und welcher sich auf die Jungs bezieht. Aus diesem Grund ist nicht eindeutig nachweisbar, ob das Ausbleiben der Interpretation den Hintergrund hat, dass den Schüler*innen nicht klar war, wie sie die Ergebnisse zuordnen sollen, oder ob sie ungenau gearbeitet haben. Insgesamt trat dieser Fehler bei 15 von insgesamt 187 Schüler*innen auf, was rund 8 % entspricht.

Fast genauso häufig ist mit 34,3 % der Zuordnungsfehler von Größen in der Form aufgetreten, dass der Grundwert falsch ermittelt wurde. Dies bedeutet, dass entweder die Gesamtzahl falsch definiert wurde und die Schüler*innen dafür die Werte 14 oder 11 anstatt des korrekten Werts 25 festgelegt haben (siehe Abbildung 9) oder sie haben 100 als den Grundwert definiert (siehe Abbildung 10). Es ist naheliegend, dass diese Fehlbestimmung geschah, da die Schüler*innen den Grundwert mit 100 % gleichsetzten und dadurch darauf schlossen, dass dieser ebenfalls 100 absolute Einheiten beträgt.

6.) In einer Klasse sitzen 14 Jungs und 11 Mädchen. Berechne die relativen Anteile an Jungs und an Mädchen in Prozent!

$$p = \frac{14 \cdot 100}{25} \quad p = \frac{11 \cdot 100}{25} \quad \frac{1100}{14}$$

$$1100 : 14 = 78,5$$

$$14 \cdot 4 = 56 \quad 14 \cdot 7 = 98$$

Abbildung 9: Aufgabe 6 Lösung Schüler*in 1

6.) In einer Klasse sitzen 14 Jungs und 11 Mädchen. Berechne die relativen Anteile an Jungs und an Mädchen in Prozent!

$$14 \pm \frac{14}{200} = \frac{7}{100} = 7\% \text{ f.}$$

$$11 \pm \frac{11}{200} = \frac{9}{100} = 9\% \text{ f.}$$

7:2=35
10

14:7
98

Abbildung 10: Aufgabe 6 Lösung Schüler*in 2

Zusätzlich zu diesen Fehlerquellen resultierten 8,6 % der Fehler daraus, dass die Schüler*innen die Aufgabenstellung nicht verstanden haben und aus diesem Grund nicht nachvollziehbare Denkansätze niedergeschrieben wurden. Genauso häufig wurden auch der Grundwert und der Anteil falsch ermittelt; im Genaueren bedeutet dies, dass die Kinder die Angaben bei den Jungs und bei den Mädchen vertauscht haben.

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Ergebnis nicht interpretiert	12 41,4	- -	5 71,4	- -	- -	- -	- -	5 83,3	2 100,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	7 24,1	- -	1 14,3	- -	2 40,0	1 100,0	3 100,0	- -	- -
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	6 20,7	- -	1 14,3	3 60,0	2 40,0	- -	- -	- -	- -
Sowohl G, A und p falsch ermittelt	2 6,9	- -	- -	2 40,0	- -	- -	- -	- -	- -
A und G vertauscht	2 6,9	- -	- -	- -	1 20,0	- -	- -	1 16,7	- -
Summe	29 100,0	0 -	7 100,0	5 100,0	5 100,0	1 100,0	3 100,0	6 100,0	2 100,0

Tabelle 8: Verständnisfehler Aufgabe 9

Bei der Aufschlüsselung von Aufgabe 9 ist aus Tabelle 8 ersichtlich, dass der häufigste Verständnisfehler (41,4 %) auf der fehlenden Interpretation des Ergebnisses basiert (siehe Abbildung 11). Bei dieser Aufgabenstellung gibt es zwei verschiedene Lösungsansätze, wodurch die korrekte Interpretation des Ergebnisses nochmals an Wichtigkeit gewinnt. Es ist anzunehmen, dass ein nicht unerheblicher Teil der Schüler*innen die Lösungen nicht in den richtigen Kontext setzen konnte.

Weiters haben sieben der 187 Schüler*innen nicht nachvollziehbare Denkansätze ausprobiert, was auf fehlendes Verständnis hindeutet. Zusätzlich haben weitere sechs Personen zwar den richtigen Ansatz angeführt, diesen dann jedoch nicht weiterverfolgt und somit die Aufgabenstellung nicht fertig bearbeitet.

9.) Bei einer Talentshow im Fernsehen stimmt das Publikum darüber ab, ob die Kandidat*innen in die nächste Runde kommen oder nicht. Erst wenn sie über 75 % aller Zuschauer im Saal überzeugt haben, kommen sie weiter.

Kommt die Band The Franklins weiter, wenn 276 der 320 Zuschauer für sie stimmen?

$$\begin{array}{r} 320 \cdot 0,75 \\ \hline 000 \\ 240 \\ 240 \\ \hline 240 \end{array}$$

A: Wenn ≠ Interpretation VF

Abbildung 11: Aufgabe 9 Lösung Schüler*in

Umwandlungsfehler

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ergebnis nicht in Prozent	4	-	-	1	1	-	2	-	-
Summe	4	0	0	1	1	0	2	0	0

Tabelle 9: Umwandlungsfehler Aufgabe 6

Wie aus Tabelle 9 ableitbar, haben bei der Aufgabe 6 vier Schüler*innen, also 2,1 % aller Teilnehmer*innen, einen Umwandlungsfehler begangen. So wurde das Ergebnis lediglich in Dezimalschreibweise angegeben und nicht in der gefragten Prozentschreibweise. Hier stellt sich nun die Frage, ob die Schüler*innen ungenau gearbeitet haben oder nicht wussten, wie eine Dezimalzahl in einen Prozentwert umgewandelt wird. Auf diese Fragestellung wird bei der Fehleranalyse von Kategorie 7, „Teile eines Ganzen darstellen können“, genauer eingegangen.

Bei Aufgabe 9 sind keine Umwandlungsfehler aufgetreten.

Formelfehler

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$p = G / A$	2	-	1	-	-	-	-	-	1
Summe	2	0	1	0	0	0	0	0	1

Tabelle 10: Formelfehler Aufgabe 6

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$G = p / A$	3	-	-	-	-	1	-	-	2
Summe	3	0	0	0	0	1	0	0	2

Tabelle 11: Formelfehler Aufgabe 9

Wie aus den Tabellen 10 und 11 ablesbar, sind bei den Aufgaben 6 und 9 insgesamt fünf Formelfehler aufgetreten. In allen Fällen wurde der gegebene Wert durch den Anteil dividiert, was darauf schließen lässt, dass die erlernte Formel ($A = \frac{G \cdot p}{100}$) nicht umgeformt werden konnte, sondern diese lediglich aus den Gedanken niedergeschrieben wurde.

Rechenfehler

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	25	4	5	6	-	-	4	4	2
Summe	25	4	5	6	0	0	4	4	2

Tabelle 12: Rechenfehler Aufgabe 6

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	40	-	11	4	1	-	5	12	7
Summe	40	0	11	4	1	0	5	12	7

Tabelle 13: Rechenfehler Aufgabe 9

Aus den Tabellen 12 und 13 ist erkennbar, dass die schriftliche Division ein großes Fehlerpotenzial birgt. Insgesamt 65 Fehler, also knapp 46 % aller Fehler der Kategorie „den Prozentsatz berechnen können“, lassen sich auf Rechenfehler zurückführen (siehe Abbildung 8), wobei die Aufgabe 9 nochmals deutlich mehr Fehler hervorbrachte, was darauf schließen lässt, dass die bei dieser Aufgabenstellung benötigte Division im Hunderterbereich für die meisten Schüler*innen komplexer ist. Vor allem für die Klassen 2B und 2G stellte dies eine Herausforderung dar.

Abschreibfehler

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Angabe vertauscht	3	-	1	-	-	-	2	-	-
Summe	3	0	1	0	0	0	2	0	0

Tabelle 14: Abschreibfehler Aufgabe 6

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Summe	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 15: Abschreibfehler Aufgabe 9

Die Abschreibfehler nehmen nur einen geringen Anteil ein, wodurch diese Fehlerquelle eher zu vernachlässigen ist: Tabellen 14 und 15.

4.2.3 Den Anteil berechnen können

Aufgabe 2

In einer Gruppe von 200 Frauen und 300 Männern sind 58 % der Männer und 43 % der Frauen übergewichtig. Wie viele Personen sind demnach von dieser Gruppe insgesamt übergewichtig?

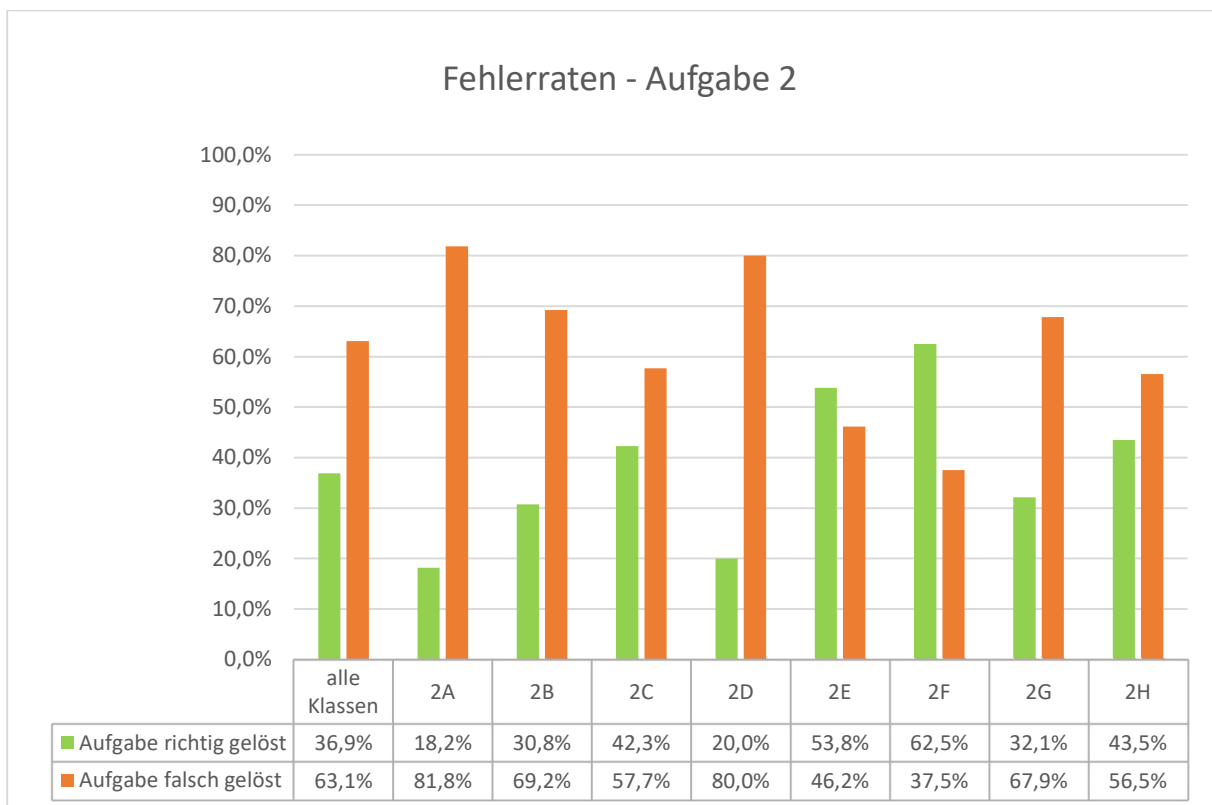


Abbildung 12: Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 2

Aus der Abbildung 12 geht hervor, dass es den Schüler*innen nicht leichtfiel, die Grundwertaufgabe „den Anteil berechnen können“ zu lösen, im Vergleich zur ersten Aufgabe bezüglich der Kompetenz „den Prozentsatz berechnen können“ (vgl. Abbildung 6). Insgesamt wurden 36,9 % aller Aufgaben richtig gelöst. Jedoch hatten vor allem die Schüler*innen der 2A und die der 2D Schwierigkeiten bei der Bearbeitung dieser Aufgabenstellung, denn im Vergleich zu allen anderen Klassen wurden hier lediglich 18,2 % beziehungsweise 20,0 % der Aufgaben fehlerfrei bearbeitet und gelöst. Im Gegensatz dazu weist die 2F bei Aufgabe 2 im Vergleich zu allen anderen Klassen ein gutes Ergebnis auf, da die Fehlerrate lediglich rund 37,5 % beträgt, was bedeutet, dass 62,5 % der Aufgabebearbeitungen in der 2F fehlerfrei waren.

Aufgabe 10

Wasser dehnt sich beim Gefrieren um 10 % aus. Auf welches Volumen wächst der Inhalt einer 2 l Flasche Wasser an, wenn der Inhalt zu Eis gefriert?

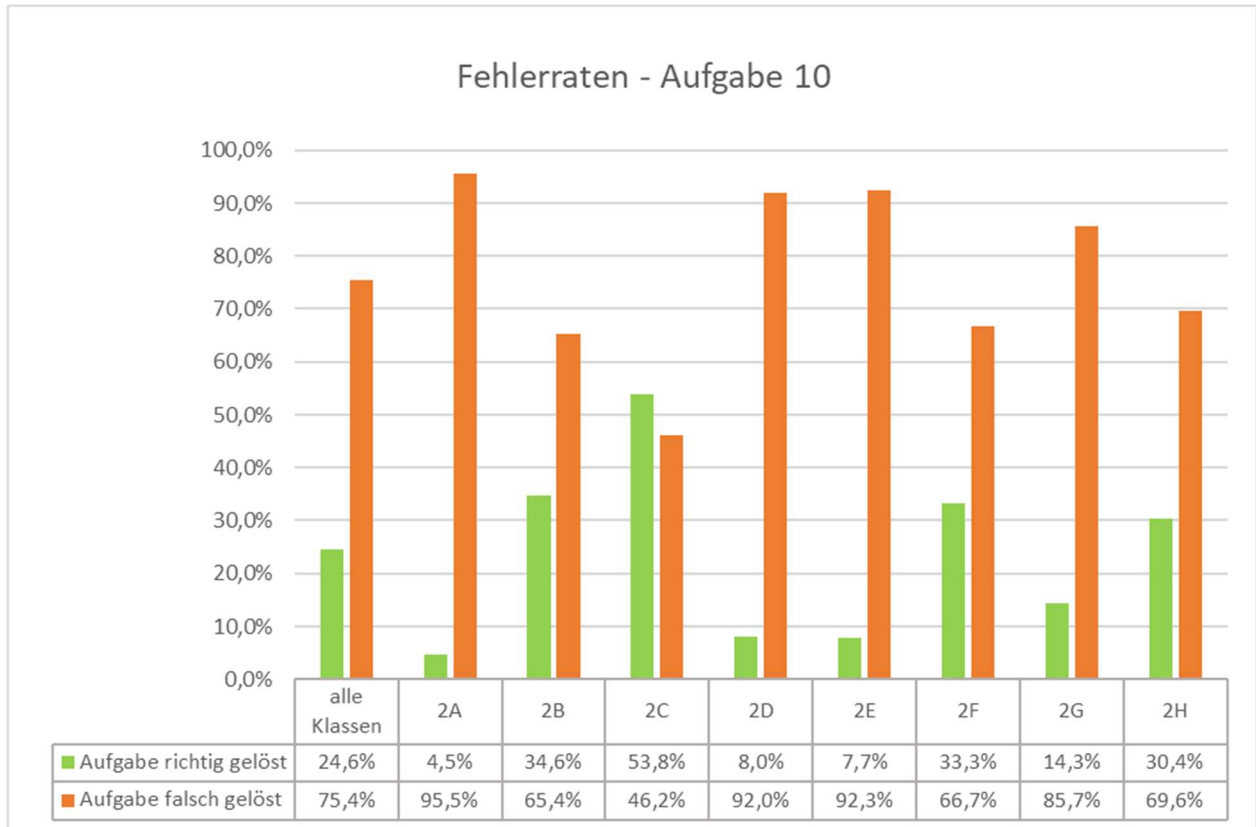


Abbildung 13: Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 10

Abbildung 13 zeigt, dass deutlich mehr Fehler passiert sind, obwohl die Aufgabenstellung 10 dieselbe Lösungskompetenz wie Aufgabe 2 verlangte. Hier wurden lediglich 24,6 % aller Aufgaben richtig gelöst, also um 12,3 Prozentpunkte weniger als bei Aufgabe 2 (vgl. Abbildung 12). Grund hierfür könnte sein, dass die Fragestellung aufgrund der inkludierten Hohlmaße sehr komplex auf die Schüler*innen gewirkt hat und daher eine abschreckende Wirkung hatte. Vor allem das Ergebnis der 2A sticht heraus, da hier der Großteil der Klasse, nämlich 95,5 %, die Aufgabe falsch gelöst hat beziehungsweise erst gar nicht bearbeitet hat. Ähnlich die Ergebnisse der 2D mit 92,0 % an falschen Aufgabenbearbeitungen und die der 2E mit 92,3 % an fehlerhaften Bearbeitungen. Im Vergleich zu allen anderen Klassen brachte die 2C ein besonders gutes Ergebnis hervor, da hier knapp über die Hälfte (53,8 %) die Aufgabe richtig gelöst haben.

Fehleranalyse „den Anteil berechnen können“ (Aufgabe 2 und Aufgabe 10)

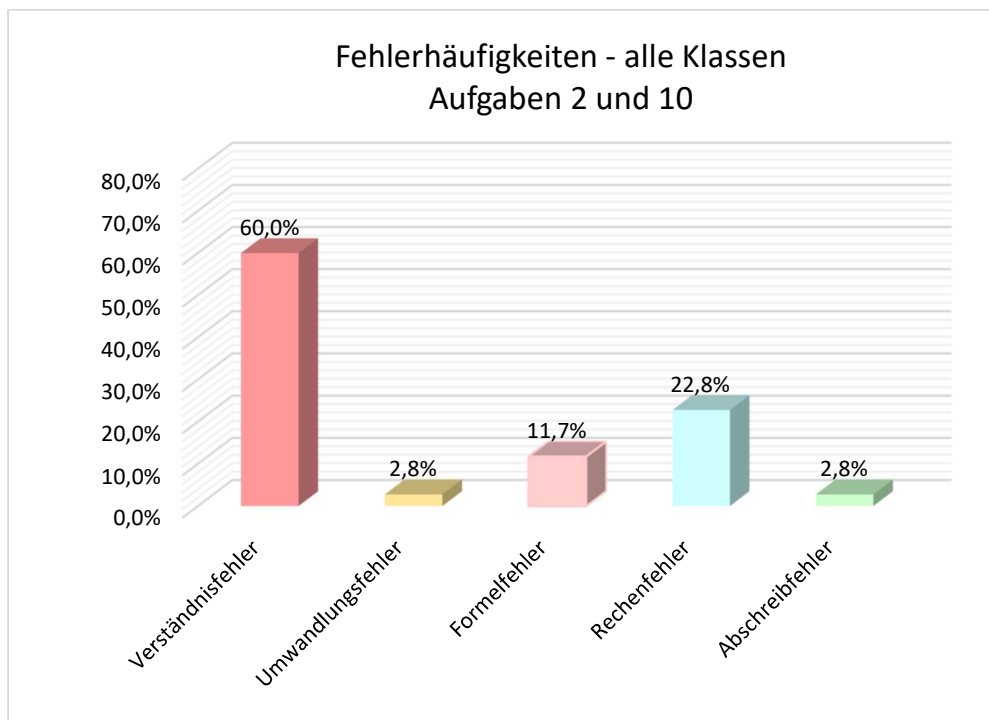


Abbildung 14: Fehlerhäufigkeiten Aufgaben 2 & 10

Abbildung 14 zeigt die Fehlerhäufigkeit des Lernziels „den Anteil berechnen können“, dass bei der Untersuchung durch die Aufgabenstellung 2 und 10 abgefragt wurde. Es ist zu sehen, dass bei diesen beiden Aufgaben von allen Fehlern 60,0 % den Verständnisfehlern zuzuordnen sind, wobei zu erwähnen ist, dass die Aufgabe 10, bei der es um das Volumen einer Wasserflasche geht, von 51,3 % der Schüler*innen (siehe Anhang Tabelle 10.1) gar nicht bearbeitet wurde. Im Vergleich dazu wurde die Aufgabe mit den übergewichtigen Personen nur von 17,6 % (siehe Anhang Tabelle 2.1) nicht bearbeitet. Dies erklärt teilweise das deutlich erhöhte Auftreten von Verständnisfehlern bei Aufgabe 2 (siehe Anhang Tabelle 2.2 und Tabelle 10.2).

Die zweithäufigste Fehlerquelle sind die Rechenfehler mit 22,8 %. Im Vergleich zu allen anderen Aufgaben fallen hier die Formelfehler mit einem Anteil von 11,7 % ebenfalls recht hoch aus.

Verständnisfehler

Bei der Aufschlüsselung von Aufgabe 2 ist aus Tabelle 16 ersichtlich, dass der häufigste Verständnisfehler (67,9 %) auf der fehlenden Berechnung der Gesamtanzahl basiert (Abbildung 15). Hier stellt sich nun die Frage, ob die Schüler*innen nicht genau gearbeitet haben und deshalb die beiden Ergebnisse nicht addiert haben oder ob die Aufgabenstellung unklar war und sie nicht wussten, dass dies als letzter Schritt zu tun ist. Es ist anzunehmen,

dass ein nicht unerheblicher Teil der Schüler*innen die Lösungen nicht in den richtigen Kontext setzen konnte und aus diesem Grund die beiden Ergebnisse nicht addiert hat.

Aufgabe 2	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Gesamtanzahl nicht berechnet	38	67,9	3	37,5	7	63,6	4	57,1	3	60,0	-	-	1	20,0	13	100,0	7	100,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	6	10,7	-	-	1	9,1	2	28,6	2	40,0	-	-	1	20,0	-	-	-	-
G und p addiert um A zu berechnen	4	7,1	3	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20,0	-	-	-	-
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	2	3,6	1	12,5	1	9,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p von Männern und Frauen verwechselt	2	3,6	1	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20,0	-	-	-	-
Normalgewichtige Personen berechnet	2	3,6	-	-	2	18,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G addiert und A mit p-Männer berechnet	1	1,8	-	-	-	-	1	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G und p vertauscht	1	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20,0	-	-	-	-
Summe	56	100,0	8	100,0	11	100,0	7	100,0	5	100,0	0	-	5	100,0	13	100,0	7	100,0

Tabelle 16: Verständnisfehler Aufgabe 2

2.) In einer Gruppe von 200 Frauen und 300 Männern sind 58 % der Männer und 43 % der Frauen übergewichtig. Wie viele Personen sind demnach von dieser Gruppe insgesamt übergewichtig? VF

Frauen

G = 200 100%
A = 2 43%

$$A = \frac{G \cdot p}{100} = \frac{200 \cdot 43}{100} = 86$$

A = 86 ✓

Männer

G = 300 100%
A = 2 58%

$$A = \frac{G \cdot p}{100} = \frac{300 \cdot 58}{100} = 174$$

A = 174 ✓

insgesamt

Abbildung 15: Aufgabe 2 Lösung Schüler*in

Weiters haben sechs der 187 Schüler*innen nicht nachvollziehbare Denkansätze ausprobiert, was auf fehlendes Verständnis hindeutet. Zusätzlich haben weitere vier Personen den Grundwert und den Prozentsatz addiert, um den Anteil zu berechnen, was ebenfalls ein mangelndes Verständnis bezüglich der Prozentrechnung aufzeigt.

Tabelle 17 zeigt, dass bei Aufgabe 10 die häufigste Fehlerquelle, wie bei Aufgabe 2, in der fehlenden Berechnung der Gesamtmenge liegt (siehe Abbildung 16): 51,6 % der Verständnisfehler basieren darauf. Das bedeutet, dass ein nicht unwesentlicher Teil der Kinder die Ergebnisse nicht im gegebenen Kontext interpretieren kann und diese daher bloß in die erlernte Formel einsetzt.

Aufgabe 10	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
A = 0,2 l nicht zu G addiert	16	51,6	3	100,0	7	70,0	-	-	3	50,0	1	100,0	-	-	-	-	2	66,7
G berechnet	7	22,6	-	-	-	-	-	-	1	16,7	-	-	6	100,0	-	-	-	-
Ergebnis falsch interpretiert	5	16,1	-	-	1	10,0	2	100,0	1	16,7	-	-	-	-	-	-	1	33,3
Aufgabenstellung nicht verstanden	2	6,5	-	-	1	10,0	-	-	1	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-
2 l sind 10%	1	3,2	-	-	1	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	31	100,0	3	100,0	10	100,0	2	100,0	6	100,0	1	100,0	6	100,0	0	-	3	100,0

Tabelle 17: Verständnisfehler Aufgabe 10

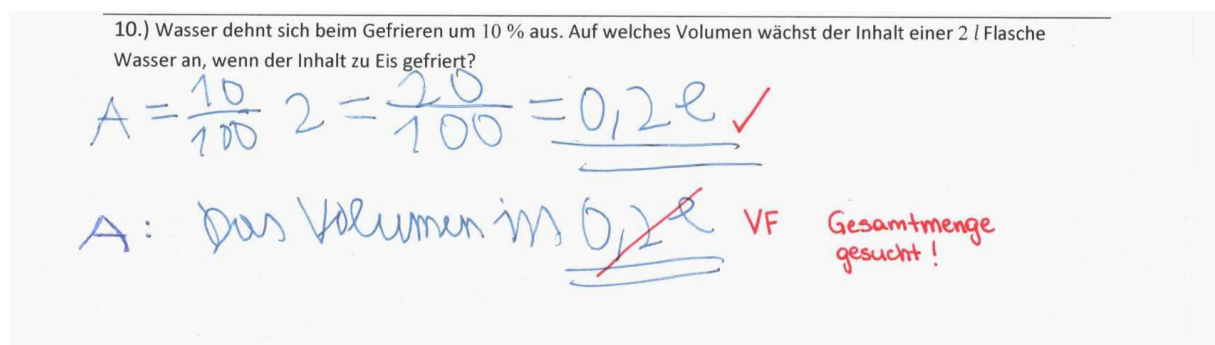


Abbildung 16: Aufgabe 10 Lösung Schüler*in

Weiters haben sieben der 187 Schüler*innen die Aufgabenstellung falsch interpretiert beziehungsweise den Kontext falsch gedeutet, sodass sie anstelle des Anteils den Grundwert berechnet haben.

Zusätzlich haben weitere fünf Schüler*innen das Ergebnis falsch interpretiert, was darauf schließen lässt, dass das Textverständnis bei dieser Aufgabe ebenfalls eine Fehlerquelle barg.

Umwandlungsfehler

Bei Aufgabe 2 sind keine Umwandlungsfehler aufgetreten.

Aufgabe 10	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Hohlmaße falsch umgewandelt	2	50,0	-	-	-	-	1	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	100,0
Endergebnis in Massenmaß	1	25,0	-	-	-	-	-	-	1	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Bruch in Dezimalzahl falsch umgewandelt	1	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	100,0	-	-
Summe	4	100,0	0	-	0	-	1	100,0	1	100,0	0	-	0	-	1	100,0	1	100,0

Tabelle 18: Umwandlungsfehler Aufgabe 10

Bei Aufgabe 10 haben, wie aus der Tabelle 18 ersichtlich, vier Schüler*innen, also 2,1 % aller Teilnehmer*innen, einen Umwandlungsfehler begangen. Dies ist eine sehr geringe Anzahl, wenn berücksichtigt wird, dass in der Aufgabenstellung Hohlmaße enthalten waren. Jedoch mussten diese bei korrekter Bearbeitung der Aufgabenstellung nicht umgewandelt werden.

Formelfehler

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
$A = G \cdot 100 / p$	5 38,5	1 50,0	0 -	- -	2 66,7	- -	1 100,0	- -	1 50,0
$A = p \cdot 100 / G$	3 23,1	1 50,0	0 -	- -	1 33,3	1 50,0	- -	- -	- -
$A = G / p \cdot 100$	5 38,5	- -	3 100,0	- -	- -	1 50,0	- -	- -	1 50,0
Summe	13 100,0	2 100,0	3 100,0	0 -	3 100,0	2 100,0	1 100,0	0 -	2 100,0

Tabelle 19: Formelfehler Aufgabe 2

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$A = G : p$	4	-	3	-	-	-	-	-	1
Summe	4	0	3	0	0	0	0	0	1

Tabelle 20: Formelfehler Aufgabe 10

Wie aus den Tabellen 19 und 20 ersichtlich ist, sind bei den Aufgaben 2 und 10 insgesamt 17 Formelfehler aufgetreten, wobei diese 13-mal bei Aufgabe 2 vorkamen. Grund hierfür könnte sein, dass wesentlich mehr Schüler*innen (63 mehr) die Aufgabe 2 bearbeitet haben (siehe Anhang Tabelle 2.1 + 10.1). In allen Fällen wurde die Fragestellung richtig interpretiert, dass der Anteil gesucht wurde, jedoch wurde die erlernte Formel fehlerhaft wiedergegeben.

Rechenfehler

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	23	4	3	3	1	3	2	5	2
Summe	23	4	3	3	1	3	2	5	2

Tabelle 21: Rechenfehler Aufgabe 2

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	10	1	2	1	-	-	3	-	3
Summe	10	1	2	1	0	0	3	0	3

Tabelle 22: Rechenfehler Aufgabe 10

Aus den Tabellen 21 und 22 ist erkennbar, dass die Multiplikation ebenfalls ein relativ großes Fehlerpotenzial birgt. Insgesamt 33 Fehler, also knapp 22,8 % aller Fehler in der Kategorie „den Anteil berechnen können“, lassen sich auf Rechenfehler zurückführen (siehe Abbildung 14), wobei die Aufgabe 2 nochmals deutlich mehr Fehler hervorbrachte, da mehr Schüler*innen die Aufgabe 2 bearbeitet haben (siehe Anhang Tabelle 2.1 + 10.1).

Abschreibfehler

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	2	-	1	-	-	-	-	1	-
Summe	2	0	1	0	0	0	0	1	0

Tabelle 23: Abschreibfehler Aufgabe 2

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	2	1	-	-	-	1	-	-	-
	2	1	0	0	0	1	0	0	0

Tabelle 24: Abschreibfehler Aufgabe 10

Die Abschreibfehler nehmen bei der Kategorie „den Anteil berechnen können“ nur einen sehr geringen Anteil ein, weshalb diese Fehlerquelle eher zu vernachlässigen ist: Tabellen 23 und 24.

4.2.4 Den Grundwert berechnen können

Aufgabe 5

In Australien wurde der größte Burger der Welt hergestellt. Er wog insgesamt 96 kg. Faschiertes Fleisch enthält durchschnittlich 30 % Fett. Im australischen Riesenburger waren 24,3 kg reines Fett.

Fehlerraten Aufgabe 5

Wie aus Abbildung 17 hervorgeht, gab es bei Aufgabe 5 eine sehr hohe Anzahl an falsch bearbeiteten Aufgaben, was daran liegt, dass 80 Schüler*innen die Aufgabe nicht bearbeitet haben und diese somit falsch lösten (siehe Anhang Tabelle 5.1). Insgesamt haben 88,8 % aller Kinder die Aufgabe 5 falsch gelöst. Hier sticht vor allem die 2G heraus, da in dieser Klasse die Fehlerrate bei 100 % liegt. Grund für diese hohen Fehlerraten könnte die überbestimmte Aufgabe sein, da einige Schüler*innen im Nachhinein mündlich rückgemeldet haben, dass sie nicht wussten, welcher Wert der Prozentrechnung wie zuzuordnen ist.

Weiters ist zu erwähnen, dass die Klasse der 2F ein recht erfreuliches Ergebnis aufweist, denn hier wurden 33,3 % aller Bearbeitungen als richtig gelöst befunden.

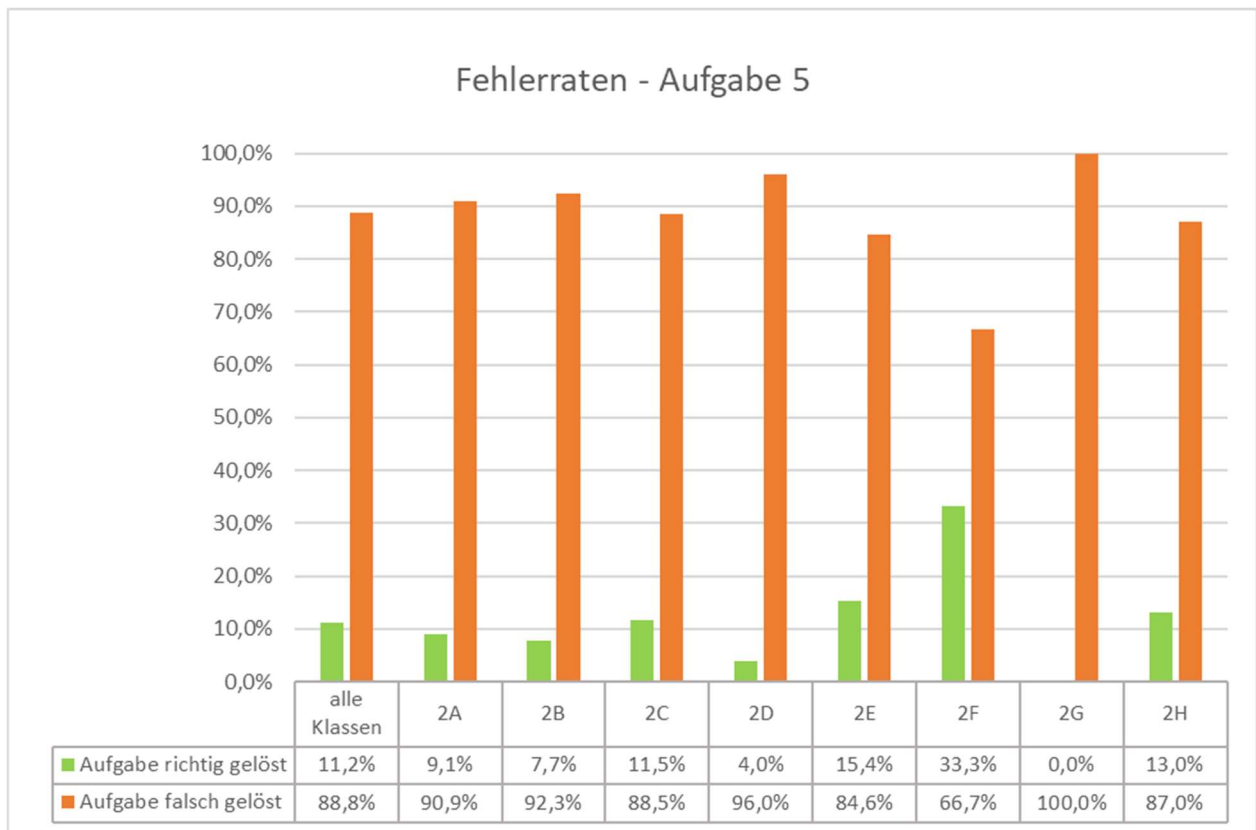


Abbildung 17: Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 5

Aufgabe 8

Ein Hemd kostet inkl. 20 % Mehrwertsteuer 29,70 €.

- a.) Wie hoch ist der Nettopreis (ohne Mehrwertsteuer)?
- b.) Wie viel Euro macht die Mehrwertsteuer aus?

Fehlerraten Aufgabe 8

Bei Aufgabe 8 wurde dasselbe Lernziel wie bei Aufgabe 5 abgefragt, nämlich „den Grundwert berechnen können“. Beide Aufgabenstellungen brachten sehr ähnliche Resultate mit sich, wobei bei Aufgabe 8 die Lösungsquote um 3,8 Prozentpunkte höher war. Bei Aufgabe 8 sticht vor allem die 2E heraus, da in dieser Klasse die Fehlerrate bei 100 % liegt. Dies ist interessant, da die 2E bei Aufgabe 5 noch die zweitbeste Klasse war und über dem Durchschnitt lag. Diese beiden Ergebnisse der 2E sind jedoch auf die Teilnehmer*innenanzahl zurückzuführen, da lediglich 13 Schüler*innen an der Studie teilgenommen haben und somit eine geringe Teilnehmeranzahl das Ergebnis beeinflussen kann.

Besonders gut haben die Klassen 2A mit 27,3 % an richtig gelösten Aufgaben und die 2H mit 26,1 % an richtig gelösten Aufgaben abgeschnitten.

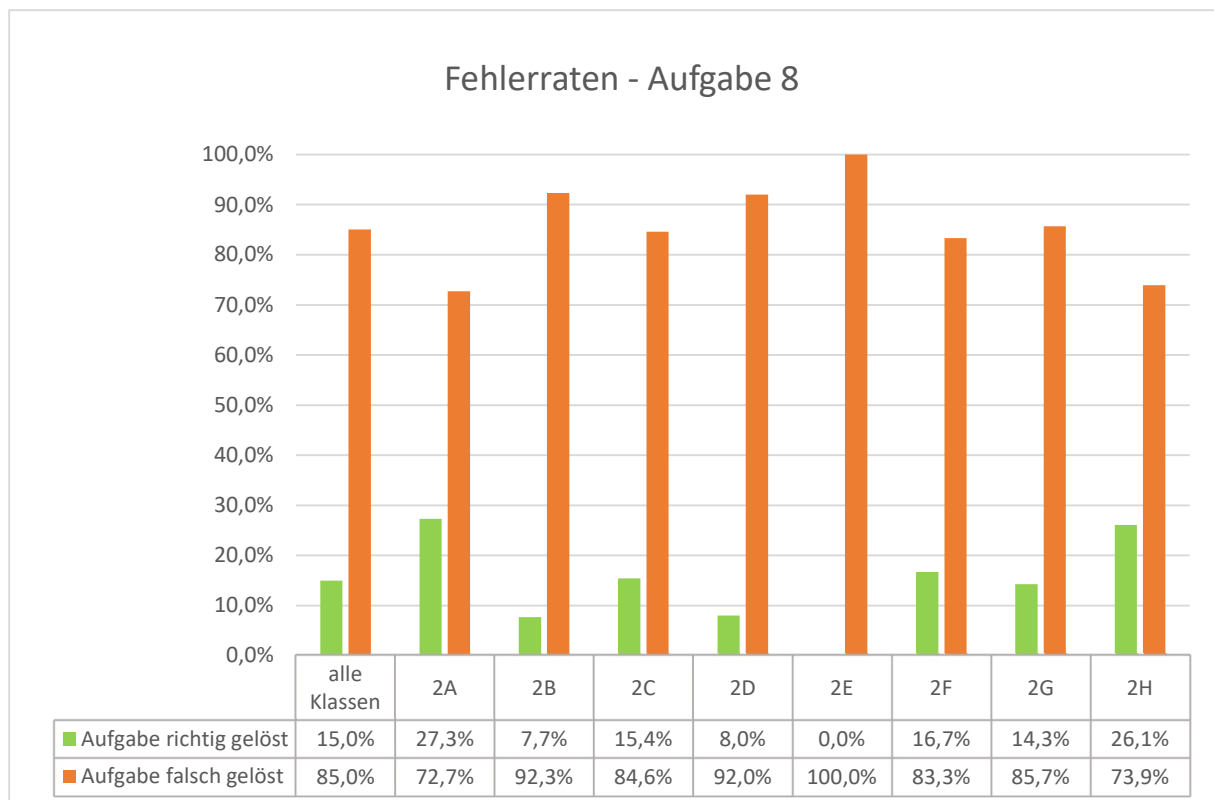


Abbildung 18: *Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 8*

Aufgabe 11

Das Bruttogewicht einer Mais-Konservendose beträgt inkl. 20 % Flüssigkeit 330g.

- a) Wie viel Gramm Mais ist tatsächlich in einer solchen Konservendose enthalten?
- b.) Wie viel Gramm macht die Flüssigkeit aus?

Fehlerraten Aufgabe 11

Wird die Aufgabe 11 mit der Aufgabe 8 verglichen, so wird klar, dass die Aufgabenstellungen sehr ähnlich sind und nur der Kontext (Brutto und Netto) abgeändert wurde, um zu prüfen, ob dies einen Einfluss auf das Aufgabenverständnis hat. Wie aus Abbildung 18 und Abbildung 19 hervorgeht, macht dies im Allgemeinen bei der Fehlerrate keinen Unterschied. Lediglich bei der Anzahl der nicht bearbeiteten Aufgaben lässt sich feststellen, dass, wenn alle Klassen betrachtet werden, knapp über die Hälfte der Schüler*innen die Aufgabe nicht bearbeitet haben, nämlich insgesamt 97 Schüler*innen, im Vergleich zu Aufgabe 8, wo es lediglich 66 Schüler*innen waren (siehe Anhang Tabelle 8.1 und 11.1). Dies liegt wahrscheinlich daran, dass Brutto und Netto in diesem Kontext in keiner dieser Klassen vorab geübt wurden, sondern die Kinder Brutto und Netto ausschließlich im Kontext der Mehrwertsteuer kennengelernt haben.

Generell betrachtet birgt das Lernziel „den Grundwert berechnen können“ eine hohe Fehlerwahrscheinlichkeit, wobei die Aufgabe 8 noch am besten ausfällt (vgl. Abbildungen 17, 18 und 19).

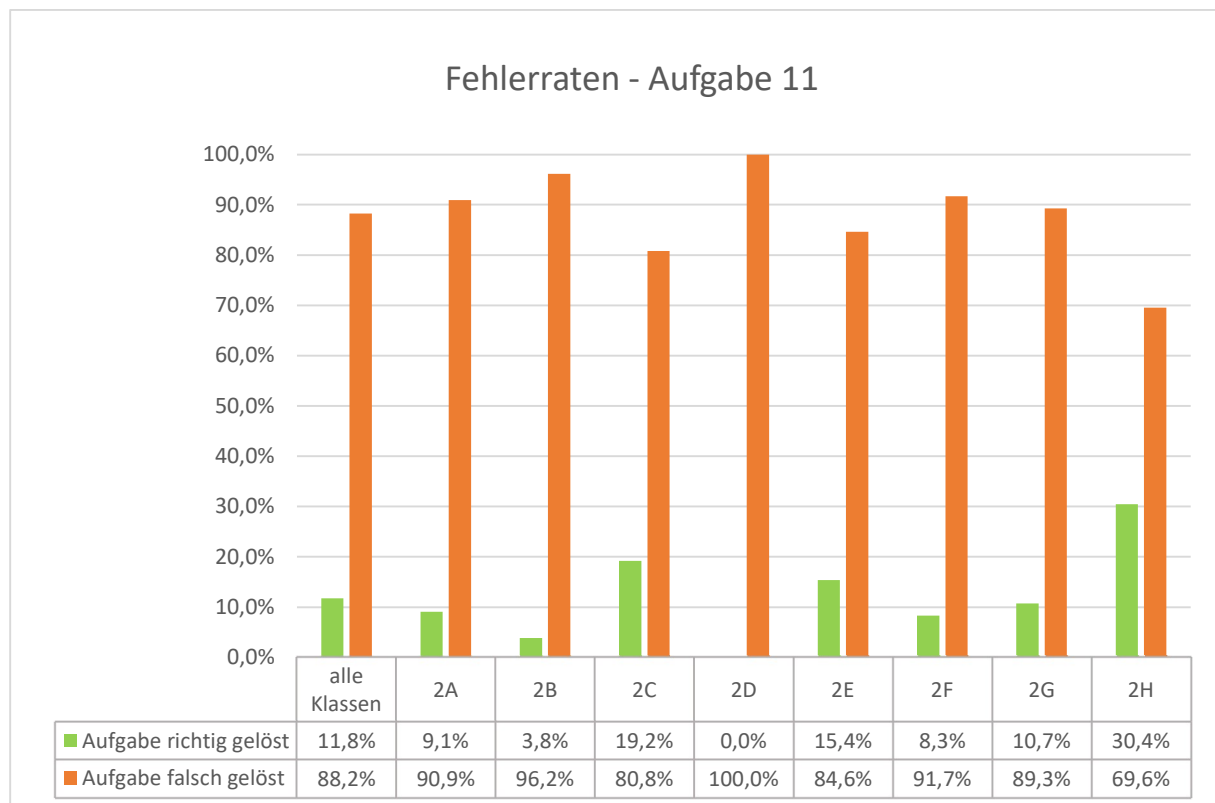


Abbildung 19: Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 11

Fehleranalyse „den Grundwert berechnen können“ (Aufgaben 5, 8 und 11)

Abbildung 20 zeigt die Fehlerhäufigkeit des Lernziels „den Grundwert berechnen können“, die bei der Untersuchung durch die Aufgabenstellungen 5, 8 und 11 abgefragt wurde. Es ist zu sehen, dass bei diesen drei Aufgaben 78,2 % aller Fehler den Verständnisfehlern zuzuordnen sind, wobei zu erwähnen ist, dass die Aufgabe 5, bei der es um das Faschierte in einem Hamburger geht, eine sehr hohe Fehlerquote birgt (vgl. Tabelle 24, 25 und 26). Im Vergleich dazu fällt die Anzahl der Umwandlungsfehler und Formelfehler gering aus. Ähnlich verhält sich dies auch bei den Abschreibfehlern, da diese nur einen Prozentsatz von 1,8 % ausmachen.

Die zweithäufigste Fehlerquelle sind die Rechenfehler mit 19,5 %. Diese Fehlerhäufigkeit sticht im Vergleich zu allen anderen Aufgaben, bei denen Rechenfehler aufgetreten sind, nicht heraus.

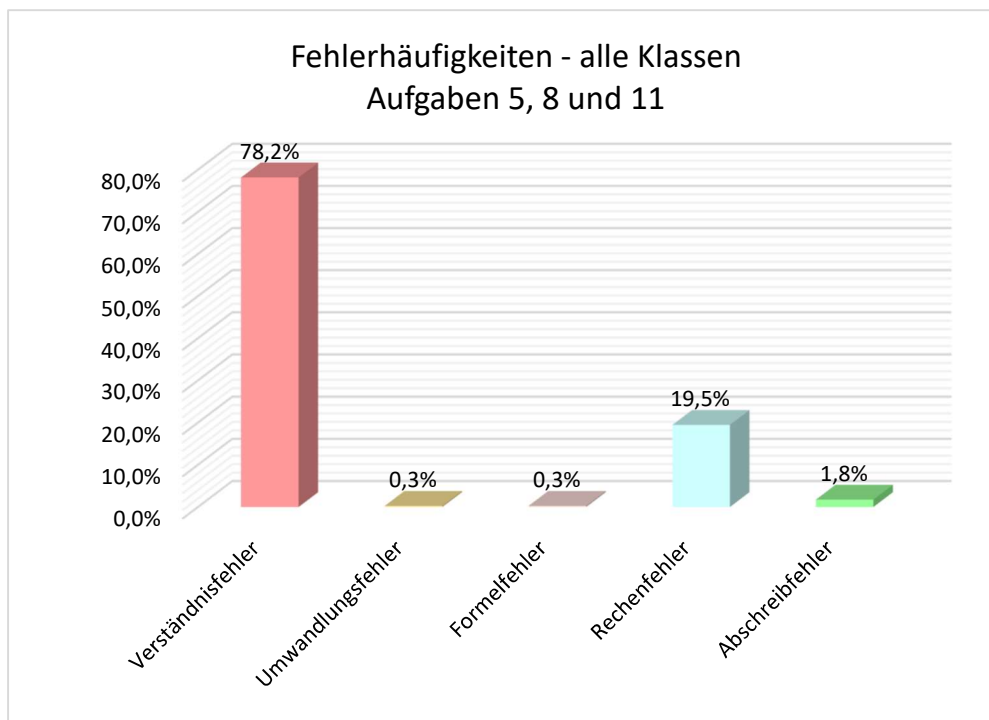


Abbildung 20: Fehlerhäufigkeiten Aufgabe 5, 8 & 11

Verständnisfehler

Aufgabe 5	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Überbestimmte Aufgabe nicht verstanden	66	50,4	6	46,2	13	50,0	9	45,0	7	70,0	-	-	10	47,6	13	52,0	8	53,3
A statt G berechnet	62	47,3	7	53,8	12	46,2	11	55,0	3	30,0	-	-	11	52,4	12	48,0	6	40,0
Prozentsatz berechnet	3	2,3	-	-	1	3,8	-	-	-	-	1	100,0	-	-	-	-	1	6,7
Summe	131	100,0	13	100,0	26	100,0	20	100,0	10	100,0	1	100,0	21	100,0	25	100,0	15	100,0

Tabelle 25: Verständnisfehler Aufgabe 5

Bei der Aufschlüsselung von Aufgabe 5 ist aus Tabelle 25 ersichtlich, dass der häufigste Verständnisfehler mit einer absoluten Anzahl von 66 aufgrund der überbestimmten Aufgabe passiert ist. Dies bedeutet, dass die Schüler*innen aus der Angabe nicht eindeutig zuordnen konnten, welcher Zahlenwert welche Bedeutung in Bezug auf die Prozentrechnung hat, beziehungsweise wussten sie auch nicht, welcher Zahlenwert zur Lösung der Aufgabenstellung notwendig ist. Hier stellt sich nun die Frage, ob dies an der mangelnden Lesekompetenz der Schüler*innen lag oder an dem zu geringen Verständnis der Prozentrechnung. Es ist anzunehmen, dass beide Faktoren einen Einfluss auf dieses Ergebnis hatten.

Weiters haben 62 der 187 Schüler*innen den Kontext falsch gedeutet und aus diesem Grund einen Anteil anstelle des Grundwerts berechnet (siehe Abbildung 21), was ebenfalls ein mangelndes Verständnis bezüglich der Prozentrechnung und der Aufgabenstellung aufzeigt.

5.) In Australien wurde der größte Burger der Welt hergestellt. Er wog insgesamt 96 kg. Faschiertes Fleisch enthält durchschnittlich 30 % Fett. Im australischen Riesenburger waren 24,3 kg reines Fett.

Wie viel Kilogramm Faschiertes waren in diesem Hamburger?

$G = 96$
 $P = 30\%$
 $A = ?$
 $A = \frac{30}{100} \cdot 96 = \underline{28,8}$ VF
 $G = ?$ (G ist gesucht und nicht A)
 A: Es waren ~~28,8~~ kg Faschiertes in diesen Hamburger.

Abbildung 21: Aufgabe 5 Lösung Schüler*in

Zusätzlich haben die restlichen drei Verständnisfehler ebenfalls ihren Ursprung im Unverständnis der Fragestellung, denn diese Schüler*innen haben einen Prozentsatz berechnet, was bei der Aufgabenstellung „Wie viel Kilogramm Faschiertes waren in diesem Hamburger?“ keinen nachvollziehbaren Denkansatz hervorbringt.

Aus Tabelle 25 ist ablesbar, dass ein großer Teil der Schüler*innen Schwierigkeiten bei der Bearbeitung überbestimmter Aufgaben hatte, also bei Aufgabenstellungen, bei denen mehr Informationen als notwendig angegeben sind. Dadurch ist ein tatsächliches Textverständnis gefragt und die Kinder müssen filtern können, welche Informationen für sie tatsächlich relevant sind, was für einige Schüler*innen eine Herausforderung darstellte.

Aufgabe 8	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Bruttopreis mit 100 % definiert	45 61,6	2 100,0	11 73,3	13 100,0	4 57,1	1 25,0	8 88,9	3 25,0	3 27,3
MwSt falsch ermittelt	15 20,5	- -	- -	- -	3 42,9	3 75,0	- -	3 25,0	6 54,5
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	6 8,2	- -	- -	- -	- -	- -	- -	6 50,0	- -
falscher Rechenansatz	4 5,5	- -	2 13,3	- -	- -	- -	1 11,1	- -	1 9,1
Bruttopreis als Nettopreis definiert	1 1,4	- -	1 6,7	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Ergebnis falsch interpretiert	1 1,4	- -	1 6,7	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Aufgabenstellung nicht verstanden	1 1,4	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 9,1
Summe	73 100,0	2 100,0	15 100,0	13 100,0	7 100,0	4 100,0	9 100,0	12 100,0	11 100,0

Tabelle 26: Verständnisfehler Aufgabe 8

Tabelle 26 zeigt, dass bei Aufgabe 8 die häufigste Fehlerquelle nicht direkt im Bereich der Prozentrechnung lag, da hier die Schüler*innen den Bruttopreis fälschlicherweise mit 100 % definiert haben anstelle von 120 % (siehe Abbildung 22). Dieser Fehler macht 61,6 % aller Verständnisfehler aus und ist somit mit Abstand der häufigste. Meines Erachtens ist den Kindern im Fall dieses Fehlers nicht klar, was die Begriffe Brutto- und Nettopreis bedeuten, obwohl diese in der Aufgabenstellung erklärt wurden (inkl. 20 % Mehrwertsteuer/ohne Mehrwertsteuer).

8.) Ein Hemd kostet inkl. 20 % Mehrwertsteuer 29,70 €.

a.) Wie hoch ist der Nettopreis (ohne Mehrwertsteuer)?
b.) Wie viel Euro macht die Mehrwertsteuer aus?

A: b) 5,94

Handwritten calculations:

$$29,70 \cdot 10 = 2,97$$

$$29,70 - 2,97 = 26,73$$

$$29,70 - 5,94 = 23,76$$

Handwritten notes: 120%, VF, 100%, 10%, 20%, 2, 10, 2

A: a) der Nettopreis beträgt 23,76 €

Abbildung 22: Aufgabe 8 Lösung Schüler*in

Weitere 15 Schüler*innen haben die Mehrwertsteuer falsch ermittelt, indem sie zwar davon ausgegangen sind, dass der Bruttopreis inkl. 20 % Mehrwertsteuer ist, aber im Anschluss dennoch nicht nachvollziehbare Rechenschritte durchgeführt haben, um den Mehrwertsteueranteil zu berechnen. Beispielsweise wurden beliebige Zahlenwerte subtrahiert oder durch nicht nachvollziehbare Zahlenwerte dividiert.

Zusätzlich zu diesen Fehlerquellen resultierten 8,2 % der Fehler daraus, dass die Schüler*innen die Aufgabenstellung zwar verstanden haben und daher auch den richtigen Rechenansatz angeführt haben, diesen jedoch dann nicht weiterverfolgt haben. Nun stellt sich die Frage, ob den Schüler*innen unklar war, wie sie weiter vorgehen müssen, oder ob sie sich doch nicht sicher waren, ob dieser Ansatz zum gefragten Ergebnis führt.

Aufgabe 11	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Bruttogewicht mit 100 % definiert	47 77,0	1 50,0	16 84,2	10 100,0	6 66,7	2 100,0	6 85,7	2 33,3	4 66,7
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	7 11,5	- -	2 10,5	- -	2 22,2	- -	- -	3 50,0	- -
falscher Rechenansatz	3 4,9	- -	- -	- -	1 11,1	- -	1 14,3	- -	1 16,7
Bruttogewicht mit Nettogewicht vertauscht	1 1,6	1 50,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Bruttogewicht als Nettogewicht definiert	1 1,6	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 16,7	- -
Flüssigkeit nicht ermittelt	1 1,6	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 16,7
Aufgabenstellung nicht verstanden	1 1,6	- -	1 5,3	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Summe	61 100,0	2 100,0	19 100,0	10 100,0	9 100,0	2 100,0	7 100,0	6 100,0	6 100,0

Tabelle 27: Verständnisfehler Aufgabe 11

Tabelle 27 zeigt, dass bei Aufgabe 11 die häufigste Fehlerquelle, wie bei Aufgabe 8, ebenfalls in der fälschlichen Definition lag, dass das Bruttogewicht 100 % entspricht. Daher ist nachweisbar, dass 77 % der Verständnisfehler darauf basieren, dass den Schüler*innen nicht klar war, was das Begriffspaar Brutto/Netto bedeutet. Diese Begrifflichkeiten haben jedoch hohe Relevanz im alltäglichen Leben und sollten daher meines Erachtens unbedingt im Mathematikunterricht durchgenommen werden.

Erkennbar ist bei dieser Fehlerquelle ein deutlicher Unterschied zwischen der 2A und der 2B. Nach Rücksprache mit den beiden Lehrpersonen dieser Klassen kann gefolgert werden, dass eine Auseinandersetzung mit der Thematik auf jeden Fall einen Unterschied für das Verständnis der Schüler*innen von Brutto und Netto macht. Die Lehrperson der 2A hat rückgemeldet, dass sie mehrere Unterrichtseinheiten im Gesamtumfang von 170 Minuten in dieses Thema investiert hat. Im Vergleich dazu befasste sich die Lehrkraft der 2B lediglich 75 Minuten mit der Vermittlung dieses Inhalts.

Weiters haben sieben der 187 Schüler*innen die Aufgabenstellung zwar verstanden und daher auch den richtigen Rechenansatz angeführt, diesen jedoch dann nicht weiterverfolgt.

Umwandlungsfehler

Bei den Aufgaben 5 und 11 sind keine Umwandlungsfehler aufgetreten.

Die Umwandlungsfehler bei Aufgabe 8 nehmen nur einen sehr geringen Anteil ein. Nur ein/e Schüler*in hat die Prozentangabe falsch umgewandelt (siehe Anhang Tabelle 8.3), weshalb diese Fehlerquelle zu vernachlässigen ist.

Formelfehler

Bei Aufgabe 5 und Aufgabe 8 sind keine Formelfehler aufgetreten.

Wie bei den Umwandlungsfehlern nehmen die Formelfehler bei der Kategorie „den Grundwert berechnen können“ ebenfalls nur einen sehr geringen Anteil ein. Ein/e Teilnehmer*in hat bei Aufgabe 11 eine falsche Formel für die Grundwertberechnung angewendet, und zwar $A = 100 \cdot p / G$ (siehe Anhang Tabelle 11.3). Demnach kann diese Fehlerursache ebenfalls außer Acht gelassen werden.

Rechenfehler

Aufgabe 5	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	14	1	5	1	1	-	1	4	1
Summe	14	1	5	1	1	0	1	4	1

Tabelle 28: Rechenfehler Aufgabe 5

Aufgabe 8	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	32	7	6	3	1	4	2	6	3
Summe	32	7	6	3	1	4	2	6	3

Tabelle 29: Rechenfehler Aufgabe 8

Aufgabe 11	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	20	5	7	1	1	1	1	1	3
Summe	20	5	7	1	1	1	1	1	3

Tabelle 30: *Rechenfehler Aufgabe 11*

Aus den Tabellen 28, 29 und 30 ist erkennbar, dass die schriftliche Division ein großes Fehlerpotenzial birgt. Vor allem bei der Aufgabe 8 waren 32 Rechenfehler zu bemerken, was darauf schließen lässt, dass die bei dieser Aufgabenstellung benötigte Division für viele Schüler*innen eine hohe Komplexität aufwies, da hier der Divisor eine Dezimalzahl war. Die Bearbeitungen der Aufgaben 5 und 11 haben ebenfalls einige Rechenfehler hervorgebracht. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass vor allem die Rechenoperation der Division die meisten Herausforderungen für die Schüler*innen birgt.

Abschreibefehler

Die Abschreibefehler bei der Kategorie „den Grundwert berechnen können“ nehmen nur einen sehr geringen Anteil ein, da bei den Aufgabenstellungen 5 und 11 jeweils nur ein Übertragungsfehler aufgetreten ist und bei der Aufgabe 8 vier Kindern dieser Fehler passiert ist (siehe Anhang Tabelle 5.4, 8.5 und 11.5). Aus diesem Grund ist diese Fehlerquelle außer Acht zu lassen.

4.2.5 Prozente zum Vergleichen verwenden können

Aufgabe 3

Ein Wettspiel verspricht, bei einem richtigen Tipp den Einsatz um 30 % zu erhöhen und diesen Betrag auszuzahlen. Wie viel Euro kann man mit diesem Spiel gewinnen, wenn man 110 € gesetzt hat?

Diese Aufgabe wird aufgrund der Angabe des Schulbuches der Kategorie „Prozente zum Vergleichen verwenden können“ zugeordnet.

Fehlerraten Aufgabe 3

Abbildung 23 zeigt, dass insgesamt 16,6 % der Aufgabenbearbeitungen richtig gewesen sind. Daher liegt die Fehlerrate bei 83,4%, was nicht das beste Ergebnis dieser Untersuchung ist, aber auch nicht das schlechteste. Insgesamt zeigen die Klassen ein sehr homogenes Ergebnis. Lediglich die 2A beziehungsweise die 2E sind hervorzuheben, da in diesen Klassen über 20 % der Aufgabenbearbeitungen richtig sind.

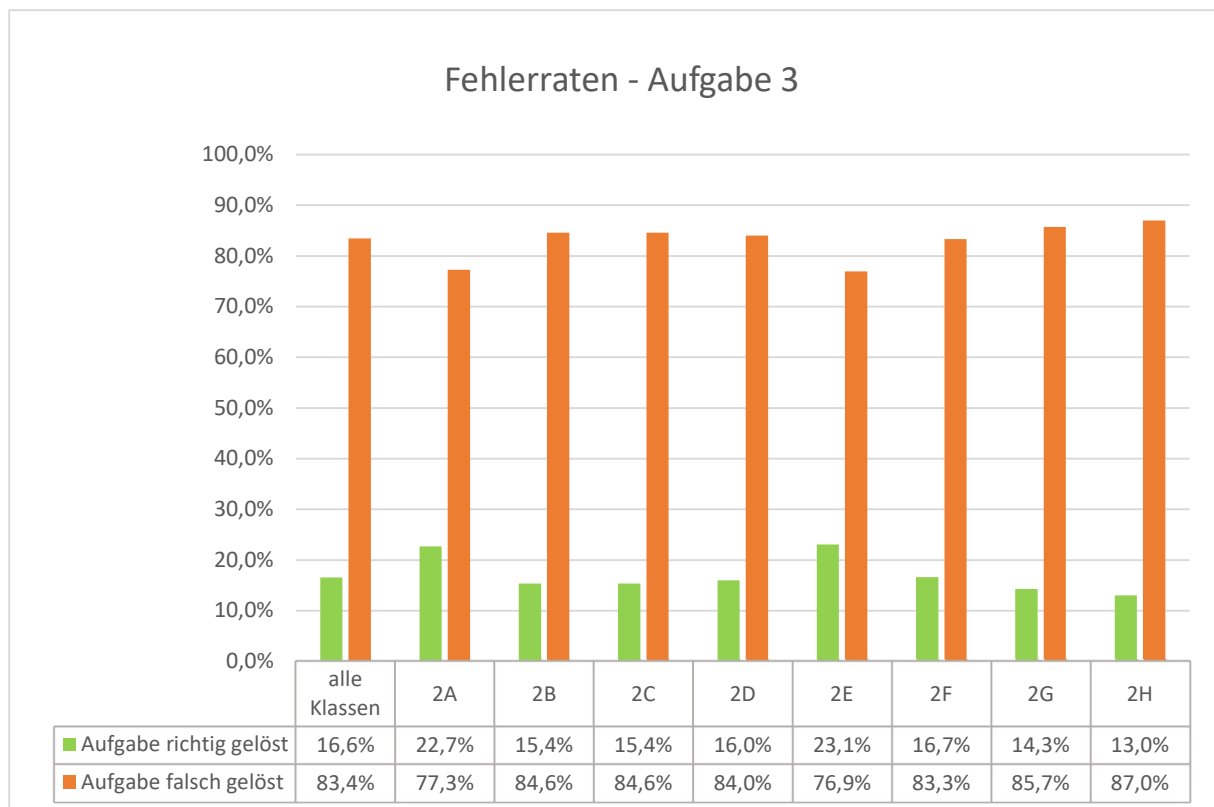


Abbildung 23: *Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 3*

Aufgabe 12

Peter verbessert sich im Weitsprung von 3,80 m auf 3,99 m.

- Wie viel Prozent beträgt seine Steigerung?
- Um wie viel Prozent ist er vorher kürzer gesprungen?

Fehlerraten Aufgabe 12

Obwohl Aufgabe 12 laut dem Schulbuch der Schüler*innen dasselbe Lernziel wie Aufgabe 3 abfragt, nämlich „*Prozente zum Vergleichen verwenden können*“, zeigt Abbildung 24, dass die Aufgabe 3 dennoch ein deutlich besseres Ergebnis hervorbrachte. Nicht nur wurden bei Aufgabe 12 knapp über die Hälfte der Aufgaben nicht bearbeitet (siehe Anhang Tabelle 12.1), der Großteil der Fehlerraten in den einzelnen Klassen lag zudem bei 100%. Im Allgemeinen ist zu sagen, dass die Aufgabenstellung von Aufgabe 12 komplexer für die Schüler*innen war als jene von Aufgabe 3. Ein weiterer Grund für die schlechteren Ergebnisse ist, dass Abbildung 24 das Ergebnis der letzten Aufgabe der Untersuchung zeigt und die meisten Schüler*innen bei der Bearbeitung dieser Aufgabe möglicherweise schon unkonzentriert waren.

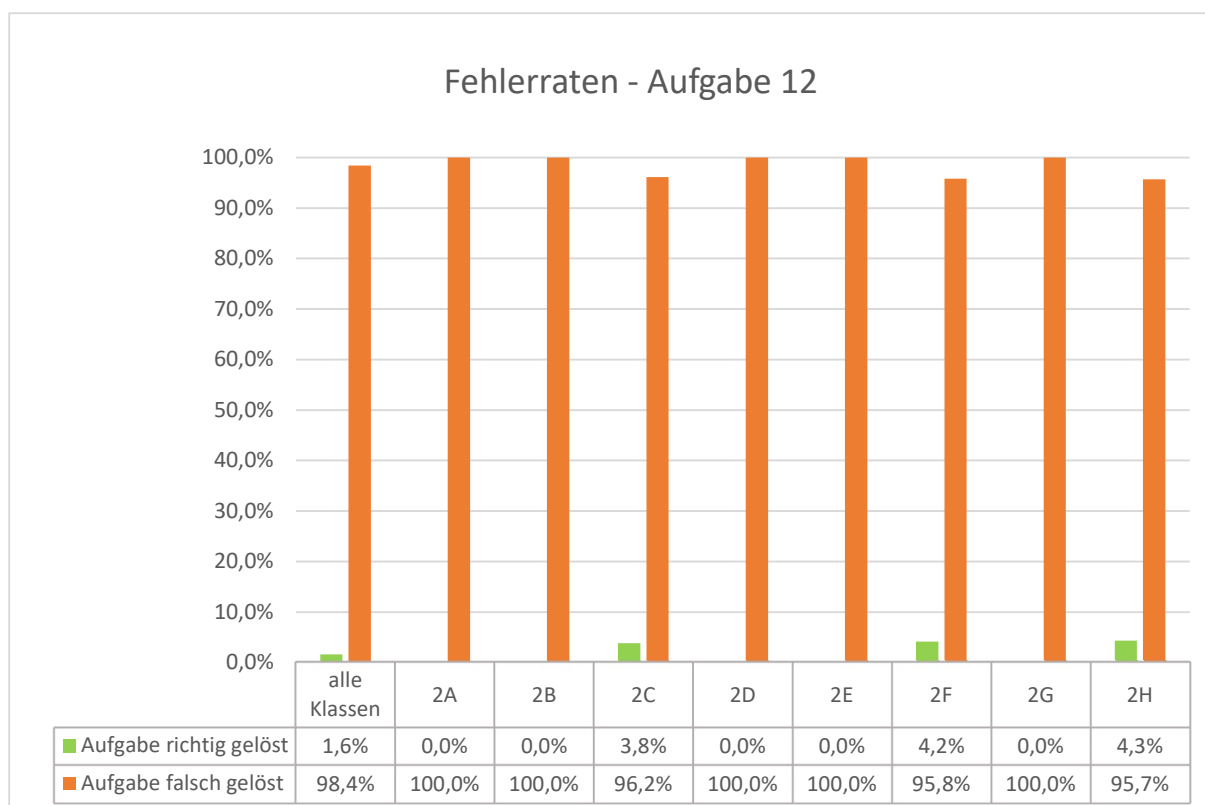


Abbildung 24: *Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 12*

Obwohl Aufgabe 12 laut dem Schulbuch der Schüler*innen dasselbe Lernziel wie Aufgabe 3 abfragt, nämlich „*Prozente zum Vergleichen verwenden können*“, zeigt Abbildung 24, dass die Aufgabe 12 dennoch ein deutlich besseres Ergebnis hervorbrachte. Nicht nur wurden bei Aufgabe 12 knapp über die Hälfte der Aufgaben nicht bearbeitet (siehe Anhang Tabelle 12.1), der Großteil der Fehlerraten in den einzelnen Klassen lag zudem bei 100%. Im Allgemeinen ist zu sagen, dass die Aufgabenstellung von Aufgabe 12 komplexer für die Schüler*innen war als jene von Aufgabe 3. Ein weiterer Grund für die schlechteren Ergebnisse ist, dass Abbildung 24 das Ergebnis der letzten Aufgabe der Untersuchung zeigt und die meisten Schüler*innen bei der Bearbeitung dieser Aufgabe möglicherweise schon unkonzentriert waren.

Fehleranalyse „*Prozente zum Vergleichen verwenden können*“ (Aufgaben 3 und 12)

Abbildung 25 zeigt die Fehlerhäufigkeit des Lernziels „*Prozente zum Vergleichen verwenden können*“, die bei der Untersuchung durch die Aufgabenstellungen 3 und 12 abgefragt wurde. Zu sehen ist, dass bei diesen beiden Aufgaben von allen gemachten Fehlern 76,4 % den Verständnisfehlern zuzuordnen sind, wobei zu erwähnen ist, dass die Aufgabe 12, bei der es um den Weitsprung ging, von 52,9 % der Schüler*innen überhaupt nicht bearbeitet wurde (siehe Anhang Tabelle 12.1). Im Vergleich dazu wurde die Aufgabe 3 mit dem Wettspiel nur von 17,6 % nicht bearbeitet (siehe Anhang Tabelle 3.1). Dies erklärt teilweise das erhöhte Auftreten von Verständnisfehlern bei Aufgabe 3.

Die zweithäufigste Fehlerquelle sind die Rechenfehler mit 17,4 %. Im Vergleich zu allen anderen Aufgaben fallen hier die Formelfehler mit 5,4 % ebenfalls höher aus als im Schnitt bei den anderen Aufgaben.

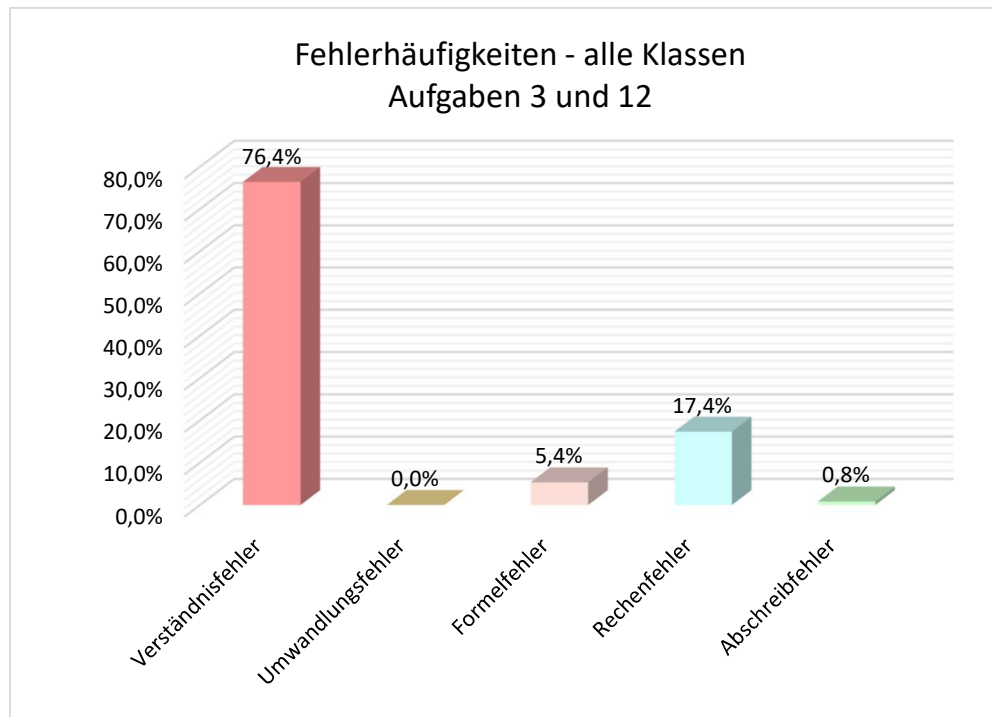


Abbildung 25: Fehlerhäufigkeiten 3 & 12

Verständnisfehler

Tabelle 31 zeigt, dass bei Aufgabe 3 die häufigste Fehlerquelle nicht direkt im Bereich der Prozentrechnung lag, da hier alles richtig berechnet wurde, jedoch der Betrag der Auszahlung mit dem Gewinn gleichgesetzt wurde. Dies bedeutet, dass 78 der 187 Schüler*innen der Meinung waren, dass 143 € der Gewinn ist (siehe Abbildung 26). Vor allem in der 2B, der 2C und der 2G kam dieser Verständnisfehler häufig vor, denn in diesen Klassen haben insgesamt jeweils 26 beziehungsweise 28 Schüler*innen an der Untersuchung teilgenommen (siehe Tabelle 1) und 14 beziehungsweise 15 dieser 26 beziehungsweise 28 Kinder haben den Gewinn falsch angegeben.

Aufgabe 3	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Auszahlung als Gewinn definiert	78	77,2	5	55,6	14	82,4	15	83,3	6	60,0	3	60,0	9	64,3	15	93,8	11	91,7
G berechnet und nicht A	19	18,8	3	33,3	2	11,8	2	11,1	4	40,0	2	40,0	5	35,7	-	-	1	8,3
Aufgabenstellung nicht verstanden	2	2,0	1	11,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6,3	-	-
p falsch definiert	2	2,0	-	-	1	5,9	1	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	101	100,0	9	100,0	17	100,0	18	100,0	10	100,0	5	100,0	14	100,0	16	100,0	12	100,0

Tabelle 31: Verständnisfehler Aufgabe 3

$$A = \frac{30 \cdot 110}{100} = 33$$

$$110 + 33 = \underline{\underline{143}}$$

A: Man kann in diesem Spiel 143 VF gewinnen

Abbildung 26: Aufgabe 3 Lösung Schüler*in

Ein weiterer recht häufiger Verständnisfehler war die falsche Interpretation der Aufgabenstellung, sodass die Schüler*innen der Auffassung waren, es sei der Grundwert gesucht und nicht der Anteil. Diese Fehlerquelle machte 18,8 % aller Verständnisfehler aus.

Aufgabe 12	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Ausschließlich Frage a) beantwortet	31	36,9	3	20,0	10	58,8	6	66,7	3	37,5	-	-	2	15,4	4	80,0	3	21,4
Ausschließlich Frage b) beantwortet	22	26,2	8	53,3	3	17,6	2	22,2	-	-	-	-	6	46,2	-	-	3	21,4
Ergebnis von a) auf für b) definiert	21	25,0	2	13,3	3	17,6	-	-	3	37,5	1	33,3	4	30,8	1	20,0	7	50,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	8	9,5	2	13,3	-	-	1	11,1	2	25,0	2	66,7	-	-	-	-	1	7,1
Ergebnis falsch interpretiert	2	2,4	-	-	1	5,9	-	-	-	-	-	-	1	7,7	-	-	-	-
Summe	84	100,0	15	100,0	17	100,0	9	100,0	8	100,0	3	100,0	13	100,0	5	100,0	14	100,0

Tabelle 32: Verständnisfehler Aufgabe 12

Bei der Aufschlüsselung der Bearbeitungen von Aufgabe 12 ist aus Tabelle 32 ersichtlich, dass die zwei häufigsten Verständnisfehler mit einer insgesamt absoluten Anzahl von 53 aufgrund der Komplexität der Aufgabe passiert sind. Dies bedeutet, dass die Schüler*innen wahrscheinlich aus der Angabe nicht eindeutig herauslesen konnten, was der Unterschied zwischen Fragestellung a) und Fragestellung b) ist. Hier stellt sich nun die Frage, ob dies an der mangelnden Lesekompetenz der Schüler*innen lag oder an dem zu geringen Verständnis der Prozentrechnung. Es ist anzunehmen, dass beide Faktoren einen Einfluss auf dieses Ergebnis hatten. Dazu passt das Ergebnis, dass sich 25 % aller Verständnisfehler darauf zurückführen lassen, dass die Schüler*innen das Ergebnis von a) als das Ergebnis von b) festgelegt haben.

Zusätzlich zu diesen Fehlerquellen resultierten 9,5 % der Fehler daraus, dass die Schüler*innen die Aufgabenstellung nicht verstanden haben und aus diesem Grund nicht nachvollziehbare Denkansätze niedergeschrieben wurden.

Formelfehler

Bei Aufgabe 3 haben fünf Schüler*innen die Formel zur Prozentrechnung aus dem Gedächtnis falsch wiedergegeben, und zwar in der Form $A = p \cdot 100 / G$ (siehe Anhang Tabelle 3.3). Die

Ursache hierfür ist unbekannt, da dieser Fehler bei anderen Aufgaben nicht oder nur vereinzelt aufgetreten ist und es unerklärlich ist, warum dies genau bei Aufgabe 3 der Fall war.

Aufgabe 12	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
$p = A * G / 100$	1	12,5	1	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$G - A = 19 \%$	7	87,5	-	-	1	100,0	-	-	4	100,0	-	-	1	100,0	-	-	1	100,0
	8	100,0	1	100,0	1	100,0	0	-	4	100,0	0	-	1	100,0	0	-	1	100,0

Tabelle 33: Formelfehler Aufgabe 12

Wie aus Tabelle 33 ersichtlich ist, wurde bei Aufgabe 12 eine völlig falsche Formel herangezogen, die die Schüler*innen so nie gelernt haben, nämlich „der Grundwert (3,99m) – dem Anteil (3,80m) = der Prozentsatz (19 %)“. Interessant hierbei ist, dass sich dieser Formelfehler durch vier Klassen gezogen hat und insgesamt siebenmal aufgetreten ist. Vor allem in der Klasse der 2D war dies viermal der Fall.

Rechenfehler

Die Aufgaben 3 und 12 bargen ebenfalls ein relativ großes Fehlerpotenzial bezüglich der Rechenfehler (siehe Anhang Tabelle 3.4 und 12.4). Insgesamt 42 Fehler, also knapp 17,4 % aller Fehler der Kategorie „*Prozente zum Vergleichen verwenden können*“ (siehe Abbildung 25), lassen sich auf Rechenfehler zurückführen, wobei die Aufgabe 12 im Verhältnis nochmals deutlich mehr Rechenfehler hervorbrachte, da hier insgesamt mehr Aufgaben nicht bearbeitet wurden (siehe Anhang Tabelle 3.1 und 12.1).

Abschreibfehler

Bei Aufgabe 3 nehmen die Abschreibfehler nur einen sehr geringen Anteil ein, da nur zwei der insgesamt 187 Teilnehmer*innen einen Übertragungsfehler begangen haben, weshalb diese Fehlerquelle zu vernachlässigen ist (siehe Anhang Tabelle 3.5).

Bei Aufgabe 12 sind keine Abschreibfehler aufgetreten.

4.2.6 Prozentrechnungen hintereinander ausführen können

Aufgabe 7

Eine Couch kostet ursprünglich 2 600 €. Im Schlussverkauf wird der Preis einmal um 10 % und anschließend nochmal um 5 % herabgesetzt. Wie viel kostet das Möbelstück nun?

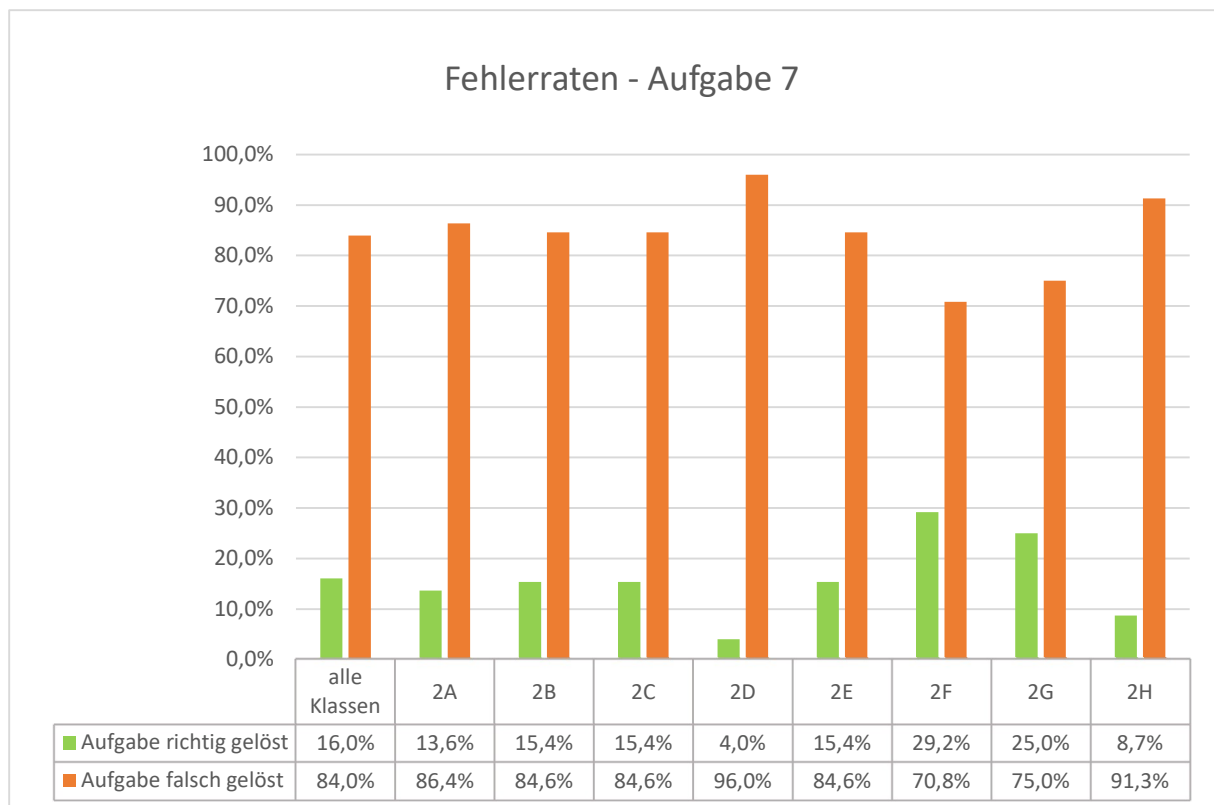


Abbildung 27: *Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 7*

Bei der Aufschlüsselung der Bearbeitungen von Aufgabe 7 ist aus Abbildung 27 ersichtlich, dass im Schnitt die Fehlerrate recht hoch ist, und zwar liegt diese bei 84 %. Das beste Ergebnis lieferte bei dieser Aufgabe die 2F. In dieser Klasse waren 29,2 % der Aufgabenbearbeitungen richtig. Weiters ist zu erwähnen, dass die 2G ähnlich gute Resultate ablieferte. Die größte Fehlerrate wies die 2D mit 96 % auf, was bedeutet, dass lediglich 4 % der Schüler*innen die Aufgabenstellung richtig bearbeitet haben. Im Vergleich zum Durchschnittswert lagen die 2A, die 2B, die 2C, die 2D, die 2E und die 2H mit ihrem Anteil an richtig gelösten Aufgaben unter dem Durchschnitt.

Grund für diese hohen Fehlerraten könnte die Notwendigkeit sein, die Prozentrechnung zweimal hintereinander ausführen zu müssen.

Fehleranalyse „Prozentrechnungen hintereinander ausführen können“ (Aufgabe 7)

Abbildung 28 zeigt die Fehlerhäufigkeit des Lernziels „Prozentrechnungen hintereinander ausführen können“, die bei der Untersuchung durch die Aufgabenstellung 7 abgefragt wurde. Es ist zu sehen, dass bei dieser Aufgabe 66,9 % aller Fehler den Verständnisfehlern zuzuordnen sind.

Die zweithäufigste Fehlerquelle sind die Rechenfehler mit 20,5 %. Im Vergleich zu allen anderen Aufgaben sind hier die Formelfehler mit 8,6 % ebenfalls erwähnenswert.

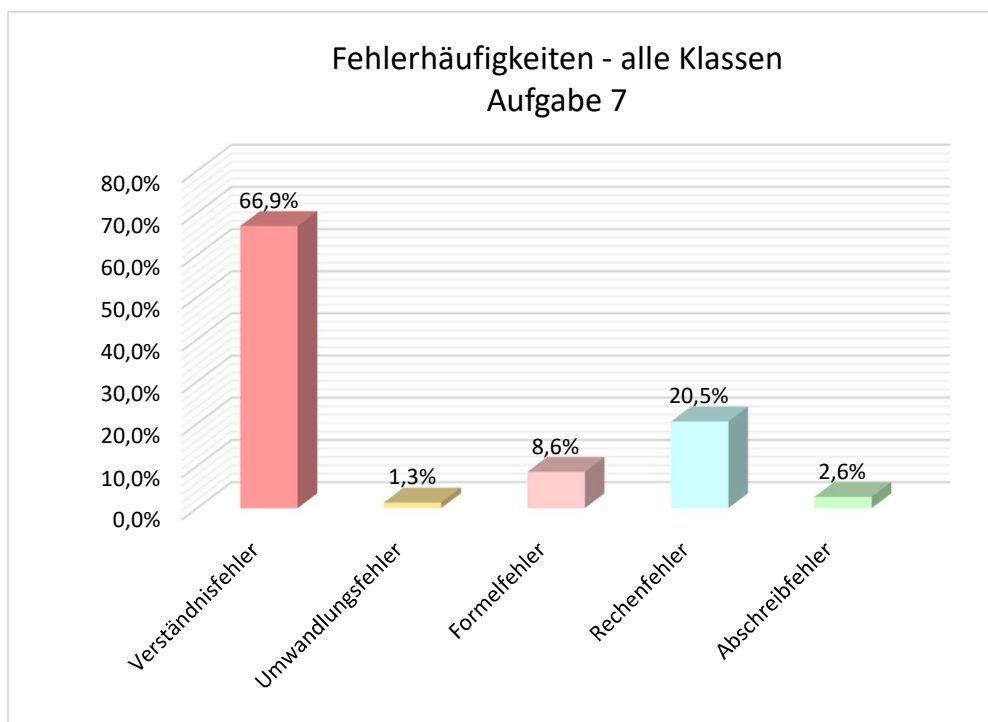


Abbildung 28: Fehlerhäufigkeit Aufgabe 7

Verständnisfehler

Aufgabe 7	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
$p = 15 \%$	48	47,5	8	44,4	4	20,0	9	69,2	7	53,8	3	75,0	6	60,0	1	11,1	10	71,4
5 % vom 1. Prozentwert berechnet	14	13,9	2	11,1	7	35,0	1	7,7	-	-	-	-	2	20,0	1	11,1	1	7,1
Prozentwert von 5 % ist das Endergebnis	10	9,9	2	11,1	4	20,0	1	7,7	-	-	-	-	1	10,0	2	22,2	-	-
Prozentwert von 15 % ist das Endergebnis	9	8,9	3	16,7	2	10,0	-	-	2	15,4	-	-	1	10,0	-	-	1	7,1
Aufgabenstellung nicht verstanden	8	7,9	1	5,6	1	5,0	-	-	-	-	1	25,0	-	-	3	33,3	2	14,3
Aufgabe zur Hälfte richtig gelöst	5	5,0	2	11,1	2	10,0	1	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 % vom neuen Verkaufspreis berechnet	2	2,0	-	-	-	-	1	7,7	-	-	-	-	-	-	1	11,1	-	-
Ausschließlich 5% berechnet	3	3,0	-	-	-	-	-	-	3	23,1	-	-	-	-	-	-	-	-
$p = 25 \%$	2	2,0	-	-	-	-	-	-	1	7,7	-	-	-	-	1	11,1	-	-
Summe	101	100,0	18	100,0	20	100,0	13	100,0	13	100,0	4	100,0	10	100,0	9	100,0	14	100,0

Tabelle 34: Verständnisfehler Aufgabe 7

Bei der Aufschlüsselung von Aufgabe 7 ist aus Tabelle 34 ersichtlich, dass der häufigste Verständnisfehler (47,5 %) auf dem zusammengefassten Prozentsatz von $p = 15 \%$ lag (siehe Abbildung 29). Das bedeutet, dass die Schüler*innen in diesem Fall die Prozentrechnungen nicht hintereinander durchgeführt haben, sondern alles zu einer einzelnen (falschen) Rechnung zusammengefasst haben. Dies zeigt auf, dass diese Kinder das Prinzip hinter einer mehrmaligen Vergünstigung nicht verstanden haben.

$A = \frac{p \cdot G}{100}$
 $A = \frac{15 \cdot 2600}{100} = 15 \cdot 26 = 390$ (with a red 'VF' correction over the 15)
 $2600 - 390 = 2210 \text{ €}$
 NR $\begin{array}{r} 26 \cdot 15 \\ 130 \\ 260 \\ \hline 390 \end{array}$
 A: Das Kabelstück kostet 2210 €.

Abbildung 29: Aufgabe 7 Lösung Schüler*in

Zudem ist neun dieser 48 Kinder der zusätzliche Fehler passiert, dass sie den Anteil von 15 % als das Endergebnis interpretiert haben (siehe Tabelle 33). Hier stellt sich nun die Frage, ob diese Kinder ihre Antwort reflektiert haben, da es praktisch nicht möglich ist, dass der neue Verkaufspreis weit weniger als die Hälfte des alten Verkaufspreises ausmacht.

Weiters haben vierzehn der 187 Schüler*innen die Prozentrechnungen zwar hintereinander ausgeführt, jedoch die 5 % vom Anteil von 10 % berechnet.

Außerdem haben acht Schüler*innen nicht nachvollziehbare Denkansätze ausprobiert, was auf fehlendes Verständnis hindeutet.

Umwandlungsfehler

Bei Aufgabe 7 ist zwei Schüler*innen beim Umwandeln der Prozent- in eine Dezimalzahl ein Fehler unterlaufen (siehe Anhang Tabelle 7.3). Wird diese Anzahl mit der gesamten Teilnehmer*innenzahl verglichen, ist dies ein verschwindend kleiner Anteil und demnach zu vernachlässigen.

Formelfehler

Wie aus Tabelle 35 hervorgeht, haben bei der Aufgabe 7 insgesamt 13 Schüler*innen die Formel zur Prozentrechnung aus dem Gedächtnis falsch wiedergegeben. Es ist davon auszugehen, dass diese 13 Schüler*innen der 187 Schüler*innen die Formel für die Prozentrechnung falsch gelernt haben. Das entspricht 6,9 % aller Teilnehmer*innen.

Aufgabe 7	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
$A = 100 \cdot p / G$	2 15,4	1 100,0	- -	- -	- -	1 100,0	- -	- -	- -
$A = G / p$	9 69,2	- -	2 50,0	1 100,0	3 100,0	- -	1 100,0	2 100,0	- -
$A = p \cdot G$	2 15,4	- -	2 50,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -
	13 100,0	1 100,0	4 100,0	1 100,0	3 100,0	1 100,0	1 100,0	2 100,0	0 -

Tabelle 35: *Formelfehler Aufgabe 7*

Rechenfehler

Aufgabe 7 barg ein großes Fehlerpotenzial bezüglich der Rechenfehler. Insgesamt 31 Fehler, also knapp 20,5 % aller Fehler der Kategorie (siehe Abbildung 28) „*Prozentrechnungen hintereinander ausführen können*“, lassen sich auf Rechenfehler zurückführen, wobei die Aufgabe 7 im Verhältnis zu anderen Aufgabenstellungen nochmals deutlich mehr Rechenfehler hervorbrachte (siehe Anhang). Eine mögliche Ursache hierfür könnte sein, dass mehr Rechenschritte zur Lösung dieser Aufgabe notwendig waren als bei anderen Fragestellungen. Zusätzlich war die Rechnung im Tausenderbereich angesiedelt, was für einige Schüler*innen ebenfalls eine Herausforderung darstellte.

Abschreibfehler

Die Abschreibfehler nehmen bei Aufgabe 7 nur einen sehr geringen Anteil ein, lediglich vier der 187 Teilnehmer*innen haben einen Übertragungsfehler begangen (siehe Anhang Tabelle 7.6). Daher ist diese Fehlerquelle zu vernachlässigen.

4.2.7 Teile eines Ganzen darstellen können

Aufgabe 4

In einer 300 g Tafel Vollmilkschokolade sind rund 90 g Kakao enthalten. Gib den relativen Anteil an Kakao als Bruch, als Dezimalzahl und in Prozent an!

Fehlerraten Aufgabe 4

Bei der Aufschlüsselung von Aufgabe 4 ist aus Abbildung 30 ersichtlich, dass im Schnitt die Anzahl an richtig gelösten Aufgaben recht hoch ist, da 42,8 % aller Schüler*innen die Aufgabe fehlerfrei gelöst haben. Besonders sticht jedoch die Klasse 2D heraus mit einer Fehlerrate von 72 % an Kindern, die die Aufgabe 4 falsch gelöst haben. Die Klasse der 2C hat ebenfalls im Vergleich zu den anderen Klassen eine hohe Fehlerrate, nämlich 65,4 %. Generell fallen die Häufigkeiten an richtig gelösten Aufgaben in Bezug auf die Kompetenz „*Teile eines Ganzen darstellen können*“ inhomogen aus, da diese im Bereich von 28 % bis 53,8 % liegen.

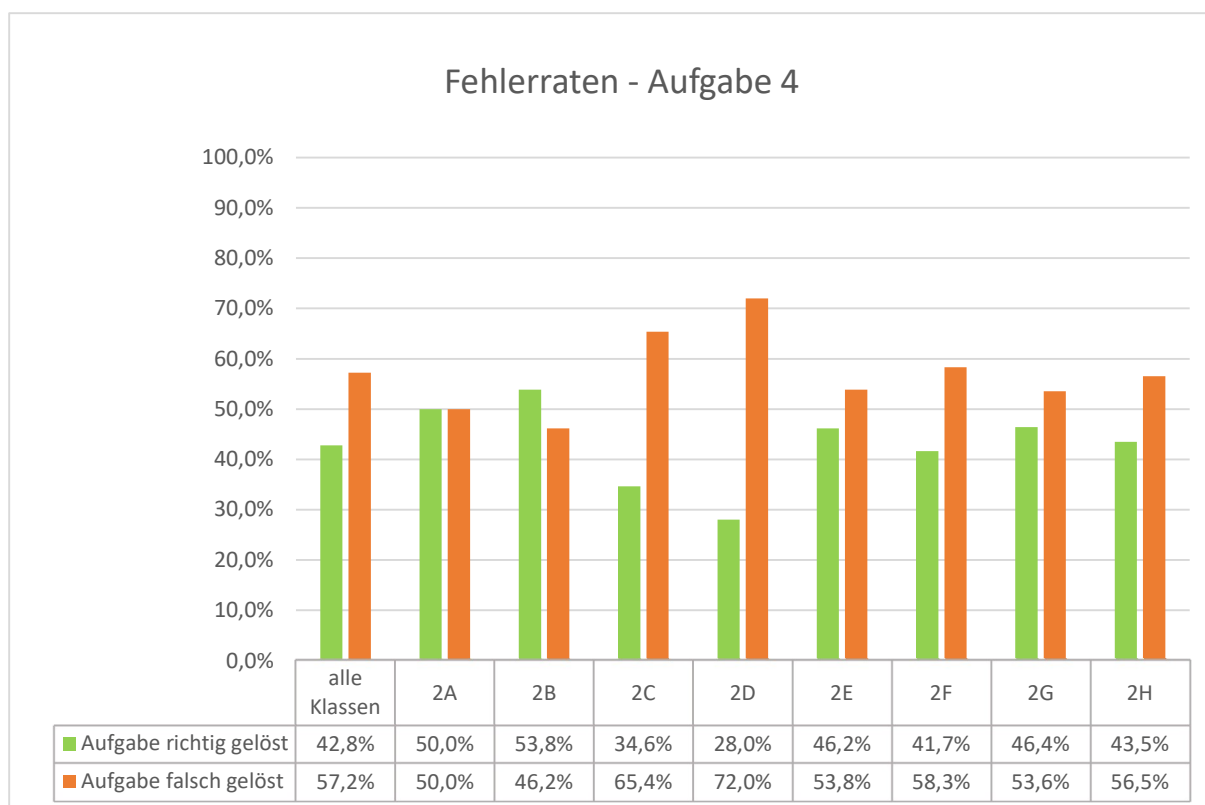


Abbildung 30: *Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 4*

Fehleranalyse „Teile eines Ganzen darstellen können“ (Aufgabe 4)

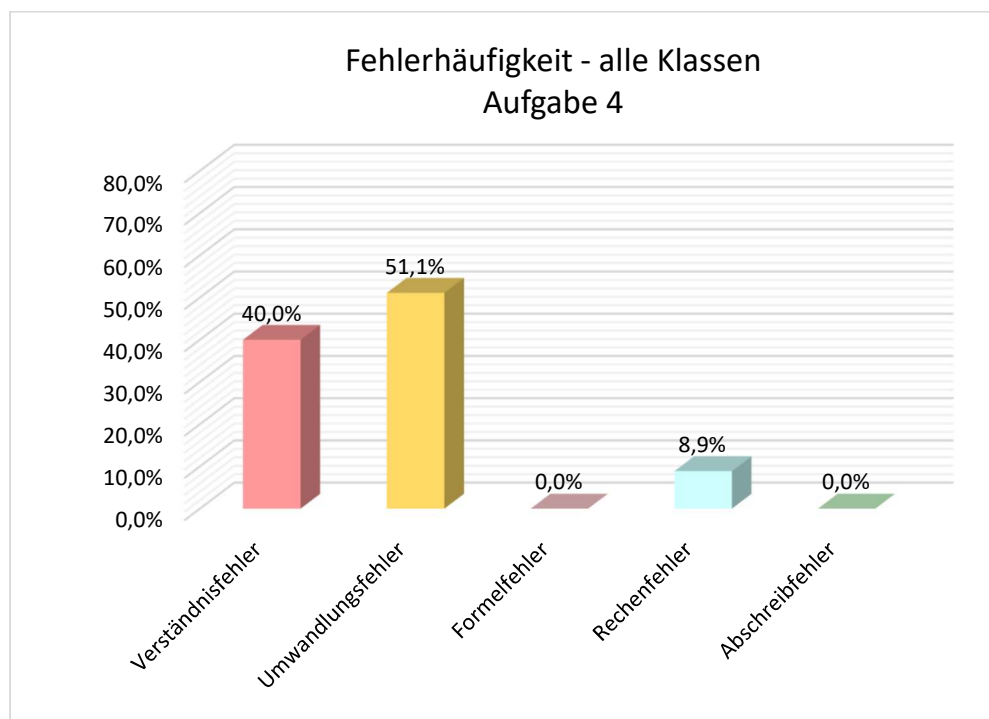


Abbildung 31: *Fehlerhäufigkeiten Aufgabe 4*

Abbildung 31 zeigt die Fehlerhäufigkeiten des Lernziels „*Teile eines Ganzen darstellen können*“, die bei der Untersuchung durch die Aufgabenstellung 4 abgefragt wurde. Es ist zu

sehen, dass bei dieser Aufgabe 51,1 % aller Fehler den Umwandlungsfehlern zuzuordnen sind. Dies liegt daran, dass bei dieser Aufgabenstellung speziell die Umwandlungskompetenz angesprochen wurde und dadurch sichtbar wurde, wo in diesem Bereich noch Schwierigkeiten liegen.

Die zweithäufigste Fehlerquelle sind die Verständnisfehler mit 40 %. Diese beiden Fehlerquellen machen bereits über 90 % aller Fehler aus. Der Rest wird von den Rechenfehlern mit einer Häufigkeit von 8,9 % abgedeckt.

Verständnisfehler

Tabelle 36 zeigt, dass bei Aufgabe 4 die häufigste Fehlerquelle nicht direkt im Bereich der Prozentrechnung lag, da hier die Angabe falsch interpretiert wurde und 15 der 187 Schüler*innen den eigentlichen Anteil mit dem Grundwert vertauscht haben. Zudem waren weitere 15 Kinder der Auffassung, dass die 90 g aus der Aufgabenstellung gleich 90 % zu setzen sind. Aus diesem Fehler geht hervor, dass das Prinzip, wie Teile eines Ganzen dargestellt werden können, nicht verstanden wurde. Zusätzlich zu diesen Fehlerquellen resultierten 16,7 % der Verständnisfehler daraus, dass die Schüler*innen die Aufgabenstellung nicht verstanden haben und aus diesem Grund nicht nachvollziehbare Denkansätze niedergeschrieben wurden.

Aufgabe 4	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
A und G vertauscht	15 41,7	2 50,0	2 28,6	2 66,7	4 50,0	- -	- -	1 16,7	4 80,0
90 g sind 90%	15 41,7	- -	5 71,4	- -	3 37,5	2 100,0	- -	4 66,7	1 20,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	6 16,7	2 50,0	- -	1 33,3	1 12,5	- -	1 100,0	1 16,7	- -
Summe	36 100,0	4 100,0	7 100,0	3 100,0	8 100,0	2 100,0	1 100,0	6 100,0	5 100,0

Tabelle 36: Verständnisfehler Aufgabe 4

Umwandlungsfehler

Aufgabe 4	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Bruch fehlt/falsch	25 54,3	1 50,0	2 100,0	3 42,9	1 100,0	2 66,7	9 52,9	2 50,0	5 50,0
Dezimalzahl fehlt/falsch	16 34,8	1 50,0	- -	3 42,9	- -	1 33,3	5 29,4	2 50,0	4 40,0
Prozentzahl fehlt/falsch	5 10,9	- -	- -	1 14,3	- -	- -	3 17,6	- -	1 10,0
	46 100,0	2 100,0	2 100,0	7 100,0	1 100,0	3 100,0	17 100,0	4 100,0	10 100,0

Tabelle 37: Umwandlungsfehler Aufgabe 4

Wie aus Tabelle 37 hervorgeht, haben 25 der 187 Schüler*innen die Bruchschreibweise entweder gar nicht oder falsch angegeben. Dies war ebenfalls bei der Dezimalzahl bei 16 Kindern der Fall. Erstaunlicherweise betraf diese Art des Umwandlungsfehlers lediglich fünf Kinder bei der Prozentzahl. Es kam auch vor, dass ein Kind nur die Prozentzahl richtig hatte,

da es diese mithilfe der Formel für die Prozentrechnung berechnet hatte, und der Rest der Aufgabenstellung fehlte oder falsch war. Die Gesamtzahl von 46 Umwandlungsfehlern zeigt, dass vor allem an dem zusammenhängenden Verständnis zwischen Bruch, Prozent- und Dezimalzahl intensiv gearbeitet werden muss.

Rechenfehler

Die Aufgabe 4 barg kein großes Fehlerpotenzial bezüglich der Rechenfehler. Insgesamt wurden acht Fehler begangen, was im Vergleich zu allen anderen Aufgabenstellungen eine verschwindend kleine Anzahl darstellt (siehe Anhang Tabelle 4.4). Dies liegt daran, dass hier weniger komplexe Rechenschritte gefordert waren.

4.3 Schließende Statistik

Aus den Aufgabenstellungen, den Erfahrungen aus meinem eigenen Unterricht sowie der Literatur ergaben sich nachstehende Fragestellungen.

4.3.1 Werden der Anteil (A) und der Grundwert (G) öfter vertauscht, wenn der Anteil größer als der Grundwert ist?

Um dies herauszufinden, wurden die Ergebnisse der Aufgabenteile 1.1 und 1.3 der Aufgabe 1 mithilfe des McNemar-Tests miteinander verglichen und analysiert. Bei dieser Aufgabe haben insgesamt 22 Schüler*innen die Aufgabenstellung nicht korrekt bearbeitet, da sie lediglich einzelne Kästchen ankreuzten. Aus diesem Grund liegt die Gesamtanzahl bei 165.

Die erste Aufgabenstellung fragte die Grundaufgabe „*Den Grundwert, Anteil und Prozentsatz erkennen können*“ ab.

Aufgabe 1

Gib den Grundwert (G), den Anteil (A) und den Prozentsatz (p) an.

		G	p	A
1.1	Von 28 Schüler*innen treiben 7 regelmäßig Sport. Das sind 25 %.			
1.2	20 % der 25 Schüler*innen der 4A tragen eine Brille. Das sind 5 Kinder.			
1.3	Die Gesamtschüler*innenanzahl ist von 304 auf 320 gestiegen. Das sind im Vergleich zum Vorjahr 105 %.			
1.4	Eine 0,6 l Flasche ist etwa zu $\frac{1}{3}$ voll, es befinden sich 0,2 l Apfelsaft darin.			

1.5	Beim Kauf einer Wohnung um 200 000 € müssen noch 3 % an den Makler gezahlt werden. Das sind 6 000 €.			
1.6	Der Wert eines Comic-Heftes ist in den letzten 15 Jahren von 4 € auf 16 € gestiegen. Das ist eine Steigerung auf 400 %.			

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	45	45
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	120	120
Gesamt	0	165	165

Tabelle 38: 2×2-Kontingenztafel Aufgabe 1 – alle Klassen

Auswertung:

Die Testgröße ist nach Tabelle 38 $\chi^2 = \frac{(45-0)^2}{45+0} = 45$.

Der zweiseitige p -Wert beträgt weniger als 0,0001, ist also kleiner als 0,05. Der p -Wert wurde mit dem McNemar-Test mit der Kontinuitätskorrektur berechnet.

Dieser Wert ist demnach hoch signifikant. Somit zeigt sich, dass ein Unterschied bei der Zuordnung der Größen von Anteil (A) und Grundwert (G) besteht, je nachdem, ob der Anteil (A) größer oder kleiner als der Grundwert (G) ist und dass diese Auffälligkeiten nicht auf zufällige Schwankungen zurückzuführen sind. Der Anteil (A) und der Grundwert (G) werden öfter vertauscht, wenn der Anteil (A) größer als der Grundwert (G) ist.

Mit diesem Wissen sollte vor allem beim Lehren dieser Grundwertaufgabe im Besonderen ein Augenmerk daraufgelegt werden, immer wieder zu betonen, dass der Anteil (A) nicht automatisch der kleinere Wert ist, nur weil es sich um den Anteil (A) handelt, sondern dass vor allem auf den Kontext und den Prozentsatz (p) zu achten ist. Eine weitere Möglichkeit wäre, Anteile als „Prozentwerte“ zu bezeichnen, um dem entgegenzuwirken, dass eine verfestigte Vorstellung von Prozentsätzen als Anteile entsteht.

4.3.2 Bringen überbestimmte Aufgaben im Vergleich zu anderen Aufgaben mehr Verständnisfehler hervor?

Um dies herauszufinden, wurde die Aufgabe 5, die eine überbestimmte Aufgabe ist, mit der Aufgabe 8, die keine überbestimmte Aufgabe ist, mithilfe des McNemar-Tests verglichen und analysiert.

Unter überbestimmten Aufgaben werden Aufgaben verstanden, die mehr Angaben als für die Bearbeitung notwendig enthalten.

Sowohl die fünfte als auch die achte Aufgabenstellung fragten die Grundaufgabe „Den Grundwert berechnen können“ ab.

Aufgabe 5

In Australien wurde der größte Burger der Welt hergestellt. Er wog insgesamt 96 kg. Faschiertes Fleisch enthält durchschnittlich 30 % Fett. Im australischen Riesenburger waren 24,3 kg reines Fett.

Wie viel Kilogramm Faschiertes waren in diesem Hamburger?

Aufgabe 8

Ein Hemd kostet inkl. 20 % Mehrwertsteuer 29,70 €.

- a.) Wie hoch ist der Nettopreis (ohne Mehrwertsteuer)?
- b.) Wie viel Euro macht die Mehrwertsteuer aus?

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	87	68	155
Aufgabe 5: kein VF	6	26	32
Gesamt	93	94	187

Tabelle 39: 2×2-Kontingenztafel Aufgabe 5 und Aufgabe 8 – alle Klassen

Auswertung:

Die Testgröße ist nach Tabelle 39 $\chi^2 = \frac{(68-6)^2}{68+6} = 51,945 \dots$

Der zweiseitige p -Wert beträgt weniger als 0,0001, ist also kleiner als 0,05. Der p -Wert wurde anhand des McNemar-Tests mit der Kontinuitätskorrektur berechnet.

Dieser Wert ist demnach hoch signifikant und somit zeigt sich, dass überbestimmte Aufgaben im Vergleich zu anderen Aufgaben mehr Verständnisfehler hervorbringen und diese Auffälligkeiten nicht auf zufällige Schwankungen zurückzuführen sind.

Mit diesem Ergebnis sollte vor allem beim Lehren jedes Stoffgebiets den Schüler*innen vermittelt werden, dass sie darauf achten sollen, welche Angaben zur Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendig sind. Sprachliche Barrieren spielen hier ebenfalls eine Rolle. Gegen diese sollte fächerübergreifend vorgegangen werden, denn die Lesekompetenz ist vor allem bei Textaufgaben durchwegs ein Problem und kommt nicht nur im Bereich der Prozentrechnung auf. Im Laufe der Jahre wurde durch die PISA-Studie immer wieder nachgewiesen, dass ein Viertel aller getesteten Schüler*innen über unterdurchschnittliche Lesekompetenzen verfügt (Aßmus, 2014, S. 117 ff.). Demzufolge kommt es vor allem mit zunehmendem Alter vermehrt zu Problemen in der Schule, da die Anforderungen beim Lesen in höheren Jahrgangsstufen immer komplexer und abstrakter werden (Drüke-Noe, 2012, S. 2 ff.).

Da Schulklassen im Allgemeinen sehr heterogen sind, gibt es erwartungsgemäß viele verschiedene Niveaus bezüglich des Leseverstehens innerhalb einer Klasse (Drüke-Noe, 2012). Im sprachsensiblen Mathematikunterricht sollte den Schüler*innen dennoch das Lesen komplexerer Texte zugemutet werden, dabei sollten sie aber sprachlich unterstützt werden, damit das Leseverstehen gelingen kann (Drüke-Noe, 2012, S. 2 ff.).

Eine Idee, um im Bereich des Mathematikunterrichts die mathematische Sprachkompetenz zu fördern beziehungsweise den Schüler*innen vor allem zu Beginn mit den Fachbegriffen in der Mathematik zu helfen, sind Vokabelwiederholungen wie in Englisch, nur dass in diesem Fall mathematische Fachbegriffe abgefragt werden. Diese sollten zuvor wie in einem Vokabelheft notiert und erklärt werden (Drüke-Noe, 2012, S. 2 ff.).

Ein Beispiel hierfür wäre:

Natürliche Zahlen	$\mathbb{N} = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots\}$	Alle positiven ganzen Zahlen und 0
<	$25 < 26$	kleiner
>	$100 > 1$	größer
Ungleichungskette	$1 < 3 < 8 < 10$	Der Größe nach geordnete Zahlen. Man beginnt mit der kleinsten Zahl.
Vorgänger	Vorgänger von 25 ist 24	die um 1 kleinere Zahl
Nachfolger	Nachfolger von 25 ist 26	die um 1 größere Zahl
Median	$3 < 4 < 6 < 8$ Median ist $5 = \frac{4+6}{2}$ $2 < 3 < 4 < 7 < 9$ Median ist 4	Die Zahl, die genau in der Mitte von den der Größe nach geordneten Zahlen liegt.

Dekadisches System	Zehn gleiche Einheiten ergeben die nächstgrößere Einheit	Unser Zahlensystem = Zehnersystem (Dezimalsystem)
Ziffer	0 bis 9	Ziffern sind die „Buchstaben“ der Zahlen.
Zahl	Die Zahl 351 besteht aus den Ziffern 3, 5 und 1	Eine Zahl besteht aus einer oder mehreren Ziffern.
Stellenwert	Bei der Zahl 351 3 = Hunderter (H) 5 = Zehner (Z) 1 = Einer (E)	Jede Ziffer in einer Zahl hat einen gewissen Stellenwert, der von der Position der Ziffer in der Zahl abhängt.
Dekadische Einheiten	Einer (E) Zehner (Z) Hunderter (H) Tausender (T) Zehntausender (ZT) Hunderttausender (HT) Millionen (M) Zehnmillionen (ZM) Hundertmillionen (HM) Milliarden (Md) ...	Jede Einheit ist 10-mal so groß wie die vorige Einheit.
Dezimalzahl = „Kommazahl“	1,50 €	Zahl mit einem Komma, links vom Komma stehen dekadische Einheiten, rechts vom Komma dezimale Einheiten.

Tabelle 40: *Vokabel Kapitel 1 – 1. Klasse*

4.3.3 Passieren mehr Rechenfehler, wenn sich die Zahlen im Hunderterbereich befinden statt im Zehnerbereich?

Um dies herauszufinden, wurde die Aufgabe 6 (Rechnung im Zehnerbereich) mit der Aufgabe 9 (Rechnung im Hunderterbereich) mithilfe des McNemar-Tests verglichen und analysiert.

Sowohl die sechste als auch die neunte Aufgabenstellung fragten die Grundaufgabe „*Den Prozentsatz berechnen können*“ ab.

Aufgabe 6

In einer Klasse sitzen 14 Jungs und 11 Mädchen. Berechne die relativen Anteile an Jungs und an Mädchen in Prozent!

Aufgabe 9

Bei einer Talentshow im Fernsehen stimmt das Publikum darüber ab, ob die Kandidat*innen in die nächste Runde kommen oder nicht. Erst wenn sie über 75 % aller Zuschauer*innen im Saal überzeugt haben, kommen sie weiter.

Kommt die Band The Franklins weiter, wenn 276 der 320 Zuschauer*innen für sie stimmen?

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	19	21	40
Aufgabe 9: kein RF	6	141	147
Gesamt	25	162	187

Tabelle 41: 2×2-Kontingenztafel Aufgabe 6 und Aufgabe 9 – alle Klassen

Auswertung:

Die Testgröße ist nach Tabelle 41 $\chi^2 = \frac{(21-6)^2}{21+6} = 8,3$.

Der zweiseitige p -Wert beträgt 0,0071, also ist er kleiner als 0,05. Der p -Wert wurde anhand des McNemar-Tests mit der Kontinuitätskorrektur berechnet.

Der Wert ist demnach statistisch hoch signifikant. Somit zeigt sich, dass mehr Rechenfehler passieren, wenn die Zahlen im Hunderterbereich liegen, als wenn sie im Zehnerbereich angesiedelt sind. Diese Auffälligkeiten sind nicht auf zufällige Schwankungen zurückzuführen.

Mit diesem Wissen sollte vor allem beim Üben von Divisionen darauf geachtet werden, dass genügend Zeit dafür aufgewendet wird, den Schritt von der Division im Zehnerbereich zur Division im Hunderterbereich zu üben. Der Einsatz von Technologie wäre eine andere moderne Variante, diesem Umstand zu begegnen.

5 Resümee

In insgesamt acht Klassen bearbeiteten 187 Schüler*innen zwölf Aufgabenstellungen, die sich in sieben Grundaufgaben kategorisieren lassen. Jede dieser Grundaufgaben wurde auf unterschiedliche Fehlerkategorien untersucht. In jedem Teilbereich der Prozentrechnung traten andere Verständnisfehler auf, was Anlass dazu gab, diese für jeden Grundaufgabenbereich genauer zu analysieren und zu kategorisieren. Im Vergleich dazu wurde beispielsweise auf die Art der Rechenfehler nicht genauer eingegangen, da von allen Fehlern die meisten Verständnisfehler waren.

Mit dem Erhalt der Untersuchungsergebnisse kann vor allem eines gesagt werden: Jede Klasse hat in einem anderen Bereich der Prozentrechnung mehr beziehungsweise weniger Fehler gemacht. Wird jedoch die Fehlerrate der Schüler*innen über alle Aufgabenstellungen insgesamt betrachtet, so ist ersichtlich, dass im Schnitt alle acht Klassen nahezu gleich viele Aufgaben richtig oder falsch gelöst haben (siehe Abbildung 32). Je nachdem, auf welchen Teilbereich die jeweilige Lehrperson den Fokus gelegt hat, ist dieser mit weniger Fehlern bearbeitet worden.

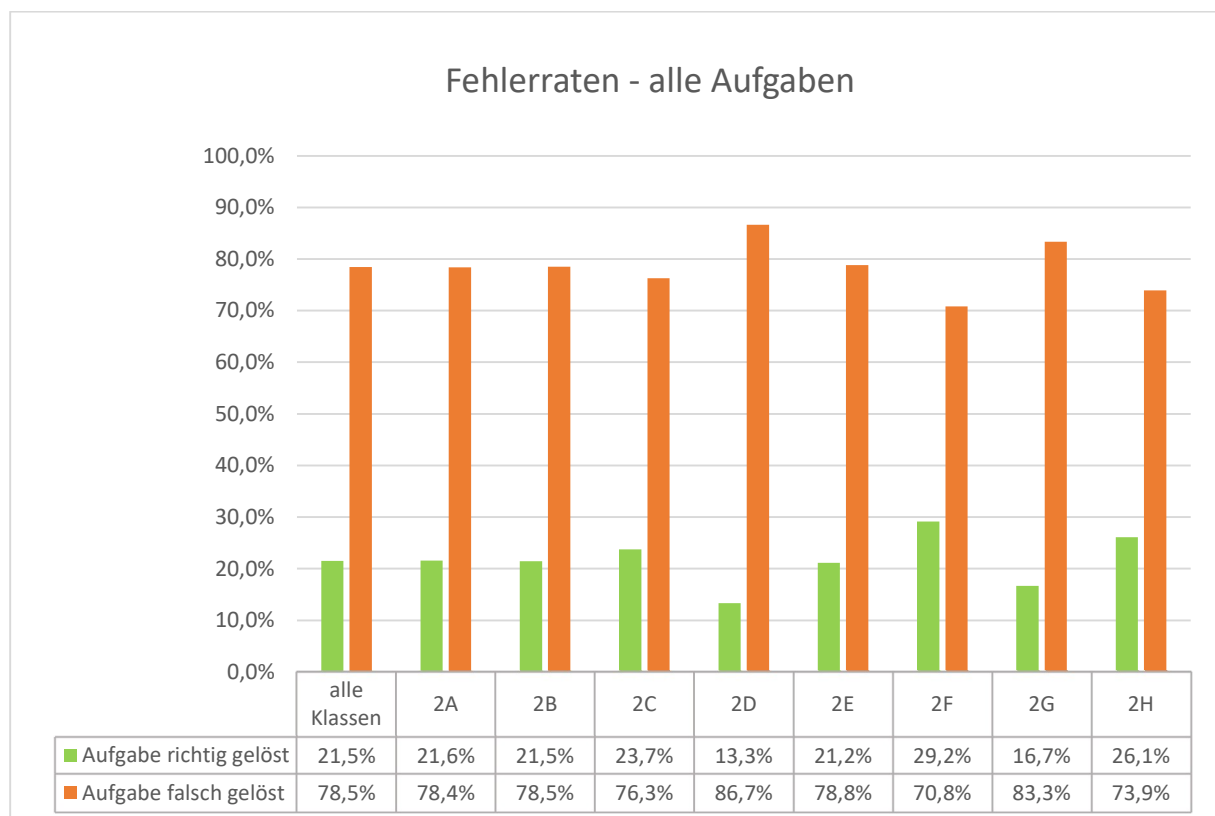


Abbildung 32: *Fehlerraten Schüler*innen alle Aufgaben*

Zusätzlich zu diesen Erkenntnissen wurde durch diese Arbeit, wie bereits in Abschnitt 4.2 erwähnt, statistisch nachgewiesen, dass

- 1.) der Anteil (A) und der Grundwert (G) öfter vertauscht werden, wenn der Anteil (A) größer als der Grundwert (G) ist,
- 2.) überbestimmte Aufgaben im Vergleich zu anderen Aufgaben mehr Verständnisfehler hervorbringen,
- 3.) mehr Rechenfehler passieren, wenn sich die Zahlen im Hunderterbereich anstatt im Zehnerbereich befinden.

Didaktische Ansätze, um den oben genannten Erkenntnissen positiv entgegenzuwirken, sind:

Ad 1.)

Es kommt immer wieder vor, dass ein Prozentsatz über 100 % vorzufinden ist. Liegt beispielsweise ein Prozentsatz von 400 % vor, wie bei 1.6 in der Aufgabe 1, so ist

$$400 \% = \frac{400}{100} = 4.$$

Der Grundwert wird also vervierfacht.

Allgemein bedeuten Prozentsätze, die größer als 100 % sind, dass in dem jeweiligen Sachverhalt ein Anteil (A) größer als der Grundwert (G) ist.

Um dies den Schüler*innen näher zu bringen, müssen diese Fälle explizit besprochen und häufig wiederholt und geübt werden. Das bedeutet, dass diese Fälle ebenfalls beim Erlernen der Prozentrechnung verbildlicht dargestellt werden sollten, damit auch visuelle Lerntypen besser das Verständnis erlangen, dass der Anteil (A) auch größer als der Grundwert (G) sein kann.

Am besten thematisiert die Lehrperson dies mit Beispielen aus der Welt der Schüler*innen, beispielsweise anhand einer Wertsteigerung eines Markenschuhs auf 400 % oder einer Preissteigerung von Tickets für die Fußball-EM, welche teurer über willhaben.at weiterverkauft werden.

Wie bereits in Unterabschnitt 4.3.1 erwähnt, wäre eine weitere Möglichkeit, die Anteile als ‚Prozentwerte‘ zu bezeichnen, um dem entgegenzuwirken, dass eine verfestigte Vorstellung von Prozenten als Anteile entsteht und demnach prinzipiell davon ausgegangen wird, dass der Anteil (A) automatisch der kleinere Wert ist.

Ad 2.)

Es ist bekannt, dass Schüler*innen oft Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Textaufgaben haben, wenn diese sowohl relevante als auch irrelevante Informationen beinhalten, da die

Schüler*innen in der Regel davon ausgehen, dass sie alle gegebenen Daten verwenden müssen (Streby, 1957, S. 79 ff.).

Eine Möglichkeit, diesem Problem entgegenzuwirken und somit den vermehrt auftretenden Verständnisfehlern (siehe Unterabschnitt 4.3.2) vorzubeugen, ist das Wegstreichen aller nicht notwendigen Informationen durch die Schüler*innen. Damit dies gelingen kann, müssen sich die Schüler*innen ausgiebig mit dem Text beschäftigen und wirklich verstehen, worum es geht und was gefragt ist. Die Schüler*innen können nämlich erst dann entscheiden, welche Informationen sie zum Lösen benötigen und welche nicht, wenn die Fragestellung klar ist (Martin, 2012, S. 20 ff.). Diese Vorgehensweise der Informationsreduzierung hilft den Schüler*innen dabei, die Textaufgabe richtig zu bearbeiten, da die Mathematisierung ohne Distraktoren leichter fällt (Schukajlow & Leiss, 2012, S. 26 ff.). Zu Beginn sollte die Lehrperson bei diesem Prozess unterstützend mitwirken und den Schüler*innen näherbringen, wie notwendige Daten aus Textangaben herausgefiltert werden (Streby, 1957, S. 79 ff.). Bei dieser Bearbeitungsstrategie von Textaufgaben ist das Ermitteln von Signalwörtern sehr wertvoll, da diese in der Regel auf relevante Angaben hinweisen (Aßmus, 2014, S. 117 ff.). Aus diesem Grund sollten die Schüler*innen bei der Bearbeitung einer Textaufgabe zuerst immer die Signalwörter in der Textaufgabe markieren, um so anschließend in der Lage sein zu können, die irrelevanten Informationen zu erkennen und aus der Textaufgabe zu streichen.

Ad 3.)

Um dieser Fehlerquelle entgegenzuwirken, wäre eine Möglichkeit das gezielte Üben von Rechnungen im Hunderter- beziehungsweise Tausenderbereich. Wie jedoch bereits in Unterabschnitt 4.3.3. erwähnt, wäre es im Sinne des modernen Zeitalters anzudenken, in diesen Fällen Technologieeinsatz zu erlauben, da es primär um den Erwerb der Fähigkeiten für die Prozentrechnung geht.

Zusammenfassend hat diese Arbeit dazu beigetragen, den Fokus der Unterrichtsgestaltung auf bestimmte Schwerpunkte zu lenken, um so häufig auftretenden Fehlerquellen gezielt entgegenwirken zu können.

Literaturverzeichnis

- Appell, K. (2004). Prozentrechnen: Formel, Dreisatz, Brüche und Operatoren. *Der Mathematik-Unterricht*, 50(6), S. 23–32.
- Aßmus, M. (2014). „Ich konnte Mathe super – bis die Worte dazukamen“: Förderung von Lesekompetenz im Mathematikunterricht in einer Klasse Fünf. In V. Eisenbraun, & S. Uhl (Hrsg.), *Geschlecht und Vielfalt in Schule und Lehrerbildung* (S. 117–130). Münster: Waxmann.
- Berger, R. (1989). *Prozent- und Zinsrechnen in der Hauptschule: Didaktische Analysen und empirische Ergebnisse zu Schwierigkeiten, Lösungsverfahren und Selbstkorrekturverhalten der Schüler am Ende der Hauptschulzeit*. Regensburg: Roderer.
- Blum, W., & vom Hofe, R. (2003). Welche Grundvorstellungen stecken in der Aufgabe? *Mathematik Lehren*, 118, 14–18.
- Buchholtz, N., Schwarz, B., Kaiser, G., Biehler, R., & Blum, W. (2016). Eine Analyse der sogenannten Schlussrechnung – Die Relevanz der Ansätze von Arnold Kirsch für aktuelle Lernprozesse in der Lehrerbildung. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 37(1), 31–53. <https://doi.org/10.1007/s13138-016-0090-8>
- Dorfmayr, A., Mistelbacher, A., & Sator, K. (2021). *Thema Mathematik 2*. Linz und Wien: Veritas und Ed. Hölzel Verlag.
- Drücke-Noe, C. (2012). Leseverstehen – mit Sprache muss man rechnen. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 46(54), 2–11.

- Feijs, E., Figueiredo, N., Gravemeijer, K., van Herpen, E., & Keijzer, R. (2008). *Fractions, Percentages, Decimals and Proportions: A Learning-Teaching Trajectory for Grade 4, 5 and 6*. Sense Publishers.
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5313335>
- Friedl, M. (2008). Prozentrechnung – (k)ein Buch mit sieben Siegeln? Anregungen zum Lernen und Üben. *Lernchancen*, 61–62, 30–38.
- Griesel, H., vom Hofe, R., & Blum, W. (2019). Das Konzept der Grundvorstellungen im Rahmen der mathematischen und kognitionspsychologischen Begrifflichkeit in der Mathematikdidaktik. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 40(1), 123–133.
<https://doi.org/10.1007/s13138-019-00140-4>
- Gudladt, P. (2021). *Inhaltliche Zugänge zu Anteilsvergleichen im Kontext des Prozentbegriffs: Theoretische Grundlagen und eine Fallstudie*. Wiesbaden: Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-32447-6>
- Hafner, T. (2009). *Proportionalität und Prozentrechnung: Längsschnittliche Entwicklung elementarer Modellierungskompetenzen*. Universitätsbibliothek Dortmund.
<http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-13305>
- Hafner, T. (2012). *Proportionalität und Prozentrechnung in der Sekundarstufe I: Empirische Untersuchung und didaktische Analysen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
<https://doi.org/10.1007/978-3-8348-8668-2>
- Hemmerich, W. (2023). *StatistikGuru: McNemar-Test*. Abgerufen von <https://statistikguru.de/lexikon/mcnemar-test.html>
- Martin, C. (2012). Probleme mit der Allgemeinsprache in Textaufgaben bei Lernenden mit Deutsch als Zweitsprache (DaZ). *Praxis der Mathematik in der Schule*, 46(54), 20–25.
- Meierhöfer, B. (2000). Einführung in den Prozentbegriff. *Lernchancen*, 17, 10–16.

- Meißner, H. (1982). Eine Analyse zur Prozentrechnung. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 2(3), 121–144. <https://doi.org/10.1007/BF03338662>
- Parker, M., & Leinhardt, G. (1995). Percent: A privileged proportion. *Review of Educational Research*, 65(4), 421–481.
- Pöhler, B. (2018). *Konzeptuelle und lexikalische Lernpfade und Lernwege zu Prozenten: Eine Entwicklungsstudie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21375-6>
- Römer, M. (2008). Prozentrechnung – Ein Plädoyer für den Dreisatz. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 50(24), 37–41.
- Scholz, D. (2003). Prozentrechnung in Klasse 7. In H.-W. Henn, & K. Maaß (Hrsg.), *Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht* (S. 16–34). Hildesheim: Franzbecker.
- Schukajlow, S., & Leiss, D. (2012). Die Mapping-Technik als Hilfe in einem Mathematikunterricht mit anspruchsvollen Leseanforderungen. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 46(54), 26–31.
- Sill, H.-D. (2010). Probleme im Umgang mit Prozenten. In W. Herget, & K. Richter (Hrsg.), *Mathematische Kompetenzen entwickeln und erfassen: Festschrift für Werner Walsch zum 80. Geburtstag* (S. 37–149). Hildesheim: Franzbecker.
- Streby, G. W. (1957). Reading in Mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 4(2), 79–81.
- vom Hofe, R. (1995). *Grundvorstellungen mathematischer Inhalte*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>von-Hundert-Vorstellung (40 %)</i>	6
Abbildung 2: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 1</i>	18
Abbildung 3: <i>Fehlerhäufigkeiten mit der Grundgesamtheit aller aufgetretenen Fehler Aufgabe 1</i>	19
Abbildung 4: <i>Aufgabe 1 Lösung Schüler*in</i>	20
Abbildung 5: <i>Aufgabe 1 Lösung Schüler*in</i>	21
Abbildung 6: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 6</i>	22
Abbildung 7: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 9</i>	23
Abbildung 8: <i>Fehlerhäufigkeiten Aufgabe 6 & 9</i>	24
Abbildung 9: <i>Aufgabe 6 Lösung Schüler*in 1</i>	25
Abbildung 10: <i>Aufgabe 6 Lösung Schüler*in 2</i>	26
Abbildung 11: <i>Aufgabe 9 Lösung Schüler*in</i>	27
Abbildung 12: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 2</i>	29
Abbildung 13: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 10</i>	30
Abbildung 14: <i>Fehlerhäufigkeiten Aufgaben 2 & 10</i>	31
Abbildung 15: <i>Aufgabe 2 Lösung Schüler*in</i>	32
Abbildung 16: <i>Aufgabe 10 Lösung Schüler*in</i>	33
Abbildung 17: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 5</i>	36
Abbildung 18: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 8</i>	37
Abbildung 19: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 11</i>	38
Abbildung 20: <i>Fehlerhäufigkeiten Aufgabe 5, 8 & 11</i>	39
Abbildung 21: <i>Aufgabe 5 Lösung Schüler*in</i>	40
Abbildung 22: <i>Aufgabe 8 Lösung Schüler*in</i>	41
Abbildung 23: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 3</i>	44
Abbildung 24: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 12</i>	45
Abbildung 25: <i>Fehlerhäufigkeiten 3 & 12</i>	46
Abbildung 26: <i>Aufgabe 3 Lösung Schüler*in</i>	47
Abbildung 27: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 7</i>	49
Abbildung 28: <i>Fehlerhäufigkeit Aufgabe 7</i>	50
Abbildung 29: <i>Aufgabe 7 Lösung Schüler*in</i>	51
Abbildung 30: <i>Fehlerraten Schüler*innen Aufgabe 4</i>	53
Abbildung 31: <i>Fehlerhäufigkeiten Aufgabe 4</i>	53
Abbildung 32: <i>Fehlerraten Schüler*innen alle Aufgaben</i>	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: <i>2×2-Kontingenztafel allgemein</i>	15
Tabelle 2: <i>Fragebogenstatistik</i>	16
Tabelle 3: <i>Fehleranalyse alle Klassen</i>	17
Tabelle 4: <i>Verständnisfehler Aufgabe 1</i>	20
Tabelle 5: <i>Umwandlungsfehler Aufgabe 1</i>	21
Tabelle 6: <i>Abschreibfehler Aufgabe 1</i>	22
Tabelle 7: <i>Verständnisfehler Aufgabe 6</i>	25
Tabelle 8: <i>Verständnisfehler Aufgabe 9</i>	26
Tabelle 9: <i>Umwandlungsfehler Aufgabe 6</i>	27
Tabelle 10: <i>Formelfehler Aufgabe 6</i>	27
Tabelle 11: <i>Formelfehler Aufgabe 9</i>	27
Tabelle 12: <i>Rechenfehler Aufgabe 6</i>	28
Tabelle 13: <i>Rechenfehler Aufgabe 9</i>	28
Tabelle 14: <i>Abschreibfehler Aufgabe 6</i>	28
Tabelle 15: <i>Abschreibfehler Aufgabe 9</i>	28
Tabelle 16: <i>Verständnisfehler Aufgabe 2</i>	32
Tabelle 17: <i>Verständnisfehler Aufgabe 10</i>	33
Tabelle 18: <i>Umwandlungsfehler Aufgabe 10</i>	33
Tabelle 19: <i>Formelfehler Aufgabe 2</i>	34
Tabelle 20: <i>Formelfehler Aufgabe 10</i>	34
Tabelle 21: <i>Rechenfehler Aufgabe 2</i>	34
Tabelle 22: <i>Rechenfehler Aufgabe 10</i>	34
Tabelle 23: <i>Abschreibfehler Aufgabe 2</i>	35
Tabelle 24: <i>Abschreibfehler Aufgabe 10</i>	35
Tabelle 25: <i>Verständnisfehler Aufgabe 5</i>	39
Tabelle 26: <i>Verständnisfehler Aufgabe 8</i>	40
Tabelle 27: <i>Verständnisfehler Aufgabe 11</i>	41
Tabelle 28: <i>Rechenfehler Aufgabe 5</i>	42
Tabelle 29: <i>Rechenfehler Aufgabe 8</i>	42
Tabelle 30: <i>Rechenfehler Aufgabe 11</i>	43
Tabelle 31: <i>Verständnisfehler Aufgabe 3</i>	46
Tabelle 32: <i>Verständnisfehler Aufgabe 12</i>	47
Tabelle 33: <i>Formelfehler Aufgabe 12</i>	48
Tabelle 34: <i>Verständnisfehler Aufgabe 7</i>	50
Tabelle 35: <i>Formelfehler Aufgabe 7</i>	52

Tabelle 36: <i>Verständnisfehler Aufgabe 4</i>	54
Tabelle 37: <i>Umwandlungsfehler Aufgabe 4</i>	54
Tabelle 38: <i>2×2-Kontingenztafel Aufgabe 1 – alle Klassen</i>	56
Tabelle 39: <i>2×2-Kontingenztafel Aufgabe 5 und Aufgabe 8 – alle Klassen</i>	57
Tabelle 40: <i>Vokabel Kapitel 1 – 1. Klasse</i>	59
Tabelle 41: <i>2×2-Kontingenztafel Aufgabe 6 und Aufgabe 9 – alle Klassen</i>	60

Anhang

Auswertungen Aufgabe 1

Aufgabe 1	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Aufgabe nicht bearbeitet	2	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3,6	1	4,3
Aufgabe bearbeitet	185	98,9	22	100,0	26	100,0	26	100,0	25	100,0	13	100,0	24	100,0	27	96,4	22	95,7
Summe	187	100,0	22	100,0	26	100,0	26	100,0	25	100,0	13	100,0	24	100,0	28	100,0	23	100,0

Tabelle 1.1: Analyse Aufgabe 1

Aufgabe 1	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
A und G vertauscht, wenn $A > G$	47	39,5	9	50,0	8	44,4	5	35,7	8	36,4	2	66,7	7	43,8	5	31,3	3	25,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	27	22,7	2	11,1	-	-	-	-	5	22,7	1	33,3	5	31,3	8	50,0	6	50,0
p mit A bzw. G vertauscht	18	15,1	3	16,7	6	33,3	3	21,4	2	9,1	-	-	2	12,5	1	6,3	1	8,3
In Angabe %-Satz als Bruch dargestellt	9	7,6	-	-	2	11,1	4	28,6	2	9,1	-	-	-	-	-	-	1	8,3
Überbestimmte Aufgabe nicht verstanden	8	6,7	2	11,1	1	5,6	-	-	3	13,6	-	-	-	-	1	6,3	1	8,3
A und G vertauscht	6	5,0	1	5,6	-	-	1	7,1	1	4,5	-	-	2	12,5	1	6,3	-	-
$A = G - A$	3	2,5	1	5,6	1	5,6	-	-	1	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Nicht verstanden, wenn $p > 100\%$	1	0,8	-	-	-	-	1	7,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	119	100,0	18	100,0	18	100,0	14	100,0	22	100,0	3	100,0	16	100,0	16	100,0	12	100,0

Tabelle 1.2: Verständnisfehler Aufgabe 1

Aufgabe 1	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Bruch falsch umgewandelt	116	8	21	19	22	9	9	16	12
Summe	116	8	21	19	22	9	9	16	12

Tabelle 1.3: Umwandlungsfehler Aufgabe 1

Aufgabe 1	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Übertragungsfehler	20	0	5	3	3	1	6	1	1
Summe	20	0	5	3	3	1	6	1	1

Tabelle 1.4: Abschreibfehler Aufgabe 1

Auswertungen Aufgabe 2

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	33 17,6	5 22,7	2 7,7	6 23,1	12 48,0	3 23,1	1 4,2	2 7,1	2 8,7
Aufgabe bearbeitet	154 82,4	17 77,3	24 92,3	20 76,9	13 52,0	10 76,9	23 95,8	26 92,9	21 91,3
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 2.1: Analyse Aufgabe 2

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Gesamtanzahl nicht berechnet	38 67,9	3 37,5	7 63,6	4 57,1	3 60,0	- -	1 20,0	13 100,0	7 100,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	6 10,7	- -	1 9,1	2 28,6	2 40,0	- -	1 20,0	- -	- -
G und p addiert um A zu berechnen	4 7,1	3 37,5	- -	- -	- -	- -	1 20,0	- -	- -
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	2 3,6	1 12,5	1 9,1	- -	- -	- -	- -	- -	- -
p von Männern und Frauen verwechselt	2 3,6	1 12,5	- -	- -	- -	- -	1 20,0	- -	- -
Normalgewichtige Personen berechnet	2 3,6	- -	2 18,2	- -	- -	- -	- -	- -	- -
G addiert und A mit p-Männer berechnet	1 1,8	- -	- -	1 14,3	- -	- -	- -	- -	- -
G und p vertauscht	1 1,8	- -	- -	- -	- -	- -	1 20,0	- -	- -
Summe	56 100,0	8 100,0	11 100,0	7 100,0	5 100,0	0 -	5 100,0	13 100,0	7 100,0

Tabelle 2.2: Verständnisfehler Aufgabe 2

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
$A = G * 100 / p$	5 38,5	1 50,0	0 -	- -	2 66,7	- -	1 100,0	- -	1 50,0
$A = p * 100 / G$	3 23,1	1 50,0	0 -	- -	1 33,3	1 50,0	- -	- -	- -
$A = G / p * 100$	5 38,5	- -	3 100,0	- -	- -	1 50,0	- -	- -	1 50,0
Summe	13 100,0	2 100,0	3 100,0	0 -	3 100,0	2 100,0	1 100,0	0 -	2 100,0

Tabelle 2.3: Formelfehler Aufgabe 2

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	23	4	3	3	1	3	2	5	2
Summe	23	4	3	3	1	3	2	5	2

Tabelle 2.4: Rechenfehler Aufgabe 2

Aufgabe 2	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	2	-	1	-	-	-	-	1	-
Summe	2	0	1	0	0	0	0	1	0

Tabelle 2.5: Abschreibfehler Aufgabe 2

Auswertungen Aufgabe 3

Aufgabe 3	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	33 17,6	5 22,7	1 3,8	2 7,7	7 28,0	4 30,8	3 12,5	7 25,0	4 17,4
Aufgabe bearbeitet	154 82,4	17 77,3	25 96,2	24 92,3	18 72,0	9 69,2	21 87,5	21 75,0	19 82,6
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 3.1: Analyse Aufgabe 3

Aufgabe 3	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Auszahlung als Gewinn definiert	78 77,2	5 55,6	14 82,4	15 83,3	6 60,0	3 60,0	9 64,3	15 93,8	11 91,7
G berechnet und nicht A	19 18,8	3 33,3	2 11,8	2 11,1	4 40,0	2 40,0	5 35,7	- -	1 8,3
Aufgabenstellung nicht verstanden	2 2,0	1 11,1	- -	- -	- -	- -	- -	1 6,3	- -
p falsch definiert	2 2,0	- -	1 5,9	1 5,6	- -	- -	- -	- -	- -
Summe	101 100,0	9 100,0	17 100,0	18 100,0	10 100,0	5 100,0	14 100,0	16 100,0	12 100,0

Tabelle 3.2: Verständnisfehler Aufgabe 3

Aufgabe 3	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$A = p * 100 / G$	5	2	0	0	0	1	2	0	0
	5	2	0	0	0	1	2	0	0

Tabelle 3.3: Formelfehler Aufgabe 3

Aufgabe 3	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	20	1	4	4	4	-	2	1	4
Summe	20	1	4	4	4	0	2	1	4

Tabelle 3.4: Rechenfehler Aufgabe 3

Aufgabe 3	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	2	-	-	1	1	-	-	-	-
	2	0	0	1	1	0	0	0	0

Tabelle 3.5: Abschreibfehler Aufgabe 3

Auswertungen Aufgabe 4

Aufgabe 4	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	37 19,8	3 13,6	3 11,5	7 26,9	9 36,0	3 23,1	2 8,3	7 25,0	3 13,0
Aufgabe bearbeitet	150 80,2	19 86,4	23 88,5	19 73,1	16 64,0	10 76,9	22 91,7	21 75,0	20 87,0
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 4.1: Analyse Aufgabe 4

Aufgabe 4	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
A und G vertauscht	15 41,7	2 50,0	2 28,6	2 66,7	4 50,0	- -	- -	1 16,7	4 80,0
90 g sind 90%	15 41,7	- -	5 71,4	- -	3 37,5	2 100,0	- -	4 66,7	1 20,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	6 16,7	2 50,0	- -	1 33,3	1 12,5	- -	1 100,0	1 16,7	- -
Summe	36 100,0	4 100,0	7 100,0	3 100,0	8 100,0	2 100,0	1 100,0	6 100,0	5 100,0

Tabelle 4.2: Verständnisfehler Aufgabe 4

Aufgabe 4	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Bruch fehlt/falsch	25 54,3	1 50,0	2 100,0	3 42,9	1 100,0	2 66,7	9 52,9	2 50,0	5 50,0
Dezimalzahl fehlt/falsch	16 34,8	1 50,0	- -	3 42,9	- -	1 33,3	5 29,4	2 50,0	4 40,0
Prozentzahl fehlt/falsch	5 10,9	- -	- -	1 14,3	- -	- -	3 17,6	- -	1 10,0
Summe	46 100,0	2 100,0	2 100,0	7 100,0	1 100,0	3 100,0	17 100,0	4 100,0	10 100,0

Tabelle 4.3: Umwandlungsfehler Aufgabe 4

Aufgabe 4	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	8	3	-	1	2	-	1	1	-
Summe	8	3	0	1	2	0	1	1	0

Tabelle 4.4: Rechenfehler Aufgabe 4

Auswertungen Aufgabe 5

Aufgabe 5	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	80 42,8	11 50,0	6 23,1	11 42,3	18 72,0	10 76,9	4 16,7	11 39,3	9 39,1
Aufgabe bearbeitet	107 57,2	11 50,0	20 76,9	15 57,7	7 28,0	3 23,1	20 83,3	17 60,7	14 60,9
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 5.1: Analyse Aufgabe 5

Aufgabe 5	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Überbestimmte Aufgabe nicht verstanden	66 50,4	6 46,2	13 50,0	9 45,0	7 70,0	- -	10 47,6	13 52,0	8 53,3
A statt G berechnet	62 47,3	7 53,8	12 46,2	11 55,0	3 30,0	- -	11 52,4	12 48,0	6 40,0
Prozentsatz berechnet	3 2,3	- -	1 3,8	- -	- -	1 100,0	- -	- -	1 6,7
Summe	131 100,0	13 100,0	26 100,0	20 100,0	10 100,0	1 100,0	21 100,0	25 100,0	15 100,0

Tabelle 5.2: Verständnisfehler Aufgabe 5

Aufgabe 5	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	14	1	5	1	1	-	1	4	1
Summe	14	1	5	1	1	0	1	4	1

Tabelle 5.3: Rechenfehler Aufgabe 5

Aufgabe 5	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	1	-	1	-	0	-	-	-	-
Summe	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabelle 5.4: Abschreibfehler Aufgabe 5

Auswertungen Aufgabe 6

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	43 23,0	3 13,6	3 11,5	6 23,1	7 28,0	5 38,5	1 4,2	14 50,0	4 17,4
Aufgabe bearbeitet	144 77,0	19 86,4	23 88,5	20 76,9	18 72,0	8 61,5	23 95,8	14 50,0	19 82,6
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 6.1: Analyse Aufgabe 6

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Ergebnis nicht zuordenbar	15 42,9	3 42,9	2 33,3	3 42,9	1 33,3	2 50,0	- -	2 50,0	2 50,0
G falsch ermittelt	12 34,3	2 28,6	3 50,0	1 14,3	2 66,7	2 50,0	- -	- -	2 50,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	3 8,6	1 14,3	- -	- -	- -	- -	- -	2 50,0	- -
Sowohl G, A und p falsch ermittelt	3 8,6	- -	1 16,7	2 28,6	- -	- -	- -	- -	- -
Aufgabe zur Hälfte richtig gelöst	2 5,7	1 14,3	- -	1 14,3	- -	- -	- -	- -	- -
Summe	35 100,0	7 100,0	6 100,0	7 100,0	3 100,0	4 100,0	0 -	4 100,0	4 100,0

Tabelle 6.2: Verständnisfehler Aufgabe 6

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ergebnis nicht in Prozent	4	-	-	1	1	-	2	-	-
Summe	4	0	0	1	1	0	2	0	0

Tabelle 6.3: Umwandlungsfehler Aufgabe 6

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$p = G / A$	2	-	1	-	-	-	-	-	1
Summe	2	0	1	0	0	0	0	0	1

Tabelle 6.4: Formelfehler Aufgabe

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	25	4	5	6	-	-	4	4	2
Summe	25	4	5	6	0	0	4	4	2

Tabelle 6.5: Rechenfehler Aufgabe 6

Aufgabe 6	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Angabe vertauscht	3	-	1	-	-	-	2	-	-
Summe	3	0	1	0	0	0	2	0	0

Tabelle 6.6: Abschreibfehler Aufgabe 6

Auswertungen Aufgabe 7

Aufgabe 7	alle Klassen		2A		2B		2C		2D		2E		2F		2G		2H	
	Anzahl	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Aufgabe nicht bearbeitet	47	25,1	6	27,3	1	3,8	6	23,1	11	44,0	7	53,8	4	16,7	9	32,1	3	13,0
Aufgabe bearbeitet	140	74,9	16	72,7	25	96,2	20	76,9	14	56,0	6	46,2	20	83,3	19	67,9	20	87,0
Summe	187	100,0	22	100,0	26	100,0	26	100,0	25	100,0	13	100,0	24	100,0	28	100,0	23	100,0

Tabelle 7.1: Analyse Aufgabe 7

Aufgabe 7	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
$p = 15\%$	48 47,5	8 44,4	4 20,0	9 69,2	7 53,8	3 75,0	6 60,0	1 11,1	10 71,4
5 % vom 1. Prozentwert berechnet	14 13,9	2 11,1	7 35,0	1 7,7	- -	- -	2 20,0	1 11,1	1 7,1
Prozentwert von 5 % ist das Endergebnis	10 9,9	2 11,1	4 20,0	1 7,7	- -	- -	1 10,0	2 22,2	- -
Prozentwert von 15 % ist das Endergebnis	9 8,9	3 16,7	2 10,0	- -	2 15,4	- -	1 10,0	- -	1 7,1
Aufgabenstellung nicht verstanden	8 7,9	1 5,6	1 5,0	- -	- -	1 25,0	- -	3 33,3	2 14,3
Aufgabe zur Hälfte richtig gelöst	5 5,0	2 11,1	2 10,0	1 7,7	- -	- -	- -	- -	- -
15 % vom neuen Verkaufspreis berechnet	2 2,0	- -	- -	1 7,7	- -	- -	- -	1 11,1	- -
Ausschließlich 5% berechnet	3 3,0	- -	- -	- -	3 23,1	- -	- -	- -	- -
$p = 25\%$	2 2,0	- -	- -	- -	1 7,7	- -	- -	1 11,1	- -
Summe	101 100,0	18 100,0	20 100,0	13 100,0	13 100,0	4 100,0	10 100,0	9 100,0	14 100,0

Tabelle 7.2: Verständnisfehler Aufgabe 7

Aufgabe 7	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Prozent falsch umgewandelt	2	-	1	-	1	-	-	-	-
	2	0	1	0	1	0	0	0	0

Tabelle 7.3: Umwandlungsfehler Aufgabe 7

Aufgabe 7	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
$A = 100 \cdot p / G$	2 15,4	1 100,0	- -	- -	- -	1 100,0	- -	- -	- -
$A = G / p$	9 69,2	- -	2 50,0	1 100,0	3 100,0	- -	1 100,0	2 100,0	- -
$A = p \cdot G$	2 15,4	- -	2 50,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -
	13 100,0	1 100,0	4 100,0	1 100,0	3 100,0	1 100,0	1 100,0	2 100,0	0 -

Tabelle 7.4: Formelfehler Aufgabe 7

Aufgabe 7	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Richtiger Ansatz / Rechenfehler	31	-	8	3	3	1	4	6	6
Summe	31	0	8	3	3	1	4	6	6

Tabelle 7.5: Rechenfehler Aufgabe 7

Aufgabe 7	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	4	-	1	-	1	-	-	1	1
	4	0	1	0	1	0	0	1	1

Tabelle 7.6: Abschreibfehler Aufgabe 7

Auswertungen Aufgabe 8

Aufgabe 8	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	66 35,3	7 31,8	6 23,1	7 26,9	16 64,0	7 53,8	9 37,5	9 32,1	5 21,7
Aufgabe bearbeitet	121 64,7	15 68,2	20 76,9	19 73,1	9 36,0	6 46,2	15 62,5	19 67,9	18 78,3
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 8.1: Analyse Aufgabe 8

Aufgabe 8	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Bruttopreis mit 100 % definiert	45 61,6	2 100,0	11 73,3	13 100,0	4 57,1	1 25,0	8 88,9	3 25,0	3 27,3
MwSt falsch ermittelt	15 20,5	- -	- -	- -	3 42,9	3 75,0	- -	3 25,0	6 54,5
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	6 8,2	- -	- -	- -	- -	- -	- -	6 50,0	- -
falscher Rechenansatz	4 5,5	- -	2 13,3	- -	- -	- -	1 11,1	- -	1 9,1
Bruttopreis als Nettopreis definiert	1 1,4	- -	1 6,7	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Ergebnis falsch interpretiert	1 1,4	- -	1 6,7	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Aufgabenstellung nicht verstanden	1 1,4	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 9,1
Summe	73 100,0	2 100,0	15 100,0	13 100,0	7 100,0	4 100,0	9 100,0	12 100,0	11 100,0

Tabelle 8.2: Verständnisfehler Aufgabe 8

Aufgabe 8	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Prozent falsch umgewandelt	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabelle 8.3: Umwandlungsfehler Aufgabe 8

Aufgabe 8	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	32	7	6	3	1	4	2	6	3
Summe	32	7	6	3	1	4	2	6	3

Tabelle 8.4: Rechenfehler Aufgabe 8

Aufgabe 8	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	4	-	2	-	-	1	-	-	1
	4	0	2	0	0	1	0	0	1

Tabelle 8.5: Abschreibfehler Aufgabe 8

Auswertungen Aufgabe 9

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	72 38,5	11 50,0	2 7,7	8 30,8	16 64,0	8 61,5	13 54,2	10 35,7	4 17,4
Aufgabe bearbeitet	115 61,5	11 50,0	24 92,3	18 69,2	9 36,0	5 38,5	11 45,8	18 64,3	19 82,6
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 9.1: Analyse Aufgabe 9

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Ergebnis nicht interpretiert	12 41,4	- -	5 71,4	- -	- -	- -	- -	5 83,3	2 100,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	7 24,1	- -	1 14,3	- -	2 40,0	1 100,0	3 100,0	- -	- -
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	6 20,7	- -	1 14,3	3 60,0	2 40,0	- -	- -	- -	- -
Sowohl G, A und p falsch ermittelt	2 6,9	- -	- -	2 40,0	- -	- -	- -	- -	- -
A und G vertauscht	2 6,9	- -	- -	- -	1 20,0	- -	- -	1 16,7	- -
Summe	29 100,0	0 -	7 100,0	5 100,0	5 100,0	1 100,0	3 100,0	6 100,0	2 100,0

Tabelle 9.2: Verständnisfehler Aufgabe 9

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$G = p / A$	3	-	-	-	-	1	-	-	2
Summe	3	0	0	0	0	1	0	0	2

Tabelle 9.3: Formelfehler Aufgabe 9

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	40	-	11	4	1	-	5	12	7
Summe	40	0	11	4	1	0	5	12	7

Tabelle 9.4: Rechenfehler Aufgabe 9

Aufgabe 9	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Summe	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 9.5: Abschreibfehler Aufgabe 9

Auswertungen Aufgabe 10

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	96 51,3	16 72,7	6 23,1	8 30,8	17 68,0	10 76,9	7 29,2	23 82,1	9 39,1
Aufgabe bearbeitet	91 48,7	6 27,3	20 76,9	18 69,2	8 32,0	3 23,1	17 70,8	5 17,9	14 60,9
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 10.1: Analyse Aufgabe 10

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
$A = 0,2$ l nicht zu G addiert	16 51,6	3 100,0	7 70,0	- -	3 50,0	1 100,0	- -	- -	2 66,7
G berechnet	7 22,6	- -	- -	- -	1 16,7	- -	6 100,0	- -	- -
Ergebnis falsch interpretiert	5 16,1	- -	1 10,0	2 100,0	1 16,7	- -	- -	- -	1 33,3
Aufgabenstellung nicht verstanden	2 6,5	- -	1 10,0	- -	1 16,7	- -	- -	- -	- -
2 l sind 10%	1 3,2	- -	1 10,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Summe	31 100,0	3 100,0	10 100,0	2 100,0	6 100,0	1 100,0	6 100,0	0 -	3 100,0

Tabelle 10.2: Verständnisfehler Aufgabe 10

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Hohlmaße falsch umgewandelt	2 50,0	- -	- -	1 100,0	- -	- -	- -	- -	1 100,0
Endergebnis in Massenmaß	1 25,0	- -	- -	- -	1 100,0	- -	- -	- -	- -
Bruch in Dezimalzahl falsch umgewandelt	1 25,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 100,0	- -
Summe	4 100,0	0 -	0 -	1 100,0	1 100,0	0 -	0 -	1 100,0	1 100,0

Tabelle 10.3: Umwandlungsfehler Aufgabe 10

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$A = G : p$	4	-	3	-	-	-	-	-	1
Summe	4	0	3	0	0	0	0	0	1

Tabelle 10.4: Formelfehler Aufgabe 10

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	10	1	2	1	-	-	3	-	3
Summe	10	1	2	1	0	0	3	0	3

Tabelle 10.5: Rechenfehler Aufgabe 10

Aufgabe 10	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	2	1	-	-	-	1	-	-	-
	2	1	0	0	0	1	0	0	0

Tabelle 10.6: Abschreibfehler Aufgabe 10

Auswertungen Aufgabe 11

Aufgabe 11	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	97 51,9	12 54,5	7 26,9	10 38,5	17 68,0	8 61,5	14 58,3	19 67,9	10 43,5
Aufgabe bearbeitet	90 48,1	10 45,5	19 73,1	16 61,5	8 32,0	5 38,5	10 41,7	9 32,1	13 56,5
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 11.1: Analyse Aufgabe 11

Aufgabe 11	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Bruttogewicht mit 100 % definiert	47 77,0	1 50,0	16 84,2	10 100,0	6 66,7	2 100,0	6 85,7	2 33,3	4 66,7
Richtiger Ansatz, nicht fertig gerechnet	7 11,5	- -	2 10,5	- -	2 22,2	- -	- -	3 50,0	- -
falscher Rechenansatz	3 4,9	- -	- -	- -	1 11,1	- -	1 14,3	- -	1 16,7
Bruttogewicht mit Nettogewicht vertauscht	1 1,6	1 50,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Bruttogewicht als Nettogewicht definiert	1 1,6	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 16,7	- -
Flüssigkeit nicht ermittelt	1 1,6	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 16,7
Aufgabenstellung nicht verstanden	1 1,6	- -	1 5,3	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Summe	61 100,0	2 100,0	19 100,0	10 100,0	9 100,0	2 100,0	7 100,0	6 100,0	6 100,0

Tabelle 11.2: Verständnisfehler Aufgabe 11

Aufgabe 11	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
$A = 100 \cdot p / G$	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 11.3: Formelfehler Aufgabe 11

Aufgabe 11	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	20	5	7	1	1	1	1	1	3
Summe	20	5	7	1	1	1	1	1	3

Tabelle 11.4: Rechenfehler Aufgabe 11

Aufgabe 11	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Abschreibfehler	1	-	1	-	-	-	-	-	-
	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabelle 11.5: Abschreibfehler Aufgabe 11

Auswertungen Aufgabe 12

Aufgabe 12	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Aufgabe nicht bearbeitet	99 52,9	6 27,3	10 38,5	14 53,8	16 64,0	10 76,9	12 50,0	23 82,1	8 34,8
Aufgabe bearbeitet	88 47,1	16 72,7	16 61,5	12 46,2	9 36,0	3 23,1	12 50,0	5 17,9	15 65,2
Summe	187 100,0	22 100,0	26 100,0	26 100,0	25 100,0	13 100,0	24 100,0	28 100,0	23 100,0

Tabelle 12.1: Analyse Aufgabe 12

Aufgabe 12	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
Ausschließlich Frage a) beantwortet	31 36,9	3 20,0	10 58,8	6 66,7	3 37,5	- -	2 15,4	4 80,0	3 21,4
Ausschließlich Frage b) beantwortet	22 26,2	8 53,3	3 17,6	2 22,2	- -	- -	6 46,2	- -	3 21,4
Ergebnis von a) auf für b) definiert	21 25,0	2 13,3	3 17,6	- -	3 37,5	1 33,3	4 30,8	1 20,0	7 50,0
Aufgabenstellung nicht verstanden	8 9,5	2 13,3	- -	1 11,1	2 25,0	2 66,7	- -	- -	1 7,1
Ergebnis falsch interpretiert	2 2,4	- -	1 5,9	- -	- -	- -	1 7,7	- -	- -
Summe	84 100,0	15 100,0	17 100,0	9 100,0	8 100,0	3 100,0	13 100,0	5 100,0	14 100,0

Tabelle 12.2: Verständnisfehler Aufgabe 12

Aufgabe 12	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %	Anz. %
$p = A * G / 100$	1 12,5	1 100,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
$G - A = 19 \%$	7 87,5	- -	1 100,0	- -	4 100,0	- -	1 100,0	- -	1 100,0
	8 100,0	1 100,0	1 100,0	0 -	4 100,0	0 -	1 100,0	0 -	1 100,0

Tabelle 12.3: Formelfehler Aufgabe 12

Aufgabe 12	alle Klassen	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Ansatz richtig / Rechenfehler	22	-	8	3	2	-	-	1	8
Summe	22	0	8	3	2	0	0	1	8

Tabelle 12.4: Rechenfehler Aufgabe 12

Kontingenztabellen nach Klassen Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	7	7
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	13	13
Gesamt	0	20	20

Tabelle 13.1: Kontingenztable 2A – Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	9	9
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	17	17
Gesamt	0	26	26

Tabelle 13.2: Kontingenztable 2B – Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	6	6
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	20	20
Gesamt	0	26	26

Tabelle 13.3: Kontingenztable 2C – Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	7	7
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	18	18
Gesamt	0	25	25

Tabelle 13.4: Kontingenztafel 2D – Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	2	2
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	10	10
Gesamt	0	12	12

Tabelle 13.5: Kontingenztafel 2E – Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	5	5
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	14	14
Gesamt	0	19	19

Tabelle 13.6: Kontingenztafel 2F – Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	5	5
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	16	16
Gesamt	0	21	21

Tabelle 13.7: Kontingenztafel 2G – Aufgabe 1

	Zeile 1.1: A und G vertauscht	Zeile 1.1: A und G nicht vertauscht	Gesamt
Zeile 1.3: A und G vertauscht	0	4	4
Zeile 1.3: A und G nicht vertauscht	0	12	12
Gesamt	0	16	16

Tabelle 13.8: Kontingenztafel 2H – Aufgabe 1

Kontingenztafeln nach Klassen Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	7	12	19
Aufgabe 5: kein VF	2	1	3
Gesamt	9	13	22

Tabelle 14.1: Kontingenztafel 2A - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	8	12	20
Aufgabe 5: kein VF	1	5	6
Gesamt	9	17	26

Tabelle 14.2: Kontingenztafel 2B - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	7	15	22
Aufgabe 5: kein VF	0	4	4
Gesamt	7	19	26

Tabelle 14.3: Kontingenztafel 2C - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	17	6	23
Aufgabe 5: kein VF	1	1	2
Gesamt	18	7	25

Tabelle 14.4: Kontingenztafel 2D - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	10	1	11
Aufgabe 5: kein VF	0	2	2
Gesamt	10	3	13

Tabelle 14.5: Kontingenztafel 2E - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	10	6	16
Aufgabe 5: kein VF	1	7	8
Gesamt	11	13	24

Tabelle 14.6: Kontingenztafel 2F - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	16	9	25
Aufgabe 5: kein VF	1	2	3
Gesamt	17	11	28

Tabelle 14.7: Kontingenztafel 2G - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

	Aufgabe 8: VF	Aufgabe 8: kein VF	Gesamt
Aufgabe 5: VF	12	7	19
Aufgabe 5: kein VF	0	4	4
Gesamt	12	11	23

Tabelle 14.8: Kontingenztafel 2H - Aufgabe 5 und Aufgabe 8

Kontingenztabellen nach Klassen Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	0	0	4
Aufgabe 9: kein RF	4	18	18
Gesamt	4	18	22

Tabelle 15.1: Kontingenztafel 2A - Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	5	6	11
Aufgabe 9: kein RF	0	15	15
Gesamt	5	21	26

Tabelle 15.2: Kontingenztafel 2B - Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	4	0	4
Aufgabe 9: kein RF	2	20	22
Gesamt	6	20	26

Tabelle 15.3: Kontingenztafel 2C - Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	0	1	1
Aufgabe 9: kein RF	0	24	24
Gesamt	0	25	25

Tabelle 15.4: Kontingenztafel 2D - Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	0	0	0
Aufgabe 9: kein RF	0	13	13
Gesamt	0	0	13

Tabelle 15.5: Kontingenztafel 2E - Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	4	1	5
Aufgabe 9: kein RF	0	19	19
Gesamt	4	20	24

Tabelle 15.6: Kontingenztafel 2F - Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	4	8	12
Aufgabe 9: kein RF	0	16	16
Gesamt	4	24	28

Tabelle 15.7: Kontingenztafel 2G - Aufgabe 6 und Aufgabe 9

	Aufgabe 6: RF	Aufgabe 6: kein RF	Gesamt
Aufgabe 9: RF	2	5	7
Aufgabe 9: kein RF	0	16	16
Gesamt	2	21	23

Tabelle 15.8: Kontingenztafel 2H - Aufgabe 6 und Aufgabe 9