Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Erstellung und Validierung eines Rechentests (*MKT*) für den ÖBB-Lehrlingstest

Verfasserin

Rhonda Turin-Zelenko

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im März 2014

Studienkennzahl:	298
Studienrichtung:	Psychologie
Betreuer:	Univ.-Prof. Dr. Mag. Klaus D. Kubinger

Danksagung

Ein großer Dank gleich zu Beginn gebührt meinem Betreuer, Herrn Univ.-Prof. Dr. Mag. Klaus D. Kubinger, welcher mich immer dabei unterstützte, eine wissenschaftliche Arbeit durchzuführen, die nicht dem Forschungsschwerpunkt des Instituts für Psychologische Diagnostik entspricht. Ich bekam dadurch die Möglichkeit, mein Fachwissen, das ich durch meine Ausbildung in Psychologischer Diagnostik an der Universität Wien erworben habe, in ein namhaftes österreichisches Unternehmen einzubringen.

Herr Mag. Simon Lehner, Psychologe bei den ÖBB, der mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand, ermöglichte mir die einzigartige Gelegenheit, an etwas Großem teilzuhaben. Danke für das entgegengebrachte Vertrauen.

Des Weiteren möchte ich mich mit einer herzlichen Umarmung bei meiner Familie bedanken, welche in guten und schlechten Zeiten stets hinter mir stand und mir den Weg freimachte, damit ich mich mit voller Energie meiner Diplomarbeit widmen konnte.

Ein großes Danke daher an meine Mutter, die mir offen ihren Stolz zeigt und sich in intensiven Schreib- und Lernphasen um meine Katze kümmerte.

Danke auch dir, liebe Oma, für deine Sorge um mein leibliches Wohl und die Möglichkeit, bei dir zu Hause den Kopf frei zu bekommen.

Liebe Schwester, danke für dein geduldiges Ohr, wenn ich dir zum zehnten Mal erzähle, dass ich keine Zeit habe.

Liebe Cousine, ich bedanke mich vor allem dafür, dass du mir immer eine fachliche und emotionale Richtung gewiesen hast, wenn ich nicht mehr weiter wusste und mich in meinem Selbstwert bestärkt hast.

Ein ganz besonderer Dank gilt Walter, der viele Abende und Wochenenden alleine verbrachte, mir jedoch nie Vorwürfe deswegen gemacht hat.

Anna, dir auch ein großes Dankeschön für deine Unterstützung, nicht nur was die Formalitäten beim Verfassen und der Abgabe einer Diplomarbeit betrifft, sondern auch das Mut machen in weniger erfolgreichen Momenten.

Zuletzt auch ein Danke an Herrn Jürgen Haberl, Leiter des ÖBB-Lehrlingswesens, der trotz stressiger Vorweihnachtszeit meine Beurteilungsbögen verteilte. Auch ein großes Dankeschön an alle Ausbilder und Auszubildenden, die ihre Zeit zur Verfügung stellten und mir auch enormes Vertrauen entgegenbrachten.

Anmerkung: Aufgrund der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtergetrennte Formulierung verzichtet. Selbstverständlich gelten alle Begrifflichkeiten für beide Geschlechter gleichermaßen.

Abstract (Deutsch)

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen mathematischen Test für die ÖBB-Lehrlingsaufnahmetestungen zu entwickeln, welcher in die bestehende Testbatterie des ÖBB-Lehrlingstests integriert wird. In Anlehnung an das *Mathematische Kompetenzmodell* für die achte Schulstufe nach Heugl und Peschek (2007) wurde dafür ein *Mathematischer Kompetenztest* entwickelt, welcher zunächst an 86 Auszubildende (91.9% davon männlich) im Alter zwischen 15 und 22 Jahren (M = 17.16; SD = 1.74) vorgegeben wurde. Nach Itemanalysen und Änderungen bestimmter Items wurde der Test anschließend an einer Eichstichprobe von insgesamt 115 Auszubildenden (93 % davon männlich) im Alter von 15 bis 25 Jahren (M = 15.98, SD = 1.69) durchgeführt. Durch Kriterien der Itemselektion mussten insgesamt 10 von 25 Items ausgeschieden werden. Anschließende Untersuchungen zu prognostischen Validierung erwiesen sich als unzureichend. Für die Berechnung einer Rangkorrelationsanalyse nach Spearman wurden die Rohwerte des *Mathematischen Kompetenztests* als Prädiktorvariable und die Rohwerte einer schriftlichen Lehrlingsbeurteilung als Kriteriumsvariable gewählt. Das Ergebnis fiel nicht signifikant aus (r_s (109) = - .005, p = .957). Die Vorhersagbarkeit des *Mathematischen Kompetenztests* für die Eignung einer Lehre im technischen Bereich ist somit nicht gegeben.

Schlüsselwörter: *Mathematische Kompetenz, Bildungsstandards, prognostische Validität, Auszubildende*

Abstract (Englisch)

The aim of the following study is to develop a numeracy test for the personnel selection process of apprentices for the “ÖBB”. According to a model of mathematical abilities (*Mathematisches Kompetenzmodell*) for the 8th grade by Heugl und Peschek (2007), a test for mathematical competencies was generated. A sample of 86 apprentices (91.9 % male) between the age of 15 to 22 years (M = 17.16, SD = 1.74) was tested. After performing item analyses and changing some of the items, the test was given to a sample of 115 apprentices (93 % male) between the age of 15 and 25 years (M = 15.98, SD = 1.69). After further item analytical studies 10 of 25 items had to be removed from the test. Following prognostic validation examinations turned out to be dissatisfying. A correlation analysis by Spearman was conducted using scores of the *mathematical competence test* as predictor and scores of a written appraisal about the apprentices as criterion. Correlational analysis showed no significant effect (r_s (109) = - .005, p = .957). There is no valid prediction of qualification for a technical education by the *mathematical competence test*.

Key words: *mathematical abilities, educational standards, prognostic validity, trainees*

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

Die Psychologische Diagnostik findet in vielen verschiedenen Bereichen unserer Gesellschaft Anwendung. Beginnend bei der dem Laien wohl am bekanntesten klinisch-psychologischen Diagnostik, die sich vor allem auf Fragestellungen im Bezug auf das Vorhandensein etwaiger psychischer Erkrankungen oder Störungen konzentriert, über die Entwicklungsdiagnostik im frühen Kindesalter, welche sich hauptsächlich auf die Entdeckung und Eingrenzung möglicher Entwicklungsstörungen, -rückstände oder –vorsprünge spezialisiert, bis hin zur rechtspsychologischen Diagnostik, die sich unter anderem mit Fragen der Schuldfähigkeit oder Glaubwürdigkeit von Zeugenaussagen beschäftigt (Kubinger, 2009).

Ein weiterer wichtiger Themenbereich psychologisch-diagnostischer Fragestellungen stellt die Ausbildungs- und berufsbezogene Eignungsdiagnostik dar. Sie lässt sich grob in zwei Bereiche gliedern – die Schul-, Laufbahn- und Bildungsberatung und die Personalauswahl (Kubinger, 2009).

Letztere hat vor allem für Unternehmen eine große Bedeutung, da es für diese sehr wichtig ist, potentielle Mitarbeiter für den Betrieb auszuwählen, die auch später zu dessen Erfolg beitragen können. Die psychologische Eignungsdiagnostik hilft dabei, die Passung zwischen Person und Tätigkeit, also die Gegenüberstellung von den bekannten Anforderungen einer Position und den erforderlichen Fähigkeiten der arbeitsuchenden Person, vorzunehmen (Schuler, 1996).

Sie bietet dafür psychologische Verfahren, welche in objektiver Weise den Personalverantwortlichen helfen, potentielle Kandidaten einerseits auf dessen Eignung zu testen bzw. andererseits sogar den künftigen Berufs- oder Ausbildungserfolg vorherzusagen (Platzer & Hies, 2006).

Gerade für Unternehmen, die nur eine begrenzte Anzahl von Positionen zur Verfügung haben, welchen jedoch eine große Anzahl an Bewerbern gegenüberstehen, bieten psychologische Gruppentests eine ökonomische Alternative (Kubinger, 2009) zu herkömmlichen Einzelverfahren, wie zum Beispiel dem in der Personalauswahl bereits seit Anfang des 20. Jahrhunderts eingesetzten Einstellungsinterview (Schuler, 1996, 2002).

Auch die ÖBB Shared Service Center GmbH (ÖBB-SSC) als Tochtergesellschaft der ÖBB Holding (ÖBB) und einer der größten Lehrlingsausbilder in Österreich[1] sah sich dem Problem konfrontiert, aus einer relativ großen Bewerberanzahl die Besten zu selektieren (S. Lehner, persönliche Mitteilung, 03.02.2012). Da sich bei den ÖBB jährlich mehrere hundert Jungendliche für eine dafür verhältnismäßig geringe Anzahl an Lehrstellen für technische Lehrberufe

[1] http://www.oebb.at/bb/de/Lehrlinge/index.jsp

bewerben, wird in der Abteilung HR-Entwicklung & Vermittlungsservice im Bereich Psychologie & Bildung, welche für die Lehrlingsauswahl für alle Lehrwerkstätten in ganz Österreich verantwortlich ist, ein Auswahlverfahren angewendet, welches in ökonomischer Weise eine Vorselektion aller Bewerber vornimmt (Günter Hell, 2012). Alle Bewerber werden somit einem Aufnahmetest - dem ÖBB-Lehrlingstest (Cecil & Lehner, 2009) – unterzogen, welcher entscheidet, ob ein Bewerber zu einem persönlichen Vorstellungsgespräch eingeladen wird. Dieser Test wurde von den Psychologen des ÖBB-SSC eigens für die ÖBB entwickelt, um eine erste Vorauswahl aus dem großen Bewerberpool zu ermöglichen.
Dieses Verfahren besteht aus verschiedenen Subtests, welche unterschiedliche für das Anforderungsprofil relevante Dimensionen erheben. Von Seiten der Lehrlingsausbilder besteht seit längerem der Wunsch, Teile des Tests inhaltlich zu überarbeiten, da zum Beispiel technisches Wissen abgefragt wird, welches Bewerber für eine technische Lehre nicht mitbringen müssen. Ebenso stellte sich heraus, dass Bewerber, welche im ÖBB-Lehrlingstest durchfielen und dennoch zu einem Vorstellungsgespräch eingeladen wurden und in Folge dessen für einen Ausbildungsplatz aufgenommen wurden, eine gute Leistung während der Ausbildung zeigten. Des Weiteren wurde in den letzten Ausbildungsjahrgängen beobachtet, dass sich die rechnerischen Fähigkeiten von Pflichtschulabgängern zunehmend verschlechterten, sodass ein erheblicher Nachschulungsbedarf im Bereich der Mathematik in den ersten Monaten der Ausbildung notwendig war, bevor die Lehrlingsausbilder mit dem eigentlichen Unterrichtsplan beginnen konnten. Der Wunsch von Seiten der Ausbilder konzentriert sich daher vor allem darauf, im ÖBB-Lehrlingstest mathematisches Wissen intensiver zu prüfen (S. Lehner, persönliche Mitteilung, 05.03.2013). Demzufolge soll die vorliegende Arbeit erste Vorarbeiten zur Verbesserung des ÖBB-Lehrlingstests liefern, um die Selektion der Lehrlinge noch besser vornehmen zu können.

Anlässlich dieser Gelegenheitsbeobachtung und der Anweisung von Herrn Mag. Simon Lehner (Psychologe des ÖBB-SSC) soll das primäre Ziel dieser Arbeit sein, den Subtest *Technisches Wissen* des ÖBB-Lehrlingstests durch einen neu konstruierten Rechentest, den *Mathematischen Kompetenztest* (*MKT*), zu ersetzen. Es soll überprüft werden, ob und in welchem Ausmaß der *MKT* die Eignung der ausgewählten Lehrlinge für eine technische Ausbildungsstelle vorhersagen kann.

Dafür werden nach Regeln der psychologischen Testkonstruktion, -theorie und –evaluation Items generiert und an einer ersten selektierten Stichprobe getestet. Anschließend werden für den Test die Gütekriterien Reliabilität (innere Konsistenz) und die Validität (prognostische Validität) berechnet, um erste Ansätze zur Überprüfung der wissenschaftlichen Testgüte zu liefern (Rost, 2004).

In der folgenden Arbeit wird daher im theoretischen Teil zu Beginn eine Beschreibung des aktuellen ÖBB-Lehrlingstests vorgenommen und anschließend auf die verschiedenen Begrifflichkeiten zu mathematischen Fähigkeiten eingegangen. Im Anschluss daran wird ein vertiefender Einblick in die Theorie des *Mathematischen Kompetenzmodells* (Heugl & Peschek, 2007), an welchem sich die Testkonstruktion orientiert, gegeben und am Ende einige Forschungsergebnisse im Bezug zu mathematischen Tests und der Vorhersagegüte erläutert.

Der empirische Teil dieser Arbeit befasst sich vor allem mit der genauen Zielsetzung, der Entwicklung des Tests, sowie der Planung und Durchführung der prognostischen Validierung. Gegen Ende werden die Ergebnisse dargestellt und diskutiert.

II. Theoretischer Teil

1. Einführung

Ziel dieser Arbeit ist es, im Auftrag für die ÖBB Shared Service Center GmbH (ÖBB-SSC) einen neuen Untertest zum bestehenden ÖBB-Lehrlingstest für technische Lehrberufe zu konzipieren, welcher in einem tieferen Ausmaß als bisher die mathematischen Kompetenzen der Bewerber erfasst. Zur besseren Übersichtlichkeit wird daher zu Beginn der bisherige ÖBB-Lehrlingstest vorgestellt.

Im Anschluss daran befasst sich diese Arbeit in einem groben Überblick mit den unterschiedlichen Begrifflichkeiten im Bereich der rechnerischen, mathematischen oder numerischen Fähigkeiten und im Spezifischen mit dem *Mathematischen Kompetenzmodell* nach Heugl und Peschek (2007). Des Weiteren wird auf die österreichischen Bildungsstandards in Mathematik für die achte Schulstufe eingegangen, da der neue Test anhand der Bildungsstandards und des *Mathematischen Kompetenzmodells* entwickelt wurde.
Um erste Aussagen über die Brauchbarkeit der Items treffen zu können und im weiteren Sinne eine prognostische Validierung des Tests vornehmen zu können, benötigt es Untersuchungen bezüglich dieses Gütekriteriums. Aus diesem Grund soll am Ende des theoretischen Teils eine kurze Einführung zum Gütekriterium Validität vorgenommen werden sowie ein Bezug zu Forschungsergebnissen anderer Rechentests bezüglich deren Prognosegüte gegeben werden.

2. ÖBB-Lehrlingstest

Im Zuge dieser Arbeit soll ein Teil des ÖBB-Lehrlingstests (Cecil & Lehner, 2009) neu erstellt und validiert werden. Beim ÖBB-Lehrlingstest handelt es sich um ein Paper-Pencil-Verfahren, das aus einem Testheft und drei Antwortbögen besteht. Er ist als Gruppentest (Gruppe A und Gruppe B) gedacht und hat eine Testdauer von ungefähr eineinhalb Stunden. Er besteht aus zwei Teilen, einem *allgemeinen* und einem *spezifischen* Teil. Ersterer besteht aus den Subtests *Allgemeine Bildung, Grundrechnen, Genauigkeit, Rechtschreiben, logisch-schlussfolgerndes Denken (Zahlenreihen)* und *Messgenauigkeit*. Der spezifische Test trägt den Titel *Technischer Teil* und umfasst die Untertests *Raumvorstellung, technisches Wissen* und *physikalisch-technisches Wissen*. Jeder dieser Untertests unterliegt einer genauen Zeitvorgabe (zwischen 4 und 15 Minuten). Aus urheberrechtlichen Gründen werden keine Beispielaufgaben angeführt. Die Fragen sind einerseits im Multiple Choice-Format gestaltet, wovon es vier oder fünf Distraktoren zusätzlich zu einer Lösungsmöglichkeit gibt. Andererseits sind einige Aufgaben mit freiem Antwortformat versehen (z.B. *Grundrechnen* oder *Zahlenreihen*). Alle Antworten werden auf einen separaten Antwortbogen von den Testpersonen geschrieben.

Der neu konzipierte Test soll sich an den bisherigen Rahmenbedingungen orientieren. Die Aufgaben sollen also so gestaltet werden, dass deren Beantwortung auf einem separaten Antwortbogen möglich ist und nur eine einzige richtige Antwort zulässt. Weiteres soll der neue Test eine Testdauer im Rahmen von 10 bis 15 Minuten beinhalten.

3. Begrifflichkeiten

Aufgrund einer Vielzahl an verwendeten Begrifflichkeiten und unterschiedlichen Definitionen in fachkundiger Literatur wird offensichtlich, dass es keine einheitliche Begriffsbestimmung von Fähigkeiten im rechnerischen Bereich gibt. Aus diesem Grund soll dieser Abschnitt dem Leser einen Überblick über häufig verwendete Terminologien verschaffen.

Die Autoren des Tests MIP – Mathematik in der Praxis - (Bratfisch & Hagman, 2003) unterscheiden im Bereich der Mathematik drei verschiedene Begrifflichkeiten: die *Rechenfertigkeit*, die *numerische Fähigkeit* und die *mathematische Fähigkeit*.

Unter ersterer verstehen sie die Anwendung der vier Grundrechnungsarten, welche vor allem durch viel Übung und Genauigkeit erworben wird. Sie wird hauptsächlich in alltäglichen Situationen verwendet. Diese Fertigkeit entspricht dem Untertest *Grundrechnen* des aktuellen ÖBB-Lehrlingstests, bei dem die Testpersonen einfache Rechnungen aus den Bereichen Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division lösen müssen.

Die *numerische Fähigkeit* (Bratfisch & Hagman, 2003) hingegen reicht über die vier Grundrechnungsarten hinaus und ist auf einer abstrakteren Ebene angesiedelt. Hierbei spricht man von der Fähigkeit, ein Symbolsystem und dessen Regeln zu verstehen und diese Regeln in automatisierter Form für Aufgaben anzuwenden, für die zuvor logisch-schlussfolgerndes Denken notwendig waren.

Mathematische Fähigkeiten beziehen sich auf das Verständnis von mathematischen Problemen, Symbolen, mathematischen Methoden und deren Ableitungen, sowie die Anwendung dieser auf mathematische Aufgaben (Bratfisch & Hagman, 2003). Diese Definition bezieht sich somit auf konkrete mathematische Sachverhalte.

Historisch betrachtet beschäftige man sich in der Wissenschaft, vor allem in der Intelligenzforschung, schon lange mit dem Konstrukt der Rechenfähigkeiten. Eine der ersten Wissenschaftler der Psychologie, der sich mit dem Konstrukt *Zahlen* empirisch auseinandersetzte, war wohl Thurstone 1938, welcher mit seinem durch multiple Faktorenanalyse gewonnenen (Carroll, 1993) Primärfaktor *N (Number Facility)* das Lösen von einfachen arithmetischen Aufgaben anhand der vier Grundrechnungsarten verstand (Gittler & Arendasy, 2006; Guilford, 1972). Später erweiterte Thurstone das Konstrukt *Number* mit vier weiteren Subtests, die alle in gewisser Weise Zahlenoperationen beinhalten – *Number Code*, *Numerical Judgement*, *Tabular Completion* und *Arithmetic Reasoning*. Rechnerische Fertigkeiten werden somit nicht nur als wesentlicher Intelligenzfaktor angesehen, sondern gliedern sich in unterschiedlichste Subdimensionen auf (Guilford, 1972).

Auch Vernon berücksichtige 1950 einen Intelligenzfaktor namens *numerische Fähigkeit (numerical facility)* als Untergruppenfaktor in seinem hierarchischen Intelligenzmodell (Carroll, 1993; Gittler & Arendasy, 2006). Dieser ordnete den Intelligenzfaktor unter dem Hauptgruppenfaktor *verbal-edukative* Fähigkeiten (v:ed) ein. Eine genaue Definition dieses Faktors führt Vernon jedoch nicht an (Vernon, 1965).

Eine weitere Intelligenztheorie, die den numerischen Aspekt der Intelligenz berücksichtigt, stellt die Erweiterung von Cattells Modell der fluiden und kristallinen Intelligenz (1943, zit. nach Carroll, 1993) durch John Horn (Cattell & Horn, 1978; Horn & Cattell, 1966) im Jahre 1965 dar. Dieser fand neben den beiden oben erwähnten Sekundärfaktoren sieben weitere Faktoren, die auf gleicher Abstraktionsebene angesiedelt sind. Darunter befindet sich ein Faktor namens *Gq - quantitative Fähigkeiten*, worunter Horn, ähnlich wie Thurstone, die Anwendung grundlegender mathematischer Konzepte verstand.

Der modernde Begriff der *Rechenfähigkeit* (*numeracy, numerical ability*) steht für die Eigenschaft, Zahlen zu verstehen und sie verwenden zu können. (Liberali, Reyna, Furlan, Stein & Pardo, 2012; Reyna, Nelson, Han & Dieckmann, 2009). Rechenfähigkeit wird nicht nur als eine eindeutig von anderen Konstrukten abgrenzbare Eigenschaft verstanden, sondern auch oft im weiter gegriffenen Kontext der Lese- und Rechtschreibfähigkeit begriffen (Davis, Kennen, Gazmararian & Williams, 2005, zit. nach Reyna u.a., 2009). Experten fanden heraus, dass die Lese- und Rechtschreibfähigkeit aus unterschiedlichsten Facetten besteht, unter anderem auch aus *mathematischem Schlussfolgern*, welche auch als quantitative Lese- und Rechtschreibfähigkeit *(quanitative literacy)* oder auch als “the ability to locate numbers within graphs, charts, prose texts and documents; to integrate quantitative information from texts; and to perform appropriate arithmetical operations on text-based quantitative data” (Bernhardt, Brownfield & Parker, 2005, S. 6, zit. nach Reyna u.a., 2009) bezeichnet wird. Mathematisches oder quantitatives Schlussfolgern erfordert also die Fähigkeit, numerische Information aus den unterschiedlichsten Printmedien (Grafiken, Diagramme, Texte, Dokumente, etc.) herauszufiltern und verwenden zu können, aber auch adäquate Rechenoperationen anhand von Textaufgaben mit quantitativen Angaben zu erkennen und diese ausführen zu können.

Krajewski (2008) definiert *numerische Basiskompetenzen* auf einem allgemeineren Niveau – für ihn spielen dafür vor allem die Zählfertigkeit und das Wissen über Zahlen und Mengen eine Rolle.

Sucht man in Datenbanken nach dem Term *Mathematische Fähigkeit (mathematical ability)* findet man häufiger Untersuchungen im Zusammenhang mit mathematischem Leistungsversagen *MD* (*mathematics disability*), zum Beispiel im Kontext von ADHS (Schuchardt, Grube & Mähler, 2013), der Rechenstörung (Dyskalkulie, Ise & Schulte-Koerne, 2013; Mussolin, Martin & Schiltz, 2011) oder der Vererbbarkeit von MD (Alarcón, DeFries, Light, & Pennington, 1997). Mangelnde oder unzureichende *MD* in Form einer Dyskalkulie lässt sich nach internationalen Diagnosekriterien wie folgt definieren (Dilling & World Health Organization, 1997):

> Diese Störung besteht in einer umschriebenen Beeinträchtigung von Rechenfertigkeiten, die nicht allein durch eine allgemeine Intelligenzminderung oder eine unangemessene Beschulung erklärbar ist. Das Defizit betrifft vor allem die Beherrschung grundlegender Rechenfertigkeiten, wie Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division, weniger die höheren mathematischen Fertigkeiten, die für Algebra, Trigonometrie, Geometrie oder Differential- und Integralrechnung benötigt werden. (S. 278)

Hier wird Rechenfähigkeit offensichtlich in zwei Stufen, die unterschiedliche Komplexitätsgrade aufweisen, begriffen. Im Fall einer Störung dieser ist hauptsächlich die weniger komplexe Stufe, nämlich die Grundrechnungsarten, wie es auch Thurstone 1938 in Intelligenzfaktor *Number* auffasste, betroffen.

Ebenso gliedert Elke van der Meer (1985) die *mathematische Hochbegabung* in zwei Stufen. Sie untersuchte in einem Experiment jenen Leistungsvorteil, durch den sich mathematisch-naturwissenschaftlich hochbegabte Versuchspersonen von allgemein begabten Versuchspersonen unterscheiden. Für das Spezialgebiet Mathematik sah sie die Fähigkeit „(…) zum Ausbilden und Verändern von operativen Strukturen (…), das Erkennen von Beziehungen zwischen Strukturen und das Übertragen von Relationen von einem Bereich auf einen anderen (…)" (van der Meer, 1985, S. 234) als wesentliche Voraussetzung zur Beherrschung dessen. Allerdings teilte sie das Konstrukt *mathematisch-naturwissenschaftliche Hochbegabung* in zwei aufeinander aufbauende Begabungsstufen. In der ersten sind mathematisch hochbegabte Personen fähig, komplizierte mathematische Problemstellungen und deren Beweise zu verstehen, in einer weiteren Stufe sind mathematisch-naturwissenschaftlich Hochbegabte zusätzlich fähig, solch komplizierten Problemstellungen und deren Lösungen selbst zu finden (van der Meer, 1985).

Kruteckij (1982) fand in einer Untersuchung an Schulkindern insgesamt acht Komponenten *mathematischer Fähigkeiten (mathematical ablitites)*, welche für mathematische Problemsituationen erforderlich sind, unter anderem die Fähigkeit, an mathematischem Material relevante Information von irrelevanter zu differenzieren sowie die Fähigkeit, mit Zahlen und Symbolen arbeiten zu können.

Die vielen verschiedenen Definitionen machen klar, dass weder ein eindeutig gebräuchlicher Begriff für Fähigkeiten im mathematisch-rechnerischen Bereich existiert, noch die Auffassungen, welcher Bereich der Fähigkeiten zu den rechnerischen zuzuordnen sind, konform gehen.

4. Mathematische Bildungsstandards in Österreich M8 – Das *Mathematische Kompetenzmodell* nach Heugl und Peschek (2007)

Mit 1. Jänner 2009 wurden in Österreich Bildungsstandards für die Pflichtgegenstände - unter anderem in Mathematik – durch das Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur für die vierte und achte Schulstufe per Schulunterrichtsgesetz verabschiedet (Verordnung des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur, 2009). Das den Standards zugrunde liegende Kompetenzmodell für Mathematik lieferten Heugl und Peschek (2007), die in weiterer Folge auch mit der Identifikation, Festlegung und Beschreibung mathematischer Standards für die achte Schulstufe (M8), sowie der Entwicklung von prototypischen Aufgaben beauftragt wurden (Heugl & Peschek, 2007).

Da sich bei den ÖBB hauptsächlich Jugendliche für eine Lehre im technischen Bereich bewerben, die gerade erst die Schulpflicht von neun Jahren absolviert haben, stellt das *Mathematische Kompetenzmodell* die optimale Grundlage zur Generierung von Items für einen neuen Rechentest für die ÖBB-Lehrlingstestungen dar. Im Folgenden soll daher genauer auf dieses Modell eingegangen werden.

Heugl und Peschek (2007) verstehen unter *Mathematischen Kompetenzen* einerseits „langfristig verfügbare kognitive Fähigkeiten, die von den Lernenden entwickelt werden können und sie befähigen, bestimmte Tätigkeiten in variablen Situationen auszuüben“ (S. 9) und andererseits „mathematische Tätigkeiten, mathematische Inhalte sowie auf die Art und Komplexität erforderlicher Vernetzungen“ (S.9).

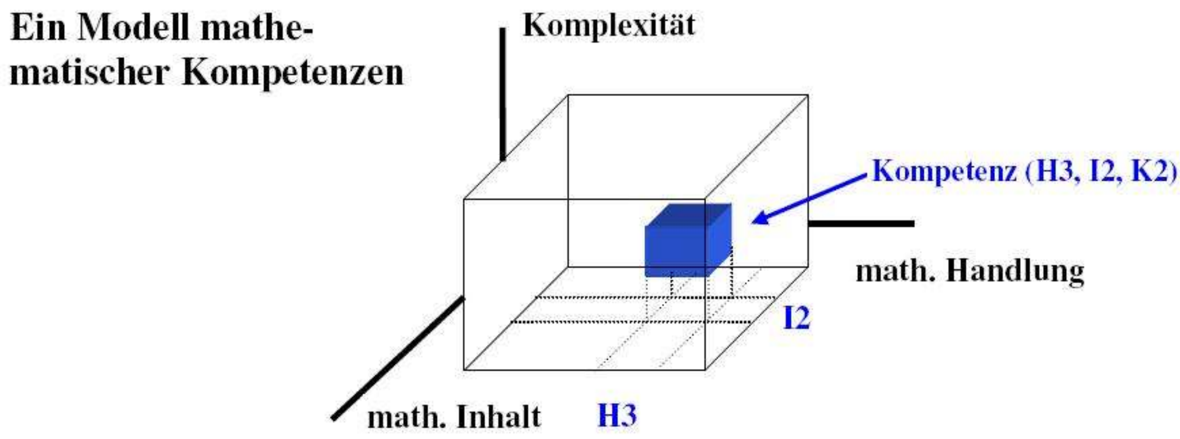


Abbildung 1. **M8 - Ein Modell für mathematische Kompetenzen nach Heugl und Peschek, 2007.**

Mathematische Kompetenzen definieren sich durch drei verschiedene Dimensionen – eine Inhalts-, eine Handlungs- und eine Komplexitätsdimension, welche jeweils in unterschiedlichen Ausprägungen (Teilkompetenzen) vorhanden sind, was bedeutet, dass eine bestimmte Kompetenz immer durch ein Tripel charakterisiert wird (*Abbildung 1*).

Die Inhaltsdimension (I) beschreibt die Inhalte der *mathematischen Kompetenz*, die durch eine Aufgabe angesprochen werden. Sie besteht aus vier Teilkompetenzen:

- I1: Zahlen und Maße
- I2: variable, funktionale Abhängigkeiten
- I3: geometrische Figuren und Körper
- I4: statistische Darstellungen und Kenngrößen

Die Handlungsdimension (H) gibt an, welche Handlungen eine mathematische Aufgabe erfordern. Sie teilt sich ebenfalls in vier Teilkompetenzen:

- H1: Darstellen, Modellbilden
- H2: Rechnen, Operieren
- H3: Interpretieren
- H4: Argumentieren

Die dritte Dimension - die Komplexitätsdimension (K) - könnte als Schwierigkeitsgrad interpretiert werden (Art und Grad der Vernetzungen, die eine Aufgabe erfordert) und gliedert sich in drei Bereiche:

- K1: Einsetzen von Grundkenntnissen
- K2: Herstellen von Verbindungen
- K3: Einsetzen von Reflexionswissen, Reflektieren

Eine ausführliche Umschreibung der einzelnen Dimensionen und deren Teilkompetenzen befindet sich im Anhang.

5. Das Gütekriterium Validität

Eines der wichtigsten Gütekriterien der Testtheorie stellt die Validität dar. Ein Test ist dann als valide anzusehen, wenn „er tatsächlich jenes psychische Merkmal misst, welches er zu messen behauptet" (Lienert & Raatz, 1998, zit. nach Kubinger, 2009, S. 55). Man unterscheidet verschiedene Arten der Validität: die inhaltliche Validität, die Konstruktvalidität, die Kriteriumsvalidität und eine neuere Form, die Extremgruppenvalidität (Kubinger, 2009). Da für diese Arbeit vorrangig die Kriteriumsvalidität von Interesse ist, wird nur auf diese Art der Validität genauer eingegangen. Für interessierte Leser findet sich ein tiefer greifender Einblick in fachspezifischer Literatur, u.a. in Kubinger (2009); Moosbrugger und Kelava (2012); Rost (2004).

Die Kriteriumsvalidität stellt einen korrelativen Ansatz der Validierung dar und hat somit gegenüber anderen Validierungsarten den Vorteil, als statistische Kennzahl ausgedrückt zu werden, anhand deren die *Größe* einer Validität abgelesen werden kann. Hierfür wird ein Außenkriterium, wie zum Beispiel eine Schulnote, mit dem Testergebnis korreliert. Zieht man ein interessierendes Außenkriterium zur Berechnung einer Korrelation heran, welches in der

Zukunft liegt, wie zum Beispiel die Lehrabschlussprüfung, spricht man von prognostischer Validität – man versucht, ein gewisses Verhalten mit einem Testergebnis vorherzusagen (Kubinger, 2009).

6. Prognostische Validität mathematischer Tests/Subtests

Der Intelligenztest INSBAT (Hornke et al., 2004) verfügt unter anderem über den Subtest *Numerisch-induktives Denken*, bei dem es sich um eine klassische *Zahlenreihen fortsetzen*-Aufgabe handelt. Von Sommer und Scheffer (2010, zit. nach Hornke et al., 2004) wurde zu diesem Subtest die prognostische Validität untersucht. Um den Studienerfolg von Studierenden an einer technischen Universität vorherzusagen, wurde unter anderem der Subtest *Numerisch-induktives Denken* als Prädiktorvariable verwendet, als qualitatives Kriterium das Vorliegen eines Diploms oder Vordiploms herangezogen, als quantitatives Kriterium die Durchschnittsnote aller bisher absolvierten Prüfungen verwendet. Allerdings wurden nur die Ergebnisse für das quantitative Kriterium angeführt. Für den Subtest *Numerisch-induktives Denken* zeigte sich ein signifikanter negativer Korrelationskoeffizient in der Höhe von $r = -.367$, $p < .01$ (Sommer & Scheffel, 2010, zit. nach Hornke et al., 2004). Interessanterweise wurden jedoch keine Spekulationen darüber angestellt, warum ein negativer Zusammenhang herauskam. Im Falle eines signifikanten Zusammenhangs zwischen numerischen Fähigkeiten und dem Studienerfolg an einer technischen Universität würde man eher von einem positiven ausgehen, als von einem negativen.

Lang, Kersting und Lang (Kersting, Althoff & Jäger, 2008) führten eine Metaanalyse zu den einzelnen Subtests des Intelligenztests WIT-1 durch, der sich an den sieben Primärfaktoren von Thurstone orientiert. Als Kriterium wurde der Berufs- und Ausbildungserfolg von insgesamt 1781 Personen berücksichtigt. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl der Untertest *Grundrechnen* ($r = .20$) als auch der Untertest *Eingekleidete Rechenaufgaben* ($r = .24$), welche auf Interpretationsebene als *Rechnerisches Denken* zusammengefasst werden, signifikant mit dem Kriterium korrelierten[2].

In einer weiteren empirischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass *Rechnerisches Denken* signifikant mit den Kriterien *Selbsteinschätzungen* ($r = .44$, $p < .01$), *Durchschnittszeugnisnote* ($r = .27$, $p < .01$), *Abschlussnote* ($r = .21$, $p < .01$) und *Erfolg der beruflichen Erstausbildung* ($r = .39$; $p < .01$) zusammenhing (Kersting et al., 2008).[3]

[2] r= mittlere stichprobengewichtete Validität
[3] r = zweiseitige, unkorrigierte Korrelation nach Pearson

Die Untersuchungen zeigen, dass mathematische Leistungen durchaus in der Lage sind, ein gewisses Verhalten vorherzusagen.

7. Wahl des Außenkriteriums

Zur Bestimmung der prognostischen Validität für diverse Verfahren wurde sehr oft eine oder mehrere Noten als in der Zukunft liegendes Außenkriterium herangezogen (Hornke et al., 2004; Kersting et al., 2008; Ree & Earles, 1991; Schmidt-Atzert, Deter & Jaeckel, 2004; Schmidt-Atzert & Deter, 1993).

Wie bereits in Abschnitt 6 erwähnt, wurde für die Bestimmung der prognostischen Validität des INSBAT (Hornke et al., 2004) für sämtliche seiner Untertests die durchschnittliche Note aller bisher absolvierten Prüfungen als Kriterium herangezogen. Ebenso fand die Bestimmung der Kriteriumsvalidität des WIT-2 (Kersting et al., 2008) für den Ausbildungs- und Berufserfolg unter anderem anhand der Durchschnittszeugnisnote und der Abschlussnote statt.

Bloemeke untersuchte 2009 die Vorhersagekraft der Abiturnote, des Belegens eines Mathematik-Leistungskurses, des fachbezogenen Interesses, der fachbezogenen Studienmotivation sowie des Selbstkonzepts für das erfolgreiche Bestehen eines klassischen Lehramts- und Diplomstudienganges. Als Kriterien wurden hier ebenfalls einmal die Studienabschlussnote und einmal die Note des zweiten Staatsexamens verwendet.

In einer Studie von Ree und Earles (1991) wurde untersucht, inwiefern der Ausbildungserfolg von 78.041 Rekruten der US Air Force durch die *Armed Services Vocational Aptitude Battery, ein* multipler Fähigkeitentest (Department of Defence, 1984, zit. nach Ree & Earles, 1991) den Ausbildungserfolg vorhersagte. Als Kriterium dafür wurde die durchschnittliche Abschlussnote (final school grade), die aus vier Abschlusstests generiert worden war, verwendet.

1993 beschäftigen sich Lothar Schmidt-Atzert und Bernhard Deter bereits mit der Frage, welche der in der Psychologischen Diagnostik vorhandenen Verfahren den Ausbildungserfolg bei sechs verschiedenen Berufsgruppen am besten vorhersagen konnten. Als Kriterium für den Ausbildungserfolg wurde die Note der theoretischen und praktischen Abschlussprüfung herangezogen.

.

In einer späteren Studie von Schmidt-Atzert, Deter und Jaeckel (2004), in der untersucht wurde, ob allgemeine Intelligenztests im Vergleich zu spezifischen kognitiven Fähigkeitstests den

Ausbildungserfolg im deutschen Ausbildungssystem besser vorhersagen konnten, wurde ebenfalls das Ergebnis der schriftlichen Abschlussprüfung als Kriterium für den Ausbildungserfolg verwendet.

In Anlehnung an die eben angeführten Studien wäre es zu empfehlen, für die Untersuchung der prognostischen Validität des *Mathematischen Kompetenztests* ebenfalls eine Note als Kriteriumsvariable zu verwenden. Da diese Untersuchung jedoch aus zeitlichen Rahmenbedingungen nicht so lange warten konnte, bis die Lehrlinge des ersten Lehrjahres bei den ÖBB einer dem Lehrplan entsprechenden schriftlichen Prüfung unterzogen wurden, musste ein anderes Außenkriterium ausgewählt werden (siehe Abschnitt 10).

III. Empirischer Teil

Der empirische Teil umschreibt zu Beginn das Ziel der Untersuchung und stellt die Hypothese vor. Anschließend wird die Entwicklung des Verfahrens im Untersuchungsplan erläutert. Der Ergebnisteil beinhaltet sowohl die Auswertung der Analysestichprobe für die Erprobung des neu entwickelten Tests, als auch die Ergebnisse der eigentlich für die Validierung des Verfahrens verwendeten Stichprobe (Eichstichprobe).

8. Ziel der Untersuchung (Hypothese)

Ziel dieser Untersuchung ist die testtheoretische Verbesserung des ÖBB-Lehrlingstests, in dem ein neuer Untertest im Bereich der Mathematik für die ÖBB-Lehrlingstestungen entwickelt wird - ein *Mathematischer Kompetenztest* (*MKT*). Dieser neue Test soll dabei helfen, Bewerber besser anhand ihrer mathematischen Fähigkeiten zu selektieren und somit Kandidaten aus dem großen Bewerberpool auszuwählen, die für eine technische Lehrstelle geeignet sind. Der neu entwickelte Test soll also in seiner Prognosegüte so gut sein, dass anhand seiner Ergebnisse die Eignung der getesteten Personen für eine Lehre im technischen Bereich vorhergesagt werden können.

Laut dem Deutschen Institut für Normung muss ein Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor- und Kriteriumsvariable mindestens r = .70 betragen, damit ein Verfahren zur berufsbezogenen Eignungsdiagnostik herangezogen werden kann (DIN Deutsches Institut für Normung, 2002, zit. nach Kubinger, Rasch & Yanagida, 2011). Um die Vorhersagegüte bestimmen zu können, wurden jene Lehrlinge, die am *MKT* teilnahmen, durch ihre Lehrlingsausbilder einige Monate später anhand eines eigens dafür entwickelten Lehrlingsbeurteilungsbogen (LB) in vier für die Lehre relevanten Dimensionen beurteilt.

Aus diesem Grund soll die Hypothese folgendermaßen lauten:

H_A: Die Ergebnisse im *MKT* korrelieren signifikant mit einem Koeffizienten zumindest in der Höhe von r = .70 mit den Ergebnissen der LB ($\rho \geq .70$)

9. Methode

Der Abschnitt dieser Arbeit befasst sich sowohl mit der Planung und Durchführung der Untersuchung als auch mit der Auswertung und den Ergebnissen.

9.1. Untersuchungsplan

Aufgrund von Gelegenheitsbeobachtungen während der Lehrlings-Aufnahmetestungen im Frühjahr 2012 und 2013 und Urteilen der Lehrlingsausbilder (S. Lehner, persönliche Mitteilung, 05.03.2013, siehe Abschnitt 1) wurde die Relevanz eines neuen Tests *(Mathematischer Kompetenztest - MKT)* im Bereich der Rechenfähigkeiten offenkundig. Als theoretische Basis wurde dafür das *Mathematische Kompetenzmodell* nach Heugl und Peschek (2007) herangezogen (siehe Abschnitt 4). Dieses Modell beinhaltet insgesamt 48 Teilkompetenzen, welche sich jeweils durch eine Inhalts-, Handlungs- und Komplexitätsdimension definieren. In Orientierung an diesem Modell wurden in einem ersten Schritt die relevanten Inhalte für die Entwicklung eines neuen Tests gemeinsam mit dem Leiter des Lehrlingswesens des ÖBB-SSC, Herrn Jürgen Haberl, und zwei Lehrlingsausbildern in Fachrechnen, Herr Dietmar Rabl und Herr Günter Hell, in einem Workshop erarbeitet.

Nur drei der vier Inhaltsbereiche (I) stellten sich dabei für die technische Lehre als besonders relevant heraus (eine vollständige Auflistung der Inhaltsdimension befindet sich im Anhang):

I1: Zahlen und Maße (z.B.: natürliche, ganze, rationale Zahlen)
I2: variable und funktionale Abhängigkeiten (z.B.: einfache Gleichungen und Ungleichungen)
I3: geometrische Figuren und Körper (z.B.: Winkel, Parallele, Drei- und Vierecke)

Die vierte Dimension *Statistische Darstellungen und Kenngrößen* werden für die Entwicklung der Items nicht berücksichtigt, da statistisches Wissen für die Ausbildung im technischen Bereich nicht von Relevanz ist.

Drei der vier Handlungsbereiche (H) spielen ebenfalls für eine technische Lehre eine wichtige Rolle:
H1: Darstellen, Modell bilden (z.B.: Zeichnungen einfacher geometrischer Figuren anfertigen)
H2: Rechnen, Operieren (z.B.: mit Tabellen oder Grafiken operieren)
H3: Interpretieren (z.B.: Werte aus Grafiken oder Tabellen ablesen und richtig deuten)

Argumentieren und Begründen als vierter Handlungsbereich wurde von den Ausbildern ausgeschlossen, da es bei dieser Handlung vor allem darum geht, Entscheidungen mit mathematischen Aspekten zu argumentieren und diese Argumente so aneinander zu reihen, dass man dadurch zu bestimmten Schlussfolgerungen gelangt, welches für die Ausbildung zum Techniker nicht vonnöten ist.

Bezüglich der Komplexität wurde beschlossen, nur Aufgaben zu generieren, die dem Komplexitätsbereich K1 (*Einsetzen von Grundkenntnissen und –fertigkeiten*, wie z.B.: die Anwendung grundlegender mathematischer Begriffe, Sätze, Verfahren und Darstellungen) und K2 (*Herstellen von Verbindungen komplexer mathematischer Sachverhalte*, wie z.B.: verschiedene Darstellungsformen miteinander zu verbinden) angehören, damit die Anforderungen der einzelnen Aufgaben nicht zu hoch werden. *Einsetzen von Reflexionswissen, Reflektieren* (K3) wurde somit nicht berücksichtigt.

Da die Ergebnisse des ÖBB-Lehrlingstests händisch in ein computerisiertes Auswertungssystem eingegeben werden und der *MKT* als Untertest in diesen Test integriert werden soll, mussten bei der Entwicklung der Items folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden (S. Lehner, persönliche Mitteilung, 03.02.2012):

- Testlänge: 10 bis 15 Items
- Testdauer: ungefähr 10-15 Minuten
- Antwortformat:
    - bei offenem Antwortformat nur eine Lösungsmöglichkeit
    - bei Multiple-Choice Format eine Lösung und vier oder fünf Distraktoren (siehe Kubinger, 2009, S. 134)
- die Aufgaben sollen so gestaltet sein, dass alle Antworten auf einem separaten Antwortbogen vermerkt werden können
- Reihung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad
- Erstellung einer Parallelform B für die Gruppentestung, die die gleichen Aufgaben wie Form A beinhaltet – jedoch in unterschiedlicher Reihenfolge

Zusätzlich wurde bei der Itemgenerierung darauf geachtet, aktuelle und originelle Inhalte zu verwenden und mit den Aufgaben nicht jene zu bevorzugen, die schon ein gewisses Vorwissen mitbringen. Um vor allem letztere Vorgabe möglich zu machen, wurde für jene Aufgaben, die ein Vorwissen benötigen (wie z.B. die Formel für die Berechnung des Volumens eines Zylinders), die Formel mit angeführt.

Heugl und Peschek (2007) brachten für jede der 48 Teilkompetenzen Beispiele für mögliche prototypische Konkretisierungen hervor, welche als Vorlage zur Generierung der einzelnen Aufgaben für den *MKT* herangezogen wurden. *Abbildung 2* und *Abbildung 3* zeigen ein Beispielitem von den Autoren mit theoretischer Zuordnung inklusive der Lösung.

I1: Zahlen und Maße
H1: Darstellen, Modellbilden
K2: Herstellen von Verbindungen

Messbecher

Für die Zubereitung eines Backteiges werden $\frac{3}{4}$ l Wasser benötigt.

Aufgabe: Die benötigte Wassermenge wird in einen Messbecher gefüllt. Markiere, wie hoch das Wasser im Messbecher steht!

Lösung:

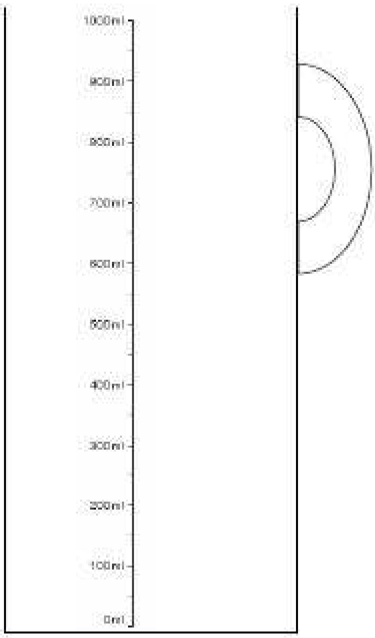


Abbildung 2. **Prototypen Aufgabe für M8 nach Heugl und Peschek.**

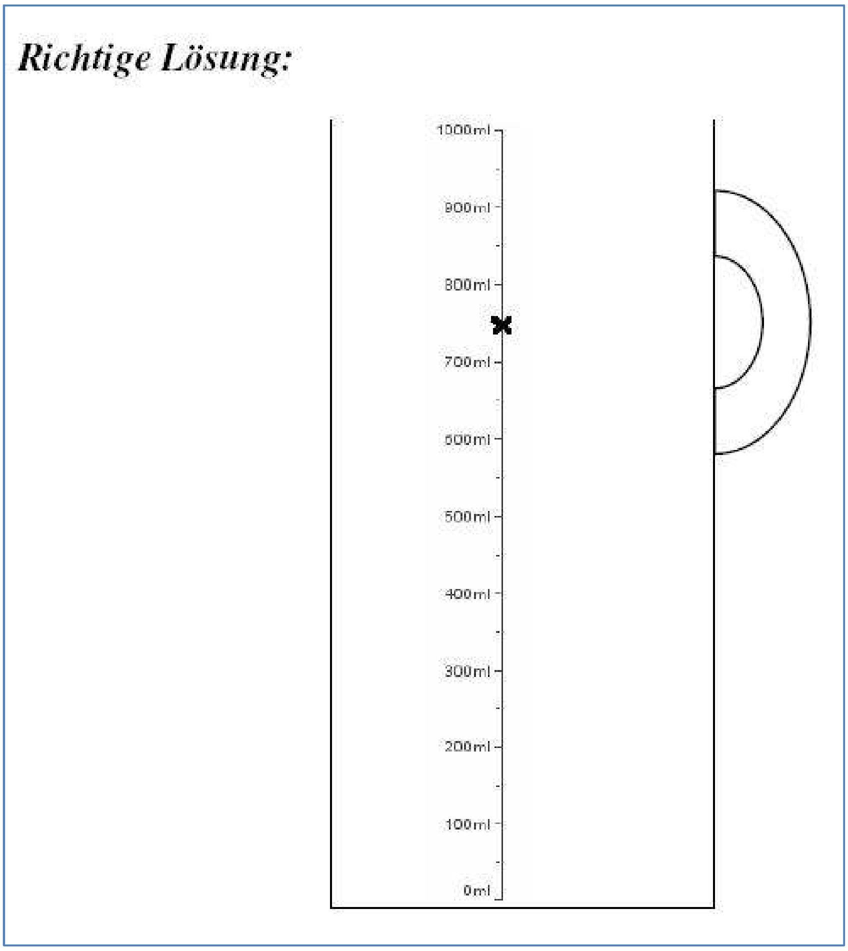


Abbildung 3. **Prototypen Aufgabe für M8 mit Lösung nach Heugl und Peschek.**

Die angesprochene Kompetenz lautet für dieses Item: H1-I1-K2 (Heugl & Peschek, 2007, S. 22):

- ***H1**: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt auf der Übertragung einer symbolischen Darstellung einer Größe in eine grafische Darstellung (Messskala), also auf dem Wechsel zwischen zwei Darstellungsformen.*
- ***I1**: Bei der Aufgabe geht es um (symbolische und grafische) Zahldarstellungen und um Maßeinheiten (für das Volumen).*
- ***K2**: Die Aufgabe erfordert, zwischen Schreibweisen von Zahlen (Bruch-, Dezimaldarstellung) und zwischen Maßeinheiten (l, ml) zu wechseln, sowie eine Zahl grafisch darzustellen (als Punkt auf einer Messskala).*

Folgende Aufgabe wurde anhand dieses Prototyps für den *Mathematischen Kompetenztest* der ÖBB entwickelt (*Abbildung 4*):

Item: *Für das Mixen eines Smoothies (Fruchtcocktail) werden 1/8 Liter Orangensaft benötigt. Die benötigte Saftmenge wird in einen Messbecher gefüllt. Markieren Sie als Antwort jenen Buchstaben, bei dem die Flüssigkeit im Messbecher steht.*

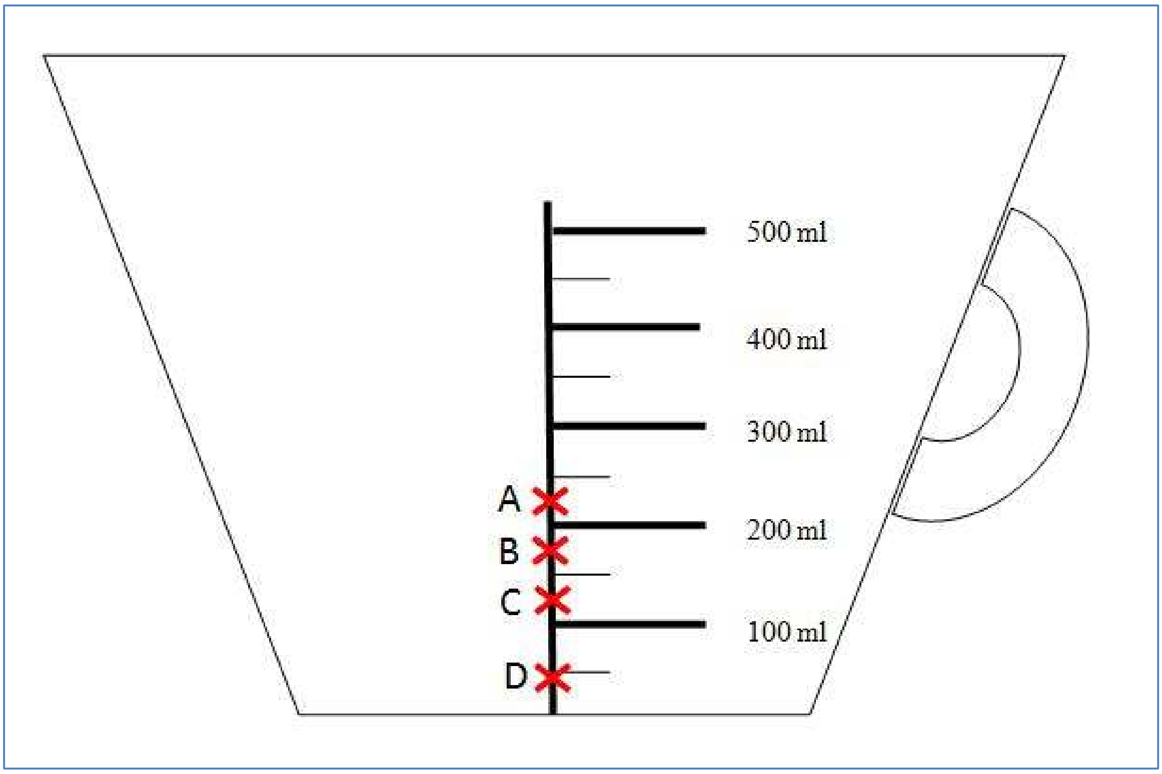


***Abbildung 4*. Beispielitem für den *MKT* der ÖBB.**

Aufgrund des vorgegebenen Auswertungsmodus durch das ÖBB-SSC (S. Lehner, persönliche Mitteilung, 17.07.2013) musste ein Format gewählt werden, in dem die Testpersonen die Antwort auf einem separaten Antwortbogen eintragen, wodurch eine Antwortgabe durch eine Markierung direkt in der Grafik nicht möglich ist. Stattdessen müssen die Testpersonen eine von vier vorgegebenen Markierungen des Flüssigkeitstandes wählen und den dazugehörigen Buchstaben als Antwort auf den Antwortbogen vermerken.

Die theoretische Zuordnung nach Heugl und Peschek (2007) in Anpassung an das neu entwickelte Item lautet demnach I1-H1-K2:

- **I1:** Es geht um symbolische und grafische Zahldarstellung und um Maßeinheiten (Volumen)
- **H1:** Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt auf der Übertragung einer Größe (Bruchzahlen-Darstellung) in eine grafische Darstellung (Messbecher) → Wechsel zwischen zwei Darstellungsformen
- **K2:** Die Aufgabe erfordert die Anwendung von Wissen über den Wechsel zwischen Schreibweisen von Zahlen (Bruchdarstellung und natürliche Zahl) und zwischen Maßeinheiten (l, ml), sowie das Wissen über grafische Darstellung einer Zahl auf einer Messskala

Insgesamt wurden 26 Aufgaben für eine Erstversion nach diesem Schema entwickelt, welche zur Erprobung einer Analysestichprobe (siehe Abschnitt 9.2) vorgegeben wurde, um eine erste Itemanalyse anzustellen (Rost, 2004). Die vollständige Liste aller entwickelten Aufgaben inklusive theoretischer Zuordnung befindet sich im Anhang.

Anhand der Ergebnisse der Analysestichprobe wurden die 26 Items bearbeitet. Einige leichte Items wurden umformuliert, sodass sich deren Schwierigkeit erhöhte, ein zu schwieriges Item wurde leichter gemacht und ein Item wurde ganz aus der Testversion herausgenommen. Weiteres wurde an der Formulierung der Items etwas geändert, wenn offensichtlich wurde, dass es vom Großteil der Analysestichprobe falsch verstanden wurde oder Angaben überlesen wurden. Die daraus resultierende Version des *Mathematischen Kompetenztests* wurde dann als Basis für die Erstellung des endgültigen *Mathematischen Kompetenztestes*, der der Eichstichprobe vorgelegt wurde, herangezogen und anschließend damit eine prognostische Validität berechnet.

Die Untersuchung wurde an zwei unterschiedlichen Stichproben durchgeführt. Einmal an jener, anhand deren die Akzeptanz und die Verständlichkeit der Items ausprobiert werden soll und einmal an jener, anhand deren nach Kriterien der Itemselektion die finale Version des *Mathematischen Kompetenztests* für die ÖBB-Lehrlingstestungen generiert werden soll. Zur leichteren Unterscheidbarkeit wird daher die erste als *Analysestichprobe* und die zweite als *Eichstichprobe* bezeichnet, obwohl der Test nicht anhand der zweiten Stichprobe normiert werden soll.
Daraus resultierend ergaben sich jeweils unterschiedliche Formen des *Mathematischen Kompetenztests*. Zur leichteren Unterscheidbarkeit wird die erste Version *MKT_26* bezeichnet, da

sie 26 Items beinhaltet, die Version, die der Eichstichprobe vorgegeben wurde, *MKT_25*, da diese nur mehr 25 Items beinhaltet und jene, die für die prognostische Validierung verwendet wurde, *MKT_15*, da nach der Itemanalyse nur mehr 15 Items im *MKT* übrig blieben.

Es wird im Folgenden zunächst die der *MKT_26*, sowie die Analysestichprobe und deren Ergebnisse vorgestellt (Abschnitt 9.2) und in einem zweiten Teil der *MKT_25*, sowie die Eichstichprobe und deren Ergebnisse erläutert (Abschnitt 9.3).

9.2. Die Analysestichprobe

9.2.1. Erhebungsinstrument *MKT_26*

Die Erstversion des *Mathematischen Kompetenztests (MKT_26)* bestand aus insgesamt 26 eigens für die ÖBB-Lehrlingstestungen entwickelten Aufgaben in Orientierung an das *Mathematische Kompetenzmodell* für die achte Schulstufe nach Heugl und Peschek (2007). Zur Erstvorgabe wurde nur eine Testversion erstellt, da sie ausschließlich zur Überprüfung der Akzeptanz bzw. der Fehleranalyse galt. Weiteres sollte bei der Analysestichprobe beobachtet werden, ob die Aufgaben verständlich formuliert waren oder ob bei bestimmten Items häufig Verständnisfragen auftraten. Als demographische Variablen wurden lediglich das Geschlecht, das Alter und das Lehrjahr der Probanden erhoben. Für die Erprobung des Tests wurde kein separater Antwortbogen entwickelt - die Antworten wurden direkt auf den Testbogen in das jeweilige Lösungsfeld der einzelnen Aufgaben geschrieben.

9.2.2. Durchführung der Untersuchung

Als Analysestichprobe wurden die Lehrlinge, die sich am Ende des ersten Lehrjahres für eine Ausbildung im technischen Bereich in Wien befanden, ausgewählt. In Wien gibt es insgesamt drei Lehrwerkstätten an den Standorten Floridsdorf, Penzing und Innstraße. In Zusammenarbeit mit dem ÖBB-Lehrlingsbeauftragten wurden alle in Frage kommenden Personen in die Lehrwerkstätte in Floridsdorf eingeladen. Die Testung wurde an einem Freitagvormittag in der Kantine der Lehrwerkstätte in Floridsdorf zu drei verschiedenen Testterminen (getrennt nach Standort) durchgeführt. Die Teilnahme erfolgte während der regulären Unterrichts- bzw. Lehrzeit, sodass die zu testenden Personen nicht frei über ihre Teilnahme entscheiden konnten. Die Testpersonen wurden so platziert, dass jeweils ein Leerplatz zwischen zwei Personen vorhanden war, um ein etwaiges Abschreiben zu erschweren.

Als Testeinweisung wurde erklärt, dass sich nur ein Stift und Lineal auf dem Tisch befinden dürfe, für Notizen das dem Test beigelegte leere Blatt verwendet werden sollte und zunächst das Deckblatt zu befüllen wäre. Auf Anweisung des Testleiters durften die Lehrlinge die erste Seite aufschlagen und bekamen die Instruktion, dass alle Testaufgaben selbsterklärend seien, bei aufkommenden Fragen jedoch jederzeit mit Handzeichen um Aufklärung gebeten werden könne. Während der Testung ging die Testleiterin im Raum umher, um auf etwaige Schummelversuche sofort reagieren zu können. Ebenso wurde ein Augenmerk darauf gelegt, wie lange die Testpersonen ungefähr für die Beantwortung des gesamten *MKT* benötigen, um eine erste Einschätzung der durchschnittlichen Testdauer vornehmen zu können. Wenn eine Testperson den Test fertig ausgefüllt hatte, durfte sie abgeben und wurde zurück in den Unterricht geschickt.

Für die Bearbeitung des gesamten Tests benötigten die zu testenden Personen ungefähr 45 Minuten, der schnellste Proband gab den Test bereits nach 15 Minuten ab, der langsamste war nach 60 Minuten noch nicht fertig – die Testung wurde für diesen Probanden abgebrochen.

9.2.3. Stichprobenbeschreibung

Die Analysestichprobe bestand aus insgesamt 86 Lehrlingen am Ende des 1. Lehrjahres, die aus den drei Lehrwerkstätten in Wien (Floridsdorf, Innstraße, Penzing) zur Testung herangezogen wurden (siehe Tabelle 1). Die Lehrlinge waren zwischen 15 und 22 Jahre (M = 17.16; SD = 1.74) alt. 91.9 % davon waren männliche Probanden, 8.1 % weibliche. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Verteilung repräsentativ für die Population ist, da gerade im Bereich der technischen Lehre Frauen stark unterrepräsentiert sind.

Tabelle 1: ***Altersverteilung der Analysestichprobe in Jahren***

Alter in Jahren	Absolute Häufigkeit	Prozent
15	6	6.98
16	37	43.02
17	15	17.44
18	14	16.28
19	3	3.49
20	3	3.49
21	6	6.98
22	2	2.33
	86	100.00

9.2.4. Auswertung und Ergebnisse

Für die Auswertung und die Darstellung der Ergebnisse wurde das Statistikpaket SPSS 20.0 (IBM Corporation, 2011) verwendet. Da jede Aufgabe so gestaltet war, dass es nur eine richtige oder falsche Antwort gab (dichotom), wurden die Ergebnisse mit 0 (= falsch) und 1 (= richtig) kodiert. Ein wichtiges Gütekriterium in der Testtheorie stellt die Skalierung dar (Kubinger, 2009). Da man in der klassischen Testtheorie das Gütekriterium Skalierung, also die adäquate Abbildung empirischer Beziehungen in Messwerten, nicht empirisch überprüfen kann, reicht die Verrechnung *Anzahl gelöster Aufgaben* aus, um die Summe der richtigen Antworten als Testwert zu verrechnen, wenn man zumindest von einem Ordinalskalenniveau des Tests ausgehen kann (Moosbrugger & Kelava, 2012). Daher wurden bei der Auswertung die richtigen Antworten pro Proband summiert, um den Rohwert zu erhalten. Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Rohwerte über alle 86 Testpersonen inklusive dem dazugehörigen Prozentrang (PR).

Tabelle 2: ***Rohwerteverteilung (Anzahl richtig gelöster Aufgaben) des MKT_26***

Rohwert	Absolute Häufigkeit	Prozent	Kum. Prozent	PR
5	2	2.33	2.33	3
6	3	3.49	5.81	7
7	1	1.16	6.98	8
8	3	3.49	10.47	12
9	1	1.16	11.63	14
10	1	1.16	12.79	15
11	8	9.30	22.09	26
12	5	5.81	27.91	32
13	5	5.81	33.72	39
14	9	10.47	44.19	51
15	9	10.47	54.65	64
16	7	8.14	62.79	73
17	8	9.30	72.09	84
18	5	5.81	77.91	91
19	6	6.98	84.88	99
20	6	6.98	91.86	-
21	3	3.49	95.35	-
22	1	1.16	96.51	-
24	1	1.16	97.67	-
25	2	2.33	100.00	-

Die Spannweite der Rohwerte beträgt [5; 25], das bedeutet, dass keine der Testpersonen die volle Punkteanzahl von 26 erreichte. Zwei Personen lösten insgesamt nur fünf der 26 Aufgaben richtig. Im Durchschnitt wurde ein Rohwert von M = 14.92 erreicht (Md = 15, SD = 4.45). Der Test auf Normalverteilung nach Kolmogorov-Smirnov fiel nicht signifikant aus (p = .624).

Würde man den Test an dieser Stichprobe normieren, so würde ein Rohwertebereich von [11; 16] ungefähr den mittleren 50 Prozenträngen entsprechen.

9.2.5. Itemanalysen

In erster Linie sollte anhand der Ergebnisse der Analysestichprobe die Akzeptanz der einzelnen Aufgaben erprobt werden bzw. gegebenenfalls Auffälligkeiten aufgedeckt werden. Anhand dieser ersten Ergebnisse wurden Itemanalysen durchgeführt, um die Qualität zu bestimmen. Das Augenmerk lag jedoch darauf, einzelne auffällige Items umzuformulieren, damit deren Verständnis bzw. deren Schwierigkeitsniveau beeinflusst werden konnte.

Im ersten Schritt wurde die Itemschwierigkeit berechnet, um zu leichte oder zu schwierige Items zu identifizieren, da diese sonst keine Aussagen über die interindividuellen Unterschiede in der *Mathematischen Kompetenz* der Testpersonen wiedergeben (Moosbrugger & Kelava, 2012). Als statistisches Maß wurde hierbei der Schwierigkeitsindex P_i gewählt, welcher den Anteil richtiger Antworten pro Item in Form von Prozenten angibt. Als nächstes wurde die Itemvarianz berechnet, da sie ebenfalls ein Qualitätskriterium darstellt. Die Itemvarianz ist vor allem deshalb von Relevanz, da sie angibt, in welchem Ausmaß ein einzelnes Item in der untersuchten Stichprobe differenziert (Moosbrugger & Kelava, 2012). Tabelle 3 zeigt sowohl die Itemschwierigkeit (P_i), als auch die Itemvarianz. Es ist gut ersichtlich, dass mittelschwere Aufgaben die größte Varianz erzielen und somit am besten zwischen fähigen und weniger fähigen Personen differenzieren.

Tabelle 3: *Schwierigkeitsindex Pi und Itemvarianz des MKT_26*

Item	S.-Index P_i (%)	Varianz	SD
1	82.60	0.15	0.38
2	84.90	0.13	0.36
3	95.30	0.04	0.21
4	75.60	0.19	0.43
5	66.30	0.23	0.48
6	89.50	0.09	0.31
7	48.80	0.25	0.50
8	61.60	0.24	0.49
9	64.00	0.23	0.48
10	91.90	0.08	0.28
11	30.20	0.21	0.46
12	79.10	0.17	0.41
13	94.20	0.06	0.24
14	33.70	0.23	0.48
15	9.30	0.09	0.29
16	39.50	0.24	0.49
17	88.40	0.10	0.32
18	7.00	0.07	0.26
19	34.90	0.23	0.48
20	69.80	0.21	0.46
21	82.60	0.15	0.38
22	29.10	0.21	0.46
23	14.00	0.12	0.35
24	30.20	0.21	0.46
25	83.70	0.14	0.37
Item_Zug	5.80	0.06	0.24

Ein weiterer Indikator für die Evaluierung der Items stellt die Trennschärfeanalyse dar. Sie gibt an, in welchem Ausmaß ein Itemwert mit einem Testwert, der sich aus den übrigen Items bildet, zusammenhängt. Sie wird also anhand einer Korrelation zwischen dem jeweiligen Itemwert und dem Rohwert, der aus den übrigen Items gebildet wird, berechnet und kann somit Werte zwischen [- 1; 1] annehmen (Kubinger & Jäger, 2003; Moosbrugger & Kelava, 2012). In SPSS erfolgt die Berechnung der Itemtrennschärfen im Zuge der Reliabilitätsanalyse (Alpha), es werden somit Trennschärfen und das Cronbach Alpha gleichzeitig ausgegeben (Bühl, 2012). Die Reliabilitätsanalyse ergab eine interne Konsistenz von $\alpha = 0.824$ für alle 26 Items. Tabelle 4 zeigt sowohl die Trennschärfekoeffizienten der einzelnen Items, als auch das Cronbach Alpha, wenn das jeweilige Item weggelassen werden würde. Betrachtet man nur das Cronbach Alpha, so erhöht sich die Reliabilität, wenn man Item 16 und 21 aus dem Test entfernen würde.

Tabelle 4: *Trennschärfekoeffizienten und Cronbachs Alpha nach Weglassen des jeweiligen Items des MKT_26*

Item	Trennschärfe-koeffizient	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
1	.526	.812
2	.216	.823
3	.315	.821
4	.432	.815
5	.297	.821
6	.211	.823
7	.433	.815
8	.333	.820
9	.299	.821
10	.415	.817
11	.484	.812
12	.350	.818
13	.354	.820
14	.361	.818
15	.271	.821
16	.234	.825
17	.409	.817
18	.229	.822
19	.515	.811
20	.419	.815
21	.129	.827
22	.389	.817
23	.430	.816
24	.465	.813
25	.484	.813
Item_Zug	.340	.820

Anhand der Ergebnisse der Itemanalyse wurden in einem weiteren Schritt jene Items für die vorläufige Endversion ausgewählt, die bezüglich dem Merkmal *Mathematische Kompetenz* in einem psychometrischen Kontext gesehen, am geeignetsten waren. Laut Moosbrugger und Kelava (2012) sind vor allem jene Items geeignet, deren Schwierigkeitsindex sich zwischen [20 < P_i > 80] bewegt, sofern man keine extremen Merkmalsausprägungen erheben möchte. In diesem Fall waren Items 15, 18, 23 und *Zug* zu schwierig, da ihre Lösungshäufigkeit unter 20 Prozent lag. Demzufolge waren Items 1, 2, 3, 6, 10, 13, 17, 21 und 25 zu leicht, da sich der Schwierigkeitsindex auf über 80 Prozent belief. Insgesamt 13 der 26 Items entsprachen einem optimalen Schwierigkeitsniveau.

Items, die eine Trennschärfe zwischen 0.4 und 0.7 aufweisen, gelten als angemessen, wobei Werte nahe 1 in diesem Fall bedeuten, dass die Aufgaben von Testpersonen gelöst werden, die eine hohe mathematische Kompetenz aufweisen und dass diese Aufgaben von Personen mit einer niedrigen mathematischen Kompetenz nicht gelöst werden (Moosbrugger & Kelava, 2012). Werte nahe -1 bedeuten im Gegenteil dazu, dass das jeweilige Item von Personen gelöst wird, welche eine niedrige Merkmalsausprägung aufweisen. Personen mit hoher Merkmalsausprägung lösen dieses Item hingegen nicht, was die Vermutung nahelegt, dass das Item einen Mangel aufweist. Unter der Beachtung dieser Vorgaben würden nur Item 1, 4, 7, 10, 11, 17 19, 20, 23, 24 und 25 eine *gute* Trennschärfe aufweisen. Tabelle 5 gibt zum Vergleich sowohl die Trennschärfen, das Cronbach Alpha bei Weglassen des jeweiligen Items, als auch die Schwierigkeitsindizes P_i an.

Tabelle 5: *Trennschärfe, Cronbachs Alpha und Schwierigkeitsindex Pi im Vergleich – MKT_26*

Item	Trennschärfe-koeffizient	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen	S.-Index Pi (%)
1	.526	.812	82.60
2	.216	.823	84.90
3	.315	.821	95.30
4	***.432***	***.815***	***75.60***
5	.297	.821	66.30
6	.211	.823	89.50
7	***.433***	***.815***	***48.80***
8	.333	.820	61.60
9	.299	.821	64.00
10	.415	.817	91.90
11	***.484***	***.812***	***30.20***
12	.350	.818	79.10
13	.354	.820	94.20
14	.361	.818	33.70
15	.271	.821	9.30
16	.234	.825	39.50
17	.409	.817	88.40
18	.229	.822	7.00
19	***.515***	***.811***	***34.90***
20	***.419***	***.815***	***69.80***
21	.129	.827	82.60
22	.389	.817	29.10
23	.430	.816	14.00
24	***.465***	***.813***	***30.20***
25	.484	.813	83.70
Item_Zug	.340	.820	5.80

Zur besseren Übersichtlichkeit wurden jene Items in Tabelle 5 in fett und kursiv markiert, die sowohl einer Prüfung der Itemschwierigkeit, als auch der Itemtrennschärfe standhielten und somit eine gute testtheoretische Qualität aufweisen. Unter Berücksichtigung der Kennwerte *Trennschärfe* und *Itemschwierigkeit* würden somit nur die Items 4, 7, 11, 19, 20 und 24 den Qualitätsanforderungen eines guten psychometrischen Tests entsprechen.

9.2.6. Itemänderungen des *MKT_26*

Da die Analysestichprobe in erster Linie dazu diente, die Items in der Realität zu erproben, wurde für die vorläufige Endversion nur ein einziges Item entfernt, nämlich Item 13 (*Abbildung 5*), da es aufgrund des Antwortformates (Aufschreiben einer gesamten Rechnung) für das ÖBB-SSC nicht einsetzbar war.

Item 13:

Jasmin hat acht Euro (€) und ihr Bruder hat vier Euro (€) im Lotto gewonnen. Zusammen haben sie nun 12 Euro (€). Schreibe die Rechnung dazu auf.

Lösung: ____

Abbildung 5. **Item 13 des *MKT_26*.**

Einige Items (Items 1, 3, 10 und 25), die einen sehr hohen Schwierigkeitsindex aufwiesen, also besonders häufig gelöst wurden, wurden für die Testung an der Eichstichprobe im Sinne der Aufgabenstellung schwieriger gemacht. Als Beispiel ist Item 1 angeführt. Es wurde schwieriger gestaltet, sodass anstelle der Umwandlung von Gramm in ganze Kilogramm anhand eines verbalen Zahlenformates, die Umwandlung von Gramm in eine formulierte Dezimalzahl verlangt wird (*Abbildung 6*).

Geringes Schwierigkeitsniveau:

Wie viele Gramm (g) hat ein Kilogramm (kg)?

Lösung: Es sind __________________Gramm.

Höheres Schwierigkeitsniveau:

Wie viele Gramm (g) haben eineinhalb Kilogramm (kg)?

Lösung: Es sind __________________Gramm.

Abbildung 6. **Item 1: zum Vergleich aus der ursprünglichen Form MKT_26 und der neuen Form MKT_25.**

Die Vermutung war, dass es den Testpersonen schwerer fallen würde, Gramm in nicht ganze Kilogramm als in ganze Kilogramm umzuwandeln.

Andere Items (Item 2, 6, 17, 21), die ebenfalls sehr häufig gelöst wurden, wurden auf Wunsch von Herr Mag. Simon Lehner (psychologischer Leiter der ÖBB-Lehrlingstestungen) auf dem ursprünglichen Schwierigkeitsniveau belassen, weil abgewartet werden sollte, ob die Items bei der Eichstichprobe ebenfalls so häufig gelöst werden würden.

Das schwierigste Item (Item Zug, P_i = 5.8 %) wurde bezüglich des Inhaltes so umgestaltet, dass die Aufgabenstellung einen niedrigeren Schwierigkeitsgrad aufwies (*Abbildung 7*), da man davon ausging, dass Bewerber bezüglich der *Mathematischen Kompetenzleistung* gegenüber den Lehrlingen am Ende des ersten Lehrjahres eine geringere Ausprägung aufweisen und somit die Beantwortung dieser Items noch schwerer fallen würden als den Testpersonen der Analysestichprobe.

Höheres Schwierigkeitsniveau: Ein Zug fährt 160 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Wien nach Salzburg beträgt ungefähr 300 Kilometer (km). Wie lange (in Stunden und Minuten) benötigt der Zug von Wien nach Salzburg?
Lösung: Er benötigt ___________ Stunden und ___________ Minuten.

Niedrigeres Schwierigkeitsniveau: Ein Zug fährt 180 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Wien nach Salzburg beträgt ungefähr 270 Kilometer (km). Wie lange (in Stunden und Minuten) benötigt der Zug von Wien nach Salzburg?
Lösung: Er benötigt ___________ Stunden und ___________ Minuten.

Abbildung 7. **Item Zug: zum Vergleich aus der ursprünglichen Form MKT_26 und der neuen Form MKT_25.**

Item *Zug* war in dem Sinne schwieriger, als dass die ursprüngliche Form im Ergebnis keine ganze Zahl in Minuten hatte, sondern eine Dezimalzahl (Lösung: 1 Stunde und 52,5 Minuten). Als Ergebnis für das neue Item *Zug* ist nun eine ganze Zahl in Minuten auszufüllen (Lösung: 1 Stunde und 30 Minuten).

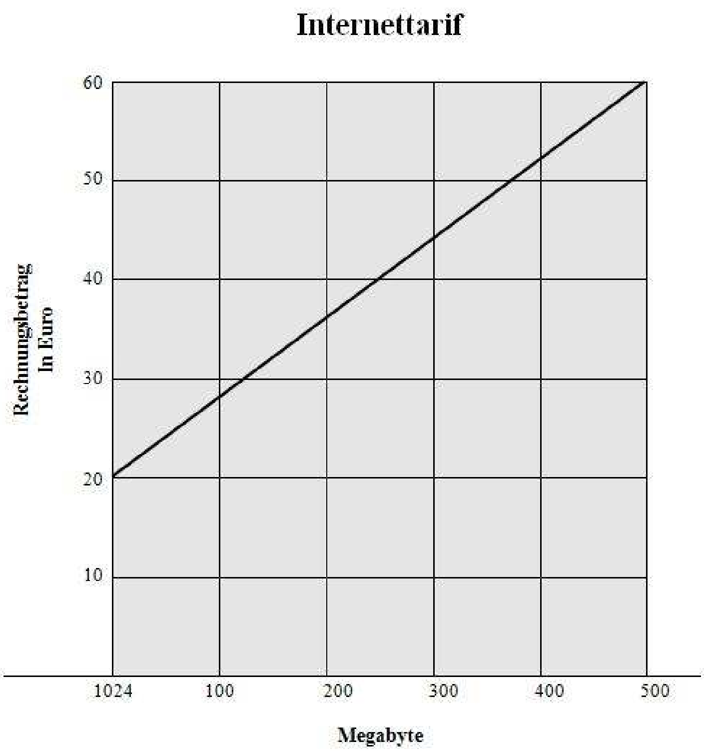
Bei Item 15, welches ebenfalls einen sehr geringen Schwierigkeitsindex (P_i = 9.3 %) aufwies und aus einer Textaufgabe und einer Grafik besteht, wurde nur die Instruktion durch die zusätzliche Angabe eines unbekannten Faktors (die Höhe der Grundgebühr) ergänzt um somit die Lösung der Aufgabe zu erleichtern. Die Änderung im Text wurde der Übersichtlichkeit halber in fett markiert (*Abbildung 8*).

Ursprüngliche Version:

Eine Telefongesellschaft bietet einen neuen Internettarif für ein Tablet an. In der Grundgebühr ist ein Datenguthaben von 1024 Megabyte (= 1 Gigabyte) pro Monat enthalten. Gelangt man in einem Monat über 1024 Megabyte Datenverbrauch, ist jeder verbrauchte Megabyte extra zu bezahlen. Man kann den Rechnungsbetrag für einen Monat aus unten stehender Grafik (ungefähr) ablesen. Wie viel beträgt (ungefähr) die Gebühr für einen zusätzlich verbrauchten Megabyte?

Neue Version:

Eine Telefongesellschaft bietet einen neuen Internettarif für ein Tablet an. In der Grundgebühr **von 20 Euro** ist ein Datenguthaben von 1024 Megabyte (=1 Gigabyte) pro Monat enthalten. Gelangt man in einem Monat über 1024 Megabyte Datenverbrauch, ist jeder verbrauchte Megabyte extra zu bezahlen. Man kann den Rechnungsbetrag für einen Monat aus unten stehender Grafik (ungefähr) ablesen. Wie viel beträgt (ungefähr) die Gebühr für einen zusätzlich verbrauchten Megabyte?



Lösung: Die Gebühr betragt ungefähr Euro (€) ______________ pro zusätzlichem Megabyte.

***Abbildung 8.* Item 15: zum Vergleich aus der ursprünglichen Form MKT_26 und der neuen Form MKT_25.**

Ebenso wurde bei den Items 9, 18, 19 und 23 in den Angaben bestimmte Schlagwörter fett markiert (siehe Anhang, *MKT_25*), da man aufgrund der Antworten, die manche Probanden bei diesen Items gemacht hatten, davon ausgehen konnte, dass die Angaben nicht genau gelesen wurden (so wurde zum Beispiel als Ergebnis bei Item 19 der Betrag des Skontos und nicht der Betrag *nach* Abzug des Skontos als Lösung angeführt).
Unter Berücksichtigung aller soeben angeführten Änderungen wurde somit die vorläufige Endversion des *Mathematischen Kompetenztests MKT_25* (siehe Anhang) erstellt, welche der eigentlich interessierenden Stichprobe, der Eichstichprobe, vorgegeben wurde.

9.3. Die Eichstichprobe

9.3.1. Erhebungsinstrument *MKT_25*

Wie in Abschnitt 9.2.5 angeführt, wurde anhand der Ergebnisse der Analysestichprobe unter Berücksichtigung der Itemanalysen eine vorläufige Endversion des *Mathematischen Kompetenztests* (*MKT_25*) für die ÖBB-Lehrlingstestungen erstellt, welcher dem neuen Jahrgang (2013) an Auszubildenden vorgegeben wurde.
Da nach den Itemanalysen nur ein Item ausgeschieden wurde, bestand der *MKT_25* somit aus insgesamt 25 Aufgaben, welche die *Mathematische Kompetenz* für die achte Schulstufe nach Heugl und Peschek (2007) erfassen.

Für die Endversion wurden zwei Testformen (Form A und B) erstellt, um den Test als Gruppenverfahren verwenden zu können und das Abschreibrisiko zu vermindern. Zur Generierung dieser Parallelversionen wurden die Items zunächst nach ihrer Schwierigkeit anhand der Schwierigkeitsindizes P_i aus der Analysetestung gereiht (siehe Abschnitt 9.2.5), und dann abwechselnd zur Form A und B zugeteilt. Die daraus resultierende Parallelform A bestand somit aus insgesamt 13 Items, Form B aus 12 Items. Damit beide Versionen alle 25 Items, jedoch in unterschiedlicher Reihenfolge enthielten, wurden nun die 12 Items aus Form B zu den 13 Items in Form A und die 13 Items aus Form A zu Form B hinzugegeben. Da die Items deswegen in eine andere Reihenfolge gebracht wurden und somit neu nummeriert wurden, befindet sich eine Übersetzungstabelle der Itemnummern zwischen Version *MKT_26* und *MKT_25* im Anhang.

Ziel der Testung an der Eichstichprobe war es, jene Items zu identifizieren, welche für die ÖBB-Lehrlingstestungen sowohl einen optimalen Schwierigkeitsindex P_i als auch eine adäquate Trennschärfe aufweisen. Um eine Berechnung der prognostischen Validität möglich zu machen, mussten als demographische Variablen zusätzlich zu Geschlecht und Alter der Name der Testperson erhoben werden, um später die Testergebnisse den Ergebnissen der

Lehrlingsbeurteilung, welche als Außenkriterium gewählt wurde, zuordnen zu können. Wie bei Version *MKT_26* wurde kein separater Antwortbogen entwickelt - die Antworten mussten von den Testpersonen wieder direkt auf den Testbogen in das jeweilige Lösungsfeld der einzelnen Aufgaben eintragen werden.

9.3.2. Durchführung der Untersuchung

Für die Eichstichprobe wurden jene Lehrlinge ausgewählt, die sich direkt am Beginn des ersten Lehrjahres für eine technische Ausbildung befanden, da man davon ausgehen konnte, dass sie ein ähnliches Fähigkeitsniveau im Bereich der *Mathematischen Kompetenzen* aufweisen, wie die eigentliche Zielgruppe – die Bewerber. Es wurden wieder jene Lehrlinge ausgewählt, die sich für eine Ausbildung im technischen Bereich in Wien entschieden hatten. Die dafür in Frage kommende Stichprobe aus den Lehrwerkstätten der drei Standorte in Wien (Floridsdorf, Penzing und Innstraße) wurde an einem Vormittag zu drei verschiedenen Testterminen eingeladen. Die Testung fand am Ende der ersten Woche am Beginn des ersten Lehrjahres in der Kantine der Lehrwerkstätte in Floridsdorf statt, das heißt, die Auszubildenden hatten insgesamt erst vier Tage Unterricht, als sie der Testung unterzogen wurden. Die Testpersonen wurden an Vierer-Tischen so platziert, dass sich jeweils zwei Testpersonen mit unterschiedlicher Testgruppe (Form A oder B) gegenübersaßen. Die Testanweisung war dieselbe wie bei der Analysetestung (siehe Abschnitt 9.2.2).

9.3.3. Stichprobenbeschreibung

Die Eichstichprobe bestand aus insgesamt 115 Lehrlingen am Beginn des ersten Lehrjahres, die aus den unterschiedlichen drei Lehrlingswerkstätten in Wien (Floridsdorf, Innstraße, Penzing) zur Testung herangezogen wurden. Sechs Testpersonen füllten zwar die Testaufgaben aus, machten jedoch keine demographischen Angaben. Die Ergebnisse dieser sechs Personen konnte somit bei der Berechnung der prognostischen Validität nicht berücksichtigt werden.

Die Lehrlinge waren zwischen 15 und 25 Jahre (M = 15.98, SD = 1.69) alt (siehe Tabelle 6). 93 % davon waren männliche Probanden, 7 % weibliche. Die Geschlechterverteilung kann als repräsentativ erachtet werden, da sich bei den ÖBB überwiegend männliche Personen für eine Lehre im technischen Bereich bewerben.

Tabelle 6: *Altersverteilung der Eichstichprobe in Jahren*

Alter in Jahren	Absolute Häufigkeit	Prozent
15	62	53.91
16	21	18.26
17	12	10.43
18	9	7.83
20	2	1.74
22	1	0.87
23	1	0.87
25	1	0.87
	109	94.78

Die Verteilung der Testpersonen innerhalb der einzelnen Lehrwerkstätten ist in *Abbildung 9* ersichtlich. Insgesamt 6 Probanden konnten nicht zugeordnet werden, da sie bezüglich der Lehrwerkstätte keine Angabe machten.

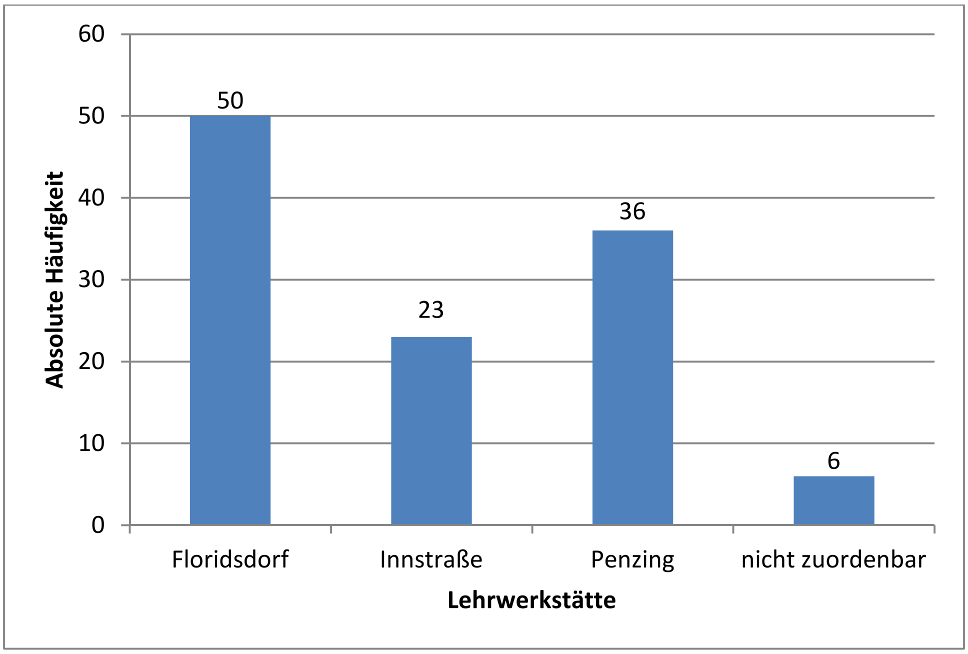


Abbildung 9. **Häufigkeitsverteilung in den drei Lehrwerkstätten in absoluten Zahlen.**

Bezüglich der Art des gewählten Lehrberufs entschied sich die Mehrheit (37 %) für den Lehrberuf in Elektrotechnik (*Abbildung 10*).

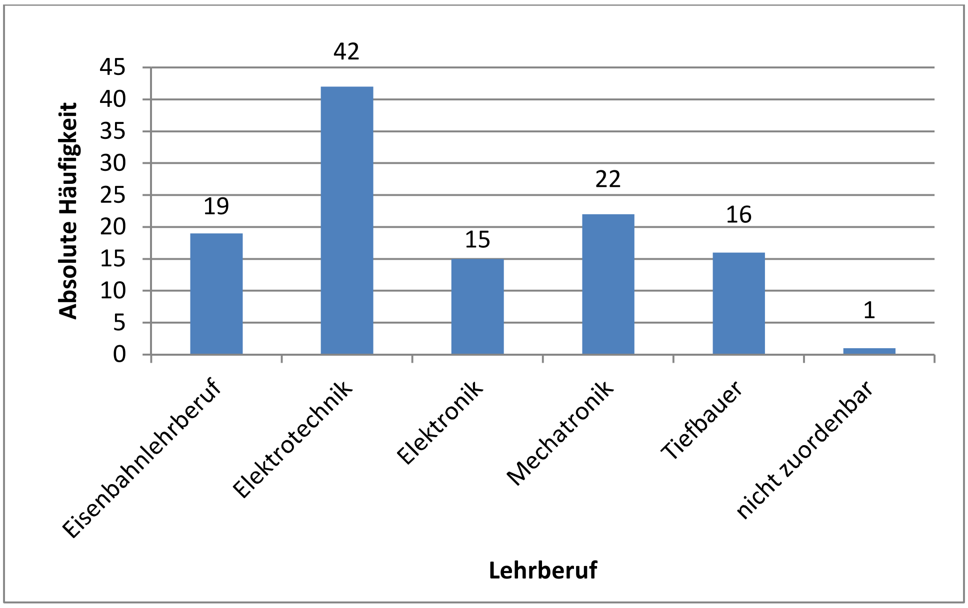


Abbildung 10. **Häufigkeitsverteilung der einzelnen Lehrberufe in absoluten Zahlen.**

9.3.4. Auswertung und Ergebnisse

Für die Auswertung und die Darstellung der Ergebnisse wurde, wie bei der Analysetestung, das Statistikpaket SPSS 20.0 (IBM Corporation, 2011) verwendet. Die Auswertung erfolgte analog zum *MKT_26* (siehe Abschnitt 9.2.4). Tabelle 7 zeigt die Verteilung der Rohwerte über alle 115 Testpersonen und die Prozentränge.

Tabelle 7: *Rohwerteverteilung (Anzahl richtig gelöster Aufgaben) des MKT_25*

Rohwerte	Häufigkeit	Prozent	Kum. Prozent	PR
falsch	2	1.74	2	2
4	1	0.87	3	2
5	2	1.74	4	4
6	2	1.74	6	5
7	5	4.35	10	9
8	6	5.22	16	14
9	6	5.22	21	18
10	13	11.30	32	28
11	11	9.57	42	36
12	13	11.30	53	46
13	12	10.43	63	55
14	9	7.83	71	62
15	8	6.96	78	68
16	6	5.22	83	73
17	6	5.22	89	77
18	4	3.48	92	80
19	5	4.35	97	84
20	2	1.74	98	85
21	1	0.87	99	86
22	1	0.87	100	87

Die Spannweite der Rohwerte beträgt [0; 22], das bedeutet, dass keine der Testpersonen die volle Punkteanzahl von 25 erreichte, zwei Personen hatten sogar keine einzige Aufgabe gelöst. Im Durchschnitt erreichte die Eichstichprobe (M = 12.35, SD = 4.09) ein schlechteres Ergebnis als die Analysestichprobe (M = 14.92, SD = 4.45). Die Rohwerte in der Eichstichprobe streuten jedoch geringer als in der Analysestichprobe.

Würde man diese Stichprobe tatsächlich zur Eichung des Tests heranziehen, entsprächen die Rohwerte von ungefähr [10; 17] den mittleren 50 % der Prozentrangplätze. Die Berechnung der Prozentwerte erfolgte analog zu Abschnitt 9.2.4.
Da jedoch das Auswertungssystem des ÖBB-Lehrlingstests die Eichung automatisch mit jeder neuen Testeingabe durchführt und diese Stichprobe für die Eichung eines Tests zu klein wäre, wird im Zuge dieser Arbeit keine Eichung des Tests vorgenommen.

9.3.5. Itemanalysen

Im Gegensatz zur Itemanalyse der Analysestichprobe, die in erster Linie dazu diente, die Akzeptanz und das Verständnis der einzelnen Aufgaben zu testen, zielt die Itemanalyse in diesem Fall darauf ab, mithilfe der Ergebnisse der Eichstichprobe die konkrete Itemselektion anhand der Qualitätskriterien *Schwierigkeitsindex P_i* und *Item-Trennschärfen* durchzuführen, sodass eine finale, deutlich kürzere Version des *MKT_25* entsteht. Anhand dieser Version soll dann die prognostische Validierung erfolgen.

Analog zu Abschnitt 9.2.5 wurde in einem ersten Schritt die Itemschwierigkeit berechnet, welche als Schwierigkeitsindex P_i ausgedrückt wird. Je höher P_i, desto leichter ist das betreffende Item.

Items, die eine mittlere Schwierigkeit aufweisen, also in einem Bereich zwischen 20 und 80 Prozent Lösungshäufigkeit liegen, unterscheiden am besten zwischen Testpersonen mit hoher und niedriger Merkmalsausprägung (Moosbrugger & Kelava, 2012). Ebenfalls wurde erneut die Itemvarianz berechnet, da sie in unmittelbaren Zusammenhang mit der Itemschwierigkeit steht. Tabelle 8 zeigt sowohl die Schwierigkeitsindizes als auch die Itemvarianzen aller 25 Items des *MKT_25* an.

Tabelle 8: ***Schwierigkeitsindex Pi und Itemvarianz des MKT_25***

Item	S.-Index (%)	Varianz	*SD*
1	85.20	.127	.356
2	88.70	.101	.318
3	77.40	.177	.420
4	46.10	.251	.501
5	56.50	.248	.498
6	66.10	.226	.475
7	72.20	.203	.450
8	37.40	.236	.486
9	25.20	.190	.436
10	28.70	.206	.454
11	18.30	.151	.388
12	4.30	.042	.205
13	40.00	.242	.492
14	68.70	.217	.466
15	94.80	.050	.223
16	81.70	.151	.388
17	61.70	.238	.488
18	73.00	.199	.446
19	60.00	.242	.492
20	57.40	.247	.497
21	34.80	.229	.478
22	11.30	.101	.318
23	33.90	.226	.475
24	8.70	.080	.283
25	2.60	.026	.160

Als dritter und letzter Schritt wurde eine Trennschärfeanalyse durchgeführt. Wie in Abschnitt 9.2.5 bereits angeführt, bildet die Trennschärfe die Korrelation zwischen dem Itemwert und dem Testwert über alle Testpersonen ab und ist damit ein wichtiger Indikator dafür, ob die Differenzierung eines Items mit der Differenzierung des Testwertes übereinstimmt. Tabelle 9 führt alle Trennschärfekoeffizienten gemeinsam mit dem Cronbach Alpha an, das der Test aufweisen würde, wenn das jeweilige Item aus dem Test genommen werden würde.

Tabelle 9: ***Trennschärfekoeffizienten und Cronbachs Alpha nach Weglassen des jeweiligen Items des MKT_25***

Item	Trennschärfe-koeffizient	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
1	.370	.757
2	.340	.759
3	.462	.751
4	.212	.767
5	.201	.768
6	.428	.752
7	.292	.761
8	.314	.760
9	.313	.760
10	.350	.757
11	.241	.764
12	-.005	.771
13	.446	.750
14	.396	.754
15	.347	.761
16	.170	.767
17	.488	.748
18	.368	.756
19	.209	.767
20	.321	.759
21	.105	.773
22	.297	.761
23	.338	.758
24	.250	.763
25	.285	.764

Die Reliabilitätsanalyse ergab ein Cronbach Alpha von $\alpha = 0.768$ für alle 25 Items. Laut Tabelle 9 würde sich die Reliabilität des Tests erhöhen, wenn man Item 12 und 21 aus dem Test entfernt. Tabelle 10 zeigt alle Qualitätskriterien zusammengefasst.

Tabelle 10: *Trennschärfe, Cronbachs Alpha und Schwierigkeitsindex P_i im Vergleich – MKT_25*

Item	Trennschärfe-koeffizient	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen	S.-Index (%)
1	.370	.757	85.20
2	.340	.759	88.70
3	.462	.751	77.40
4	.212	.767	46.10
5	.201	.768	56.50
6	.428	.752	66.10
7	.292	.761	72.20
8	.314	.760	37.40
9	.313	.760	25.20
10	.350	.757	28.70
11	.241	.764	18.30
12	-.005	.771	4.30
13	.446	.750	40.00
14	.396	.754	68.70
15	.347	.761	94.80
16	.170	.767	81.70
17	.488	.748	61.70
18	.368	.756	73.00
19	.209	.767	60.00
20	.321	.759	57.40
21	.105	.773	34.80
22	.297	.761	11.30
23	.338	.758	33.90
24	.250	.763	8.70
25	.285	.764	2.60

9.3.6. Itemvergleich zwischen MKT_26 und MKT_25

Im Anschluss an die Itemanalyse der Analysestichprobe wurde bei einigen Items Änderungen vorgenommen (siehe Abschnitt 9.2.6). Um Verwirrungen vorzubeugen, sei hier nochmals erwähnt, dass ein hoher Schwierigkeitsindex P_i bedeutet, dass eine Aufgabe besonders oft gelöst wurde und daher besonders leicht zu lösen war.

So wurden Item 1, 3, 10 und 25 des MKT_26 schwieriger gestaltet, da sie einen zu hohen Schwierigkeitsindex aufwiesen. Tabelle 11 zeigt, dass die Änderung bei allen vier Items in einem niedrigeren Schwierigkeitsindex resultierte.

Tabelle 11: ***Vergleich der Item-Schwierigkeitsindizes zwischen MKT_26 und MKT_25 der zu leichten Items, welche schwieriger gestaltet wurden***

Item	S.-Index (%) MKT_26	S.-Index (%) MKT_25
1	82.60	46.10
3	95.30	85.20
10	91.90	68.70
25	83.70	81.70

Item 2, 6, 17 und 21 wiesen bei der Analysestichprobe ebenfalls einen zu hohen Schwierigkeitsindex auf, wurden jedoch nicht abgeändert, um die Veränderung des Schwierigkeitsindexes ohne Einwirken zu überprüfen.

Tabelle 12: ***Vergleich der Item-Schwierigkeitsindizes zwischen MKT_26 und MKT_25 der zu leichten Items, welche nicht verändert wurden***

Item	S.-Index (%) MKT_26	S.-Index (%) MKT_25
2	84.90	77.40
6	89.50	88.70
17	88.40	94.80
21	82.60	61.70

Auch ohne Änderung der zu leichten Items sank in der Eichstichprobe der Schwierigkeitsindex bei drei von den vier oben erwähnten Items (siehe Tabelle 12).

Eine Änderung bezüglich der Leichtergestaltung zweier besonders schwierigen Items (Item 15 und Zug) bewirkte nur bei einem Item eine tatsächlich deutliche Erhöhung des Schwierigkeitsindex (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: ***Vergleich der Item-Schwierigkeitsindizes zwischen MKT_26 und MKT_25 der zu schwierigen Items, welche leichter gestaltet wurden***

Item	S.-Index (%) MKT_26	S.-Index (%) MKT_25
15	9.30	4.30
Item Zug	5.80	40.00

Des Weiteren wurde bei einigen Aufgaben einzelne Schlagwörter im Text in fett markiert, um deren Relevanz hervorzuheben und etwaigem Überlesen wichtiger Angabeinformationen vorzubeugen. Item 9 war das einzige Item, bei dem sich dadurch die Itemschwierigkeit verringerte. Bei den drei restlichen Items kam es in der Eichstichprobe zu niedrigeren Schwierigkeitsindizes (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14: ***Vergleich der Item-Schwierigkeitsindizes zwischen MKT_26 und MKT_25 der Items, bei welchen Schlagwörter im Angabetext fett markiert wurden***

Item	S.-Index (%) MKT_26	S.-Index (%) MKT_25
9	64.00	72.20
18	7.00	2.60
19	34.90	25.20
23	14.00	8.70

9.3.7. Itemselektion

Die Itemselektion erfolgte zunächst anhand der Schwierigkeitsindizes P_i. Es wurden all jene Items aus dem Test entfernt, deren Lösungshäufigkeit außerhalb des mittleren Schwierigkeitsbereichs lag [$20 > P_i < 80$]. Dies betraf insgesamt neun Items (Item 1, 2, 11, 12, 15, 16, 22, 24 und 25). Ebenso wurde Item 21 aus dem Test ausgeschieden, da durch dessen Weglassen sich die interne Konsistenz von $\alpha = 0.768$ auf $\alpha = 0.773$ erhöht (siehe Tabelle 9, Seite 50). Bezüglich der Item-Trennschärfen empfehlen Moosbrugger & Kelava (2012) jene Items zu entfernen, deren Trennschärfenkoeffizient im negativen Bereich oder nahe Null liegen. Trennschärfekoeffizienten im Bereich zwischen 0.4 und 0.7 gelten als *gute* Trennschärfen. In Orientierung an dieser Richtlinie müssten zusätzlich noch Item 4, 5, 7, und 19 ausgeschieden werden. Die Entfernung dieser Items wurde jedoch nicht durchgeführt, da diese einen sehr guten Schwierigkeitsindex aufweisen und somit zwischen Probanden mit hohen und niedrigen Ausprägungen in der *Mathematischen Kompetenz* diskriminieren. Es wurde jedoch an den Auftraggeber die Empfehlung abgegeben, diese Items nochmals zu überarbeiten, wenn sie im Test enthalten sein sollen.

In Summe wurden somit 10 Items nach Kriterien der Itemselektion ausgeschlossen. Die Verteilung der Rohwerte ($M = 8.04$, $SD = 3.23$) der verbleibenden 15 Items ist in *Abbildung 11* ersichtlich.

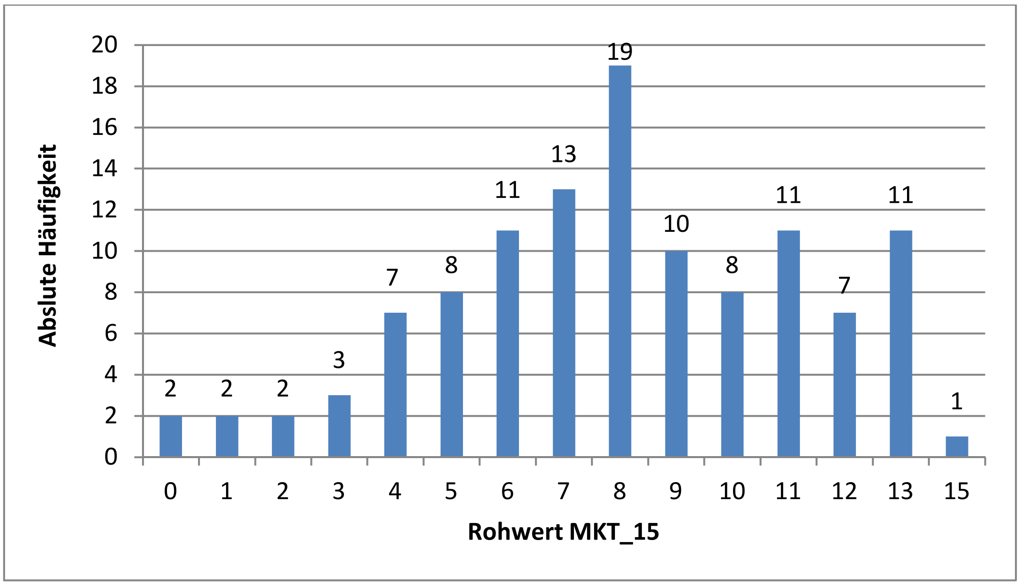


Abbildung 11. **Häufigkeitsverteilung der Rohwerte des MKT_15 in absoluten Zahlen.**

Anhand der verbleibenden 15 Items wurden erste Gehversuche in Richtung einer Validierung unternommen. Der folgende Abschnitt beschäftigt sich somit mit der Validierung der verkürzten Version des *MKT_25* (zum besseren Verständnis ab sofort als *MKT_15* bezeichnet) in Form einer prognostischen Validierung.

10. Prognostische Validierung

Gerade im Prozess der Personalauswahl interessiert besonders, ob das eingesetzte diagnostische Verfahren imstande ist, den zukünftigen Ausbildungserfolg vorherzusagen (Schmidt-Atzert, Krumm & Lubbe, 2011). Deshalb ist es auch für das ÖBB-SSC von Interesse, inwiefern der *Mathematische Kompetenztest*, welcher zukünftig für die ÖBB-Lehrlingstestungen eingesetzt werden soll, das Bestehen bzw. die Eignung für die Lehre im technischen Bereich vorhersagen kann. Aus diesem Grund wurden erste Versuche einer prognostischen Validierung unternommen.

Da in den ersten Monaten des ersten Lehrjahres keine schriftlichen Tests in Fachrechnen[4] stattfinden, konnte als Außenkriterium keine Note herangezogen werden. Ebenso fand in diesem Zeitraum auch keine andere Art der Beurteilung der Lehrlinge statt. Daher wurde ein ÖBB-Lehrlingsbeurteilungsbogen erstellt, anhand dessen die Ausbilder der drei Lehrwerkstätten in Wien eine erste Einschätzung der Eignung der einzelnen Lehrlinge vornehmen konnten. Die Ergebnisse dieser Beurteilungen wurden dann in einem weiteren Schritt mit den Ergebnissen des *MKT_15* korreliert.

[4] Anmerkung: Bezeichnung des Ausbildungsfaches für den mathematischen Bereich in den Lehrwerkstätten der ÖBB

Der folgende Abschnitt befasst sich zu Beginn mit der Analyse der Beurteilungsdimensionen sowie der Erstellung des Lehrlingsbeurteilungsbogen (LB). Desweiteren werden die Beurteilungsergebnisse dargestellt und anschließend mit den Testergebnissen des *MKT_15* korreliert.

10.1. Beurteilungsdimensionen

Um die Lehrlinge in ihrer Eignung für eine technische Lehre beurteilen zu können, musste im Zuge dieser Arbeit zusätzlich ein Lehrlingsbeurteilungsbogen konstruiert werden, da während der ersten Hälfte des ersten Lehrjahres weder mathematische Tests, noch Beurteilungen in einer anderen Form stattfanden, welche als Außenkriterium für eine prognostische Validierung herangezogen hätten werden können.

Herkömmliche Verfahren der Personalbeurteilung, wie zum Beispiel die Verhaltensverankerte Einstufungsskala (VVE, auch BARS - Behavioural Anchored Rating Scale, Smith & Kendall, 1963), die Verhaltensbeobachtungsskala (VBS, auch BOS – Behavioural Observation Scale, Latham & Wexley, 1977) oder das Verhaltensrangprofil (VRP, Brandstätter & Schuler, 1974, zit. nach Schuler, 2004) konnten für diese Untersuchung keine Verwendung finden, da sie hinsichtlich ihrer Aufbereitung und Durchführung zu komplex, zu kompliziert und bezüglich des Zeitaufwandes nicht im vorhergesehen Zeitrahmen durchzuführen gewesen wären. Aus diesem Grund wurde ein kurzer Lehrlingsbeurteilungsbogen (LB) entwickelt, der bezüglich seiner Gestaltung und Länge sehr einfach gehalten wurde, damit er auch von Laien problemlos angewendet werden konnte.

Damit die Lehrlingsausbilder diesen ohne fremde Hilfe - mit einem Verständnis für die zu beurteilenden Dimensionen - anwenden konnten, wurden die Dimensionen gemeinsam mit vier erfahrenen Lehrwerkstättenleitern erarbeitet.

Folgende vier Beurteilungsdimensionen (*Abbildung 12*) schienen für die Eignung eines Lehrlings im technischen Bereich für die Ausbilder besonders relevant:

Dimension	**Beurteilungsmerkmale**
Handwerkliches Geschick (HG)	Ordnungsgemäße Herstellung von Werkstücken, zweckmäßige Verwendung von Werkzeug, richtige Handhaltung von Werkzeug, koordiniertes Arbeiten mit den Händen, Richtiges Bedienen von Maschinen
Motivation (MOT)	Regelmäßige Erledigung von Hausübungen, Nachfrage bei Unklarheiten, Selbstinitiierung von Kommunikation über technische Problemstellungen, sichtbarer Lernwille
Abstraktes Denken (AD)	Erfassung und Verständnis von komplexen Arbeitsabläufen, Umsetzung komplexer Arbeitsabläufe, Analyse und Verständnis von maschinellen Prozessen
Konzentration (KON)	Arbeiten ohne Ablenkung an einer Maschine, Durchführen mehrstündiger Aufgaben ohne Ablenkung, aufmerksames Zuhören

Abbildung 12. **Beurteilungsdimensionen und –merkmale für den Lehrlingsbeurteilungsbogen (LB).**

Anhand dieser vier Beurteilungsdimensionen wurde ein Beurteilungsbogen erstellt. Pro Dimension wurde eine Aussage formuliert, welche an einer vier-stufigen Ratingskala beurteilt wird. Zur Überprüfung, ob die Ausbilder die einzelnen Dimensionen im Sinne der Eignung der Lehrlinge interpretieren (*eher geeignet* oder *eher weniger geeignet*), wurde ein Globalurteil (GU) am Ende des LB erhoben (*Abbildung 13*). Ein vollständiges Exemplar des LB befindet sich im Anhang.

Bitte kreuzen Sie die jeweils die am **EHESTEN zutreffende** Aussage an:

	Trifft gar nicht zu	**Trifft wenig zu**	**Trifft ziemlich zu**	**Trifft völlig zu**
1. Der Lehrling ist **handwerklich** geschickt (z.B: kann Werkstücke richtig herstellen, verwendet das Werkzeug zweckmäßig oder hält es richtig in der Hand, arbeitet mit den Händen koordiniert, kann Maschinen richtig bedienen)				
2. Der Lehrling zeigt sich **motiviert** (z.B: Hausübungen werden Großteils gebracht, fragt nach bei Unklarheiten nach, sucht die Kommunikation, wirkt bemüht, etwas zu Lernen)				
3. Der Lehrling kann **abstrakt denken** (z.B: kann komplexe Arbeitsabläufe erfassen, verstehen und selbst umsetzen, kann maschinelle Prozesse analysieren)				
4. Der Lehrlings ist **konzentriert** (z.B: lässt sich während der Arbeit an einer Maschine nicht leicht ablenken, kann mehrere Stunden konzentriert arbeiten, kann aufmerksam zuhören)				

Im Großen und Ganzen würde ich den Lehrling für eine technische Ausbildung als

☐ eher geeignet
☐ eher weniger geeignet

Abbildung 13. **Ausschnitt des ÖBB-Lehrlingsbeurteilungsbogen (LB).**

10.2. Durchführung der Lehrlingsbeurteilung

Der Lehrlingsbeurteilungsbogen wurde im vierten Ausbildungsmonat des ersten Lehrjahres an die Ausbilder der Lehrwerkstätten in Wien per Mail versendet, mit der Bitte, sie für jene Lehrlinge auszufüllen, welche zu Beginn der Ausbildung am *Mathematischen Kompetenztest* teilgenommen hatten (vollständiges Mail befindet sich im Anhang). Weiteres wurde ihnen eine Liste mit den Namen der Lehrlinge übermittelt, welche an der Testung teilnahmen. Nach vier Wochen wurden die ausgefüllten Bögen entweder per Mail zurück gesendet oder in der jeweiligen Lehrwerkstätte abgeholt.

10.3. Auswertung und Ergebnisse

Für die Auswertung des Lehrlingsbeurteilungsbogen (LB) wurde die vierstufige Ratingskala von 1 = *trifft gar nicht zu* bis 4 = *trifft völlig zu* kodiert. Da das Globalurteil (GU) eine dichotome Variable darstellt, wurde sie mit 0 = *eher geeignet* und 1 = *eher weniger geeignet* kodiert. Für die statistischen Analysen wurde ebenfalls das Statistikprogramm SPSS 20.0 (IBM

Corporation, 2011) verwendet. Die einzelnen Beurteilungen in den vier Dimensionen wurden zu einem Rohwert zusammengezählt (Score LB). Bei insgesamt vier Beurteilungsmerkmalen bedeutet dies also einen Mindest-Score LB von 4, wenn der zu Beurteilende in jeder Dimension mit der niedrigsten Beurteilung von 1 = *trifft gar nicht zu* beurteilt wurde und einen Maximum-Score LB von 16, wenn der zu Beurteilende in allen vier Merkmalen mit der höchsten Ausprägung von 4 = *trifft völlig zu* beurteilt wurde. Von insgesamt 115 Lehrlingen, die an der Testung mit dem *Mathematischen Kompetenztest* teilnahmen, wurden 109 anhand der Ausbilder beurteilt (5.2 % fehlende Werte). *Abbildung 14* zeigt die Verteilung der Rohwerte (Score LB). Es ist gut ersichtlich, dass diese nicht normalverteilt sind (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest, p = .005). Durchschnittlich wurden die Lehrlinge mit einer Gesamtbeurteilung von M = 12.89 (SD = 2.65) bewertet.

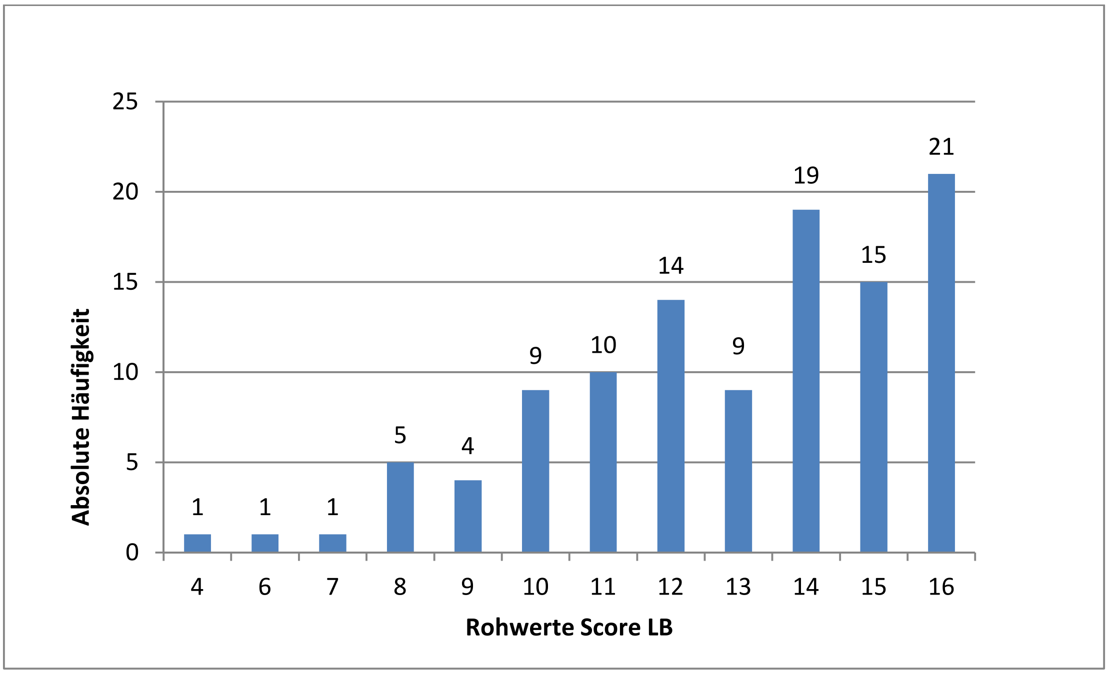


Abbildung 14. **Häufigkeitsverteilung der Rohwerte der Lehrlingsbeurteilung (Score LB) in absoluten Zahlen.**

Abbildung 15 zeigt die Häufigkeitsverteilung innerhalb der einzelnen Dimensionen anhand der Beurteilungsstufen in absoluten Zahlen und in Prozentwerten.

Handwerkliches Geschick			**Motivation**		
Beurteilung	Häufigkeit	Prozent	Beurteilung	Häufigkeit	Prozent
1	2	1.74	1	3	2.61
2	16	13.91	2	19	16.52
3	44	38.26	3	35	30.43
4	47	40.87	4	52	45.22
Gesamt	109	94.78	Gesamt	109	94.78
Fehlend	6	5.22	Fehlend	6	5.22
Gesamt	115	100.00	Gesamt	115	100.00

Abstraktes Denken			**Konzentration**		
Beurteilung	Häufigkeit	Prozent	Beurteilung	Häufigkeit	Prozent
1	1	0.87	1	3	2.61
2	20	17.39	2	13	11.30
3	51	44.35	3	46	40.00
4	37	32.17	4	47	40.87
Gesamt	109	94.78	Gesamt	109	94.78
Fehlend	6	5.22	Fehlend	6	5.22
Gesamt	115	100.00	Gesamt	115	100.00

***Abbildung 15.* Häufigkeitsverteilung der einzelnen Beurteilungsstufen pro Dimension, 1 = trifft gar nicht zu, 2 = trifft wenig zu, 3 = trifft ziemlich zu, 4 = trifft völlig zu.**

Die Ergebnisse zeigen, dass in drei von vier Dimensionen der größte Anteil der Auszubildenden auf der höchsten Stufe beurteilt wurde. Bezüglich der Dimensionen *Handgeschick* und *Konzentration* wurden insgesamt 40.9% von insgesamt 94.8 % der Lehrlinge (5.2 % fehlende Werte) als *völlig zutreffend* beschrieben. Auch die Mehrheit der Auszubildenden (45.2 %) wurde in der Dimension *Motivation* mit der höchsten Stufe beurteilt. Lediglich *Abstraktes Denken* wurde mehrheitlich in der zweitgrößten Ausprägung *trifft ziemlich zu* beurteilt (44.3%). Die niedrigste Beurteilungsstufe *trifft gar nicht* zu wurde hingegen in allen vier Dimensionen am geringsten für die Beurteilung der Lehrlinge verwendet (0.87 % bis 2.61 %).

Bezüglich des Globalurteils wurden insgesamt 105 Personen (91.3 %) als *eher geeignet* beurteilt, vier Auszubildende (3.5 %) wurden als *eher ungeeignet* eingestuft. Sechs Testpersonen wurden bezüglich des Globalurteils von den Ausbildern nicht beurteilt. Die Verteilung des Globalurteils in absoluten Zahlen ist in *Abbildung 16* ersichtlich.

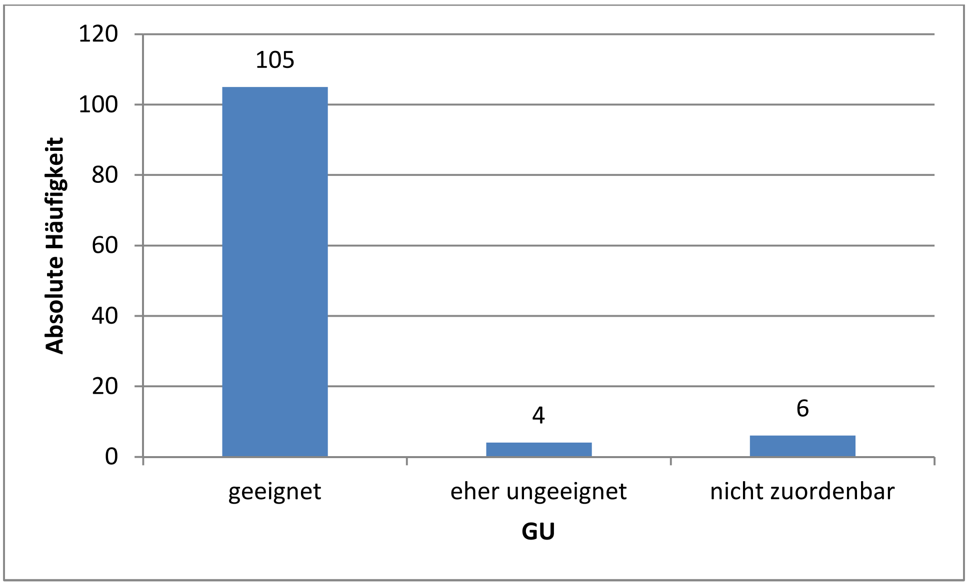


Abbildung 16. **Häufigkeitsverteilung des Globalurteils (GU) in absoluten Zahlen.**

Im nächsten Schritt wurden zur Bestimmung der prognostischen Validität die Ergebnisse des *MKT_15* (Score MKT_15) mit den Rohwerten der Lehrlingsbeurteilungen (Score LB) korreliert. Als statistische Kennzahl wurde der nichtparametrische Korrelationskoeffizient nach Spearman verwendet, da zumindest bei den Ergebnissen der LB nicht von einer intervallskalierten Variable ausgegangen werden kann. Weiteres ergab die lineare Regressionsanalyse, dass nur 94.5 % aller standardisierten Residuen (ZRE) im Bereich von -2 < ZRE < 2 lagen (*Abbildung 17*). Laut Kubinger et al. (2011) ist es empfehlenswert, dass insgesamt zumindest 95 % der standardisierten Residuen innerhalb des eben erwähnten Wertebereichs liegen müssen, da man ansonsten davon ausgehen muss, dass das vorliegende Modell keinen linearen Zusammenhang aufweist (oder Beobachtungsfehler vorliegen).

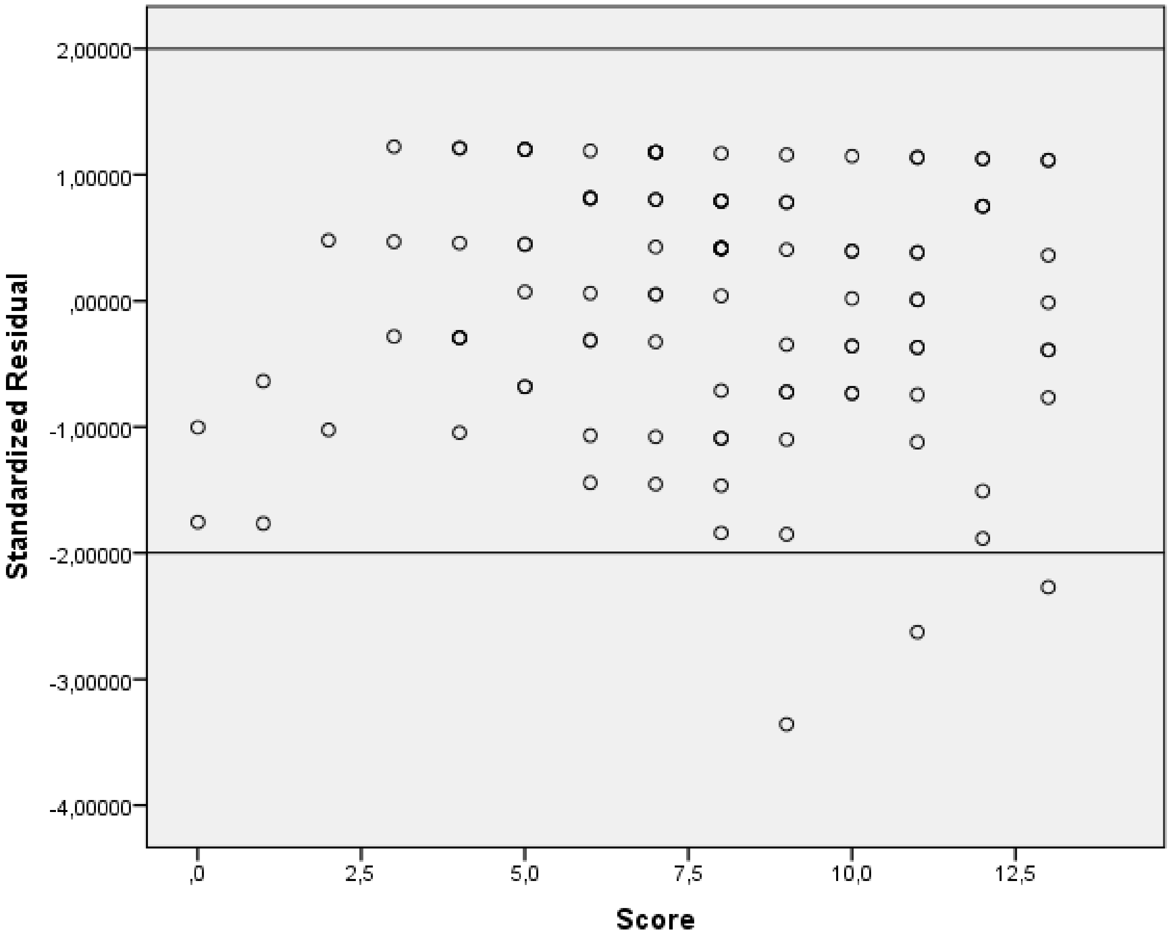


Abbildung 17. Streudiagramm der standardisierten Residuen der Regressionsanalyse.

Wie in Abbildung 17 ersichtlich, lagen insgesamt drei standardisierte Residuen (5.5%) außerhalb des empfohlenen Wertebereichs.

Der Rang-Korrelationskoeffizient nach Spearman ist in diesem Fall besser geeignet, einen nicht-linearen Zusammenhang zwischen zwei Variablen zu berechnen (Kubinger et al., 2011). Zur Erinnerung sei hier noch einmal die zu testende Hypothese angeführt (adaptiert an die aktuelle Testversion):

- **H_A**: die Ergebnisse im *MKT_15* korrelieren signifikant mit einem Koeffizienten zumindest in der Höhe von .70 mit den Ergebnissen der LB **($\rho \geq .70$)**

Wie bereits in Abschnitt 5 erwähnt, muss laut dem Deutschen Institut für Normung ein Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor- und Kriteriumsvariable mindestens .70 betragen, damit ein Verfahren zur berufsbezogenen Eignungsdiagnostik herangezogen werden kann (DIN Deutsches Institut für Normung, 2002, zit. nach Kubinger, Rasch & Yanagida, 2011). Deshalb wurde untersucht, ob der statistische Zusammenhang zwischen *MKT_15* und *LB* zumindest eine Höhe von .70 beträgt. Es sei erwähnt, dass es mittels SPSS nicht möglich ist, eine Nullhypothese bezüglich einer Mindestgröße eines Korrelationskoeffizienten zu prüfen (Kubinger et al., 2011). In einem ersten Schritt wurde dennoch der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman in SPSS berechnet, um zu überprüfen, ob überhaupt ein signifikanter Zusammenhang vorliegt. Als Signifikanzniveau wurde α =.05 gewählt.

Die Korrelationsanalyse ergab einen negativen, nicht signifikanten Zusammenhang in der Höhe von r_s (109) = -.005, p = .957. Eine weitere Überprüfung, ob der statistische Zusammenhang zumindest .70 beträgt, wurde somit unterlassen. Die Nullhypothese muss in diesem Fall beibehalten werden.

Aufgrund der niedrigen nicht signifikanten Korrelation zwischen dem Rohwert des *MKT_15* und des Rohwertes der vier Beurteilungsdimensionen (Score LB) lässt sich die Annahme ableiten, dass die vier Beurteilungsdimensionen von den Ausbildern, die den LB ausfüllten, nicht als für die Eignung einer Lehre im technischen Bereich wahrgenommen wurden. Grund für diese Vermutung war die Tatsache, dass manche Testpersonen zwar in den einzelnen vier Dimensionen mittelmäßig eingestuft wurden, jedoch bezüglich des Globalurteils (GU) als *eher geeignet* beurteilt wurden. Um diese Vermutung zu überprüfen, wurden die Ergebnisse des *MKT_15* (Score MKT_15) mit dem Globalurteil (GU) des Lehrlingsbeurteilungsbogens korreliert. In diesem Fall betrug der Korrelationskoeffizient r_s (109) = .168, p = .08. Die Korrelation fällt in diesem Fall erneut nicht signifikant aus.

Eine zweite Methode um zu überprüfen, ob die Beurteilungsdimensionen aus Sicht der Ausbilder ein Indikator für die Eignung einer Lehre im technischen Bereich darstellt, ist zu kontrollieren, ob ein Zusammenhang in der Beantwortung der vier Beurteilungsdimensionen und dem Globalurteil besteht. Aus diesem Grund wurde als letzter Schritt in dieser Studie ebenfalls eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt (r_s (109) = -.314, p = .001). Hier ergab sich eine signifikante negative Korrelation. Tabelle 15 fasst die Ergebnisse der Korrelationsanalysen zusammen.

Tabelle 15: ***Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman***

	Score_MKT_15	Score_LB	GU
Score_MKT_15		-0.005	0.168
Score_LB			-0.314*
GU			

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 signifikant.

11. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Die Annahme, dass der eigens für die ÖBB-Lehrlingstestungen entwickelte *Mathematische Kompetenztest* die Eignung der Bewerber für eine Lehre im technischen Bereich valide vorhersagt, konnte nicht bestätigt werden, da das Ergebnis der Korrelationsanalyse nicht signifikant ausfiel.
Eine einfache Korrelation besteht aus zwei Komponenten, die zu gleichen Anteilen das Ergebnis beeinflussen. Die Ursache für dieses Ergebnis kann somit durch zweierlei Quellen bedingt sein.

Einerseits besteht die Möglichkeit, dass die Art des gewählten Außenkriteriums für die Untersuchung, nämlich die Beurteilung der Lehrlinge durch deren Ausbilder, und der Zeitpunkt des Außenkriteriums nicht geeignet waren, das Bestehen oder die Eignung für eine technische Ausbildung vorherzusagen. In zahlreichen Untersuchungen zum Ausbildungserfolg wurden die Noten der schriftlichen Abschlussprüfung bei Auszubildenden (Bloemeke, 2009; Hornke et al., 2004; Kersting et al., 2008; Ree & Earles, 1991; Schmidt-Atzert et al., 2004; Schmidt-Atzert & Deter, 1993) als Außenkriterium herangezogen, um den Ausbildungserfolg vorherzusagen. Zum Zeitpunkt der Beurteilung durch die Ausbilder befanden sich die Lehrlinge erst vier Monate in Ausbildung, die insgesamt mindestens drei Jahre dauert. Da der Untersuchungszeitraum für diese Arbeit sehr beschränkt war, wäre für weitere Validitätsuntersuchungen betreffend des *MKT_15* eine Längsschnittstudie zu empfehlen, in der die Ergebnisse des *MKT_15* mit den Noten der schriftlichen und mündlichen Abschlussprüfung korreliert werden.

Eine weitere mögliche Erklärung dafür, dass kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem *MKT_15* und der Lehrlingsbeurteilung (Score LB) resultierte, ist, dass der entwickelte Lehrlingsbeurteilungsbogen bezüglich seiner beinhaltenden Dimensionen nicht zweckmäßig ist, um die Eignung einer Lehre vorherzusagen. Daher wurde im Anschluss an die erste Analyse in einem weiteren Schritt untersucht, in wieweit die vier Dimensionen des LB (Score LB) und das Globalurteil (GU) zusammenhing. Hier ergab sich eine signifikante negative Korrelation (r_s (109) = -.314, p = .001), was bedeutet, dass hohe Zustimmungen in den Beurteilungsdimensionen überzufällig oft mit niedrigen Beurteilungen im Globalurteil einhergehen. Inhaltlich besagt dieses Ergebnis, dass ein hohes Maß an *Handgeschicklichkeit*, *Motivation*, *Abstraktes Denken* und *Konzentration* mit dem Globalurteil *eher geeignet* einhergeht, da das Globalurteil umgekehrt gepolt war (0 = *eher geeignet* und 1 = *eher weniger geeignet*). Offensichtlich dienen die vier gewählten Dimensionen doch als Indikatoren für die Eignung dieser Ausbildung.

Auffällig ist der Vergleich zwischen den Ergebnissen im *MKT_15* und den Ergebnissen des *LB*. Die Ergebnisse (Rohwerte) des *MKT_15* sind normalverteilt. Das bedeutet, dass es sowohl sehr schlechte, als auch sehr gute Ergebnisse gab und das geometrische Mittel in der Eichstichprobe ziemlich genau in der Mitte (M = 12.35, SD = 4.09) der insgesamt zu erreichenden Punkteanzahl von 25 lag. Betrachtet man hingegen die Verteilung der Rohwerte in der Lehrlingsbeurteilung (M = 12.89, SD = 2.65), so erreichten hier insgesamt über 90 Prozent der Lehrlinge eine Gesamtbeurteilung (*Score LB*) von über 8 Punkten (von insgesamt 16 Punkten). Knapp 50 Prozent der zu Beurteilenden erhielten sogar eine Beurteilung zumindest 14 Punkten. Es ist daher nicht verwunderlich, dass der Test auf Normalverteilung signifikant ausfiel (p = .005). Bezüglich des Globalurteils (GU) wurden sogar 91.3 Prozent der Lehrlinge als geeignet beurteilt. Bei derart ungleichen Verteilungen ist es nicht verwunderlich, dass kein signifikanter Zusammenhang besteht.
Eine mögliche Erklärung für die Diskrepanz in der Verteilung zwischen *MKT_15* und der LB, besteht darin, dass auf Seiten der Ausbilder trotz Vertraulichkeitshinweis möglicherweise eine gewisse Hemmschwelle bestand, ihre Auszubildenden ehrlich zu beurteilen, da die Ausbilder ihre Namen auf den Beurteilungsbögen vermerken mussten und sich vielleicht vor möglichen Konsequenzen fürchteten.

Ebenso sei darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse des *MKT_15* für die Berechnung der Korrelation aus einer bereits selektierten Stichprobe stammen (die bereits ausgewählten Bewerber für die technische Lehre). Somit ist die errechnete Prognosegüte nur sehr bedingt aussagekräftig, da man davon ausgehen muss, dass die Streuung der Testwerte in der Population der Bewerber weitaus größer ist als jene der Selektierten. Es wäre daher in Folgeuntersuchungen zu empfehlen, eine Korrektur der Varianzeinschränkung vorzunehmen. Dafür ist es erforderlich, die Streuung der Rohwerte des *MKT_15* vor der Auswahl der Lehrlinge, also jene der Bewerbergruppe, zu kennen. Um dies zu gewährleisten, müsste der *MKT_15* in der nächsten Auswahlperiode des ÖBB-SSC allen Bewerbern vorgegeben werden, um die ursprüngliche Streuung der unselektierten Stichprobe zu erhalten (Westhoff et al., 2005) und eine Korrelation mit Varianzeinschränkung berechnen zu können.

Da die Lehrlinge im ersten Halbjahr des ersten Lehrjahres erst lernen, ihre mathematischen Fähigkeiten in der beruflichen Praxis einzusetzen, wäre es ebenso empfehlenswert, einen neuen Beurteilungsbogen zu entwickeln, der sich nur auf die *Mathematischen Kompetenzen* der Auszubildenden konzentriert und erst dann eingesetzt wird, wenn im Ausbildungsalltag täglich Rechenfertigkeiten von den Auszubildenden abverlangt werden. Es ist einleuchtend, dass ein *Mathematischer Kompetenztest* eher zukünftige Fähigkeiten im Bereich der Mathematik vorhersagt, als verallgemeinernd die Eignung für eine Ausbildung, in der rechnerische

Kompetenzen wohl nicht hauptausschlaggebend dafür sind, diese Ausbildung erfolgreich zu beenden. Daher sei darauf hingewiesen, dass der *Mathematische Kompetenztest* allein als Selektionsinstrument für eine technische Ausbildung nicht zum empfehlen ist. Da der Test jedoch in den ÖBB-Lehrlingstest integriert werden soll, dürfte diese Gefahr nicht bestehen. Es wäre für zukünftige Untersuchungen daher interessant, die prognostische Validität des gesamten ÖBB-Lehrlingstests zu bestimmen.

Betrachtet man nun den zweiten großen Einflussfaktor der Korrelation - den *Mathematischen Kompetenztest* selbst – besteht natürlich die Möglichkeit, dass die Qualität der Items nicht optimal ist, da es aus zeitlichen Rahmenbedingungen nicht möglich war, Items immer wieder neu zu generieren und ausführliche Itemanalysen mit ausreichend großer Stichprobe durchzuführen, sodass gewährleistet ist, dass die Items eine gute testtheoretische Qualität aufweisen. Hier wäre es zu empfehlen, den Itempool genauer zu analysieren und mehrmals einer größeren Analysestichprobe vorzugeben, bis die Items optimale Schwierigkeitsindizes und Trennschärfen aufweisen.

Ein dritter, nicht zu vernachlässigender Einflussfaktor stellt die Analysestichprobe selbst dar. Ein Hinweis darauf, dass die gewählte Analysestichprobe nicht geeignet für die Analyse der entwickelten Items gewesen sein könnte, findet sich in den Mittelwerten der Rohwerte wieder. Die Analysestichprobe erreichte im Mittel einen Rohwert von M = 14.92 (SD = 4.45), die Eichstichprobe hingegen nur einen Mittelwert von M = 12.35 (SD = 4.09). Ob der Fähigkeitsunterschied zwischen den beiden Stichproben signifikant ist, würde sich anhand eines statistischen Mittelwertvergleichs eruieren lassen. Es ist jedoch anzunehmen, dass Lehrlinge, die fast ein ganzes Jahr Wissensvorsprung mitbringen, ein höheres Fähigkeitsniveau im Bereich der *Mathematischen Kompetenzen* mitbringen.

Diese Vermutung lässt sich auch anhand der Ergebnisse der Itemanalysen bestätigen. Bezüglich der Itemänderungen (siehe Abschnitt 9.3.6) zwischen Version *MKT_26* (Analysestichprobe) und *MKT_25* (Eichstichprobe) ist es zwar gelungen, dass jene Items, deren Schwierigkeit erhöht wurde (Item 1, 3, 10, 25 des *MKT_26*), in der Eichstichprobe tatsächlich eine niedrigere Lösungshäufigkeit aufwiesen, also tatsächlich weniger leicht zu lösen waren. Dass jedoch andere Items, die ebenfalls zu hohe Schwierigkeitsindizes aufwiesen, jedoch nicht geändert wurden (Item 2, 6, 17 und 21), also ihre ursprüngliche Formulierung und ihren ursprünglichen Inhalt beibehielten, für die Eichstichprobe ohnehin schwieriger zu lösen waren, zeigt Tabelle 12 auf Seite 52. Hier wird ersichtlich, dass drei der vier Items ohne Überarbeitung für die Eichstichprobe eine niedrigere Lösungshäufigkeit aufweisen als in der Analysestichprobe, womit die Vermutung bestätigt wäre, dass ein unterschiedliches Fähigkeitsniveau zwischen den beiden Stichproben vorhanden ist. Das bedeutet, dass Änderungen von zu leichten Items im Fall dieser Untersuchungen hinfällig waren, da anzunehmen ist, dass die Eichstichprobe tatsächlich ein signifikant niedrigeres Fähigkeitsniveau als die Analysestichprobe aufweist.

Unterstützt wird diese Annahme auch dadurch, dass eine Aufgabe (Item 15), die zuvor nur insgesamt von P_i = 9.3 % der Stichprobe gelöst wurde, in der Eichstichprobe trotz zusätzlichem Hinweis im Angabetext sogar noch seltener gelöst wurde (P_i = 4.3 %).

Ein einziges Item (Item 17) widerspricht jedoch dieser Vermutung, da es für die Eichstichprobe sogar noch einfacher zu lösen war als für die Analysestichprobe. Es handelt sich hierbei um eine Aufgabe, in der man eine Parallele erkennen musste. Das wirft die Frage auf, warum Auszubildende am Ende des ersten Lehrjahres einer technischen Ausbildung weniger häufig wissen, was eine Parallele ist, als Lehrlinge ganz zu Beginn ihrer Ausbildung.
Zusammengefasst ist anzunehmen, dass die Analysestichprobe nicht zu 100 Prozent geeignet war, um Items für zukünftige Bewerber an ihr zu erproben und daraus Änderungen vorzunehmen. Generell wäre daher zu empfehlen, sowohl die Itemanalyse, als auch die Berechnung der prognostischen Validität an der Stichprobe der Bewerber durchzuführen, um validere Ergebnisse zu erhalten.

Eine weitere Möglichkeit, die sich bieten würde, wäre die testtheoretische Güte des *MKT_25* anhand von Verfahren aus der probabilistischen Testtheorie zu erproben, vor allem das Raschmodell wäre dafür durchaus geeignet. Hierfür würde jedoch eine weitaus größere Stichprobe benötigt werden. Daraus ließe sich die Untersuchung ableiten, ob die Items tatsächlich nur das Konstrukt *Mathematische Kompetenz* erheben, oder ob nicht auch andere Faktoren, wie zum Beispiel die Sprache oder das sinnerfassende Lesen, eine Rolle für die erfolgreiche Bearbeitung der einzelnen Aufgaben spielen, da gerade jene Items sehr selten gelöst wurden, die eine längere Textangabe beinhalteten.

Ebenso berücksichtigungswürdig stellt sich die Motivation der gewählten Eichstichprobe dar. Die Motivation von Personen, die bereits eine Lehrstelle erhalten haben, ist mit Sicherheit nicht vergleichbar mit jener Motivation von Personen, deren Erhalt eines Ausbildungsplatzes von einem Testergebnis abhängt.

Sollte der *MKT_15* für die ÖBB-Lehrlingstestungen eingesetzt werden, sind auf jeden Fall weitere testtheoretische Analysen notwendig. Ratsam wäre es auch Untersuchungen zur prognostischen Validität des gesamten ÖBB-Lehrlingstests vorzunehmen, dann wäre es möglich zu bestimmen, ob der *MKT_15* hinsichtlich einer inkrementellen Validität einen Mehrwert für den ÖBB-Lehrlingstest darstellt.

12. Zusammenfassung

Das ÖBB Shared Service Center (ÖBB-SSC) setzt in der Personalauswahl im Bereich der Lehrlinge den ÖBB-Lehrlingsaufnahmetest (Cecil & Lehner, 2009) ein, der dazu dient, eine Art Screening bei den Bewerbern, die sich für eine technische Lehre beworben haben, durchzuführen. Aufgrund von Gelegenheitsbeobachtungen während dieser ÖBB-Lehrlingstestungen und Wünschen von Seiten der ÖBB-Lehrlingsausbilder nach einer Aktualisierung dieses Tests wurde der ÖBB-Lehrlingstest in der vorliegenden Arbeit überarbeitet. Der Untertest *Technisches Wissen* wurde durch einen neuen Test, der die rechnerischen Fähigkeiten der Bewerber erfasst, ersetzt. Ziel dieser Untersuchung war es daher, einen Rechentest testtheoretisch zu entwickeln und zu analysieren und in einem zweiten Schritt dessen Eignung für die Vorhersage des Ausbildungserfolges von technischen Auszubildenden bei den ÖBB mittels einer prognostischen Validierung zu überprüfen. Laut dem Deutschen Institut für Normung sollte ein Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor- und Kriteriumsvariable mindestens .70 betragen, damit ein Verfahren zur berufsbezogenen Eignungsdiagnostik herangezogen werden kann (DIN Deutsches Institut für Normung, 2002, zit. nach Kubinger, Rasch & Yanagida, 2011). Die zu untersuchende Hypothese (H_A) lautet daher, dass der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des *Mathematischen Kompetenztests* und der Kriteriumsvariable zumindest .70 betragen muss.

Der *Mathematische Kompetenztest* wurde nach dem Kompetenzmodell in Mathematik für die Bildungsstandards der achte Schulstufe nach Heugl und Peschek (2007) entwickelt und umfasst in seiner Endversion 15 Aufgaben (*MKT_15*), die *Mathematische Kompetenzen* nach unterschiedlichen mathematischen Inhalten, Handlungen und Komplexitätsbereichen erheben. Die Erstversion des Tests mit insgesamt 26 Aufgaben (*MKT_26*) wurde zur Überprüfung der Akzeptanz der Items im Vorfeld an einer Analysestichprobe, die aus insgesamt 86 Auszubildenden im Alter von 15 bis 22 Jahren (M= 17.16, SD = 1.74) am Ende des ersten Lehrjahres bestand, vorgegeben. Im Anschluss wurden erste Itemanalysen durchgeführt, Items abgeändert und in einer vorläufigen Endversion (*MKT_25*) einer Eichstichprobe von insgesamt 115 Auszubildenden im Alter von 15 bis 25 Jahren (M = 15.98, SD = 1.69), die sich am Beginn ihrer Ausbildung befanden, vorgegeben. Durch weitere Itemanalysen wurden insgesamt 10 von 25 Items nach Kriterien der Itemselektion (Schwierigkeitsindex und Trennschärfekoeffizienten) ausgeschieden. Die Ergebnisse der verbleibenden 15 Aufgaben (*MKT_15*) dienten zur Berechnung der prognostischen Validität. Als Prädiktorvariable wurden die Rohwerte des *MKT_15* herangezogen, als Kriterium diente eine Lehrlingsbeurteilung, die von den Ausbildern anhand der vier Beurteilungskriterien *Handgeschicklichkeit, Motivation, Abstraktes Denken* und *Konzentration* durchgeführt wurde. Das Ergebnis der Rangkorrelation nach Spearman fiel bei einem Signifikanzniveau von α = .05 nicht signifikant aus (r_s (109) = -.005, p = .957) so dass die

Nullhypothese beibehalten werden musste. Mögliche Erklärungsansätze dafür sind sowohl in der Stichprobe, der Kriteriumsvariable als auch in der Prädiktorvariable zu suchen. Die gewählte Eichstichprobe ist nicht als optimal anzusehen, da es sich hier um bereits selektierte Personen handelte, deren Motivation wohl nicht mit denen der Bewerber zu vergleichen ist. Aus zeitlichen Rahmenbedingungen konnte die Vorgabe des *MKT_25* nicht am tatsächlichen Bewerberpool vorgegeben werden. Des Weiteren wäre zu untersuchen, ob der *MKT_25* tatsächlich nur ein Konstrukt erhebt oder ob nicht andere Dimensionen in das erfolgreiche Bestehen dieses Test hineinspielen, wie zum Beispiel sinnerfassendes Lesen, da viele Aufgaben einen längeren Angabetext aufweisen. Ebenso könnte auf Seite der Kriteriumsvariable der Zeitpunkt der Beurteilung zu früh angesetzt gewesen sein, um festzustellen, ob eine Person für die Ausbildung geeignet ist. Da als Prädiktor ein Rechentest gewählt wurde, bei der Beurteilung jedoch andere Dimensionen für die Eignung einer technischen Ausbildung verwendet wurden, liegt die Vermutung nahe, dass ein Rechentest als Auswahlverfahren nicht ausreichend ist, um Auszubildende für eine Lehre zu selektieren.

13. Literaturverzeichnis

Alarcón, M., DeFries, J. C., Light, J. G., & Pennington, B. F. (1997). A Twin Study of Mathematics Disability. *Journal of Learning Disabilities*, *30*, 617–623.

Bloemeke, S. (2009). Ausbildungs- und Berufserfolg im Lehramtsstudium im Vergleich zum Diplom-Studium. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *13*, 82–110.

Bratfisch, O. & Hagman, E. (2003). *MIP. Mathematik in der Praxis*. Mödling: Schuhfried.

Bühl, A. (2012). *SPSS 20 : Einführung in die moderne Datenanalyse* (13., aktual. Aufl.). München: Pearson.

Carroll, J. B. (1993). Human cognitive abilities. A survey of factor-analytic studies. Cambridge: Cambridge University Press.

Cattell, R. B. & Horn, J. L. (1978). A Check on the Theory of Fluid and Crystallized Intelligence with Description of New Subtest Designs. *Journal of Educational Measurement*, *15*, 139–164.

Dilling, H. & World Health Organization. (1997). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen : ICD-10, Kapitel V (F) ; klinisch-diagnostische Leitlinien* (2., korr. u. bearb. Aufl., unveränd. Nachdr.). Bern: Huber.

Gittler, G. & Arendasy, M. (2006). *Differentielle Psychologie I. Grundlagen, Methoden und Intelligenzmodelle* (Lehrskript). Wien: Universität, Fakultät für Psychologie.

Hell, G. (2012). Entdecke die Vielfalt: 22 Lehrberufe bei den ÖBB! [online]. URL: http://www.oebb.at/bb/de/Lehrlinge/Downloads/OEBB_Lehrlingsfolder.pdf [28.01.14]

Guilford, J. (1972). Thurstone's primary mental abilities and structure-of-intellect abilities. *Psychological Bulletin*, *77*, 129–143.

Heugl, H. & Peschek, W. (2007). *Standards für die mathematischen Fähigkeiten österreichischer Schülerinnen und Schüler am Ende der 8. Schulstufe*. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität, Institut für Didaktik der Mathematik.

Horn, J. & Cattell, R. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, *57*, 253–270.

Hornke, L. A., Arendasy, M., Sommer, M., Häusler, J., Wagner-Menghin, M., Gittler, G., Bognar, M. & Wenzl, M. (2004). *INSBAT. Intelligenz-Struktur-Batterie.* Mödling: Schuhfried.

Ise, E. & Schulte-Koerne, G. (2013). Symptomatik, Diagnostik und Behandlung der Rechenstoerung. *Zeitschrift fuer Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, *41*, 271–282.

Kersting, M., Althoff, K. & Jäger, A. O. (2008). *Wilde-Intelligenz-Test 2 : WIT-2*. Göttingen: Hogrefe.

Krajewski, K. (2008). Prävention der Rechenschwäche. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch Pädagogischer Psychologie* (Bd. 10) (S. 360–370). Göttingen: Hogrefe.

Kruteckij, V. A. (1982). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. Chicago: Univ. of Chicago Press.

Kubinger, K. D. (2009). *Psychologische Diagnostik Theorie und Praxis psychologischen Diagnostizierens*. Göttingen: Hogrefe.

Kubinger, K. D. & Jäger, R. S. (Hrsg.) (2003). *Schlüsselbegriffe der Psychologischen Diagnostik*. Weinheim: PVU.

Kubinger, K. D., Rasch, D. & Yanagida, T. (2011). *Statistik in der Psychologie: vom Einführungskurs bis zur Dissertation*. Göttingen: Hogrefe.

Latham, G. & Wexley, K. (1977). Behavioral observation scales for performance appraisal purposes. *Personnel Psychology*, *30*, 255–268.

Liberali, J. M., Reyna, V. F., Furlan, S., Stein, L. M. & Pardo, S. T. (2012). Individual Differences in Numeracy and Cognitive Reflection, with Implications for Biases and Fallacies in Probability Judgment. *Journal of Behavioral Decision Making*, *25*, 361–381.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion.* Berlin Heidelberg: Springer.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 7–26). Berlin Heidelberg: Springer.

Mussolin, C., Martin, R. & Schiltz, C. (2011). Relationships between number and space processing in adults with and without dyscalculia. *Acta Psychologica*, *138*, 193–203.

Platzer, E. & Hies, M. (2006). Psychologische Testverfahren. *Personal*, *58*, 34–37.

Rost, J. (2004). *Testtheorie - Testkonstruktion* (2. Aufl.). Bern: Huber.

Ree, M. J. & Earles, J. A. (1991). Predicting Training Success: Not Much More Than g. *Personnel Psychology*, *44*, 321-332.

Reyna, V., Nelson, W., Han, P. & Dieckmann, N. (2009). How numeracy influences risk comprehension and medical decision making. *Psychological Bulletin*, *135*, 943–973.

Schmidt-Atzert, L. & Deter, B. (1993). Die Vorhersage des Ausbildungserfolgs bei verschiedenen Berufsgruppen durch Leistungstests. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, *37*, 191–196.

Schmidt-Atzert, L., Deter, B. & Jaeckel, S. (2004). Prädiktion von Ausbildungserfolg: Allgemeine Intelligenz (g) oder spezifische kognitive Fähigkeiten? *Zeitschrift für Personalpsychologie*, *3*, 147–158.

Schmidt-Atzert, L., Krumm, S. & Lubbe, D. (2011). Toward Stable Predictions of Apprentices' Training Success. *Journal of Personnel Psychology*, *10*, 34–42.

Schuchardt, K., Grube, D. & Mähler, C. (2013). „Schwierige Kinder" von Anfang an? *Kindheit und Entwicklung*, *22*, 217–223.

Schuler, H. (1996). *Psychologische Personalauswahl: Einführung in die Berufseignungsdiagnostik*. Göttingen: Verl. für Angewandte Psychologie.

Schuler, H. (2002). *Das Einstellungsinterview*. Göttingen: Hogrefe.

Schuler, H. (2004). *Beurteilung und Förderung beruflicher Leistung* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.

Smith, P.,& Kendall, L. (1963). Retranslation of expectations: An approach to the construction of unambiguous anchors for rating scales. *Journal of Applied Psychology*, *47*, 149–155.

Van der Meer, E. (1985). Mathematisch-naturwissenschaftliche Hochbegabung. *Zeitschrift fuer Psychologie*, *193*, 229–258.

Vernon, P. (1965). Ability factors and environmental influences. *American Psychologist*, *20*, 723–733.

Westhoff, K., Hellfritsch, L. J., Hornke, L. F., Kubinger, K. D., Lang, F., Moosbrugger, Püschel, A. & Reimann, G. (2005). *Grundwissen für die berufsbezogene Eignungsbeurteilung nach DIN 33430* (2., überarb. Aufl.). Wien: Pabst.

14. Tabellenverzeichnis

15. Abbildungsverzeichnis

16. Anhang

3. Mathematische Standards für die 8. Schulstufe

Mathematische Standards meinen jene Teilmenge denkbarer mathematischer Kompetenzen, über die S&S ab einer bestimmten Schulstufe verfügen sollten.

Die hier dargelegten mathematischen Standards beschreiben jene mathematischen Kompetenzen, die S&S *bis zum Ende der 8. Schulstufe* entwickelt und längerfristig verfügbar haben sollten.
Die Auswahl, Konkretisierung und Festlegung dieser mathematischen Standards orientieren sich am eingangs dargelegten bildungstheoretischen Rahmen (unter Bedachtnahme auf den zur Zeit gültigen Lehrplan), ihre Beschreibung erfolgt entlang der Dimensionen des zuvor beschriebenen Modells mathematischer Kompetenzen.

Einsatz von Technologien
Mathematisches Tun wird heute in vielen Bereichen durch die permanente Verfügbarkeit und Verwendung elektronischer Werkzeuge unterstützt oder überhaupt erst ermöglicht. Dies gilt für nahezu alle Ebenen mathematischen Arbeitens. Eine entsprechende „Werkzeugkompetenz“ ist daher integraler Bestandteil mathematischer Kompetenzen. Eine zeitgemäße mathematische Ausbildung wird diesem Umstand durch Anleitung zu sinnvollem und zweckmäßigem Einsatz ständig verfügbarer Technologien Rechnung tragen.
Gegenwärtigen internationalen Standards mathematischer Grundbildung in der Pflichtschule entspricht die durchgängige Verwendung von Taschenrechnern, Tabellenkalkulation und/oder grafikfähigen Rechnern; die Verwendung von Computeralgebra-Systemen und Dynamischer Geometrie Software sollte (im Hinblick auf die „Anschlussfähigkeit“ zu weiterführender mathematischer Ausbildung wie auch im Hinblick auf absehbare künftige Entwicklungen) bereits in der Sekundarstufe I zumindest mit bedacht, besser bereits vorbereitet werden.
Bei der folgenden Charakterisierung der mathematischen Standards wird darauf verzichtet, die mit elektronischen Werkzeugen verbundenen Anforderungen jeweils explizit als eigene Standards auszuweisen: Die ständige Verfügbarkeit und der sinnvolle Einsatz angemessener elektronischer Werkzeuge seitens der Lernenden ist jedoch bei jedem der angeführten mathematischen Standards mit gedacht und gefordert.

Handlungsbereiche

Mathematisches Arbeiten umfasst vielfältige originär mathematische wie auch außermathematische (Denk-)Tätigkeiten, die meist eng miteinander vernetzt sind bzw. aufeinander bezogen werden müssen.
Für die mathematischen Standards am Ende der 8. Schulstufe wurden die folgenden vier zentralen mathematischen Tätigkeiten bzw. Tätigkeitsbereiche identifiziert und als gleich bedeutsame Handlungsbereiche festgehalten:

H1	**Darstellen, Modellbilden**	*Darstellen* meint die Übertragung gegebener mathematischer Sachverhalte in eine (andere) mathematische Repräsentation bzw. Repräsentationsform. *Modellbilden* erfordert über das Darstellen hinaus, in einem gegebenen Sachverhalt die relevanten mathematischen Beziehungen zu erkennen (um diese dann in mathematischer Form darzustellen), allenfalls Annahmen zu treffen, Vereinfachungen bzw. Idealisierungen vorzunehmen u. Ä. Charakteristische Tätigkeiten sind z. B.: • alltagssprachliche Formulierungen in die Sprache/Darstellung der Mathematik übersetzen • einen gegebenen mathematischen Sachverhalt in eine andere Darstellungsform (tabellarisch, grafisch, symbolisch/Rechnersyntax) übertragen; zwischen Darstellungen oder Darstellungsformen wechseln • Zeichnungen (mit Lineal oder Freihandskizze) einfacher geometrischer Figuren und Körper anfertigen • problemrelevante mathematische Zusammenhänge identifizieren und mathematisch darstellen • geeignete mathematische Mittel (Begriffe, Modelle, Darstellungsformen, Technologien) und Lösungswege auswählen • aus bekannten (z. B. auch elektronisch verfügbaren) mathematischen Modellen neue Modelle entwickeln (modulares Arbeiten)
H2	**Rechnen, Operieren**	*Rechnen* im engeren Sinn meint die Durchführung elementarer Rechenoperationen mit konkreten Zahlen, Rechnen in einem weiteren Sinn meint die regelhafte Umformung symbolisch dargestellter mathematischer Sachverhalte. *Operieren* meint allgemeiner und umfassender die Planung sowie die korrekte, sinnvolle und effiziente Durchführung von Rechen- oder Konstruktionsabläufen und schließt z. B. geometrisches Konstruieren oder auch das Arbeiten mit bzw. in Tabellen und Grafiken mit ein. Rechnen/Operieren schließt immer auch die verständige und zweckmäßige Auslagerung operativer Tätigkeiten an die verfügbare Technologie mit ein. Charakteristische Tätigkeiten sind z. B.: • elementare Rechenoperationen durchführen, potenzieren, Wurzel ziehen • Maßeinheiten umrechnen • in Terme und Gleichungen (Formeln) Zahlen einsetzen, Werte berechnen • Terme, Gleichungen (Formeln) und Ungleichungen umformen • Gleichungen und Ungleichungen lösen • Ergebnisse abschätzen, sinnvoll runden, näherungsweise rechnen • mit und in Tabellen oder Grafiken operieren • elementare geometrische Konstruktionen durchführen

H3	**Interpretieren**	*Interpretieren* meint, aus mathematischen Darstellungen Fakten, Zusammenhänge oder Sachverhalte zu erkennen und darzulegen sowie mathematische Sachverhalte und Beziehungen im jeweiligen Kontext zu deuten. Charakteristische Tätigkeiten sind z. B.: • Werte aus Tabellen oder grafischen Darstellungen ablesen, sie im jeweiligen Kontext deuten • tabellarisch, grafisch oder symbolisch gegebene Zusammenhänge beschreiben und im jeweiligen Kontext deuten • Zusammenhänge und Strukturen in Termen, Gleichungen (Formeln) und Ungleichungen erkennen, sie im Kontext deuten • mathematische Begriffe oder Sätze im jeweiligen Kontext deuten • Rechenergebnisse im jeweiligen Kontext deuten • tabellarische, grafische oder auch symbolische Rechnerdarstellungen angemessen deuten • zutreffende und unzutreffende Interpretationen erkennen
H4	**Argumentieren, Begründen**	*Argumentieren* meint die Angabe von mathematischen Aspekten, die für oder gegen eine bestimmte Sichtweise/Entscheidung sprechen. Argumentieren erfordert eine korrekte und adäquate Verwendung mathematischer Eigenschaften/Beziehungen, mathematischer Regeln sowie der mathematischen Fachsprache. *Begründen* meint die Angabe einer Argumentation(skette), die zu bestimmten Schlussfolgerungen/Entscheidungen führt. Charakteristische Tätigkeiten sind z. B.: • mathematische Argumente nennen, die für oder gegen die Verwendung eines bestimmten mathematischen Begriffs, eines Modells oder einer Darstellung(sform), für oder gegen einen bestimmten Lösungsweg bzw. eine bestimmte Lösung, für oder gegen eine bestimmte Interpretation sprechen • die Entscheidung für die Verwendung eines bestimmten mathematischen Begriffs, eines Modells, eines Lösungsweges, für eine Darstellung(sform), eine bestimmte Lösung oder eine bestimmte Sichtweise/Interpretation argumentativ belegen • mathematische Vermutungen formulieren und begründen (aufgrund deduktiven, induktiven oder analogen Schließens) • mathematische Zusammenhänge (Formeln, Sätze) herleiten oder beweisen • zutreffende und unzutreffende mathematische Argumentationen bzw. Begründungen erkennen; begründen, warum eine Argumentation oder Begründung (un-)zutreffend ist

Inhaltsbereiche

Die Inhalte wurden unter Bedachtnahme auf den derzeit gültigen Lehrplan ausgewählt und nach innermathematischen Gesichtspunkten zu folgenden vier Inhaltsbereichen zusammengefasst:

I1	**Zahlen und Maße**	Verschiedene Zahlen und Maße (insbesondere auch in lebenspraktischen Anwendungen); konkret: • natürliche, ganze, rationale und irrationale Zahlen • Bruch- und Dezimaldarstellung rationaler Zahlen; Potenzschreibweise (mit ganzzahligen Exponenten), Wurzeln • Rechenoperationen, Rechengesetze und -regeln • Anteile, Prozente, Zinsen • Maßeinheiten (für Längen, Flächeninhalte, Volumina, Massen, Zeiten und zusammengesetzte Größen)
I2	**Variable, funktionale Abhängigkeiten**	Variable, Terme und (Un-)Gleichungen; verschiedene Darstellungen funktionaler Zusammenhänge; konkret: • Variable und Terme • einfache Gleichungen (Formeln) und Ungleichungen • lineare Gleichungssysteme mit zwei Variablen • verbale, tabellarische, grafische und symbolische Darstellung funktionaler Zusammenhänge; lineare Funktionen; direkte und indirekte Proportionalität
I3	**Geometrische Figuren und Körper**	Grundlegende geometrische Begriffe; einfache geometrische Figuren und Körper, deren Eigenschaften und Darstellung (Zeichnung, Konstruktion); konkret: • Punkt, Gerade, Ebene; Strecke, Winkel; Parallele, Normale • Symmetrie, Ähnlichkeit • Dreiecke, Vierecke, Kreis • Würfel, Quader, Prismen, Pyramiden, Zylinder, Kegel, Kugel • Satz von Pythagoras • Umfangs-, Flächen-, Oberflächen- und Volumsformeln
I4	**Statistische Darstellungen und Kenngrößen**	Tabellarische und grafische Darstellungen statistischer Daten; Zentralmaße und Streuung; konkret: • tabellarische Darstellung statistischer Daten • Stabdiagramm, Kreisdiagramm, Streifendiagramm, Piktogramm, Liniendiagramm; Streudiagramm • absolute und relative Häufigkeiten • arithmetisches Mittel, Median, Quartile • Spannweite, Interquartilabstand

Komplexitätsbereiche

Mathematische Anforderungen bzw. die zu ihrer Bewältigung erforderlichen Kompetenzen können sich nicht nur hinsichtlich der erforderlichen Handlung und hinsichtlich des mathematischen Inhalts, sondern sehr wesentlich auch hinsichtlich der zu bewältigenden Komplexität unterscheiden:
Manche Problemstellungen erfordern lediglich die direkte Anwendung eines Begriffes, Satzes oder Verfahrens bzw. die Ausführung einer elementaren mathematischen Tätigkeit. Andere Aufgabenstellungen hingegen verlangen eine geeignete Kombination und Vernetzung mehrerer mathematischer Begriffe, Sätze oder Tätigkeiten. Wieder andere Aufgaben erfordern ein Nachdenken über Eigenschaften und Zusammenhänge, die am gegebenen mathematischen Sachverhalt nicht unmittelbar erkennbar sind.
Die Komplexitätsdimension der mathematischen Standards versucht diesen unterschiedlichen Komplexitätsanforderungen Rechnung zu tragen; sie umfasst folgende drei Bereiche:

K1	**Einsetzen von Grundkenntnissen und -fertigkeiten**	*Einsetzen von Grundkenntnissen und -fertigkeiten* meint die Wiedergabe oder direkte Anwendung von grundlegenden mathematischen Begriffen, Sätzen, Verfahren und Darstellungen. In der Regel ist nur reproduktives mathematisches Wissen und Können oder die aus dem Kontext unmittelbar erkennbare direkte Anwendung von mathematischen Kenntnissen bzw. Fertigkeiten geringer Komplexität erforderlich.
K2	**Herstellen von Verbindungen**	Das *Herstellen von Verbindungen* ist erforderlich, wenn der mathematische Sachverhalt und die Problemlösung komplexer sind, sodass mehrere Begriffe, Sätze, Verfahren, Darstellungen bzw. Darstellungsformen (aus verschiedenen mathematischen Gebieten) oder auch verschiedene mathematische Tätigkeiten in geeigneter Weise miteinander verbunden werden müssen.
K3	**Einsetzen von Reflexionswissen, Reflektieren**	*Reflektieren* meint das Nachdenken über Zusammenhänge, die aus dem dargelegten mathematischen Sachverhalt nicht unmittelbar ablesbar sind. Reflektieren umfasst das Nachdenken über eine mathematische Vorgehensweise (Lösungsweg/Lösung, Alternativen), über Vor- und Nachteile von Darstellungen/Darstellungsformen bzw. über mathematische Modelle (Modellannahmen, Idealisierungen, Aussagekraft, Grenzen des Modells, Modellalternativen) im jeweiligen Kontext sowie das Nachdenken über (vorgegebene) Interpretationen, Argumentationen oder Begründungen. *Reflexionswissen* ist ein anhand entsprechender Nachdenkprozesse entwickeltes Wissen über Mathematik. Reflexion(swissen) kann in vielfältiger Weise sichtbar werden: durch Dokumentation von Lösungswegen, durch entsprechende Entscheidungen, oft aber auch durch entsprechende Argumentationen und Begründungen.

Die Komplexität einer Aufgabe beeinflusst die objektive Anforderung, sie ist jedoch kein Maß für die subjektive oder psychometrische Schwierigkeit!

MKT_26 inklusive theoretischer Zuordnung und Lösungen

1. Wie viele Gramm hat ein Kilogramm?
   Lösung: 1000 Gramm

   I1: Es geht um die verschiedenen Darstellungen einer Zahl (verbal, natürlich)
   H2: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt bei der Umwandlung von Maßen (kg in g)
   K1: Anwendung von Wissen über verschiedene Schreibweisen von Zahlen und Umwandlungen von Maßen (Masse)
   .
2. Wie viele Millimeter haben drei Meter?
   Lösung: 3000 Millimeter

   I1: Es geht um die verschiedenen Darstellungen einer Zahl (verbal, natürlich)
   H2: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt bei der Umwandlung von Maßen (mm in m)
   K1: Anwendung von Wissen über verschiedene Schreibweisen von Zahlen und Umwandlungen von Maßen (Länge)

3. Wie viele Meter sind 3,5 Kilometer?
   Lösung: 3500 Meter

   I1: Es geht um die verschiedenen Darstellungen einer Zahl (Dezimalzahl, natürlich)
   H1: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt auf der Übertragung einer in Dezimalschreibweise gegebenen Zahl in eine andere mathematische Zahldarstellung (km in m)
   K1: Anwendung von Wissen über verschiedene Schreibweisen von Zahlen und Umwandlungen von Maßen (Länge)

4. Wie viele Zentimeter (cm) sind ¼ Meter?
   Lösung: 25 Zentimeter

   I1: Es geht um die verschiedenen Darstellungen einer Zahl (Bruchzahl, natürlich)
   H1,2: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt bei der Übertragung einer in Bruchdarstellung gegebene Zahl in eine andere mathematische Zahldarstellung (m in cm) und um die Umwandlung von Maßen (m in cm)
   K1: Anwendung von Wissen über verschiedene Schreibweisen von Zahlen und Umwandlungen von Maßen (Länge)

5. Wandeln Sie 7200 Minuten in Stunden um.

   Lösung: Es sind 120 Stunden

   I1: Es handelt sich bei dieser Aufgabe um Maßeinheiten für Zeiten
   H2: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt bei der Umwandlung von Maßen (kg in g)
   K1: Es handelt sich um die Anwendung von grundlegenden mathematischen Begriffen und Umwandlungen von Maßen (Zeit)

6. Ein Zug fährt 200 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Berlin nach Paris beträgt ungefähr. 1000 Kilometer (km). Wie viele Stunden benötigt der Zug von Berlin nach Paris?

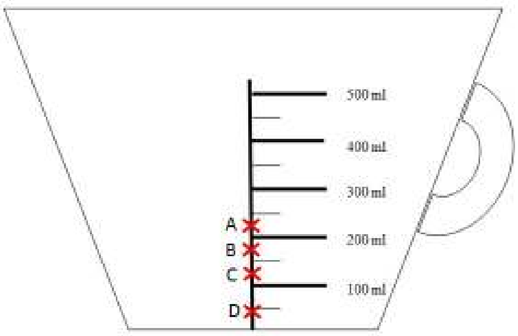
   Lösung: 5 Stunden

   I1 Es geht um Maßeinheiten für Geschwindigkeit und Längen
   H2: Der Schwerpunkt der Aufgabe verlangt die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Division)
   K2: Die Aufgabe erfordert zwischen Maßeinheiten (km/h und Kilometer) zu wechseln und das Wissen um die Verbindung von mathematischen Sachverhalten (Geschwindigkeit und Länge)
   .
7. Ein Liter (l) Milch wiegt 1,02 Kilogramm (kg). In ein Milchfass passen 204 Kilogramm (kg) Milch. Wie viele Liter Milch sind das?

   Lösung: Es sind 200 Liter (l)

   I1 Es geht um Maßeinheiten für Massen und Volumina, sowie um die verschiedenen Darstellungen einer Zahl (Dezimalzahl, natürlich)
   H2: Der Schwerpunkt der Aufgabe verlangt die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Division)
   K2: Die Aufgabe erfordert zwischen Schreibweisen von Zahlen (Dezimalzahl und natürliche Zahlen) und zwischen Maßeinheiten (Liter und Kilogramm) zu wechseln

8. Für das Mixen eines Smoothies (Fruchtcocktail) werden 1/8 Liter Orangensaft benötigt. Die benötigte Saftmenge wird in einen Messbecher gefüllt. Markieren Sie als Antwort jenen Buchstaben, bei dem die Flüssigkeit im Messbecher steht.



   Lösung: C

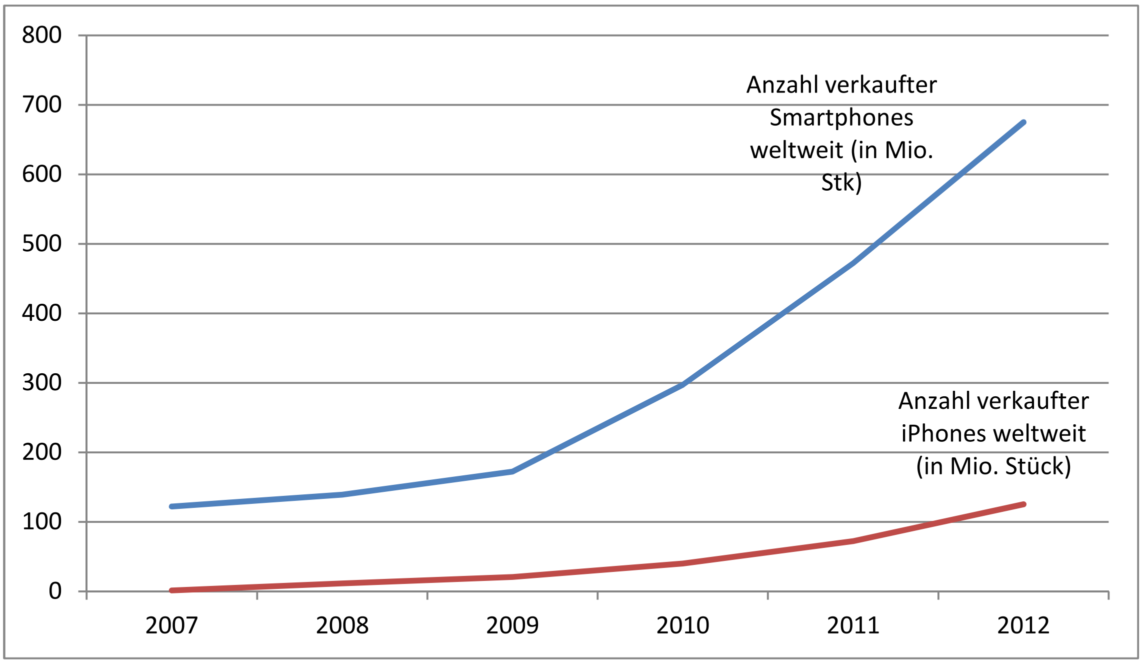
   I1: Es geht um symbolische und grafische Zahldarstellung und um Maßeinheiten (Volumen)
   H1: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt auf der Übertragung einer Größe (Bruchzahlen-Darstellung) in eine grafische Darstellung (Messbecher) → Wechsel zwischen zwei Darstellungsformen
   K2: Die Aufgabe erfordert die Anwendung von Wissen über den Wechsel zwischen Schreibweisen von Zahlen (Bruchdarstellung und natürliche Zahl) und zwischen Maßeinheiten (l, ml), sowie das Wissen über grafische Darstellung einer Zahl auf einer Messskala.

9. Ein Zug fährt 160 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Wien nach Salzburg beträgt ungefähr 300 Kilometer (km). Wie lange (in Stunden und Minuten) benötigt der Zug von Wien nach Salzburg?

   Lösung: Er benötigt 1 Stunde und 52, 5 (53) Minuten

   I1 Es geht um Maßeinheiten für Geschwindigkeit und Längen
   H2: Der Schwerpunkt der Aufgabe verlangt die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Division)
   K2: Die Aufgabe erfordert zwischen Schreibweisen von Zahlen (Dezimalzahl und natürliche Zahlen) und zwischen Maßeinheiten (Kilometer und km/h) zu wechseln, sowie das Wissen um die Verbindung von mathematischen Sachverhalten (Geschwindigkeit und Länge)

10. Aus der Grafik kann man entnehmen, wie sich weltweit die Zahlen der insgesamt verkauften Smartphones und die der iPhones entwickelt haben.



   Wie groß ist die höchste Zahl an verkauften iPhones laut dieser Grafik?

   Lösung: Es sind 125 Millionen Stück. (Toleranzbereich von +/- 15 Millionen, der Bereich zwischen 110 und 140 Millionen Stück)

   I2: Die Darstellung der Entwicklung von Käufermarktdaten in der Angabe kann als Graph einer Funktion aufgefasst werden
   H3: Die Aufgabe erfordert die Einsicht, dass zur Lösung nur eine „Kurve“ benötigt wird, sie verlangt das Ablesen eines Funktionswertes aus einer Grafik und das Deuten dieser Information im Kontext der Aufgabe
   K1: Das Ablesen des Funktionswertes eines Hochpunktes aus einer Grafik und das Deuten dieses Wertes im Kontext ist elementar, solange die Achsen beschriftet sind

11. Der Akku eines Smartphones ist nur mehr zu ¾ geladen. Wie viel Prozent (%) entspricht der geladene Anteil des Akkus?

    Lösung: Es sind 75 Prozent (%)

    I1: Es geht um verschiedene Darstellungen einer Zahl (Bruchzahl, natürliche Zahl)
    H1: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt auf der Übertragung einer in Bruchdarstellung gegeben Zahl in eine andere mathematische Zahldarstellung (Prozentschreibweise), also der Wechsel zwischen zwei Darstellungsformen
    K1: Die Aufgabe erfordert nur die direkte Anwendung von Wissen über verschiedene grundlegende Darstellungen von Zahlen (Bruch-, Prozentdarstellung)

12. Für einen Pool hat man folgende Abmessungen ermittelt:
    Länge: 8 Meter (m), Breite: 4 Meter (m), Tiefe: 1,6 Meter (m)
    Wie viele Liter Wasser fasst der Pool? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

    Hinweis: $\text{Volumen}_{\text{Quader}}$ = Länge * Breite * Höhe;
    1 Kubikmeter (m^3)= 1000 Liter.

    Lösung: Der Pool fasst 51 200 Liter Wasser

    I1: Es geht um die Multiplikation von Größen sowie um Maßeinheiten (Volumen)
    H2: Die Aufgabe verlangt die Durchführung elementarer Rechenoperationen mit konkreten Zahlen und die Umrechnung von Maßeinheiten (m^3 in Liter), also die operative Ermittlung von Werten
    K1: Es werden elementare Kenntnisse über die Multiplikation von rationalen Zahlen sowie Kenntnisse über die Anwendung einfacher Gleichungen benötigt

13. Unten stehend in der Tabelle sind die Eintrittspreise für einen Vergnügungspark abgebildet. Familie Geissen geht zusammen in diesen Vergnügungspark. Sie haben drei Kinder und den Großvater dabei. Susi ist 3 Jahre, Paul 4 Jahre und Jakob 17 Jahre alt. Die Eltern sind beide 40 Jahre alt. Opa Hannes ist schon in Pension. Wie viel Euro (€) Eintritt muss die Familie insgesamt bezahlen?

Person	**Preis in Euro**
Kinder unter 3 Jahren	gratis
Kinder 4 – 6 Jahre	4,50
Schüler 6-18 Jahre	6,00
Studenten 19 – 25 Jahre	6,50
Erwachsene > 25 Jahre	8,00
Pensionisten	5,00

Lösung: 31,50 Euro (€)

I1: In der Aufgabe geht es um Preisangaben, die in Euro und Cent gegeben sind
H3: Die Aufgabe verlangt das Ablesen bestimmter numerischer Werte aus einer Tabelle (Preistabelle) sowie das Deuten dieser Werte im gegebenen Kontext (Alter)
K1: Zur Ermittlung des Ergebnisses ist das (wiederholte) Ablesen von Werten aus einer Tabelle sowie die Ermittlung der notwendigen Rechenoperation (Addition) notwendig. Es handelt sich um die direkte Anwendung grundlegender elementarer Fertigkeiten

14. Jasmin hat acht Euro und ihr Bruder hat vier Euro im Lotto gewonnen. Zusammen haben sie nun 12 Euro. Schreibe die Rechnung dazu auf.

Lösung: 8+4=12

I2: Die verlange Darstellungsform ist einfache Addition mit drei Variablen
H1: Die Aufgabe verlangt die Übertragung eines verbal dargestellten Zusammenhangs in eine andere Darstellungsform (Gleichung). Insbesondere ist dabei eine Modellbildung, nämlich die Übertragung einer beschriebenen Ungleichheit in eine fiktive Gleichheit, die für die Gleichungsdarstellung benötigt wird, erforderlich
K1: Die Aufgabe verlangt die Erfassung der Bedeutung von „und" und die Darstellung dieser Beziehung in Form einer Gleichung; diese Tätigkeit ist elementar

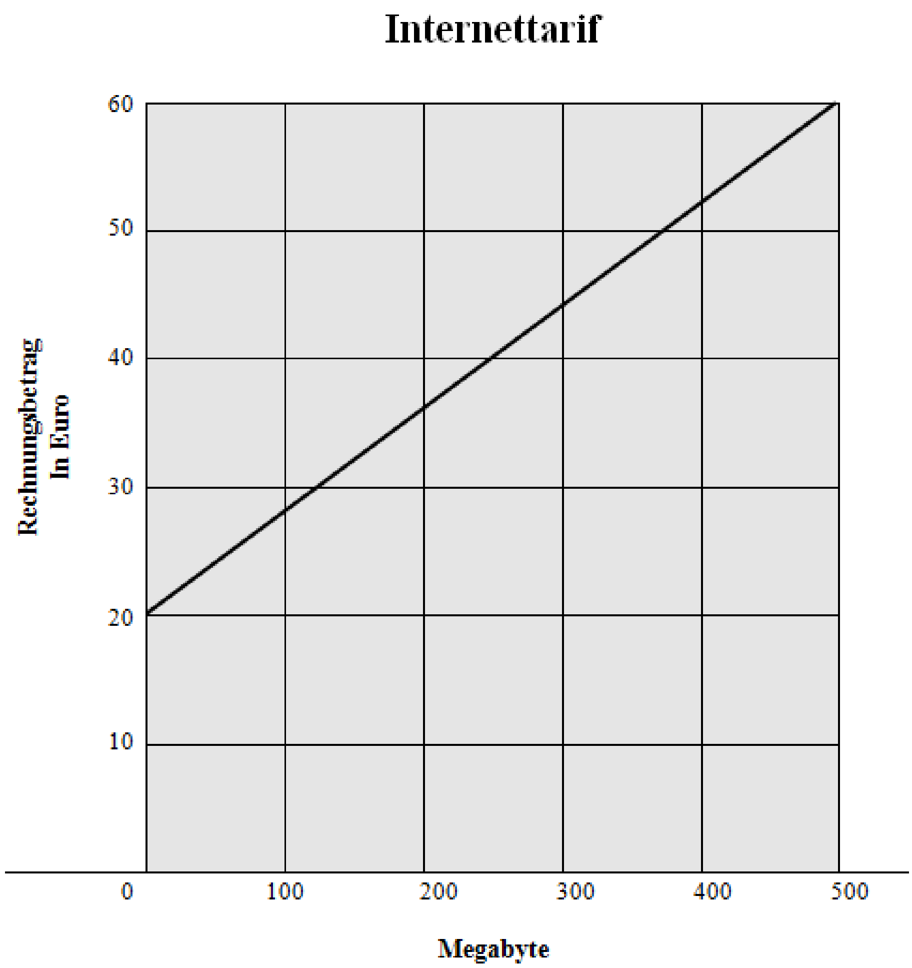
15. Gegeben ist ein elektrischer Widerstand von 100 Ω. Die Spannung beträgt 10 Volt. Wie groß ist die Stromstärke in **<u>Milliampere (mA)</u>**? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen)

Hinweis:
U = Spannung (in Volt)
I = Stromstärke (in Ampere)
R = elektrischer Widerstand (in Ω),
1 Ampere (A) = 1000 Milliampere (mA).
Formel: R = U/I

Lösung: Es sind 0,1 Ampere das sind 100 Milliampere (mA)

I2: Die Darstellungen in der Angabe und im Ergebnis sind Formeln
H2: Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt auf dem operativen Umformen einer Formel
K2: Neben dem Umformen der Formel ist auch das Einsetzen von Zahlenwerten für die Variablen sowie das Berechnen der geforderten Größe, auch das Umrechnen von Maßangaben (Ampere in Milliampere) erforderlich

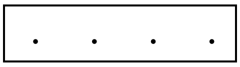
16. Eine Telefongesellschaft bietet einen neuen Internettarif für ein Tablet an. In der Grundgebühr ist ein Datenguthaben von 1024 Megabyte (=1 Gigabyte) pro Monat enthalten. Gelangt man in einem Monat über 1024 Megabyte Datenverbrauch, ist jeder verbrauchte Megabyte extra zu bezahlen. Man kann den Rechnungsbetrag für einen Monat aus unten stehender Grafik (ungefähr) ablesen. Wie viel beträgt (ungefähr) die Gebühr für einen zusätzlich verbrauchten Megabyte?



Lösung: Es sind genau 0,08 Euro pro zusätzlichem Megabyte.

I2: Die Darstellung in der Angabe ist der Graph einer linearen Funktion
H3: Die Aufgabe verlangt die Interpretation der Internetgebühr pro Megabyte als Steigung der gezeichneten Geraden; dafür ist das Ablesen von zwei Wertepaaren aus der grafischen Darstellung eines mathematischen Zusammenhangs und deren Deutung erforderlich
K2: Für die Identifizierung der Grundgebühr müssen zumindest zwei Punktinformationen kombiniert und Berechnungen (Differenz und Quotient) angestellt werden

17. Gegeben ist eine Eisenstange, welche 11 Zentimeter (cm) lang ist.
In diese Eisenstange sind 4 kleine Löcher mit gleichem Abstand zu bohren. Vom linken und rechten Rand weg soll je ein Zentimeter (cm) Platz gelassen werden. Zur Demonstration ist hier ein Beispiel angeführt:

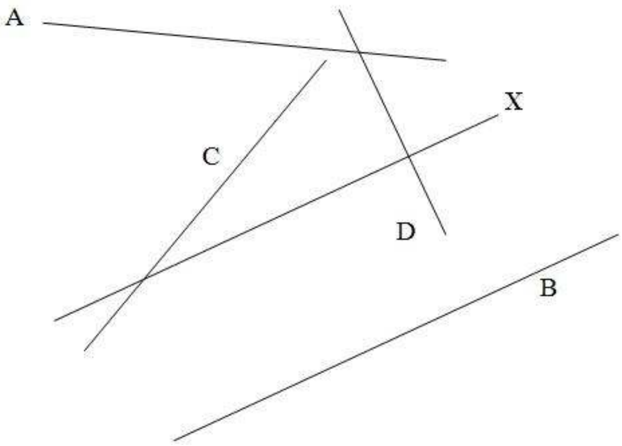


Berechnen Sie die ungefähre Größe der Abstände, damit die vier Löcher auf der Eisenstange gleichmäßig verteilt sind.

Lösung: Die Abstände zwischen den gebohrten Löchern muss ungefähr 3 Zentimeter (cm) betragen

I3: Es geht um eine geometrische Figur zur Abschätzung eines Abstandes (Länge)
H1: Die Aufgabe erfordert das Erkennen von geeigneten mathematischen Modellen (Rechteck) sowie das Erkennen eines geeigneten Rechenweges zur Abschätzung der Abstände
K2: Zur Lösung der Aufgabe müssen mehrere verschiedene mathematische Tätigkeiten miteinander verbunden werden: Zunächst geht es um das Erkennen einer verbal und visuell beschriebenen geometrischen Figur (Rechteck). Anschließend muss ein bestimmter Lösungsweg festgelegt werden (Subtraktion und Division), sowie erkannt werden, dass es bei 4 Löchern nur 3 Abstände zwischen den Löchern gibt. Die Längenangaben müssen dann entsprechend zur Längenbestimmung von Abständen ermittelt werden

18. Gegeben sind mehrere Gerade. Notieren Sie den Buchstaben jener Geraden, welche parallel zu X verläuft.



Lösung: Es ist die Gerade mit dem Buchstaben B

I3: Gerade und Parallele sind Grundbegriffe der Geometrie
H1: Die Aufgabe erfordert das Erkennen einer Parallelen durch einen gegebenen Punkt
K1: Die Aufgabe ist elementar, sie erfordert lediglich die direkte Anwendung eines grundlegenden geometrischen Wissens

19. Eine große zylinderförmige Energydrinkdose, welche für Werbezwecke auf ein Autodach montiert wird, ist 165 Zentimeter (cm) hoch und hat einen Durchmesser von 86 Zentimeter (cm). Wie groß ist das Volumen der Energydrinkdose in Kubikmetern (m^3)? (Die Formel finden Sie im unten angeführten Kästchen)

Hinweis:
Volumen$_{Zylinder}$ = Grundfläche * Höhe
Grundfläche = Radius^2*π
π = 3,14
Radius = Durchmesser/2
1 m^3 = 1 000 000 cm^3

Lösung: Das Volumen beträgt 957966,9 cm^3 = 0,9579669 Kubikmeter (m^3)

I3: Bei der zu deutenden Größe handelt es sich um den Inhalt der Grundfläche eines Zylinders (Volumen eines Zylinders)
H2: Es geht um die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Formeln umformen und Formeln berechnen, Multiplikation mit Dezimalzahlen)
K1: Die Aufgabe erfordert die direkte Anwendung von elementarem geometrischem Grundwissen (Zylinder), sowie das Wissen über das Einsetzen von Zahlenwerten in Formeln und die Umwandlung von Maßeinheiten (cm^3 in m^3)

20. Der neue Porsche Panamera GTS kostet 122.000 Euro (€). Bei Sofortzahlung gewährt der Autoverkäufer einen Skonto (Rabatt) von 8 Prozent (%). Wie viel würde der Porsche nach Abzug des Skontos kosten?

Lösung: 112.240 Euro. (Skonto beträgt 9.760 Euro).

I1: Es handelt sich um Prozentrechnen
H2: Es geht um die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Multiplikation und Subtraktion)
K1: Es geht um den Einsatz von Grundkenntnissen und die direkte Anwendung von grundlegenden mathematischen Begriffen (Prozent)

21. Berechnen Sie die Fläche eines Quadrats mit einer Seitenlänge von 7 cm.

Lösung: 49 cm^2

I3: Fläche und Quadrat sind Grundbegriffe der Geometrie
H2: Es geht um die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Multiplikation)
K1: Es geht um den Einsatz von Grundkenntnissen und die direkte Anwendung von grundlegenden mathematischen Begriffen (Flächenberechnung, Quadrat)

22. Caroline spielt ein neues Computerspiel. Sie spielt von 14:47 Uhr bis 17:19 Uhr. Wie lange (in Stunden und Minuten) hat sie gespielt?

Lösung: 2 Stunden und 32 Minuten oder 152 Minuten

I1: Es geht um Zahlen und Maße (Maßeinheiten für Zeiten)
H2: Es geht um die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Addition von Zeiten)
K1: Es geht um den Einsatz von Grundkenntnissen und die direkte Anwendung von grundlegenden mathematischen Begriffen (Umwandlung von Minuten in Stunden)

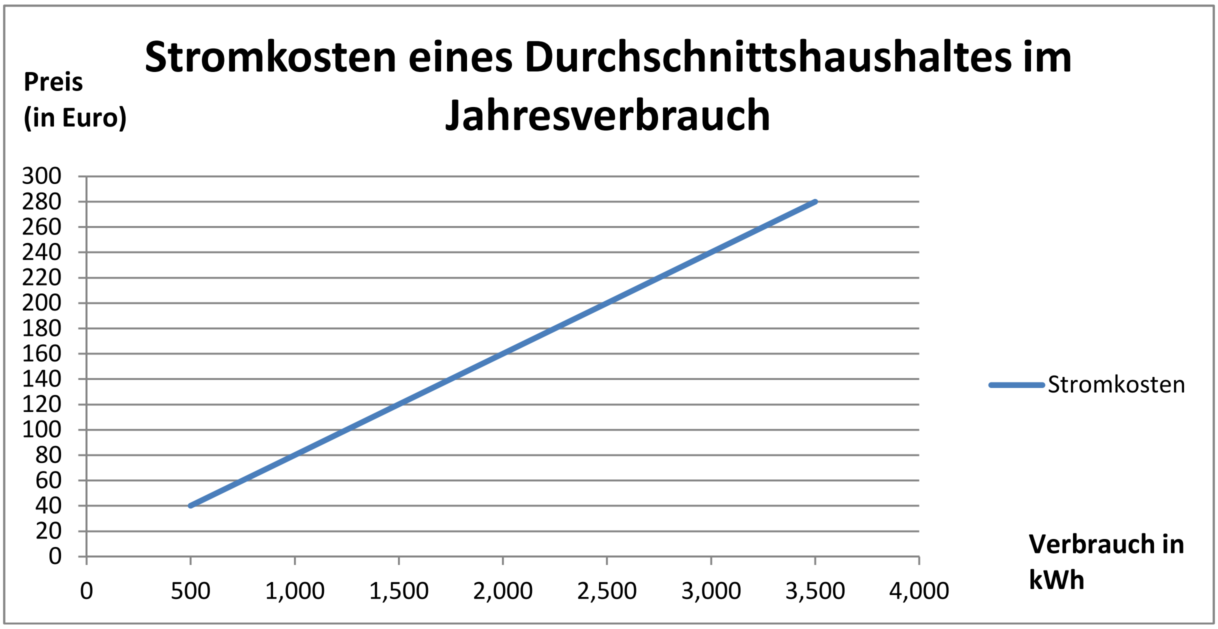
23. Ein LKW-Transporter für Getreide hat einen Anhänger mit folgenden Abmessungen: Länge: 16 Meter (m), Breite: 2,55 Meter (m), Höhe: 4 Meter (m). Wie viele Kubikmeter (m^3) Getreide kann der Anhänger transportieren? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

$Volumen_{Quader}$ = Länge * Breite * Höhe;
1 Kubikmeter (m^3) = 1000 Liter.

Lösung: Der Anhänger fasst 163,2 Kubikmeter (m^3) Getreide

I3: Bei der zu deutenden Größe handelt es sich um den Inhalt der Grundfläche eines Quaders (Volumen eines Quaders)
H2: Es geht um die Durchführung elementarer Rechenoperationen (Formeln berechnen, Multiplikation mit Dezimalzahlen)
K1: Die Aufgabe erfordert die direkte Anwendung von elementarem geometrischem Grundwissen (Quader), sowie das Wissen über das Einsetzen von Zahlenwerten in Formeln

24. Ein österreichischer Durchschnittshaushalt verbraucht im Jahr 3500 kWh (Kilowatt) Strom. In der unten stehenden Grafik sind der durchschnittliche Stromverbrauch und die dafür anfallenden Kosten eines österreichischen Haushalts für ein Jahr dargestellt. Wie viel kostet ein kWh Strom?



Lösung: 8 Cent (oder 0,08 Euro)

I2: Die Darstellung in der Angabe ist der Graph einer linearen Funktion
H3: Die Aufgabe verlangt die Interpretation der Stromkosten pro Kilowatt als Steigung der gezeichneten Geraden; dafür ist das Ablesen von zwei Wertepaaren aus der grafischen Darstellung eines mathematischen Zusammenhangs und deren Deutung erforderlich
K2: Für die Identifizierung der Stromkosten müssen zumindest zwei Punktinformationen kombiniert und eine Berechnung (Quotient) angestellt werden

25. Auf eine rechteckige Bodenfläche (19 Meter lang und 5 Meter breit) soll ein Fliesenboden verlegt werden. Eine Fliese hat eine Fläche von 0,2 m^2. Wie viele Fliesen werden benötigt, um den gesamten Boden zu verlegen?

    Lösung: 475 Fliesen

    I3: Bei der zu deutenden Größe handelt es sich um die Fläche eines Rechtecks
    H3: Die Aufgabe erfordert das Deuten eines mathematischen Sachverhalts (Berechnung einer geometrischen Größe) im vorgegebenen Kontext
    K2: Für die Identifizierung der Stückanzahl müssen zwei Informationen berücksichtigt werden (Fläche des Bodens und Fläche der Fliese) sowie die Identifizierung der zu grundeliegenden geometrischen Größe, sowie die direkte Anwendung von grundlegenden mathematischen Begriffen (Flächenberechnung)

26. Moritz fährt am Samstag von zu Hause mit dem Bus ins Kino, da er um 20:30 Uhr gemeinsam mit einem Freund den neuen Kinofilm mit seinem Lieblingsschauspieler „Vin Riesel“ ansehen mochte. Er muss von der Station „Reichmanngasse“ bis zur Station „Burggasse-Stadthalle“ fahren, um zum Kino zu gelangen. Unten stehend finden Sie den Busfahrplan. Um wie viel Uhr musste Moritz spätestens den Bus nehmen, damit er um 20:20 beim Kino ist?

Bus X, Reichmanngasse -> Burggasse-Stadthalle

Reichmanngasse	Schrekergasse	Waidäckergasse	Flötzersteig/Wilhelminenspital	Joachimsthalerplatz	Rankgasse	Ottakring	Gutraterplatz	Possingergasse	Brüßlgasse	Camillo-Sitte-Gasse	Vogelweidplatz/Stadthalle	Moeringgasse	Burggasse-Stadthalle
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18:13	18:14	18:15	18:16	18:18	18:19	18:21	18:22	18:23	18:25	18:26	18:27	18:28	18:30
18:24	18:25	18:26	18:27	18:29	18:30	18:32	18:33	18:34	18:36	18:37	18:38	18:39	18:41
18:33	18:34	18:35	18:36	18:38	18:39	18:41	18:42	18:43	18:45	18:46	18:47	18:48	18:50
18:41	18:42	18:43	18:44	18:46	18:47	18:49	18:50	18:51	18:53	18:54	18:55	18:56	18:58
18:49	18:50	18:51	18:52	18:54	18:55	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:03	19:04	19:06
18:56	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:04	19:05	19:06	19:08	19:09	19:10	19:11	19:13
19:13	19:14	19:15	19:16	19:18	19:19	19:21	19:22	19:23	19:25	19:26	19:27	19:28	19:30
19:24	19:25	19:26	19:27	19:29	19:30	19:32	19:33	19:34	19:36	19:37	19:38	19:39	19:41
19:33	19:34	19:35	19:36	19:38	19:39	19:41	19:42	19:43	19:45	19:46	19:47	19:48	19:50
19:41	19:42	19:43	19:44	19:46	19:47	19:49	19:50	19:51	19:53	19:54	19:55	19:56	19:58
19:49	19:50	19:51	19:52	19:54	19:55	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:03	20:04	20:06
19:56	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:04	20:05	20:06	20:08	20:09	20:10	20:11	20:13
20:13	20:14	20:15	20:16	20:18	20:19	20:21	20:22	20:23	20:25	20:26	20:27	20:28	20:30
20:24	20:25	20:26	20:27	20:29	20:30	20:32	20:33	20:34	20:36	20:37	20:38	20:39	20:41
20:33	20:34	20:35	20:36	20:38	20:39	20:41	20:42	20:43	20:45	20:46	20:47	20:48	20:50
20:41	20:42	20:43	20:44	20:46	20:47	20:49	20:50	20:51	20:53	20:54	20:55	20:56	20:58
20:49	20:50	20:51	20:52	20:54	20:55	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:03	21:04	21:06
20:56	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:04	21:05	21:06	21:08	21:09	21:10	21:11	21:13
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Lösung: Er muss den Bus um spätestens 19:56 Uhr nehmen

I1: In der Aufgabe geht es um Zeitangaben, die in Stunden und Minuten gegeben sind
H3: Die Aufgabe verlangt das Ablesen bestimmter numerischer Werte aus einer Tabelle (Busfahrplan) sowie das Deuten dieser Werte im gegebenen Kontext (Abfahrts- und Ankunftszeiten)
K1: Zur Ermittlung des Ergebnisses ist das Ablesen von Werten aus einer Tabelle sowie ein Aufeinanderbeziehen der Werte notwendig. Es handelt sich dabei um die direkte Anwendung grundlegender elementarer Funktionen

MKT_26

Mathematischer Kompetenztest

Sie benötigen nun einen Stift und ein Lineal. Bitte lesen Sie die Aufgaben **genau** durch. Sollten Sie Fragen haben, können Sie sich jederzeit an den Betreuer wenden. Sie dürfen keinen Taschenrechner verwenden. Alle Aufgaben sind so gestaltet, dass sie ohne Taschenrechner gelöst werden können. Es gibt keine Zeitbeschränkung. Wenn Sie eine Aufgabe nicht lösen können, dann gehen Sie einfach zur nächsten weiter.

Bitte füllen Sie nun die Angaben zu Ihrer Person aus:

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Alter: __________________ Jahre

Ich befinde mich im _____. Lehrjahr

Warten Sie auf die Anweisung des Testleiters, um mit dem Test zu beginnen.

Bitte lesen Sie die Aufgaben **genau** durch. Sollten Sie Fragen haben, können Sie sich jederzeit an den Betreuer wenden. Verwenden Sie den beiliegenden Notizzettel, um Nebenrechnungen aufzuschreiben. Die Lösungen sind IMMER auf diesen Bogen einzutragen. Lösungen, welche nur auf dem Notizzettel angeführt sind, werden bei der Auswertung NICHT berücksichtigt.

1. Wie viele Gramm (g) hat ein Kilogramm (kg)?

   Lösung: Es sind _________________Gramm.

2. Wie viele Millimeter (mm) haben drei Meter (m)?

   Lösung: Es sind _________________Millimeter.

3. Wie viele Meter (m) sind 3,5 Kilometer (km)?

   Lösung: Es sind _________________Meter.

4. Wie viele Zentimeter (cm) sind ¼ Meter (m)?

   Lösung: Es sind _________________Zentimeter (cm).

5. Wandeln Sie 7200 Minuten in Stunden um.

   Lösung: Es sind ___________ Stunden.

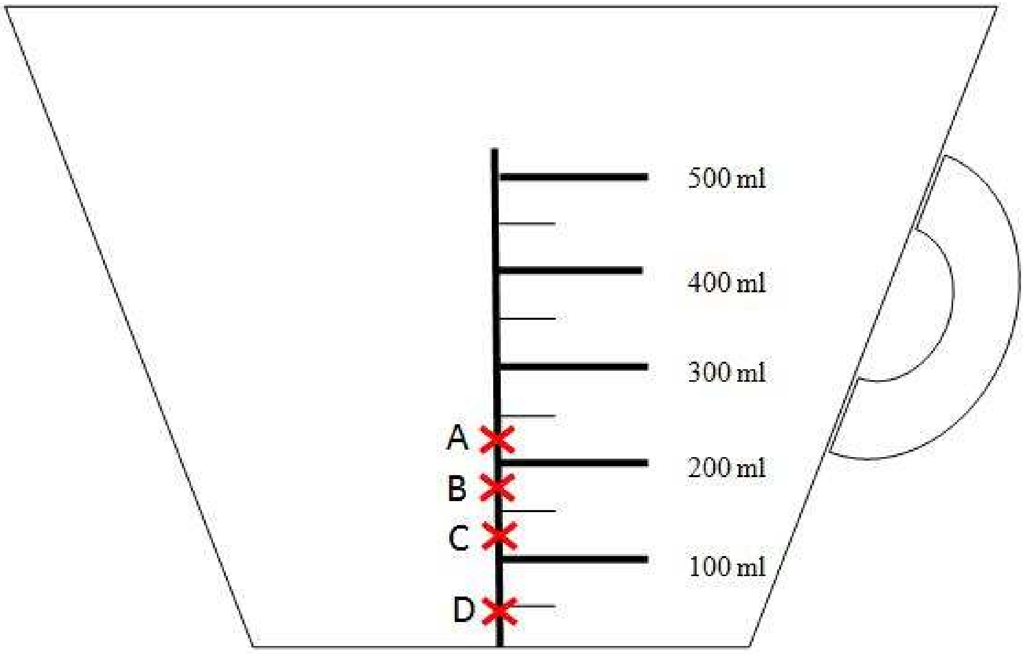
6. Ein Zug fährt 200 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Berlin nach Paris beträgt ungefähr 1000 Kilometer (km). Wie viele Stunden benötigt der Zug von Berlin nach Paris?

   Lösung: __________ Stunden.

7. Ein Liter Milch wiegt 1,02 Kilogramm (kg). In ein Milchfass passen 204 Kilogramm (kg) Milch. Wie viele Liter Milch sind das?

   Lösung: Es sind _________________ Liter.

8. Für das Mixen eines Smoothies (Fruchtcocktail) werden 1/8 Liter Orangensaft benötigt. Die benötigte Saftmenge wird in einen Messbecher gefüllt. Markieren Sie als Antwort jenen Buchstaben, bei dem die Flüssigkeit im Messbecher steht.

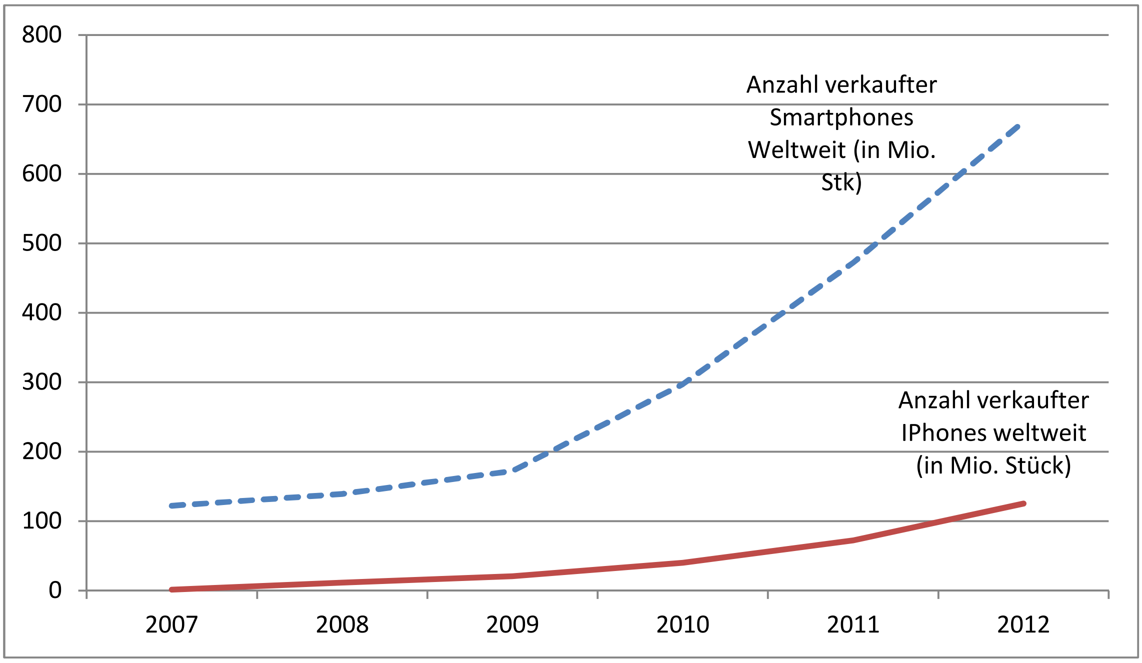


Lösung: ___________________

Zug: Ein Zug fährt 160 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Wien nach Salzburg beträgt ungefähr 300 Kilometer (km). Wie lange (in Stunden und Minuten) benötigt der Zug von Wien nach Salzburg?

Lösung: Er benötigt __________ Stunden und __________ Minuten.

9. Aus der Grafik kann man entnehmen, wie sich weltweit die Zahlen der insgesamt verkauften Smartphones und die der iPhones entwickelt haben. Wie groß ist die höchste Zahl an verkauften iPhones laut dieser Grafik?



Lösung: Es sind ungefähr __________ Millionen Stück verkaufte iPhones.

10. Der Akku eines Smartphones ist nur mehr zu ¾ geladen. Wie viel Prozent (%) entspricht der geladene Anteil des Akkus?.

Lösung: Es sind ___________ Prozent (%).

11. Für einen Pool hat man folgende Abmessungen ermittelt:
Länge: 8 Meter (m), Breite: 4 Meter (m), Tiefe: 1,6 Meter (m)
Wie viele Liter Wasser fasst der Pool? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

Hinweis: $\text{Volumen}_{\text{Quader}}$ = Länge * Breite * Höhe;
1 Kubikmeter (m^3)= 1000 Liter.

Lösung: Der Pool fasst ________________ Liter Wasser.

12. Unten stehend in der Tabelle sind die Eintrittspreise für einen Vergnügungspark abgebildet. Familie Geissen geht zusammen in diesen Vergnügungspark. Sie haben drei Kinder und den Großvater dabei. Susi ist 3 Jahre, Paul 4 Jahre und Jakob 17 Jahre alt. Die Eltern sind beide 40 Jahre alt. Opa Hannes ist schon in Pension. Wie viel Euro (€) Eintritt muss die Familie insgesamt bezahlen?

Person	**Preis in Euro**
Kinder unter 3 Jahren	gratis
Kinder 4 – 6 Jahre	4,50
Schüler 6-18 Jahre	6,00
Studenten 19 – 25 Jahre	6,50
Erwachsene > 25 Jahre	8,00
Pensionisten	5,00

Lösung: Die Familie muss _______________ Euro (€) Eintritt bezahlen.

13. Jasmin hat acht Euro (€) und ihr Bruder hat vier Euro (€) im Lotto gewonnen. Zusammen haben sie nun 12 Euro (€). Schreibe die Rechnung dazu auf.

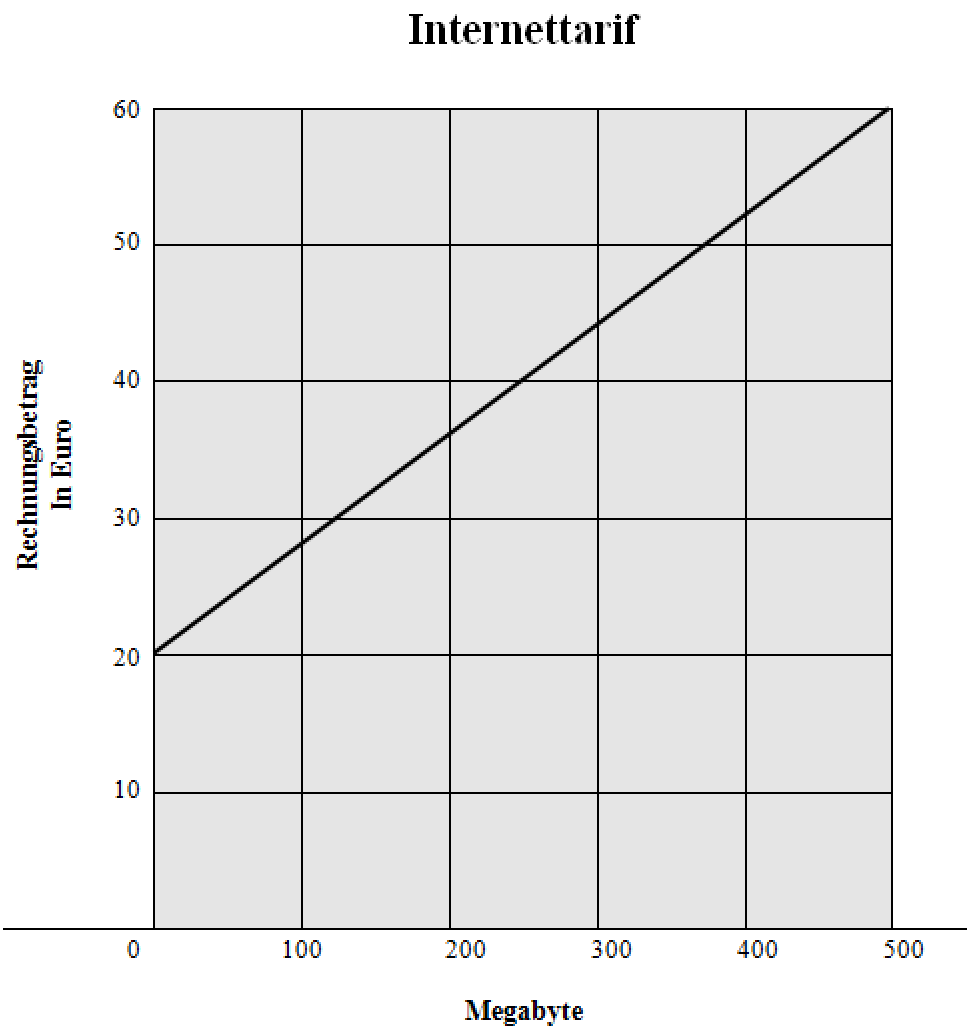
Lösung: ____

14. Gegeben ist ein elektrischer Widerstand von 100 Ω. Die Spannung beträgt 10 Volt. Wie groß ist die Stromstärke in **<u>Milliampere (mA)</u>**? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen)

Hinweis:
U = Spannung (in Volt)
I = Stromstärke (in Ampere)
R = elektrischer Widerstand (in Ω),
1 Ampere (A) = 1000 Milliampere (mA).
Formel: R = U/I

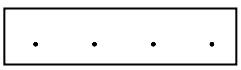
Lösung: Es sind ______________ Milliampere (mA).

15. Eine Telefongesellschaft bietet einen neuen Internettarif für ein Tablet an. In der Grundgebühr ist ein Datenguthaben von 1024 Megabyte (=1 Gigabyte) pro Monat enthalten. Gelangt man in einem Monat über 1024 Megabyte Datenverbrauch, ist jeder verbrauchte Megabyte extra zu bezahlen. Man kann den Rechnungsbetrag für einen Monat aus unten stehender Grafik (ungefähr) ablesen. Wie viel beträgt (ungefähr) die Gebühr für einen zusätzlich verbrauchten Megabyte?



Lösung: Die Gebühr betragt ungefähr Euro (€) _____________ pro zusätzlichem Megabyte.

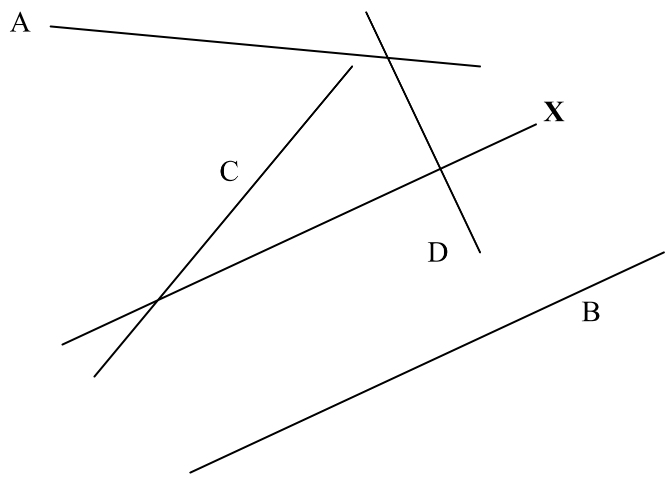
16. Gegeben ist eine Eisenstange, welche 11 Zentimeter (cm) lang ist.
In diese Eisenstange sind 4 kleine Löcher mit gleichem Abstand zu bohren. Vom linken und rechten Rand weg soll je ein Zentimeter (cm) Platz gelassen werden. Zur Demonstration ist hier ein Beispiel angeführt:



Berechnen Sie die ungefähre Größe der Abstände, damit die vier Löcher auf der Eisenstange gleichmäßig verteilt sind.

Lösung: Die Abstände zwischen den gebohrten Löchern muss ungefähr ________ Zentimeter (cm) betragen.

17. Gegeben sind mehrere Gerade. Notieren Sie den Buchstaben jener Geraden, welche parallel zur Geraden X verläuft.



Lösung: Es ist die Gerade mit dem Buchstaben _____________.

18. Eine große zylinderförmige Energydrinkdose, welche für Werbezwecke auf ein Autodach montiert wird, ist 165 Zentimeter (cm) hoch und hat einen Durchmesser von 86 Zentimeter (cm). Wie groß ist das Volumen der Energydrinkdose in Kubikmetern (m^3)? (Die Formel finden Sie im unten angeführten Kästchen)

> **Hinweis**:
> $\text{Volumen}_{\text{Zylinder}}$ = Grundfläche * Höhe
> Grundfläche = $\text{Radius}^2 * \pi$
> π = 3,14
> Radius = Durchmesser/2

Lösung: Das Volumen beträgt ____________ Kubikmeter (m^3).

19. Der neue Porsche Panamera GTS kostet 122.000 Euro (€). Bei Sofortzahlung gewährt der Autoverkäufer einen Skonto (Rabatt) von 8 Prozent (%). Wie viel würde der Porsche nach Abzug des Skontos kosten?

Lösung: Der Porsche kostet nach Abzug des Skontos ___________________ Euro (€).

20. Berechnen Sie die Fläche eines Quadrats mit einer Seitenlänge von 7 Zentimetern (cm).

Lösung: Die Fläche beträgt ____________________ Quadratzentimeter (cm^2).

21. Caroline spielt ein neues Computerspiel. Sie spielt von 14:47 Uhr bis 17:19 Uhr. Wie lange (in Stunden und Minuten) hat sie gespielt?

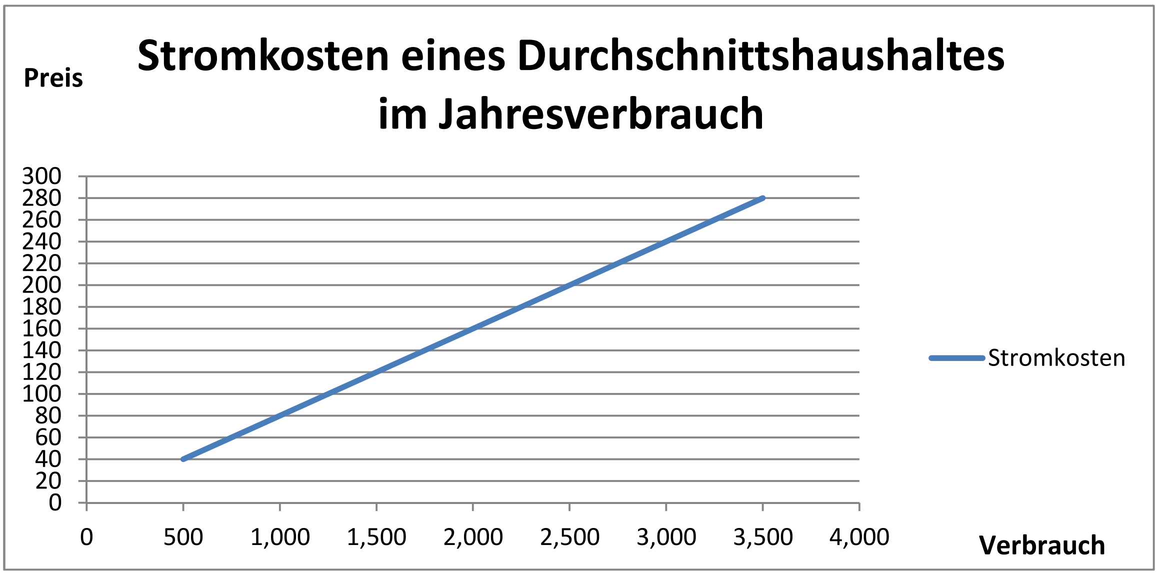
Lösung: Sie hat insgesamt ______________Stunden und _____________ Minuten gespielt.

22. Ein LKW-Transporter für Getreide hat einen Anhänger mit folgenden Abmessungen: Länge: 16 Meter (m), Breite: 2,55 Meter (m), Höhe: 4 Meter (m). Wie viele Kubikmeter (m^3) Getreide kann der Anhänger transportieren? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

$Volumen_{Quader}$ = Länge * Breite * Höhe; 1 Kubikmeter (m^3) = 1000 Liter.

Lösung: Der Anhänger fasst __________ Kubikmeter (m^3) Getreide.

23. Ein österreichischer Durchschnittshaushalt verbraucht im Jahr 3500 Kilowatt (kWh) Strom. In der unten stehenden Grafik sind der durchschnittliche Stromverbrauch und die dafür anfallenden Kosten eines österreichischen Haushalts für ein Jahr dargestellt. Wie viel kostet ein Kilowatt (kWh) Strom ungefähr?



Lösung: Ein Kilowatt (kWh) Strom kostet ungefähr ___________ Euro (€).

24. Auf eine rechteckige Bodenfläche (19 Meter (m) lang und 5 Meter (m) breit) soll ein Fliesenboden verlegt werden. Eine Fliese hat eine Fläche von 0,2 Quadratmetern (m^2). Wie viele Stück Fliesen werden benötigt, um den gesamten Boden zu verlegen?

Lösung: Es sind __________________ Stück Fliesen.

25. Moritz fährt am Samstag von zu Hause mit dem Bus ins Kino, da er um 20:30 Uhr gemeinsam mit einem Freund den neuen Kinofilm mit seinem Lieblingsschauspieler „Vin Riesel“ ansehen möchte. Er muss von der Station „Reichmanngasse“ bis zur Station „Burggasse-Stadthalle“ fahren, um zum Kino zu gelangen. Unten stehend finden Sie den Busfahrplan. Um wie viel Uhr müsste Moritz spätestens den Bus nehmen, damit er um 20:20 beim Kino ist?

Bus X, Reichmanngasse -> Burggasse-Stadthalle

Reichmanngasse	Schrekergasse	Waidäckergasse	Flötzersteig/Wilhelminenspital	Joachimsthalerplatz	Rankgasse	Ottakring	Gutraterplatz	Possingergasse	Brüßlgasse	Camillo-Sitte-Gasse	Vogelweidplatz/Stadthalle	Moeringgasse	Burggasse-Stadthalle
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18:13	18:14	18:15	18:16	18:18	18:19	18:21	18:22	18:23	18:25	18:26	18:27	18:28	18:30
18:24	18:25	18:26	18:27	18:29	18:30	18:32	18:33	18:34	18:36	18:37	18:38	18:39	18:41
18:33	18:34	18:35	18:36	18:38	18:39	18:41	18:42	18:43	18:45	18:46	18:47	18:48	18:50
18:41	18:42	18:43	18:44	18:46	18:47	18:49	18:50	18:51	18:53	18:54	18:55	18:56	18:58
18:49	18:50	18:51	18:52	18:54	18:55	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:03	19:04	19:06
18:56	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:04	19:05	19:06	19:08	19:09	19:10	19:11	19:13
19:13	19:14	19:15	19:16	19:18	19:19	19:21	19:22	19:23	19:25	19:26	19:27	19:28	19:30
19:24	19:25	19:26	19:27	19:29	19:30	19:32	19:33	19:34	19:36	19:37	19:38	19:39	19:41
19:33	19:34	19:35	19:36	19:38	19:39	19:41	19:42	19:43	19:45	19:46	19:47	19:48	19:50
19:41	19:42	19:43	19:44	19:46	19:47	19:49	19:50	19:51	19:53	19:54	19:55	19:56	19:58
19:49	19:50	19:51	19:52	19:54	19:55	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:03	20:04	20:06
19:56	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:04	20:05	20:06	20:08	20:09	20:10	20:11	20:13
20:13	20:14	20:15	20:16	20:18	20:19	20:21	20:22	20:23	20:25	20:26	20:27	20:28	20:30
20:24	20:25	20:26	20:27	20:29	20:30	20:32	20:33	20:34	20:36	20:37	20:38	20:39	20:41
20:33	20:34	20:35	20:36	20:38	20:39	20:41	20:42	20:43	20:45	20:46	20:47	20:48	20:50
20:41	20:42	20:43	20:44	20:46	20:47	20:49	20:50	20:51	20:53	20:54	20:55	20:56	20:58
20:49	20:50	20:51	20:52	20:54	20:55	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:03	21:04	21:06
20:56	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:04	21:05	21:06	21:08	21:09	21:10	21:11	21:13
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Lösung: Er muss den Bus um spätestens ____________________ Uhr nehmen.

MKT_25

Gruppe A

Mathematischer Kompetenztest

Sie benötigen nun einen Stift und ein Lineal. Bitte lesen Sie die Aufgaben **genau** durch. Sollten Sie Fragen haben, können Sie sich jederzeit an den Betreuer wenden. Sie dürfen keinen Taschenrechner verwenden. Alle Aufgaben sind so gestaltet, dass sie ohne Taschenrechner gelöst werden können. Sie haben für die Bearbeitung der Aufgaben 45 Minuten Zeit.

Bitte füllen Sie zuerst die Angaben zu Ihrer Person aus:

Name: ____

Geburtsdatum: ____________________________________

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Ich beginne die Ausbildung für folgenden Lehrberuf:

- ☐ Eisenbahnlehrberuf (Eisenbahnbetriebstechnik, -tansporttechnik, -fahrzeugtechnik, -fahrzeuginstandhaltungstechnik, -sicherungstechnik, elektrotechnik, -telekommunikationstechnik)
- ☐ Elektrotechnik (Anlagen- und Betriebstechnik, Elektro- und Gebäudetechnik)
- ☐ Elektronik (Angewandte Elektronik, Informations- und Telekommunikationstechnik)
- ☐ Metalltechnik (Maschinenbautechnik)
- ☐ Mechatronik
- ☐ Metallbearbeitung
- ☐ Tiefbauer (Gleisbautechnik)
- ☐ Karosseriebautechnik (Nutzfahrzeuge)
- ☐ Kraftfahrzeugtechnik & Systemelektronik
- ☐ Denkmal-Fassaden-Gebäudereinigung

Warten Sie auf die Anweisung des Testleiters, um mit dem Test zu beginnen.

Bitte lesen Sie die Aufgaben **genau** durch. Sollten Sie Fragen haben, können Sie sich jederzeit an den Betreuer wenden. Verwenden Sie den beiliegenden Notizzettel, um Nebenrechnungen aufzuschreiben. Die Lösungen sind IMMER auf diesen Bogen einzutragen. Lösungen, welche nur auf dem Notizzettel angeführt sind, werden bei der Auswertung NICHT berücksichtigt.

1. Wie viele Meter (m) sind 3,58 Kilometer (km)?

   Lösung: Es sind _________________Meter.

2. Ein Zug fährt 200 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Berlin nach Paris beträgt ungefähr 1000 Kilometer (km). Wie viele Stunden benötigt der Zug von Berlin nach Paris?

   Lösung: __________ Stunden.

3. Wie viele Millimeter (mm) haben drei Meter (m)?

   Lösung: Es sind _________________Millimeter.

4. Wie viele Gramm (g) haben eineinhalb Kilogramm (kg)?

   Lösung: Es sind _________________Gramm.

5. Unten stehend in der Tabelle sind die Eintrittspreise für einen Vergnügungspark abgebildet. Familie Geissen geht zusammen in diesen Vergnügungspark. Sie haben drei Kinder und den Großvater dabei. Susi ist 3 Jahre, Paul 4 Jahre und Jakob 17 Jahre alt. Die Eltern sind beide 40 Jahre alt. Opa Hannes ist schon in Pension. Wie viel Euro (€) Eintritt muss die Familie insgesamt bezahlen?

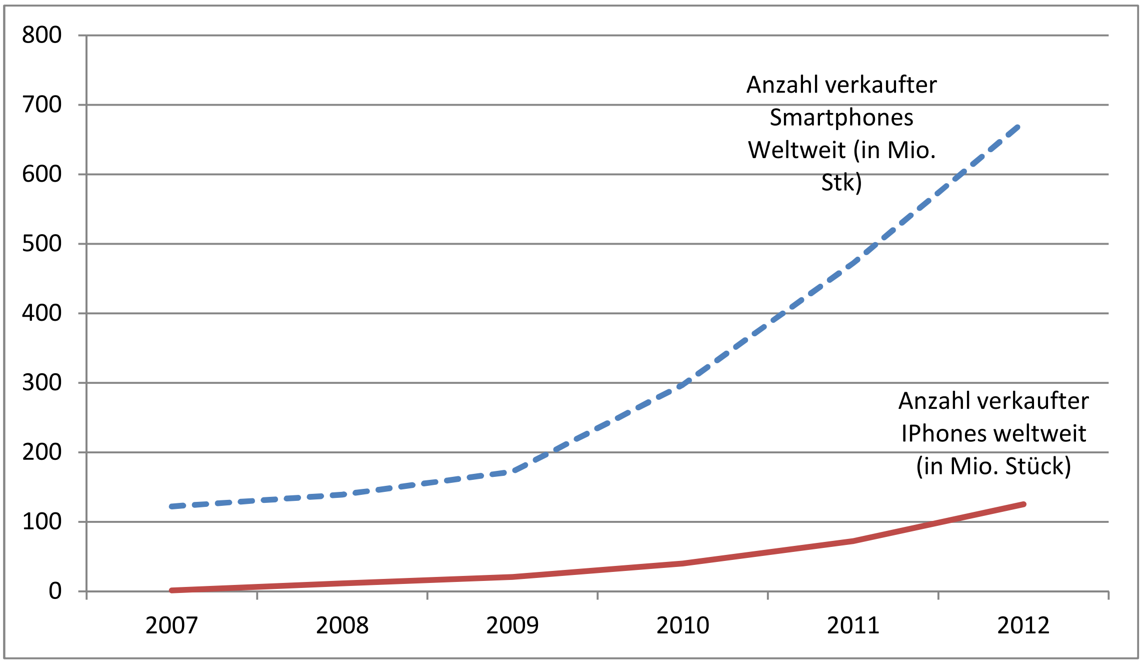
Person	**Preis in Euro**
Kinder bis 3 Jahre	gratis
Kinder 4 – 6 Jahre	4,50
Schüler 6-18 Jahre	6,00
Studenten 19 – 25 Jahre	6,50
Erwachsene > 25 Jahre	8,00
Pensionisten	5,00

Lösung: Die Familie muss _______________ Euro (€) Eintritt bezahlen.

6. Berechnen Sie die Fläche eines Quadrats mit einer Seitenlänge von 7 Zentimetern (cm).

   Lösung: Die Fläche beträgt ____________________ Quadratzentimeter (cm^2).

7. Aus der Grafik kann man entnehmen, wie sich weltweit die Zahlen der insgesamt verkauften **Smartphones** und die der **iPhones** entwickelt haben. Wie groß ist die höchste Zahl an **verkauften iPhones** laut dieser Grafik?



   Lösung: Es sind ungefähr __________ Millionen Stück verkaufte **iPhones**.

8. Ein Liter Milch wiegt 1,02 Kilogramm (kg). In ein Milchfass passen 204 Kilogramm (kg) Milch. Wie viele Liter Milch sind das?

   Lösung: Es sind _________________ Liter.

9. Der neue Porsche Panamera GTS kostet 122.000 Euro (€). Bei Sofortzahlung gewährt der Autoverkäufer einen Skonto (Rabatt) von 8 Prozent (%). Wie viel würde der Porsche **nach Abzug** des Skontos kosten?

   Lösung: Der Porsche kostet **nach Abzug** des Skontos ___________________ Euro (€).

10. Für einen Pool hat man folgende Abmessungen ermittelt:
    Länge: 8 Meter (m), Breite: 4 Meter (m), Tiefe: 1,6 Meter (m)
    Wie viele Liter Wasser fasst der Pool? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

Hinweis: $\text{Volumen}_{\text{Quader}}$ = Länge * Breite * Höhe;
1 Kubikmeter (m^3)= 1000 Liter.

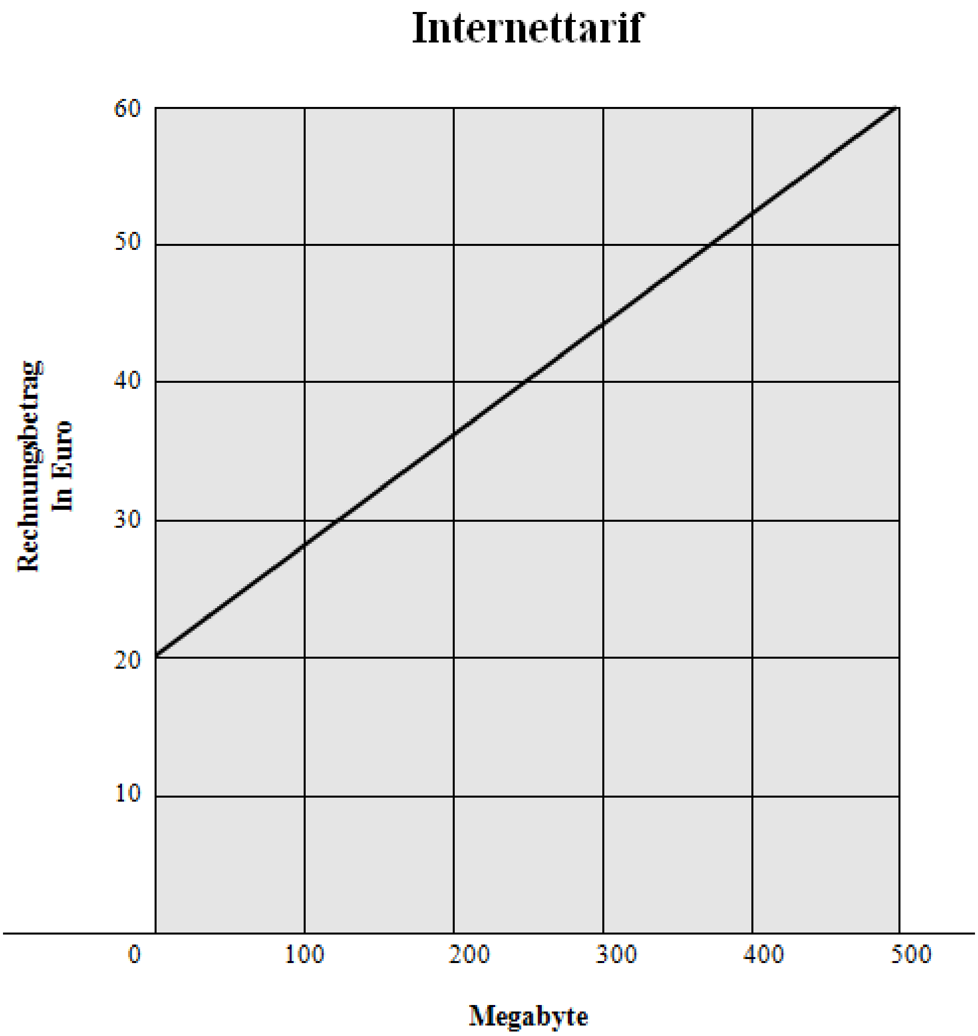
Lösung: Der Pool fasst _________________ Liter Wasser.

11. Ein LKW-Transporter für Getreide hat einen Anhänger mit folgenden Abmessungen: Länge: 16 Meter (m), Breite: 2,55 Meter (m), Höhe: 4 Meter (m). Wie viele Kubikmeter (m^3) Getreide kann der Anhänger transportieren? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

Hinweis: $\text{Volumen}_{\text{Quader}}$ = Länge * Breite * Höhe;
1 Kubikmeter (m^3)= 1000 Liter.

Lösung: Der Anhänger fasst ___________ Kubikmeter (m^3) Getreide.

12. Eine Telefongesellschaft bietet einen neuen Internettarif für ein Tablet an. In der Grundgebühr von 20 Euro ist ein Datenguthaben von 1024 Megabyte (=1 Gigabyte) pro Monat enthalten. Gelangt man in einem Monat über 1024 Megabyte Datenverbrauch, ist jeder verbrauchte Megabyte extra zu bezahlen. Man kann den Rechnungsbetrag für einen Monat aus unten stehender Grafik (ungefähr) ablesen. Wie viel beträgt (ungefähr) die Gebühr für einen zusätzlich verbrauchten Megabyte?



Lösung: Die Gebühr betragt ungefähr Euro (€) ______________ pro zusätzlichem Megabyte.

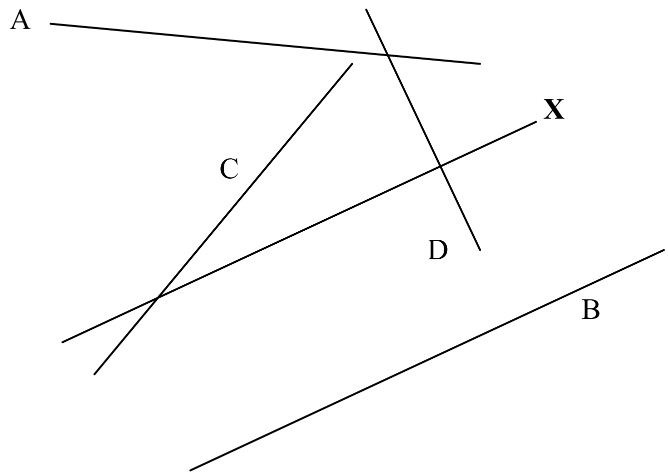
13. Ein Zug fährt 180 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Wien nach Salzburg beträgt ungefähr 270 Kilometer (km). Wie lange (in Stunden und Minuten) benötigt der Zug von Wien nach Salzburg?

Lösung: Er benötigt ___________ Stunden und ___________ Minuten.

14. Der Akku eines Smartphones ist nur mehr zu 4/5 geladen. Wie viel Prozent (%) entspricht der geladene Anteil des Akkus?.

    Lösung: Es sind ___________ Prozent (%).

15. Gegeben sind mehrere Gerade. Notieren Sie den Buchstaben jener Geraden, welche parallel zur Geraden X verläuft.



Lösung: Es ist die Gerade mit dem Buchstaben _____________.

16. Moritz fährt am Samstag von zu Hause mit dem Bus ins Kino, da er um 20:30 Uhr gemeinsam mit einem Freund den neuen Kinofilm mit seinem Lieblingsschauspieler „Vin Riesel“ ansehen möchte. Er muss von der Station „Schrekergasse“ bis zur Station „Burggasse-Stadthalle“ fahren, um zum Kino zu gelangen. Unten stehend finden Sie den Busfahrplan. Um wie viel Uhr müsste Moritz **spätestens** den Bus nehmen, damit er um 20:20 beim Kino ist?

Bus X, Reichmanngasse -> Burggasse-Stadthalle

Reichmanngasse	Schrekergasse	Waidäckergasse	Flötzersteig/Wilhelminenspital	Joachimsthalerplatz	Rankgasse	Ottakring	Gutraterplatz	Possingergasse	Brüßlgasse	Camillo-Sitte-Gasse	Vogelweidplatz/Stadthalle	Moeringgasse	Burggasse-Stadthalle
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18:13	18:14	18:15	18:16	18:18	18:19	18:21	18:22	18:23	18:25	18:26	18:27	18:28	18:30
18:24	18:25	18:26	18:27	18:29	18:30	18:32	18:33	18:34	18:36	18:37	18:38	18:39	18:41
18:33	18:34	18:35	18:36	18:38	18:39	18:41	18:42	18:43	18:45	18:46	18:47	18:48	18:50
18:41	18:42	18:43	18:44	18:46	18:47	18:49	18:50	18:51	18:53	18:54	18:55	18:56	18:58
18:49	18:50	18:51	18:52	18:54	18:55	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:03	19:04	19:06
18:56	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:04	19:05	19:06	19:08	19:09	19:10	19:11	19:13
19:13	19:14	19:15	19:16	19:18	19:19	19:21	19:22	19:23	19:25	19:26	19:27	19:28	19:30
19:24	19:25	19:26	19:27	19:29	19:30	19:32	19:33	19:34	19:36	19:37	19:38	19:39	19:41
19:33	19:34	19:35	19:36	19:38	19:39	19:41	19:42	19:43	19:45	19:46	19:47	19:48	19:50
19:41	19:42	19:43	19:44	19:46	19:47	19:49	19:50	19:51	19:53	19:54	19:55	19:56	19:58
19:49	19:50	19:51	19:52	19:54	19:55	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:03	20:04	20:06
19:56	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:04	20:05	20:06	20:08	20:09	20:10	20:11	20:13
20:13	20:14	20:15	20:16	20:18	20:19	20:21	20:22	20:23	20:25	20:26	20:27	20:28	20:30
20:24	20:25	20:26	20:27	20:29	20:30	20:32	20:33	20:34	20:36	20:37	20:38	20:39	20:41
20:33	20:34	20:35	20:36	20:38	20:39	20:41	20:42	20:43	20:45	20:46	20:47	20:48	20:50
20:41	20:42	20:43	20:44	20:46	20:47	20:49	20:50	20:51	20:53	20:54	20:55	20:56	20:58
20:49	20:50	20:51	20:52	20:54	20:55	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:03	21:04	21:06
20:56	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:04	21:05	21:06	21:08	21:09	21:10	21:11	21:13
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Lösung: Er muss den Bus um **spätestens** ____________________ Uhr nehmen.

17. Caroline spielt ein neues Computerspiel. Sie spielt von 14:47 Uhr bis 17:19 Uhr. Wie lange (in Stunden und Minuten) hat sie gespielt?

    Lösung: Sie hat insgesamt _______________Stunden und ______________ Minuten gespielt.

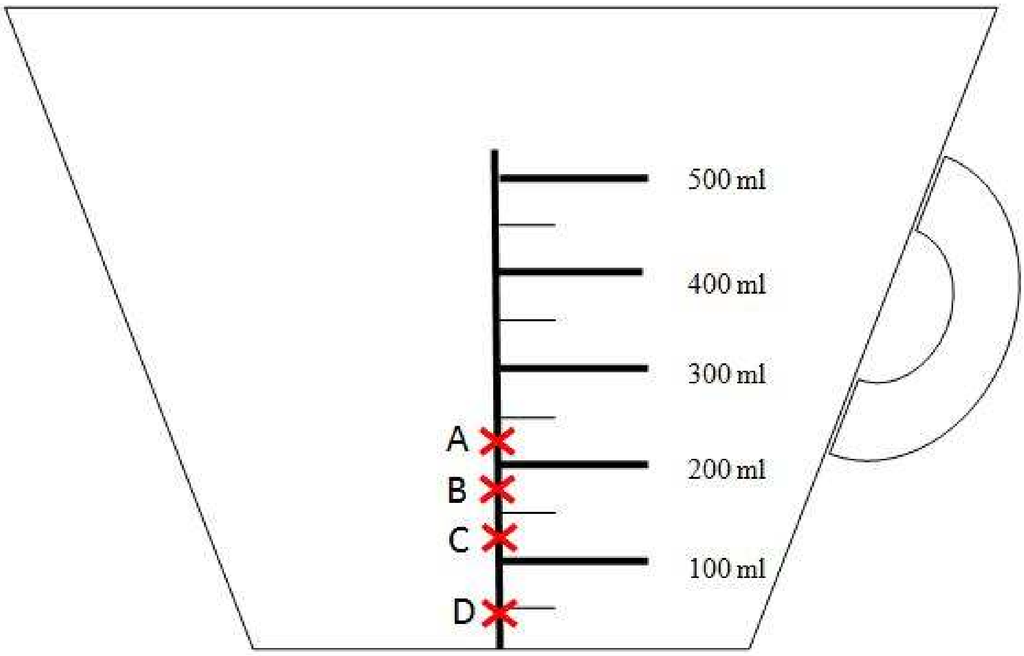
18. Wie viele Zentimeter (cm) sind ¼ Meter (m)?

    Lösung: Es sind __________________Zentimeter (cm).

19. Wandeln Sie 7200 Minuten in Stunden um.

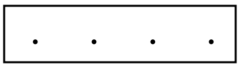
    Lösung: Es sind ___________ Stunden.

20. Für das Mixen eines Smoothies (Fruchtcocktail) werden 1/8 Liter Orangensaft benötigt. Die benötigte Saftmenge wird in einen Messbecher gefüllt. Markieren Sie als Antwort jenen Buchstaben, bei dem die Flüssigkeit im Messbecher steht.



    Lösung: Es ist Buchstabe__________________

21. Gegeben ist eine Eisenstange, welche 11 Zentimeter (cm) lang ist.
In diese Eisenstange sind 4 kleine Löcher mit gleichem Abstand zu bohren. Vom linken und rechten Rand weg soll je ein Zentimeter (cm) Platz gelassen werden. Zur Demonstration ist hier ein Beispiel angeführt:



Berechnen Sie die ungefähre Größe der Abstände, damit die vier Löcher auf der Eisenstange gleichmäßig verteilt sind.

Lösung: Die Abstände zwischen den gebohrten Löchern muss ungefähr ________ Zentimeter (cm) betragen.

22. Gegeben ist ein elektrischer Widerstand von 100 Ω. Die Spannung beträgt 10 Volt. Wie groß ist die Stromstärke in **Milliampere (mA)**? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen)

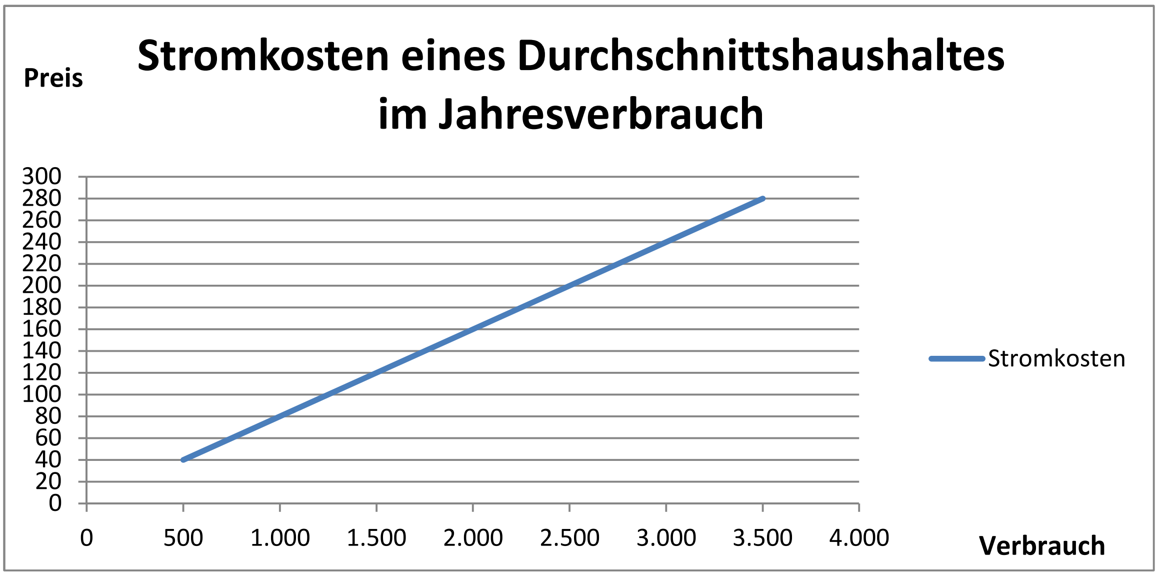
Hinweis:
U = Spannung (in Volt)
I = Stromstärke (in Ampere)
R = elektrischer Widerstand (in Ω),
1 Ampere (A) = 1000 Milliampere (mA).
Formel: R = U/I

Lösung: Es sind ______________ **Milliampere (mA)**.

23. Auf eine rechteckige Bodenfläche (19 Meter (m) lang und 5 Meter (m) breit) soll ein Fliesenboden verlegt werden. Eine Fliese hat eine Fläche von 0,2 Quadratmetern (m^2). Wie viele Stück Fliesen werden benötigt, um den gesamten Boden zu verlegen?

Lösung: Es sind __________________ Stück Fliesen.

24. Ein österreichischer Durchschnittshaushalt verbraucht im Jahr 3500 Kilowatt (kWh) Strom. In der unten stehenden Grafik sind der durchschnittliche Stromverbrauch und die dafür anfallenden Kosten eines österreichischen Haushalts für ein Jahr dargestellt. Wie viel kostet **ein Kilowatt (kWh)** Strom ungefähr?



Lösung: Ein **Kilowatt (kWh)** Strom kostet ungefähr ___________ Euro (€).

25. Eine große zylinderförmige Energydrinkdose, welche für Werbezwecke auf ein Autodach montiert wird, ist 165 Zentimeter (cm) hoch und hat einen Durchmesser von 86 Zentimeter (cm). Wie groß ist das Volumen der Energydrinkdose in **Kubikmetern (m^3)**? (Die Formel finden Sie im unten angeführten Kästchen)

> **Hinweis**:
> $\text{Volumen}_{\text{Zylinder}}$ = Grundfläche * Höhe
> Grundfläche = $\text{Radius}^2 * \pi$
> π = 3,14
> Radius = Durchmesser/2

Lösung: Das Volumen beträgt ____________ **Kubikmeter (m^3)**.

MKT_25 – Gruppe B

Gruppe B

Mathematischer Kompetenztest

Sie benötigen nun einen Stift und ein Lineal. Bitte lesen Sie die Aufgaben **genau** durch. Sollten Sie Fragen haben, können Sie sich jederzeit an den Betreuer wenden. Sie dürfen keinen Taschenrechner verwenden. Alle Aufgaben sind so gestaltet, dass sie ohne Taschenrechner gelöst werden können. Sie haben für die Bearbeitung der Aufgaben 45 Minuten Zeit.

Bitte füllen Sie zuerst die Angaben zu Ihrer Person aus:

Name: ____

Geburtsdatum: ____________________________________

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Ich beginne die Ausbildung für folgenden Lehrberuf:

- ☐ Eisenbahnlehrberuf (Eisenbahnbetriebstechnik, -tansporttechnik, -fahrzeugtechnik, -fahrzeuginstandhaltungstechnik, -sicherungstechnik, elektrotechnik, -telekommunikationstechnik)
- ☐ Elektrotechnik (Anlagen- und Betriebstechnik, Elektro- und Gebäudetechnik)
- ☐ Elektronik (Angewandte Elektronik, Informations- und Telekommunikationstechnik)
- ☐ Metalltechnik (Maschinenbautechnik)
- ☐ Mechatronik
- ☐ Metallbearbeitung
- ☐ Tiefbauer (Gleisbautechnik)
- ☐ Karosseriebautechnik (Nutzfahrzeuge)
- ☐ Kraftfahrzeugtechnik & Systemelektronik
- ☐ Denkmal-Fassaden-Gebäudereinigung

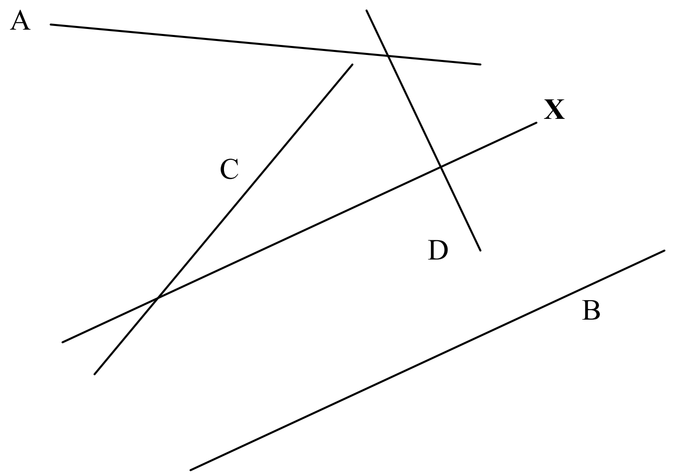
Warten Sie auf die Anweisung des Testleiters, um mit dem Test zu beginnen.

Bitte lesen Sie die Aufgaben **genau** durch. Sollten Sie Fragen haben, können Sie sich jederzeit an den Betreuer wenden. Verwenden Sie den beiliegenden Notizzettel, um Nebenrechnungen aufzuschreiben. Die Lösungen sind IMMER auf diesen Bogen einzutragen. Lösungen, welche nur auf dem Notizzettel angeführt sind, werden bei der Auswertung NICHT berücksichtigt.

1. Der Akku eines Smartphones ist nur mehr zu 4/5 geladen. Wie viel Prozent (%) entspricht der geladene Anteil des Akkus?.

   Lösung: Es sind ___________ Prozent (%).

2. Gegeben sind mehrere Gerade. Notieren Sie den Buchstaben jener Geraden, welche parallel zur Geraden X verläuft.



   Lösung: Es ist die Gerade mit dem Buchstaben _____________.

3. Moritz fährt am Samstag von zu Hause mit dem Bus ins Kino, da er um 20:30 Uhr gemeinsam mit einem Freund den neuen Kinofilm mit seinem Lieblingsschauspieler „Vin Riesel“ ansehen möchte. Er muss von der Station „Schrekergasse“ bis zur Station „Burggasse-Stadthalle“ fahren, um zum Kino zu gelangen. Unten stehend finden Sie den Busfahrplan. Um wie viel Uhr müsste Moritz **spätestens** den Bus nehmen, damit er um 20:20 beim Kino ist?

Bus X, Reichmanngasse -> Burggasse-Stadthalle

Reichmanngasse	Schrekergasse	Waidäckergasse	Flötzersteig/Wilhelminenspital	Joachimsthalerplatz	Rankgasse	Ottakring	Gutraterplatz	Possingergasse	Brüßlgasse	Camillo-Sitte-Gasse	Vogelweidplatz/Stadthalle	Moeringgasse	Burggasse-Stadthalle
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18:13	18:14	18:15	18:16	18:18	18:19	18:21	18:22	18:23	18:25	18:26	18:27	18:28	18:30
18:24	18:25	18:26	18:27	18:29	18:30	18:32	18:33	18:34	18:36	18:37	18:38	18:39	18:41
18:33	18:34	18:35	18:36	18:38	18:39	18:41	18:42	18:43	18:45	18:46	18:47	18:48	18:50
18:41	18:42	18:43	18:44	18:46	18:47	18:49	18:50	18:51	18:53	18:54	18:55	18:56	18:58
18:49	18:50	18:51	18:52	18:54	18:55	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:03	19:04	19:06
18:56	18:57	18:58	18:59	19:01	19:02	19:04	19:05	19:06	19:08	19:09	19:10	19:11	19:13
19:13	19:14	19:15	19:16	19:18	19:19	19:21	19:22	19:23	19:25	19:26	19:27	19:28	19:30
19:24	19:25	19:26	19:27	19:29	19:30	19:32	19:33	19:34	19:36	19:37	19:38	19:39	19:41
19:33	19:34	19:35	19:36	19:38	19:39	19:41	19:42	19:43	19:45	19:46	19:47	19:48	19:50
19:41	19:42	19:43	19:44	19:46	19:47	19:49	19:50	19:51	19:53	19:54	19:55	19:56	19:58
19:49	19:50	19:51	19:52	19:54	19:55	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:03	20:04	20:06
19:56	19:57	19:58	19:59	20:01	20:02	20:04	20:05	20:06	20:08	20:09	20:10	20:11	20:13
20:13	20:14	20:15	20:16	20:18	20:19	20:21	20:22	20:23	20:25	20:26	20:27	20:28	20:30
20:24	20:25	20:26	20:27	20:29	20:30	20:32	20:33	20:34	20:36	20:37	20:38	20:39	20:41
20:33	20:34	20:35	20:36	20:38	20:39	20:41	20:42	20:43	20:45	20:46	20:47	20:48	20:50
20:41	20:42	20:43	20:44	20:46	20:47	20:49	20:50	20:51	20:53	20:54	20:55	20:56	20:58
20:49	20:50	20:51	20:52	20:54	20:55	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:03	21:04	21:06
20:56	20:57	20:58	20:59	21:01	21:02	21:04	21:05	21:06	21:08	21:09	21:10	21:11	21:13
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Lösung: Er muss den Bus um **spätestens** ____________________ Uhr nehmen.

4. Caroline spielt ein neues Computerspiel. Sie spielt von 14:47 Uhr bis 17:19 Uhr. Wie lange (in Stunden und Minuten) hat sie gespielt?

   Lösung: Sie hat insgesamt _______________Stunden und ______________ Minuten gespielt.

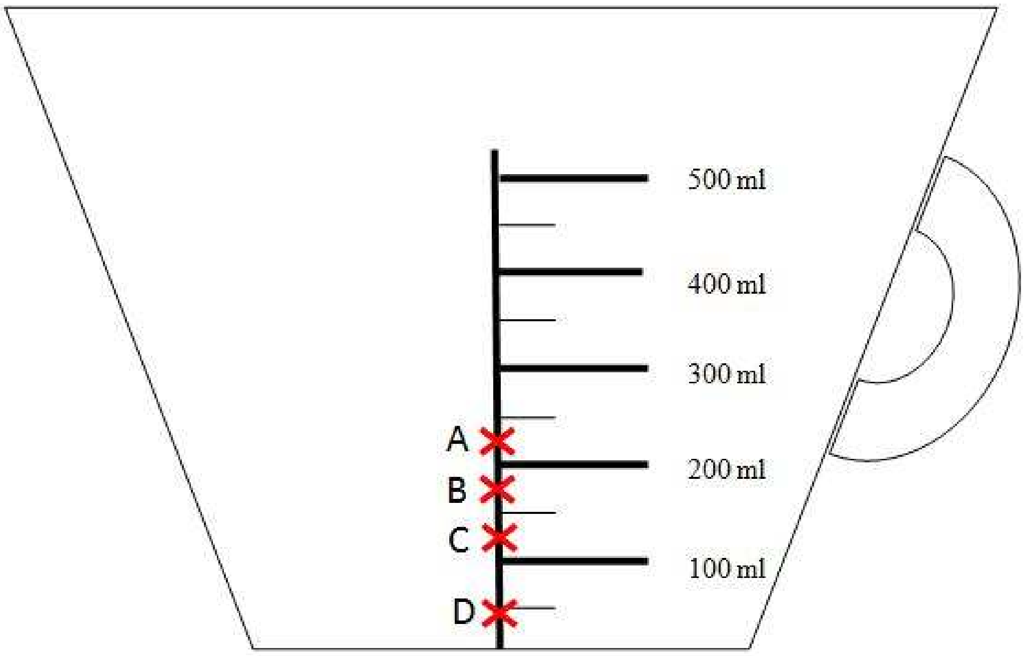
5. Wie viele Zentimeter (cm) sind ¼ Meter (m)?

   Lösung: Es sind __________________Zentimeter (cm).

6. Wandeln Sie 7200 Minuten in Stunden um.

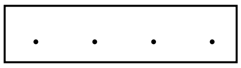
   Lösung: Es sind ____________ Stunden.

7. Für das Mixen eines Smoothies (Fruchtcocktail) werden 1/8 Liter Orangensaft benötigt. Die benötigte Saftmenge wird in einen Messbecher gefüllt. Markieren Sie als Antwort jenen Buchstaben, bei dem die Flüssigkeit im Messbecher steht.



   Lösung: Es ist Buchstabe__________________

8. Gegeben ist eine Eisenstange, welche 11 Zentimeter (cm) lang ist.
In diese Eisenstange sind 4 kleine Löcher mit gleichem Abstand zu bohren. Vom linken und rechten Rand weg soll je ein Zentimeter (cm) Platz gelassen werden. Zur Demonstration ist hier ein Beispiel angeführt:



Berechnen Sie die ungefähre Größe der Abstände, damit die vier Löcher auf der Eisenstange gleichmäßig verteilt sind.

Lösung: Die Abstände zwischen den gebohrten Löchern muss ungefähr ________ Zentimeter (cm) betragen.

9. Gegeben ist ein elektrischer Widerstand von 100 Ω. Die Spannung beträgt 10 Volt. Wie groß ist die Stromstärke in **<u>Milliampere (mA)</u>**? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen)

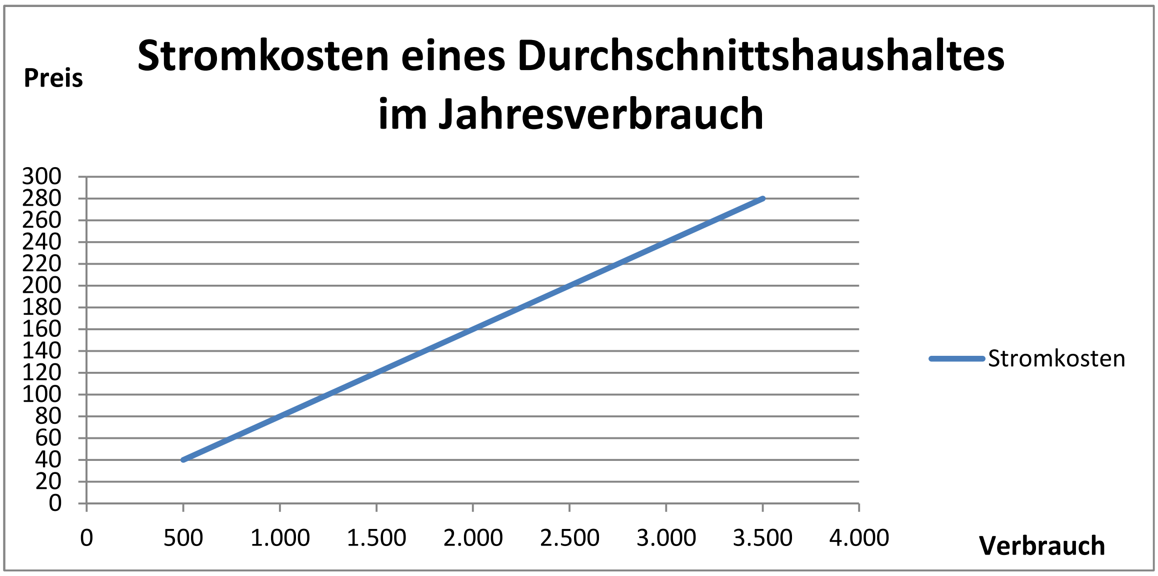
Hinweis:
U = Spannung (in Volt)
I = Stromstärke (in Ampere)
R = elektrischer Widerstand (in Ω),
1 Ampere (A) = 1000 Milliampere (mA).
Formel: R = U/I

Lösung: Es sind ______________ **Milliampere (mA)**.

10. Auf eine rechteckige Bodenfläche (19 Meter (m) lang und 5 Meter (m) breit) soll ein Fliesenboden verlegt werden. Eine Fliese hat eine Fläche von 0,2 Quadratmetern (m^2). Wie viele Stück Fliesen werden benötigt, um den gesamten Boden zu verlegen?

Lösung: Es sind __________________ Stück Fliesen.

11. Ein österreichischer Durchschnittshaushalt verbraucht im Jahr 3500 Kilowatt (kWh) Strom. In der unten stehenden Grafik sind der durchschnittliche Stromverbrauch und die dafür anfallenden Kosten eines österreichischen Haushalts für ein Jahr dargestellt. Wie viel kostet **ein Kilowatt (kWh)** Strom ungefähr?



Lösung: Ein **Kilowatt (kWh)** Strom kostet ungefähr ___________ Euro (€).

12. Eine große zylinderförmige Energydrinkdose, welche für Werbezwecke auf ein Autodach montiert wird, ist 165 Zentimeter (cm) hoch und hat einen Durchmesser von 86 Zentimeter (cm). Wie groß ist das Volumen der Energydrinkdose in **Kubikmetern (m^3)**? (Die Formel finden Sie im unten angeführten Kästchen)

Hinweis:
$Volumen_{Zylinder}$ = Grundfläche * Höhe
Grundfläche = $Radius^2 * \pi$
π = 3,14
Radius = Durchmesser/2

Lösung: Das Volumen beträgt ____________ **Kubikmeter (m^3)**.

13. Wie viele Meter (m) sind 3,58 Kilometer (km)?

Lösung: Es sind __________________Meter.

14. Ein Zug fährt 200 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Berlin nach Paris beträgt ungefähr 1000 Kilometer (km). Wie viele Stunden benötigt der Zug von Berlin nach Paris?

Lösung: __________ Stunden.

15. Wie viele Millimeter (mm) haben drei Meter (m)?

Lösung: Es sind ________________Millimeter.

16. Wie viele Gramm (g) haben eineinhalb Kilogramm (kg)?

Lösung: Es sind ________________Gramm.

17. Unten stehend in der Tabelle sind die Eintrittspreise für einen Vergnügungspark abgebildet. Familie Geissen geht zusammen in diesen Vergnügungspark. Sie haben drei Kinder und den Großvater dabei. Susi ist 3 Jahre, Paul 4 Jahre und Jakob 17 Jahre alt. Die Eltern sind beide 40 Jahre alt. Opa Hannes ist schon in Pension. Wie viel Euro (€) Eintritt muss die Familie insgesamt bezahlen?

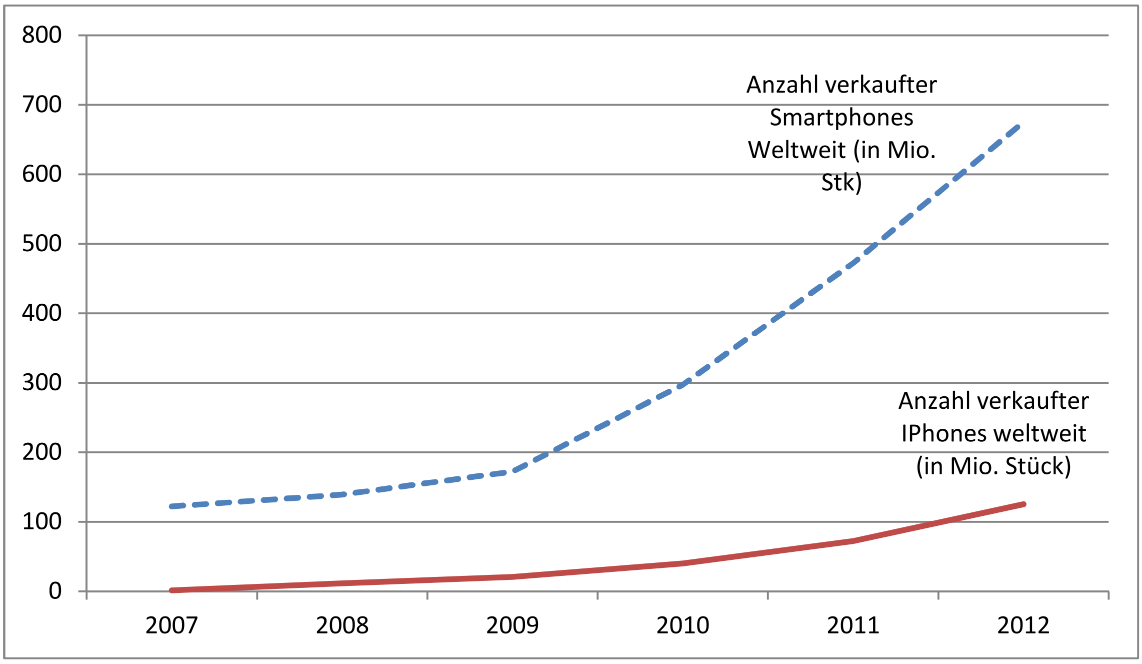
Person	**Preis in Euro**
Kinder bis 3 Jahre	gratis
Kinder 4 – 6 Jahre	4,50
Schüler 6-18 Jahre	6,00
Studenten 19 – 25 Jahre	6,50
Erwachsene > 25 Jahre	8,00
Pensionisten	5,00

Lösung: Die Familie muss _______________ Euro (€) Eintritt bezahlen.

18. Berechnen Sie die Fläche eines Quadrats mit einer Seitenlänge von 7 Zentimetern (cm).

Lösung: Die Fläche beträgt ____________________ Quadratzentimeter (cm^2).

19. Aus der Grafik kann man entnehmen, wie sich weltweit die Zahlen der insgesamt verkauften **Smartphones** und die der **iPhones** entwickelt haben. Wie groß ist die höchste Zahl an **verkauften iPhones** laut dieser Grafik?



Lösung: Es sind ungefähr __________ Millionen Stück verkaufte **iPhones**.

20. Ein Liter Milch wiegt 1,02 Kilogramm (kg). In ein Milchfass passen 204 Kilogramm (kg) Milch. Wie viele Liter Milch sind das?

Lösung: Es sind _________________ Liter.

21. Der neue Porsche Panamera GTS kostet 122.000 Euro (€). Bei Sofortzahlung gewährt der Autoverkäufer einen Skonto (Rabatt) von 8 Prozent (%). Wie viel würde der Porsche **nach Abzug** des Skontos kosten?

Lösung: Der Porsche kostet **nach Abzug** des Skontos ___________________ Euro (€).

22. Für einen Pool hat man folgende Abmessungen ermittelt:
Länge: 8 Meter (m), Breite: 4 Meter (m), Tiefe: 1,6 Meter (m)
Wie viele Liter Wasser fasst der Pool? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

Hinweis: $\text{Volumen}_{\text{Quader}}$ = Länge * Breite * Höhe;
1 Kubikmeter (m^3)= 1000 Liter.

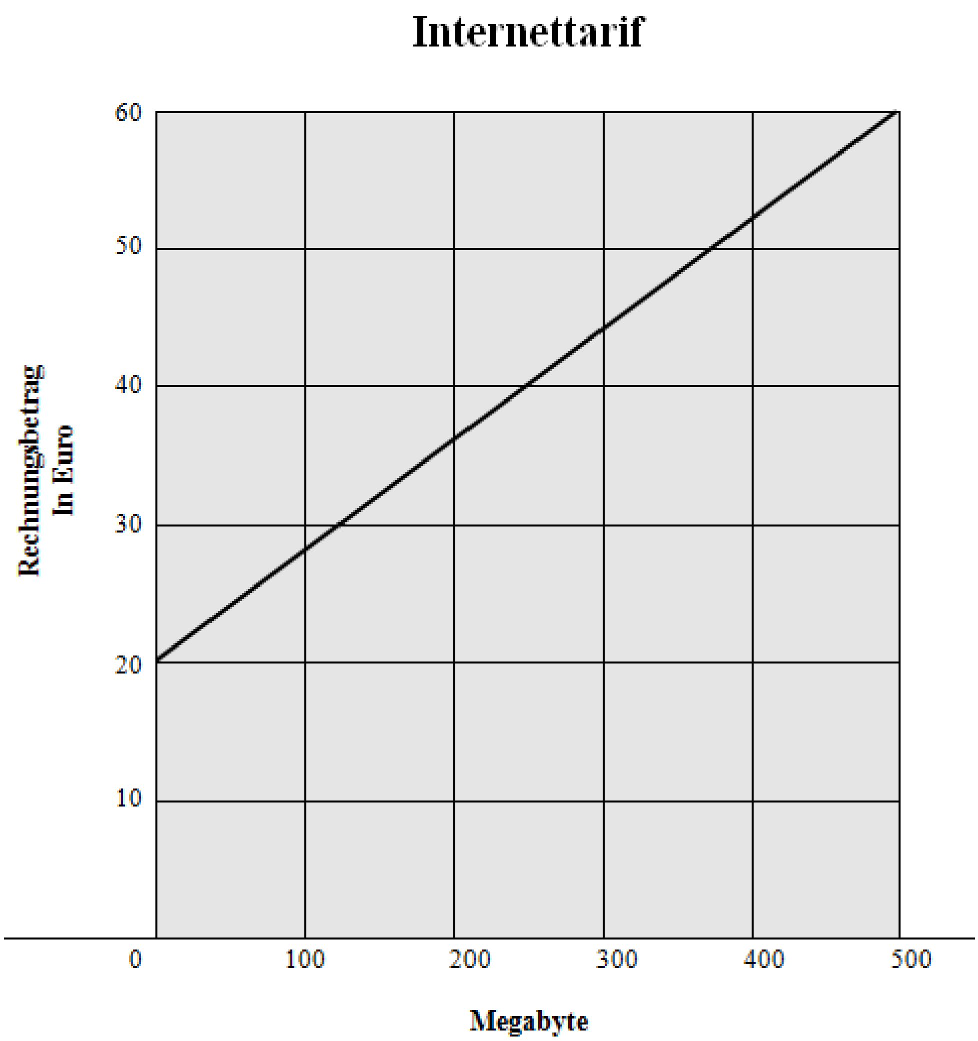
Lösung: Der Pool fasst ________________ Liter Wasser.

23. Ein LKW-Transporter für Getreide hat einen Anhänger mit folgenden Abmessungen: Länge: 16 Meter (m), Breite: 2,55 Meter (m), Höhe: 4 Meter (m). Wie viele Kubikmeter (m^3) Getreide kann der Anhänger transportieren? (Die Formel befindet sich im unten angeführten Kästchen.)

> **Hinweis**: $\text{Volumen}_{\text{Quader}}$ = Länge * Breite * Höhe; 1 Kubikmeter (m^3)= 1000 Liter.

Lösung: Der Anhänger fasst ___________ Kubikmeter (m^3) Getreide.

24. Eine Telefongesellschaft bietet einen neuen Internettarif für ein Tablet an. In der Grundgebühr von 20 Euro ist ein Datenguthaben von 1024 Megabyte (=1 Gigabyte) pro Monat enthalten. Gelangt man in einem Monat über 1024 Megabyte Datenverbrauch, ist jeder verbrauchte Megabyte extra zu bezahlen. Man kann den Rechnungsbetrag für einen Monat aus unten stehender Grafik (ungefähr) ablesen. Wie viel beträgt (ungefähr) die Gebühr für einen zusätzlich verbrauchten Megabyte?



Lösung: Die Gebühr betragt ungefähr Euro (€) ______________ pro zusätzlichem Megabyte.

25. Ein Zug fährt 180 Kilometer pro Stunde (km/h). Die Strecke von Wien nach Salzburg beträgt ungefähr 270 Kilometer (km). Wie lange (in Stunden und Minuten) benötigt der Zug von Wien nach Salzburg?

    Lösung: Er benötigt __________ Stunden und __________ Minuten.

Lehrlingsbeurteilungsbogen

Diese Untersuchung dient allein zur Beurteilung des neuen mathematischen Teil des ÖBB-Lehrlingstests, der ab Frühjahr 2014 für die Lehrlings-Aufnahmetestungen eingesetzt werden soll. Alle von Ihnen gemachten Angaben werden vertraulich behandelt und haben keinerlei Auswirkung für Sie als Beurteiler oder den zu beurteilenden Lehrling.

Bitte füllen Sie folgenden Beurteilungsbogen für jeden Lehrling einzeln aus. Zu beurteilen sind jene Lehrlinge des ersten Lehrjahres, welche an der Testevaluierung für den neuen mathematischen Lehrlingstest im September 2013 in der Lehrwerkstätte Floridsdorf teilnahmen. Eine Teilnahmeliste wird von Herrn Haberl zur Verfügung gestellt.

Name des/der BeurteilerIn:
Position/Beruf des/der BeurteilerIn:
Lehrwerkstätte:
Datum:
Name des Lehrlings:
Geburtsdatum des Lehrlings:

Bitte kreuzen Sie die jeweils die am **EHESTEN zutreffende** Aussage an:

	Trifft gar nicht zu	**Trifft wenig zu**	**Trifft ziemlich zu**	**Trifft völlig zu**
1. Der Lehrling ist **handwerklich** geschickt (z.B: kann Werkstücke richtig herstellen, verwendet das Werkzeug zweckmäßig oder hält es richtig in der Hand, arbeitet mit den Händen koordiniert, kann Maschinen richtig bedienen)				
2. Der Lehrling zeigt sich **motiviert** (z.B: Hausübungen werden Großteils gebracht, fragt nach bei Unklarheiten nach, sucht die Kommunikation, wirkt bemüht, etwas zu Lernen)				
3. Der Lehrling kann **abstrakt denken** (z.B: kann komplexe Arbeitsabläufe erfassen, verstehen und selbst umsetzen, kann maschinelle Prozesse analysieren)				
4. Der Lehrlings ist **konzentriert** (z.B: lässt sich während der Arbeit an einer Maschine nicht leicht ablenken, kann mehrere Stunden konzentriert arbeiten, kann aufmerksam zuhören)				

Im Großen und Ganzen würde ich den Lehrling für eine technische Ausbildung als

☐ eher geeignet
☐ eher weniger geeignet

bezeichnen.

E-Mail an ÖBB-Ausbilder für die Lehrlingsbeurteilung

Liebe Ausbilder,

im Anhang finden Sie einen Lehrlingsbeurteilungsbogen. Er dient allein zur Beurteilung des neuen mathematischen Teils des ÖBB-Lehrlingstests, der voraussichtlich ab Frühjahr 2014 für die Lehrlings-Aufnahmetestungen eingesetzt werden soll. Alle gemachten Angaben werden daher vertraulich behandelt und haben keinerlei Auswirkung für Sie als Beurteiler oder den zu beurteilenden Lehrling.

Es sollen jene Lehrlinge des **ersten Lehrjahres** beurteilt werden, die im September in der LW Floridsdorf an der Testung für den neuen mathematischen Lehrlingstest teilgenommen haben. Der Bogen besteht aus 4 Fragen, die jeweils die Antwortmöglichkeiten von **"trifft gar nicht zu"** bis " **trifft völlig zu"** beinhalten. Es ist jeweils die Antwort anzukreuzen, die am ehesten auf den Lehrling zutrifft.

Bei Fragen können Sie sich jederzeit an mich wenden. Sie erreichen mich unter 0699/114 79 509 oder per Mail unter a0802725@unet.univie.ac.at.

Ich bitte um Erledigung bis **spätestens 09. Jänner 2014**. Die Bögen werden dann von mir am 10. Jänner in der jeweiligen Lehrwerkstätte abgeholt.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung, den ÖBB-Lehrlingstest zu optimieren!

Mit lieben Grüßen,

Rhonda Turin-Zelenko

Übersetzungstabelle MKT_26 in MKT_25

Item MKT_26	Item MKT_25	
1	4	
2	3	
3	1	
4	18	
5	19	
6	2	
7	8	
8	20	
9	7	
10	14	
11	10	
12	5	
13	-	*
14	22	
15	12	
16	21	
17	15	
18	25	
19	9	
20	6	
21	17	
22	11	
23	24	
24	23	
25	16	
Zug	13	

* wurde aus MKT_26 entfernt

Lebenslauf

Zu meiner Person:

Name	Rhonda Turin-Zelenko	
Adresse	Bernatzikgasse 2/4/5 1190 Wien 0699 114 79 509 a0802725@unet.univie.ac.at	
Geburtsdatum	23.09.1988	
Familienstand	ledig	
Staatsangehörigkeit	Österreich	
Konfession	röm. kath.	
Bildungsgang	Okt. 2008 - dato	Studium der Psychologie
	2003 - 2008	International Business College, Wien 12, Hetzendorfer Straße
	1999 - 2003	AHS Wien 21, Ödenburgerstraße
	1995 - 1999	Volksschule Wien 21, Jochbergengasse
Praktika	01. Ok. 2013 – 30. Juni 2014	Allianz Elementar Versicherungs AG HR Recruiting, Gesundheitsmanage-ment
	18. Feb. – 17. März 2013 30. Jän. – 30. März 2012	ÖBB Shared Service Center GmbH, HR-Entwicklung und Vermittlungsser-vice, Psychologie & Bildung (Testleiterin der Lehrlingsaufnahme-testungen)
	1. Juli – 31. Aug. 2013 1. Juli – 31. Aug. 2012 1. Juli – 31. Aug. 2011 1. Juli – 31. Aug. 2010 1. Juli – 31. Aug. 2009 1. Juli – 31. Aug. 2008 1. Aug. – 31. Aug. 2007	Österreichische Staatsdruckerei AG (Assistenz der Geschäftsführung, Buchhaltung, Behördenhelpdesk)

	1. Juli – 31. Juli 2006 1. Juli – 31. Juli 2005	Ärztekammer Wien (Buchhaltungsabteilung)
Geringfügige Tätigkeit	Mai 2010 – Sept. 2013	Health Consult GmbH (Arztassistentin bei betrieblichen Vor-sorgeuntersuchungen)
Geringfügige Tätigkeit	April 2009 – Dez. 2011	Psychotherapeutin Anna Maurer (Assistenz)
Sprachkenntnisse	Business English Certificate BEC Higher First English Certificate FCE Französisch-Zertifikat Delf A1 Englisch (9 Lernjahre, 5 Jahre bilingualer Unterricht) Französisch (5 Lernjahre)	
	2007 1 Woche Sprachreise in Cannes, F 2006 2 Wochen Workplacement in Telford, GB 2002 1 Woche Sprachreise auf Malta, M	
Besondere Kenntnisse	Diplomarbeit zum Thema Lehrlingsauswahl & wissenschaftliche Testkonstruktion Zweimaliger Erhalt eines Leistungsstipdendiums 2 Jahre Schwerpunkt Controlling Präsentationstechniken Microsoft Office 2007 Führerschein B Babysitter-Zertifikat	
Freizeitgestaltung	Sport (Trampolinturnen, Jogging, Fitnesscenter) Babysitten (seit 2002)	

Wien, 12. April 2014