Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung Mathematik (AHS) – Einsichten und Hintergrundinformationen

EVA SATTLBERGER (BIFIE WIEN) & JAN STEINFELD (BIFIE WIEN)

Mit dem Reifeprüfungstermin des Schuljahres 2013/2014 wurde an österreichischen AHS die neue Reifeprüfungsverordnung, in der erstmals die schriftliche Klausur aus Mathematik zentral erstellt wurde, für Schulversuchsschulen umgesetzt. In diesem Beitrag sollen Entwicklungen, Analysen und Ergebnisse des Projekts nach der Pilotierung im Schulversuch 2014 diskutiert und die Möglichkeiten zur Förderung von Grundkompetenzen im Unterricht vorgestellt werden.

1. Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung Mathematik als ein zentrales Projekt in der derzeitigen Schulentwicklung ...

„Im Schuljahr 2014/2015 wird für die Allgemeinbildenden Höheren Schulen, im Schuljahr 2015/2016 für die Berufsbildenden Höheren Schulen die neue Reife- und Diplomprüfung (...) für alle Schulstandorte verpflichtend. Damit wird eine längere Reformphase abgeschlossen, die zu einem deutlichen Paradigmenwechsel im österreichischen Schulsystem führte, werden doch durch eine 'Teilstandardisierung' die Klausurprüfungen unabhängig von einzelnen Lehrenden auf ein gemeinsames österreichisches Qualitätsniveau gebracht und damit objektiver. Die Grundidee der neuen Reife- und Diplomprüfung umfasst demnach die Standardisierung (der schriftlichen Klausuren) und die Kompetenzorientierung, durch die Kandidatinnen und Kandidaten ihre Teilprüfungen hinsichtlich klar definierter Anforderungen ablegen, die auch empirisch gut ausgewiesen werden können.“ (BIFIE 2013a, S. 2)

Als Grundlage für die Entwicklung der standardisierten kompetenzorientierten schriftlichen Reifeprüfung in Mathematik dienten der gültige Lehrplan für die AHS-Oberstufe (BMBF Lehrplan 2004) und eine bildungstheoretische Orientierung, die den besonderen Stellenwert des Faches Mathematik im Kanon der allgemeinbildenden Unterrichtsfächer verdeutlichen soll (vgl. Sattlberger, Siller 2012, S. 116). Das daraus resultierende Konzept für „Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik“ beinhaltet genau definierte Grundkompetenzen aus vier Inhaltsbereichen, welche „allen Schülerinnen und Schülern längerfristig verfügbar sein sollen“ (BIFIE 2013b, S. 1).

Um den Nachweis dieser Grundkompetenzen einer zentralen Überprüfung zugänglich zu machen, müssen Prüfungsaufgaben entwickelt werden, die bestimmten Kriterien entsprechen und in einer für alle Schüler/innen unmissverständlichen Sprache formuliert sind. Dazu werden Aufgaben von eigens geschulten Aufgabenentwicklerinnen und -entwicklern, die gleichzeitig in der Schule tätig sind, erstellt und danach verschiedenen Qualitätsschleifen unterzogen. Die Forderung nach der Erfüllung des Konzepts hinsichtlich Charakteristika der Aufgaben und vor allem ihrer Passung zur bildungstheoretischen Orientierung des Konzepts bedingt dabei einen ständigen Diskussions- und Aushandlungsprozess aller Beteiligten. Doch nicht nur dieser Prozess ist neu, auch die Trennung von Lehr-Lern- bzw. Prüfungssituationen und den dazugehörigen Personen und die damit einhergehende Verschiebung der „Verantwortung“ durch das Setzen eines äußeren Standards bedurfte einer großen Umstellung sowohl bei Schülerinnen und Schülern als auch bei Lehrerinnen und Lehrern.

1.1. ... mit mehreren Problemfeldern ...

Doch genau dieser Aushandlungsprozess und die an Lehrkräfte und Lernende durch dieses neue Konzept gestellten Anforderungen ließen verschiedene „Problemfelder“ im Laufe des Entwicklungsprozesses auftreten. „Sind die Aufgaben so eindeutig formuliert, dass jede/r Schüler/in diese – ohne Rücksicht auf die im vorangegangenen Unterricht verwendete Sprache – versteht und bearbeiten kann?“ „Wie gehen Lehrkräfte mit den Korrekturanleitungen im Rahmen der Beurteilung der Prüfungsarbeiten um?“ „Bildet die Klausur die von der geltenden Leistungsbeurteilungsverordnung verlangten Kriterien ab?“ „Welcher Anforderungsgrad der Klausur führt zu von allen Gruppen akzeptierten Ergebnissen?“ „Wird es durch die

Schriftenreihe zur Didaktik der Mathematik der Österreichischen Mathematischen Gesellschaft (ÖMG), Heft 48, 2015, S 94 - 107

Einführung einer standardisierten Reifeprüfung zu einer Nivellierung des Niveaus mathematischen Wissens nach unten kommen, da mit den Grundkompetenzen nur mehr ein Teil des Lehrplans abgefragt wird, besser begabte Schüler/innen aber nicht mehr ihr Leistungsspektrum ausschöpfen können?" uvm.

Interessant zu beobachten war, dass sich die „Problemfelder" im Laufe der Entwicklung des Projekts geändert und verschoben haben. Die Gründe für diese Veränderung der Diskussionen sind vielfältig, lassen sich aber wahrscheinlich mit einer im Laufe der Zeit mehr oder weniger intensiven Auseinandersetzung verschiedener Gruppen (u.a. der Fachcommunity und dem steigenden medialen Interesse) mit dem Konzept und den Prüfungsaufgaben erklären.

1.2. ... aber auch vielen Verbesserungen

Auf die Mathematik AHS bezogen liegen die Vorteile einer standardisierten schriftlichen Reifeprüfung klar auf der Hand, erstmalig wurden Grundkompetenzen (inhaltlich eine echte Teilmenge des geltenden Lehrplans) formuliert, die einer bildungstheoretischen Orientierung genügen und den mathematischen Inhaltsbereichen der Sekundarstufe II zugeordnet werden können. Dies bedeutet, dass solche Grundkompetenzen aufgrund ihrer fachlichen und gesellschaftlichen Relevanz grundlegend und unverzichtbar sind und auf Basis des AHS-Lehrplans argumentiert werden können. Das Ziel der längerfristigen Verfügbarkeit von mathematischem Grundwissen und die Abbildung der Grundkompetenzen im Rahmen des Mathematikunterrichts nehmen hier – eingebettet in eine verbindliche Rechtsvorschrift – einen besonderen Stellenwert ein.

2. Anspruch an zentral gestellte Prüfungsaufgaben

Ein Ziel (insbesondere aus methodischer Sicht) der standardisierten Abschlussprüfung ist die Vergleichbarkeit und Transparenz von Anforderungen auf der einen sowie Fairness und Objektivität in der Beurteilung auf der anderen Seite. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, finden sich in der Fachliteratur Richtlinien, die in die Aufgabenerstellung einfließen und damit eine Spannbreite von möglichen Prüfungsaufgaben beschreiben (vgl. Alderson, Clapham & Wall 1995, EALTA 2006). Zentral ist zunächst ein inhaltlicher Rahmen, ein Modell, mit dem Ansprüche auf einer übergeordneten Ebene eingegrenzt und Kompetenzen beschrieben werden können. Hieraus abgeleitet werden Aufgaben mit unterschiedlichem Anspruchsniveau erstellt, die in Kombination miteinander Testhefte ergeben, in denen implizit, (im Rahmen der standardisierten Reife- und Diplomprüfung kriterienorientiert), die inhaltlichen Ansprüche an eine Testperson einfließen (vgl. Cohen, Manion & Morrison 2011, S. 478; Friedl-Lucyshyn 2012, S. 26).

Die oben genannten Ansprüche an Prüfungsaufgaben lassen sich weiter durch testtheoretische Grundprinzipien, den so genannten Gütekriterien, beschreiben. Dabei spielen insbesondere die Objektivität, Reliabilität und auch Validität eine entscheidende Rolle. Die Objektivität beschreibt die Klarheit/ Eindeutigkeit der Beurteilung einer Aufgabe, dabei spielt auch die Übereinstimmung zwischen unterschiedlichen Beurteilerinnen und Beurteilern (Interrater-Reliabilität) eine Rolle (kommen unterschiedliche Beurteiler zu dem gleichen Ergebnis). Die Reliabilität gibt Auskunft über die Messgenauigkeit einer Aufgabe. Die Validität ist dann gegeben, wenn Aufgaben das Modell widerspiegeln bzw. die damit beschriebenen Kompetenzen erfassen (Kubinger 2009; Lienert & Raatz 1998).

Zur Überprüfung der im Modell beschriebenen inhaltlichen Ansprüche können unterschiedliche Methoden herangezogen werden. Die Vorgabe einer schriftlichen Prüfung grenzt diese Methoden und damit auch die Inhalte ein, die überprüft werden können. Um die zuvor definierten Ansprüche an eine schriftliche Prüfung zu erfüllen, bietet das Methodenrepertoire einige Möglichkeiten, die in sogenannte geschlossene und offene Aufgaben unterteilt werden können. Geschlossene Aufgaben, beispielsweise Aufgaben im Multiple-Choice-Format, haben aus testtheoretischer Sicht Vorteile bei der Erfüllung der Gütekriterien; die Erstellung solcher Aufgaben ist allerdings auch deutlich aufwendiger (vgl. Downing & Haladyna 1997; Case & Swanson 1998; Haladyna & Rodriguez 2013; Haladyna & Downing 2004,1989). Zu berücksichtigen sind hierbei die Gleichwertigkeit von so genannten Distraktoren (Antwortmöglichkeiten, die nicht die Lösung sind) oder auch unterschiedliche Lösungs- bzw. Bearbeitungsstrategien von Testpersonen (vgl. Downing & Haladyna 2009; Kubinger 2009; Lienert & Raatz 1998).

Eine Qualitätsschleife (nach vielen inhaltlichen Review-Schleifen) bei der Aufgabenentwicklung sind die so genannten Feldtestungen. Hierbei werden nach einem speziellen Design empirische Kennwerte von Aufgaben gesammelt. Diese Kennwerte stellen nicht nur eine Abschätzung der empirischen Schwierigkeit einer Aufgabe dar, sondern liefern auch Informationen über die empirische Relevanz bzw. die Güte der Distraktoren. Weitere Kennwerte liefern Informationen, ob eine Aufgabe in einer Subgruppe von Personen schwieriger/leichter ist, als in einer anderen (in der einen Subgruppe anders funktioniert, als in der anderen). In der Fachliteratur wird dies als *differential item functioning* (DIF; Penfield & Camilli 2006) bezeichnet.

Nachdem alle Aufgaben die fachlichen und empirischen Qualitätsschleifen durchlaufen sind, werden diese abschließend anhand eines Kompetenzstufenmodells eingestuft. Dabei werden sowohl die inhaltliche Komplexität bzw. das Anspruchsniveau der Aufgaben als auch die jeweiligen Handlungsaspekte von Fachexpertinnen und -experten beurteilt (Linnemann et al. 2015; Siller et. al 2013,2014,2015a,2015b). Diese Prozesse (im Zusammenspiel mit den empirischen Kennwerten der Aufgaben) sollen gewährleisten, dass Prüfungshefte unterschiedlicher Prüfungstermine vom Anspruchsniveau an die Testpersonen vergleichbar sind sowie die oben genannten Gütekriterien eingehalten werden.

Die Zusammenstellung der Aufgaben zu Prüfungsheften erfolgt durch ein Gremium von Expertinnen und Experten mit Vertreterinnen und Vertretern der Fachdidaktik, der Schulaufsicht und der Schulpraxis, wobei alle oben beschriebenen Kennwerte der einzelnen Aufgaben in die Aufgabenauswahl miteinbezogen werden.

3. Ergebnisse aus dem Schulversuch 2014

Im Schuljahr 2013/2014 nahmen österreichweit insgesamt 44 Klassen freiwillig an einem Schulversuch zur standardisierten kompetenzorientierten schriftlichen Reifeprüfung in Mathematik (AHS) teil. Die Schulen standen mit dem BIFIE in regelmäßigem Austausch über aktuelle Entwicklungen im Projekt, zudem gab es verschiedene Unterstützungsmaßnahmen wie Probeklausuren, Kompetenzchecks und Fortbildungen für Lehrer/innen. Am 9. Mai 2014 wurden dann an den verschiedenen Standorten die Klausurarbeiten (Haupttermin 2014) nach dem neuen System durchgeführt. Auf Basis einer zur Verfügung gestellten Datenliste konnten die Lehrer/innen fast aller Schulen die Ergebnisse der Klausurarbeiten auf Itemebene rückmelden. Die Daten von 818 Schülerinnen und Schülern (465 weiblich, 353 männlich) wurden ausgewertet. Außerdem wurden noch Rückmeldungen von beteiligten Lehrkräften im Rahmen einer Feedbackveranstaltung im Sommer 2014 eingeholt. Insgesamt konnte aus den gewonnen Daten ein durchaus konkretes Bild über die verschiedenen Aspekte der Durchführung und Beurteilung gezeichnet werden.

Abbildung 1 zeigt die Notenverteilung (Sehr gut bis Nicht genügend) der Klausuren vom Schulversuch 2014 und damit ein recht zufrieden stellendes Ergebnis. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit jenem der Probeklausur vom März 2014, die den Schulversuchsschulen als vierstündige Schularbeit zur Verfügung gestellt wurde (n=617; Sehr gut: 24 %, Gut: 27,1 %, Befriedigend: 30,3 %, Genügend: 9,6 %, Nicht genügend: 9,1 %) und wesentlich besser als jenes der Probeklausur 2013 (zweistündige Schularbeit mit n=448; Sehr gut: 7 %, Gut: 23,7 %, Befriedigend: 37,5 %, Genügend: 9,3 %, Nicht genügend: 22,5 %).

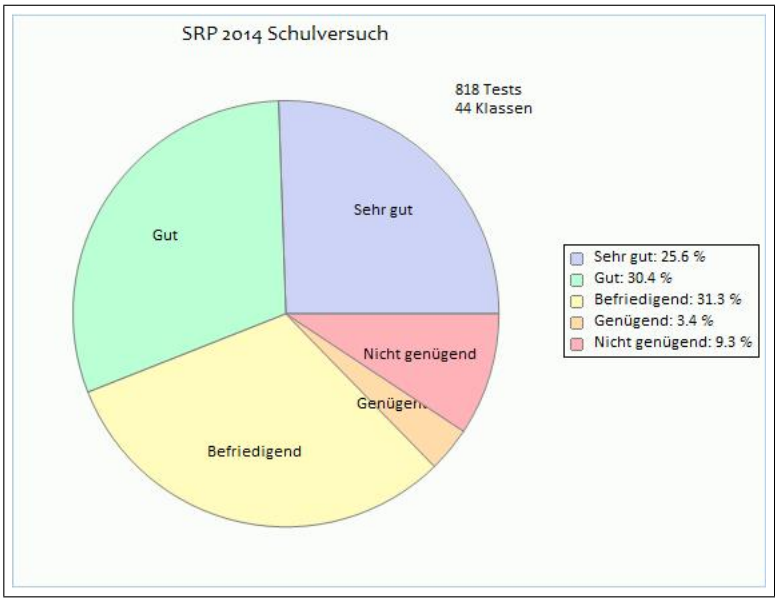


Abb. 1: Notenverteilung Schulversuchsklassen 2014 (n=818)

Die Rückmeldungen der Lehrer/innen waren insgesamt gesehen relativ positiv. So wurde die Abwicklung und Durchführung (trotz eines Druckfehlers in 0,19 % der Aufgabenhefte) als problemlos eingeschätzt. Was den „Schwierigkeitsgrad" der Klausur betrifft, so gingen hier die Meinungen etwas auseinander, von „deckt das Leistungsspektrum der Schüler/innen ab" über „zu leicht – Niveauverlust" bis hin zu „besser als bei der Probeklausur" und „schlechter als bei der Probeklausur". Die meisten Rückmeldungen wurden im Bereich der Korrekturanleitungen im Zusammenhang mit den Aufgabenstellungen gegeben (siehe auch Abschnitt 4). Diese überaus wertvollen Anmerkungen der Lehrer/innen wurden bei der Erstellung der nächsten Klausurhefte bereits berücksichtigt.

Interessant waren auch die Auswertungen der Ergebnisse auf Itemebene (siehe Abbildung 2).

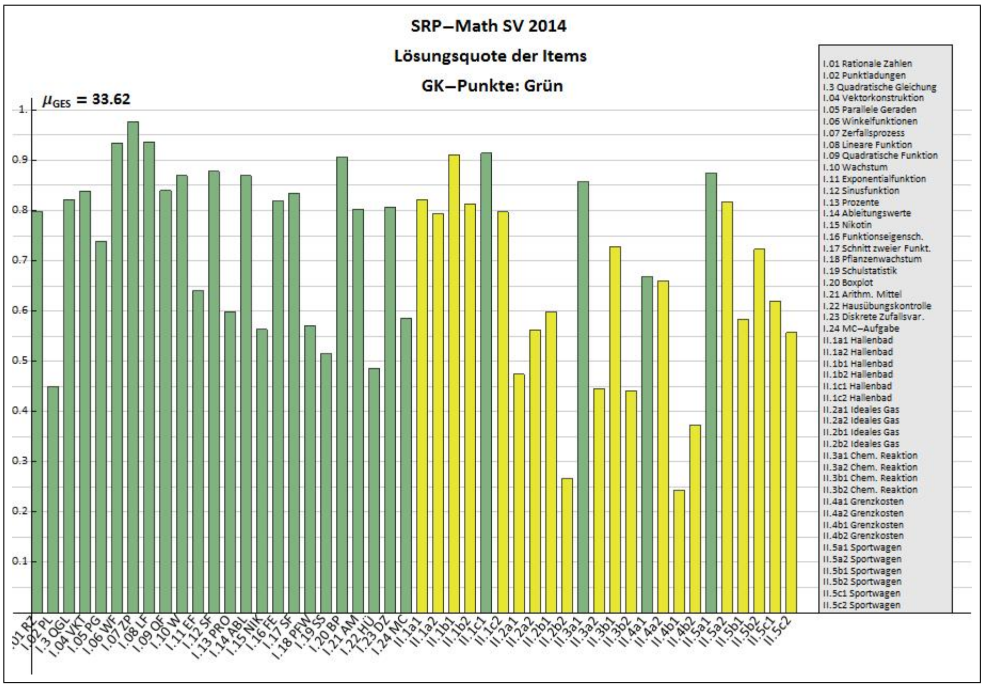


Abb. 2: Ergebnisse Schulversuch 2014 – Itemebene (Lösungsquoten der einzelnen Aufgabenstellungen, grün: Aufgabenstellungen aus dem Teil 1 inkl. der vier Aufgabenstellungen, die zum Ausgleich herangezogen werden können, gelb: Aufgabenstellungen aus Teil 2)

Jene beiden Aufgaben aus Teil 1 mit der geringsten Lösungsquote waren die Aufgaben 2 und 22. Aufgabe 2 (Abbildung 3) wird dem Inhaltsbereich Algebra und Geometrie und der Grundkompetenz AG 2.1 (Einfach Terme und Formeln aufstellen, umformen und im Kontext deuten können) zugeordnet (Haupttermin 2014, Klausurheft Teil 1, S. 6).

> **Punktladungen**
>
> Der Betrag F der Kraft zwischen zwei Punktladungen q_1 und q_2 im Abstand r wird beschrieben durch die Gleichung $F = C \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ (C ... physikalische Konstante).
>
> Aufgabenstellung:
>
> Geben Sie an, um welchen Faktor sich der Betrag F der Kraft ändert, wenn der Betrag der Punktladungen q_1 und q_2 jeweils verdoppelt und der Abstand r zwischen diesen beiden Punktladungen halbiert wird!

Abb. 3: Aufgabe 2, Haupttermin 2014 (Schulversuch), Klausurheft Teil 1

Nach Rückmeldung der Lehrer/innen war das schlechte Abschneiden der Schüler/innen bei dieser Aufgabe weniger vom „Schwierigkeitsgrad“ der Aufgabenstellung abhängig, viel eher wurde diese Aufgabe von einem Großteil der Schüler/innen gar nicht erst bearbeitet, da allein schon die Überschrift „Punktladung“ aufgrund einer möglichen Zuordnung in den Fachbereich Physik abschreckend wirkte. Anzumerken ist weiters, dass für die Vergabe eines Punktes die Angabe des Faktors 16 bereits ausreichend war. Die Mehrschrittigkeit des Lösungsverfahrens könnte aber hier auch ein mögliches Problem bei der Bearbeitung gewesen sein.

Bei Aufgabe 22 (Haupttermin 2014, Klausurheft Teil 1, S. 26; Abbildung 4) handelt es sich um eine Aufgabe aus dem Inhaltsbereich Wahrscheinlichkeit und Statistik, die zu überprüfende Grundkompetenz ist WS 2.3 (Wahrscheinlichkeit unter der Verwendung der Laplace-Annahme (Laplace-Wahrscheinlichkeit) berechnen und interpretieren können, Additionsregel und Multiplikationsregel anwenden und interpretieren können).

> **Hausübungskontrolle**
>
> Eine Lehrerin wählt am Beginn der Mathematikstunde nach dem Zufallsprinzip 3 Schüler/innen aus, die an der Tafel die Lösungsansätze der Hausübungsaufgaben erklären müssen. Es sind 12 Burschen und 8 Mädchen anwesend.
>
> Aufgabenstellung:
>
> Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass für das Erklären der Lösungsansätze 2 Burschen und 1 Mädchen ausgewählt werden!

Abb. 4: Aufgabe 22, Haupttermin 2014 (Schulversuch), Klausurheft Teil 1

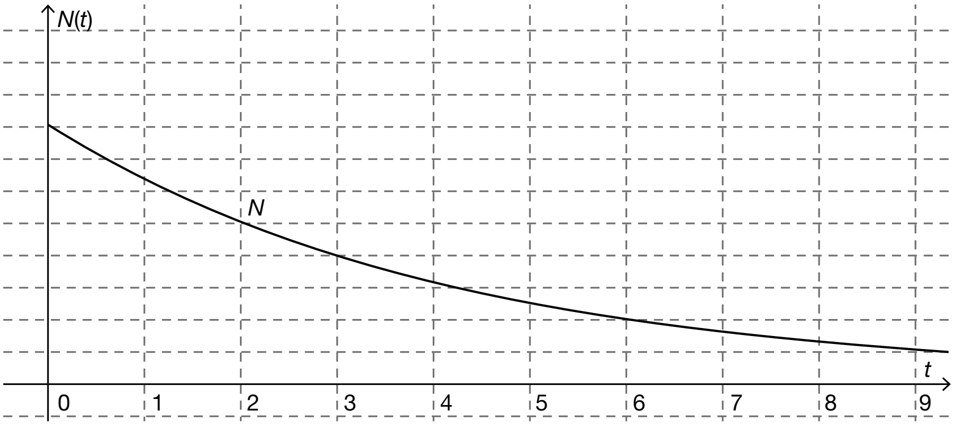
Es handelt sich bei dieser Aufgabenstellung zwar durchaus um eine im Schulunterricht eher traditionelle Aufgabe, der Anspruch der Aufgabe für Schüler/innen besteht aber wahrscheinlich darin, dass aufgrund der sich ändernden relativen Häufigkeiten hier Fehler bei der Bearbeitung auftreten können. Prinzipiell wäre in einem nächsten Schritt die Rückholung einer Auswahl an Schülerarbeiten wünschenswert, um auftretende Bearbeitungsschwierigkeiten besser analysieren zu können.

Die Aufgabe mit der größten Lösungsquote (ca. 97 %) war Aufgabe 7 (Haupttermin 2014, Klausurheft Teil 1, S. 11; Abbildung 5), sie wird dem Inhaltsbereich Funktionale Abhängigkeiten zugeordnet, die

Grundkompetenz ist FA 1.4 (Aus Tabellen, Graphen und Gleichungen von Funktionen Werte(paare) ermitteln und im Kontext deuten können).

Zerfallsprozess

Der unten abgebildete Graph einer Funktion N stellt einen exponentiellen Zerfallsprozess dar; dabei bezeichnet t die Zeit und $N(t)$ die zum Zeitpunkt t vorhandene Menge des zerfallenden Stoffes. Für die zum Zeitpunkt $t = 0$ vorhandene Menge gilt: $N(0) = 800$.



Mit t_H ist diejenige Zeitspanne gemeint, nach deren Ablauf die ursprüngliche Menge des zerfallenden Stoffes auf die Hälfte gesunken ist.

Aufgabenstellung:

Kreuzen Sie die beiden zutreffenden Aussagen an!

$t_H = 6$	☐
$t_H = 2$	☐
$t_H = 3$	☐
$N(t_H) = 400$	☐
$N(t_H) = 500$	☐

Abb. 5: Aufgabe 7, Haupttermin 2014 (Schulversuch), Klausurheft Teil 1

Bei dieser Aufgabe spielt wahrscheinlich das Format (Multiple Choice, 2 aus 5) eine Rolle für die hohe Lösungsquote. Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten in Verbindung mit der grafischen Darstellung können als durchaus bearbeitungsfreundlich gewertet werden, zudem handelt es sich bei der Thematik des Zerfallsprozesses wiederum um einen eher traditionellen Kontext aus dem Schulunterricht.

Betrachtet man die durchschnittlichen Lösungsquoten über die vier Inhaltsbereiche (Algebra und Geometrie, Funktionale Abhängigkeiten, Analysis und Wahrscheinlichkeit und Statistik) gesehen, dann ist positiv festzustellen, dass diese in keinem Inhaltsbereich unter 68 % liegen (siehe Abbildung 6). Es gibt also im Rahmen der Klausur keine Hinweise darauf, dass insgesamt gesehen ein Inhaltsbereich weniger gut beherrscht wird als ein anderer.

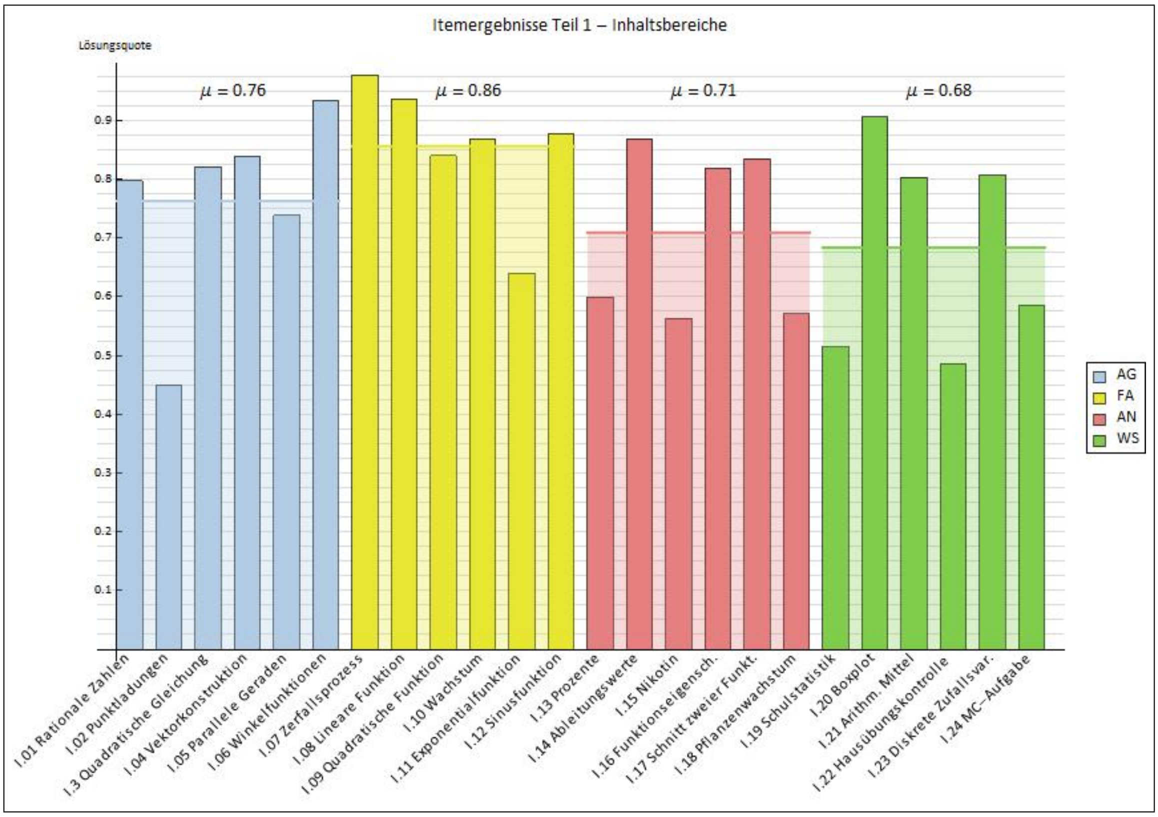


Abb. 6: Durchschnittliche Lösungsquote aufgeteilt auf die Inhaltsbereiche bezogen auf die Teil 1-Aufgaben.

„Typ 2-Aufgaben sind Aufgaben zur Anwendung und Vernetzung von Grundkompetenzen in definierten Kontexten und Anwendungsbereichen. Dabei handelt es sich um umfangreichere kontextbezogene oder auch innermathematische Aufgabenstellungen, im Rahmen derer unterschiedliche Fragestellungen bearbeitet werden müssen und bei deren Lösung operativen Fertigkeiten gegebenenfalls größere Bedeutung zukommt. Eine selbstständige Anwendung von Wissen und Fertigkeiten ist erforderlich.“ (BIFIE 2013b, S. 23) Die Ausgleichspunkte ausgenommen bilden die Typ 2-Aufgaben im Rahmen der Prüfung den laut Leistungsbeurteilungsverordnung (LBVO) „über das wesentliche hinausgehenden Bereich“ ab. Die Performanzen im Teil 2 sind also ausschlaggebend für die Noten Gut und Sehr gut.

Aufgabe 3 aus dem Klausurheft zum Schulversuch 2014 (Haupttermin 2014, Klausurheft Teil 2, S. 10; Abbildung 7) behandelt die Thematik der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit. In einer kontextbezogenen Aufgabe müssen für die Bearbeitung der Aufgabenstellungen die relevanten Informationen herausgefiltert werden.

Chemische Reaktionsgeschwindigkeit

Die Reaktionsgleichung $A \rightarrow B + D$ beschreibt, dass ein Ausgangsstoff A zu den Endstoffen B und D reagiert, wobei aus einem Molekül des Stoffes A jeweils ein Molekül der Stoffe B und D gebildet wird.
Die Konzentration eines chemischen Stoffes in einer Lösung wird in Mol pro Liter (mol/L) angegeben.
Die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion ist als Konzentrationsänderung eines Stoffes pro Zeiteinheit definiert.
Die unten stehende Abbildung zeigt den Konzentrationsverlauf der Stoffe A und B bei der gegebenen chemischen Reaktion in Abhängigkeit von der Zeit t.
$c_A(t)$ beschreibt die Konzentration des Stoffes A, $c_B(t)$ die Konzentration des Stoffes B. Die Zeit t wird in Minuten angegeben.

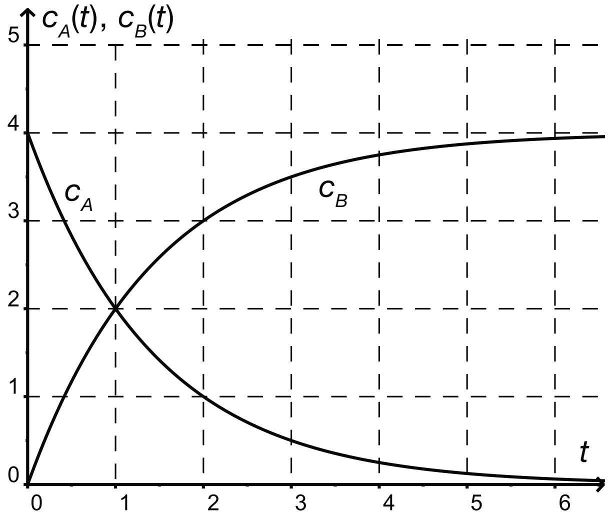


Abb. 7: Einleitungstext zur Aufgabe 7, Haupttermin 2014 (Schulversuch), Klausurheft Teil 2

Die Lösungsquoten der einzelnen Subitems (vgl. Abbildung 2) lassen darauf schließen, dass die Schüler/innen gewisse Bearbeitungsstrategien verfolgen. Jene Aufgabenstellung mit der größten Lösungshäufigkeit ist jene, die als Ausgleichspunkt auch zu den laut LBVO „wesentlichen Bereichen" dazugezählt werden kann.

Bei Aufgabe 1 aus Teil 2 (Haupttermin 2014, Klausurheft Teil 2, S. 6) mussten die Schüler/innen auf Basis einer Tabelle und zweier Grafiken Aufgabenstellungen zur Argumentation für oder gegen eine Hallenbadrenovierung bearbeiten. Der bildungstheoretischen Orientierung des Konzepts zur schriftlichen Reifeprüfung folgend geht es hier um die Fähigkeit grundlegende (mathematische) Begriffe, Konzepte, Darstellungsformen und Anwendungsgebiete zu verstehen und in der Kommunikation zwischen Expertinnen und Experten und der Allgemeinheit einzusetzen. Ein zentrales „Problem" „mit dem mündige Bürger/innen in unserer arbeitsteilig organisierten, demokratischen Gesellschaft immer wieder konfrontiert werden: So werden in vielen Situationen des öffentlichen, beruflichen und privaten Lebens Meinungen (von Expertinnen und Experten) eingeholt oder man wird selbst mit Meinungen von Expertinnen und Experten konfrontiert, die verstanden, bewertet und zur eigenen Erfahrungswelt in Beziehung gesetzt werden müssen, um letztlich Entscheidungen treffen zu können. Die Maturantinnen und Maturanten können hier eine wichtige Vermittlerrolle erhalten, da sie in der Lage sein sollten, Meinungen einzuholen, diese zu verstehen, Expertisen verständlich zu erklären und Vorschläge für die Bewertung und Integration solcher Meinungen zu entwickeln, sodass sie als „höher gebildete Laien“ fungieren können.“ (BIFIE 2013b, S. 4) In diesem Sinne kann auch Subitem a) der genannten Aufgabe betrachtet werden.

> Aufgabenstellung:
>
> a) Geben Sie für jede Partei eine passende Botschaft an, die mit dem jeweiligen Diagramm bezogen auf die Entwicklung der Besucherzahlen transportiert werden soll!
>
> Partei A: ____________________
>
> Partei B: ____________________

Die Rückmeldungen der Lehrer/innen der Maturaklassen aus dem Schulversuch waren hier durchaus geteilt. So betrachtete eine Gruppe die Aufgabenstellung als gelungen im Sinne der bildungstheoretischen Orientierung, während eine andere Gruppe diese als zu wenig präzise formuliert einstufte, da in vielen Fällen völlig konträre Schülerantworten dennoch als richtig gewertet werden mussten, sofern die Aufgabenstellung korrekt beantwortet wurde. Teile der zugeordneten Grundkompetenz WS 1.1 (Werte aus tabellarischen und elementaren grafischen Darstellungen ablesen (bzw. zusammengesetzte Werte ermitteln) und im jeweiligen Kontext angemessen interpretieren können) werden in dieser Aufgabenstellung genau abgebildet. An dieser Fragestellung kann gut demonstriert werden, wie groß die Herausforderung für die Erstellung einer Typ 2-Aufgabe ist. Einerseits soll die Aufgabe die Ansprüche der bildungstheoretischen Orientierung abbilden, andererseits soll sie durch Vernetzung und Reflexion eigenständiges mathematisches Denken überprüfen und im Sinne der LBVO die „(weit) über das Wesentliche hinausgehenden Bereiche“ abdecken.

4. Die Rolle der Korrekturanleitungen

Die Formulierung der Korrekturanleitungen stellte sich im Laufe der Entwicklung des Projekts als große Herausforderung dar. Korrekturanleitungen werden zu allen Klausuraufgaben als sogenannte Lösungserwartungen formuliert und sind auf alle Performanzen der schriftlichen Reifeprüfung in gleicher Weise anzuwenden, um eine Vergleichbarkeit der Punktevergabe zu gewährleisten. Oberste Priorität bei der Einstufung einer Performanz als gelöst bzw. nicht gelöst hat die Erfüllung der geforderten Aspekte der Grundkompetenz. Aus den Rückmeldungen der Lehrer/innen im Schulversuch konnten wichtige Hinweise für die Formulierung der Korrekturanleitung sowie für die Aufgabenformulierung gewonnen werden.

So ist es z.B. bei Aufgabe 5 (Haupttermin 2014, Klausurheft Teil 1, S. 9; Abbildung 8) wichtig, dass verschiedene Lösungswege als richtig gewertet werden dürfen.

Parallele Geraden

Gegeben sind Gleichungen der Geraden g und h. Die beiden Geraden sind nicht ident.

g: $y = -\frac{x}{4} + 8$

h: $X = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} + s \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \end{pmatrix}$ mit $s \in \mathbb{R}$

Aufgabenstellung:

Begründen Sie, warum diese beiden Geraden parallel zueinander liegen!

Abb. 8: Aufgabe 5, Haupttermin 2014 (Schulversuch), Klausurheft Teil 1

Die Begründung der Parallelität kann einerseits über Normalvektoren erfolgen, genauso aber auch über die Steigung der Geraden. In diesem Sinne wird in der Lösungserwartung meist eine mögliche Lösungsstrategie (in diesem Fall eine mögliche Begründung) angeführt und als Hinweis zur Punktevergabe der Satz „Ein Punkt für eine (sinngemäß) korrekte Begründung (Deutung, Interpretation, Antwort, Erläuterung, ...)“ oder auch „Andere korrekte Begründungen (Deutungen, Interpretationen, Antworten, Erläuterungen, ...) sind ebenfalls als richtig zu werten“ hinzugefügt.

Die Angabe von Toleranzintervallen bei Lösungserwartungen ist einerseits bedingt durch die Möglichkeit bei manchen Aufgaben auf verschiedenen Wegen zum Ergebnis zu gelangen, andererseits durch unterschiedliche Rundungsergebnisse. Je nach Rechengang wird dann ein entsprechendes Toleranzintervall angegeben, damit durch die Wahl eines bestimmten (korrekten) Rechenweges keinem Schüler/keiner Schülerin ein Nachteil entsteht (vgl. Abbildung 9).

Hausübungskontrolle

Lösungserwartung:

$P(\text{„}2\ Burschen,\ 1\ Mädchen\text{“}) = \frac{12}{20} \cdot \frac{11}{19} \cdot \frac{8}{18} \cdot 3 = \frac{44}{95} \approx 0{,}46 = 46\ \%$

Lösungsschlüssel:

Ein Punkt für die richtige Lösung. Jede der angeführten Schreibweisen des Ergebnisses (als Bruch, Dezimalzahl oder in Prozenten) ist als richtig zu werten. Toleranzintervall: [0,46; 0,47] bzw. [46 %; 47 %]. Sollte als Lösungsmethode die hypergeometrische Verteilung gewählt werden, ist dies auch als richtig zu werten:

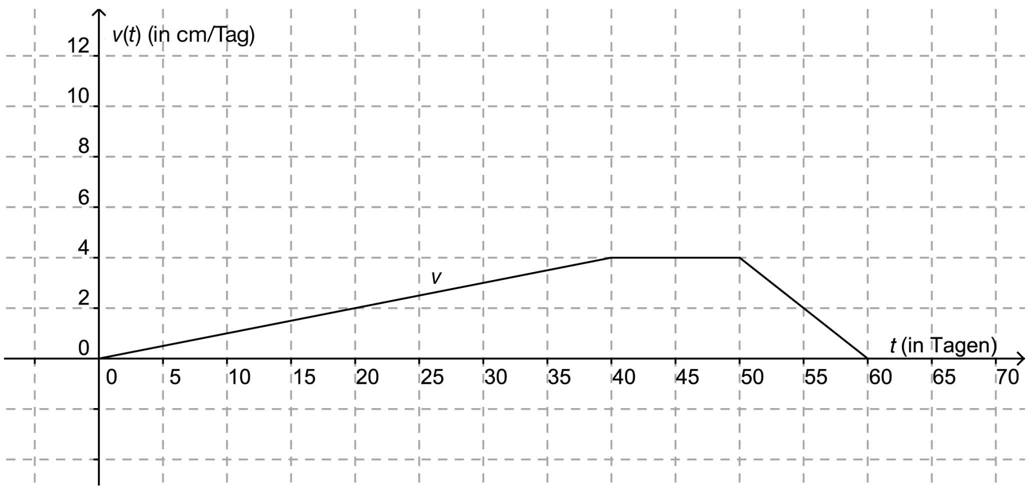
$$P(E) = \frac{\binom{12}{2} \cdot \binom{8}{1}}{\binom{20}{3}}$$

Abb. 9: Aufgabe 22, Haupttermin 2014 (Schulversuch), Korrekturanleitung Teil 1, S. 23

Im Wissen über die unterschiedliche Vorgehensweise bei der Korrektur von Schülerantworten und aus den Erfahrungen von Rückmeldungen oder Anfragen beim Helpdesk, war es unumgänglich der „Einheitenfrage“ nähere Beachtung zu schenken. Das hat dazu geführt, dass wenn in der Aufgabenstellung bereits angeführt ist, in welcher Einheit ein Ergebnis anzugeben ist, der Zahlenwert bereits ausreicht, um die Aufgabe als gelöst zu bewerten (vgl. Abbildung 10).

Pflanzenwachstum

Die unten stehende Abbildung beschreibt näherungsweise das Wachstum einer schnellwüchsigen Pflanze. Sie zeigt die Wachstumsgeschwindigkeit *v* in Abhängigkeit von der Zeit *t* während eines Zeitraums von 60 Tagen.



Aufgabenstellung:

Geben Sie an, um wie viel cm die Pflanze in diesem Zeitraum insgesamt gewachsen ist!

Pflanzenwachstum

Lösungserwartung:

$\frac{40 \cdot 4}{2} + 10 \cdot 4 + \frac{10 \cdot 4}{2} = 140$

Die Pflanze wächst in diesen 60 Tagen 140 cm.

Ein weiterer (sehr aufwendiger) Lösungsweg wäre die Berechnung der Funktionsgleichungen in den einzelnen Wachstumsabschnitten sowie die Berechnung der entsprechenden bestimmten Integrale.

Lösungsschlüssel:

Ein Punkt für die richtige Lösung. Weder die Rechnung noch ein Antwortsatz müssen angegeben werden. Die Angabe des richtigen Zahlenwertes ist ausreichend.

Abb. 10: Aufgabe 18, Haupttermin 2015, Klausurheft Teil 1 (S. 22) inkl. Korrekturanleitung (S. 19)

Wird die Angabe der Einheit in der Aufgabenstellung explizit nicht gefordert, wie z.B. bei Aufgabe 11 (Haupttermin 2015, Klausurheft Teil 1, S. 15; Abbildung 11), dann lautet der Lösungsschlüssel wie folgt: „Ein Punkt für die richtige Lösung, wobei die Einheit Stunden nicht angeführt werden muss." Auch in diesem Fall reicht die Angabe des Zahlenwertes (in Stunden) bereits aus, um die Aufgabe als gelöst zu bewerten. Gibt eine Schülerin/ein Schüler das Ergebnis in einer anderen Einheit an, so muss diese angeführt werden.

Technetium

Für eine medizinische Untersuchung wird das radioaktive Isotop $^{99m}_{43}$Tc (Technetium) künstlich hergestellt. Dieses Isotop hat eine Halbwertszeit von 6,01 Stunden.

Aufgabenstellung:

Geben Sie an, wie lange es dauert, bis von einer bestimmten Ausgangsmenge Technetiums nur noch ein Viertel vorhanden ist!

Abb. 11: Aufgabe 11, Haupttermin 2015, Klausurheft Teil 1

5. Mögliche Förderansätze von Grundkompetenzen im Unterricht

„Kompetenzen ermöglichen es den Schülerinnen und Schülern, in variablen Situationen zu handeln und ihr Wissen zielgerichtet einsetzen zu können. Sie schaffen die Basis für den Erwerb und die Anwendung spezifischer Fähigkeiten und Fertigkeiten und verkörpern damit ein weitgehend stabiles Werkzeug, das zur Bewältigung wechselnder Herausforderungen befähigen soll." (BISTA 2015)

Im traditionellen Mathematikunterricht war es bislang nicht immer üblich auch weiter zurück liegende Inhalte zu wiederholen und damit für Schüler/innen wieder abrufbar zu machen. Die Forderung nach längerfristig verfügbarem Wissen und Können im Sinne des Kompetenzaufbaus bedarf eines „fachdidaktisch an modernen Ideen orientierten, fachlich hochwertigen und pädagogisch gut strukturierten Mathematikunterrichts" (BIFIE 2013b, S. 1). Die ständige Wiederholung und Festigung von Grundkompetenzen muss daher ein integraler Bestandteil von Unterricht sein.

Als Unterstützung für Lehrer/innen werden im Rahmen der Implementierungsmaßnahmen verschiedene Angebote wie Praxishandbücher, Leitfäden zur Schularbeitserstellung (inkl. prototypischer Schularbeiten für alle Schulstufen der Oberstufe) und Fortbildungen (z.B. in Arbeitsgemeinschaften) zur Verfügung gestellt. Zudem kann auf einen über 450 Aufgaben umfassenden Pool an Übungsaufgaben sowie auf alle bisherigen Klausuraufgaben und Kompetenzchecks zugegriffen werden.

Auf organisatorischer Ebene gibt es in der Schule die Möglichkeit integrative Förderkurse oder schulstufenübergreifende unverbindliche Übungen zur spezifischen Förderung von Grundkompetenzen anzubieten.

6. Zusammenfassung

Die Rückmeldungen und Ergebnisse jener Schulen, die 2013/2014 ein Jahr vor der flächendeckenden Einführung der standardisierten schriftlichen Reifeprüfung in Mathematik an AHS bereits im Rahmen eines Schulversuchs nach dem neuen Konzept maturiert haben, waren durchwegs positiv. Wertvolle Erkenntnisse konnten im Hinblick auf eine Optimierung sowohl des Ablaufs als auch der Klausuren an sich gewonnen werden und flossen in die Projektentwicklung ein. Es hat sich gezeigt, dass eine intensive Auseinandersetzung mit den Lehrerinnen und Lehrern überaus förderlich für das Gelingen des Projekts ist. Insgesamt kann aus dem Projektverlauf und den Analysen der Schluss gezogen werden, dass die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik (AHS) eine größere Umstellung „im System" bedingt hat, ganz sicher aber zu einer Weiterentwicklung des Unterrichts beigetragen hat.

Literatur

BIFIE. (2013a). *Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik. Inhaltliche und organisatorische Grundlagen zur Sicherung mathematischer Grundkompetenzen.* Autor. `https://www.bifie.at/node/1442` [22.12.2015].

BIFIE. (2013b). *Standardisierte kompetenzorientierte Reife- und Diplomprüfung Grundlagen – Entwicklung – Implementierung.* Autor. `https://www.bifie.at/system/files/dl/srdp_grundlagen-entwicklung-implementierung_2013-11-06.pdf` [01.10.2015].

BIFIE. (2014). *Klausurhefte und Korrekturanleitungen zur standardisierten, kompetenzorientierten schriftlichen Reifeprüfung zum Haupttermin 2013/2014 – Mathematik AHS.* Autor. `https://www.bifie.at/node/2633` [22.12.2015].

BIFIE. (2015). *Klausurhefte und Korrekturanleitungen zur standardisierten, kompetenzorientierten schriftlichen Reifeprüfung zum Haupttermin 2013/2014 – Mathematik AHS.* Autor. `https://www.bifie.at/node/3014` [22.12.2015].

BISTA. (2015). *Bildungsstandards – Kompetenzen und Modelle.* BIFIE. `https://www.bifie.at/node/49` [23.12.2015].

BMBF Lehrplan. (2004). *BMBF Lehrplan Mathematik 2004: Lehrpläne der AHS Oberstufe Mathematik.* `https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_07_11859.pdf?4dzgm2` [23.12.2015].

Case, S. M. & Swanson, D. B. (1998). *Constructing written test questions for the basic and clinical sciences.* National Board of Medical Examiners Philadelphia, PA.

Charles, A. J. & Caroline, C. (1995). Language test construction and evaluation. *Cambridge: CUP.*

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2011). *Research methods in education.* Abington.

Downing, S. M. & Haladyna, T. M. (1997). Test item development: Validity evidence from quality assurance procedures. *Applied Measurement in Education, 10* (1), 61–82.

Downing, S. M. & Haladyna, T. M. (2004). Validity threats: overcoming interference with proposed interpretations of assessment data. *Medical Education, 38* (3), 327–333.

Downing, S. M. & Haladyna, T. M. (2009). *Handbook of test development.* Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

European Association for Language Testing and Assessment. (2006). *EALTA Richtlinien zur Qualitätssicherung bei der Bewertung von Sprachkompetenzen.* Abington. `http://www.ealta.eu.org/documents/archive/guidelines/German.pdf` [01.11.2013].

Friedl-Lucyshyn, G. (2012). Testtheoretische Grundlagen der standardisierten schriftlichen Reife- und Diplomprüfung. *Erziehung und Unterricht, 162*, 22-35.

Haladyna, T. M. & Downing, S. M. (1989). A taxonomy of multiple-choice item-writing rules. *Applied Measurement in Education*, *2* (1), 37–50.

Haladyna, T. M. & Downing, S. M. (2004). Construct-irrelevant variance in high-stakes testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, *23* (1), 17–27.

Haladyna, T. M. & Rodriguez, M. C. (2013). *Developing and validating test items*. Routledge.

Kubinger, K. D. (2009). *Psychologische Diagnostik*. Hogrefe.

Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Beltz.

Linnemann, T., Bruder, R., Hascher, T., Siller, H.-S., Steinfeld, J. & Sattlberger, E. (2015). Kompetenzstufenmodellierung am Ende der Sekundarstufe II. In F. Caluori, H. Linneweber-Lammerskitten & C. Streit (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2015.* Münster: WTM-Verlag.

Penfield, R. D. & Camilli, G. (2007). Differential item functioning and item bias. *Handbook of statistics*, *26*, 125–167.

Sattlberger, E. & Siller, H. (2012). Die standardisierte (kompetenzorientierte) schriftliche Reifeprüfung in Mathematik (AHS) – aktuelle Entwicklungen und (konzeptionelle) Ergebnisse. *Schriftenreihe zur Didaktik der Mathematik der Österreichischen Mathematischen Gesellschaft (ÖMG)*, *45*. `http://www.oemg.ac.at/DK/Didaktikhefte/2012%20Band%2045/VortragSattlbergerSiller.pdf` [23.12.2015].

Siller, H.-S., Bruder, R., Hascher, T., Linnemann, T., Steinfeld, J. & Sattlberger, E. (2015). Prüfungsaufgaben als Orientierungshilfe zur gestaltung kompetenzorientierten Mathematikunterrichts - am Beispiel der standardisierten schriftlichen Reifeprüfung Mathematik in Österreich..

Siller, H.-S., Bruder, R., Hascher, T., Linnemann, T., Steinfeld, J. & Schodl, M. (2013). Stufenmodellierung mathematischer Kompetenz am Ende der Sekundarstufe II. In M. Ludwig & M. Kleine (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2013. Vorträge auf der 47. Tagung für Didaktik der Mathematik* (S. 950–953). Münster: WTM.

Siller, H.-S., Bruder, R., Linnemann, T., Hascher, T., Sattlberger, E., Steinfeld, J. & Schodl, M. (2014). Stufung mathematischer Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe II – Konkretisierung einer Stufenmodellierung. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Vorträge auf der 48. Tagung für Didaktik der Mathematik* (S. 1135–1138). Münster: WTM.

Siller, H.-S., Bruder, R., Linnemann, T., Hascher, T., Steinfeld, J. & Sattlberger, E. (2015). Competency level modeling for school leving examination. In *Congress of European Research in Mathematics Education. CERME 9* (S. 194–204). Münster: WTM.

Verfasser/innen:

Eva Sattlberger
Teamleiterin Reifeprüfung Mathematik AHS
Stella-Klein-Löw-Weg 15 / Rund Vier B
1020 Wien
e.sattlberger@bifie.at

Jan Steinfeld
Teamleiter Prüfungsmethodik
Stella-Klein-Löw-Weg 15 / Rund Vier B
1020 Wien
j.steinfeld@bifie.at