universität wien

DIPLOMARBEIT/ DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit/ Title of the Diploma Thesis

„Der Zusammenhang zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben“

verfasst von/ submitted by

Sabrina Buchberger

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2017/Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	A 190 406 299
Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet :	Lehramtsstudium UF Mathematik, UF Psychologie und Philosophie
Betreut von / Supervisor:	Univ. Doz. Dr. Franz Embacher

KURZFASSUNG

Existiert ein Grund für den bestehenden Dualismus von Sprache und Mathematik? Sind diese zwei Register tatsächlich als voneinander unabhängig zu betrachten, sodass dieser Dualismus als Begründungsbasis für Leistungen in der Schule herangezogen werden kann oder können nicht doch Zusammenhänge zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und der Mathematik ausgemacht werden?

Diese Diplomarbeit soll, ausgehend von einer integrativen Definition allgemeiner Sprachkompetenz, diese als mögliche Vorbedingung zur Bearbeitung mathematischer Textaufgaben beleuchten. Für Wissenschaftler der Psychologie oder Linguistik ist seit Jahrzenten der Zusammenhang von Sprache und Denken unbestreitbar. Durch eine Darlegung der vielfältigen Anwendungen von Sprache im Mathematikunterricht soll einerseits die Bedeutung der kognitiven Funktion von Sprache für mathematisches Handeln herausgearbeitet werden, um Sprache als Hilfsmittel zur Gedankenstrukturierung zu erkennen. Andererseits muss Sprache im Mathematikunterricht auch als Kommunikationsmittel aufgefasst werden, um diese geordneten und abstrahierten Gedanken zum Ausdruck bringen zu können. Sprache als Hilfsmittel zur Gedankenstrukturierung findet auch beim Leseprozess Anwendung und ist daher auch für die Bearbeitung mathematischer Textaufgaben von großer Bedeutung.

Durch SchülerInnentestungen soll im Zuge dieser Diplomarbeit festgestellt werden, ob die allgemeine Sprachkompetenz tatsächlich mit der Fähigkeit mathematische Textaufgaben lösen zu können, korreliert.

ABSTRACT

The emphasis of this thesis is to work out whether there exists a reason for the assumed dualism of language skills and maths or not. Can these two registers be studied separately for the resulting dualism to be used as a performance evaluation or is it possible to identify a connection between language skills and maths?

Furthermore I am going to focus on linguistic skills that are assumed to be a basic condition to solve mathematical text-based tasks, because it is assumed by scientists, that there's a connection between language skills and cognitive skills.

By discussing the diverse modes of language in the subject maths, the importance of language skills is going to be illustrated, to help understand that language can be interpreted as a resource for structuring and abstracting thoughts.

At the same time, language must be understood as a resource for communication, in order to express these structured and abstract thoughts. Especially the cognitive skills are an important requirement for reading text-based tasks and are necessary to solve them.

This diploma thesis tries to investigate the correlation between language skills and the ability of processing mathematical text-based tasks, by analysing assessments taken by students between the 5th and 12th grade.

DANKSAGUNG

Ich möchte meine Danksagung an drei Personengruppen richten.

1. Meiner Familie und meinen Bezugspersonen

Sie haben mir erst ermöglicht den Bildungsweg einzuschlagen, den ich gehen möchte. Euer Zusprechen, eure Unterstützung und auch euer Glaube an meine Fähigkeiten haben mich hierher gebracht.

Danke, an meine Eltern und meine Großeltern

Danke, an meinen Bruder, für das Korrekturlesen

Danke, Daniel

2. Meinen Diplomarbeitsbetreuer Franz Embacher

Du entsprachst während unserer gemeinsamen Arbeit voll und ganz meinem Idealbild eines Diplomarbeitsbetreuers. Dein Engagement, dein Interesse, aber auch deine konstruktive Kritik, haben mich darin bestärkt, mich mit vollstem Ehrgeiz dieser Diplomarbeit zu widmen.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei Michael Grosser bedanken, der mir bei der Wahl meines Diplomarbeitsbetreuers unterstützend zur Seite stand. Danke für deine wertvoll ehrliche Art.

3. Dem Kollegium und der Direktorin der AHS Geringergasse

Ich danke Frau Direktor Valsky, dass ich die Testungen an meiner alten Schule durchführen durfte. Es war mir eine große Freude, die Schule aus einer anderen Perspektive wahrnehmen zu können und vom Klassenzimmer in das Lehrerzimmer wechseln zu dürfen.

Mein ganz besonderer Dank gilt in diesem Sinne auch Professor Harald Lederer, der als Ansprechperson und Administrator im Zuge meiner Testungsdurchführungen genannt werden soll. Danke für deine organisatorische Finesse und dein Engagement, die die Durchführungen erst ermöglicht haben.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei allen weiteren Lehrpersonen bedanken, in deren Klassen ich meine Testungen durchführen durfte. Auch den Schülern und Schülerinnen sei gedankt.

INHALTSVERZEICHNIS

Teil 1 – Theoretischer Hintergrund

1. Ein Definitionsversuch allgemeiner Sprachkompetenz

Wenn es um das Finden einer Definition allgemeiner Sprachkompetenz geht, kommt man schnell zu der Erkenntnis, dass die eine – allgemein gültige – Begriffsbeschreibung nicht existiert. Bei allgemeiner Sprachkompetenz handelt es sich um eine Struktur, die auf unterschiedlichen Ebenen, mit Hilfe unterschiedlicher Herangehensweisen untersucht und begrifflich festgemacht werden kann. Sie stellt somit von sich aus keinen normativen Anspruch, im Sinne einer Zielvorgabe, an der wir uns zu orientieren haben, sondern beschreibt ein theoretisches Konstrukt, das auf Beobachtungen und Auswertungen unterschiedlicher Disziplinen basiert, wodurch deskriptiv entstandene Normwerte formuliert werden können.

Jede dieser Disziplinen bezieht sich auf andere Teilaspekte sprachlicher Kompetenz, arbeitet mit unterschiedlichen methodischen Zugängen, um ihren jeweiligen Teilaspekt zu untersuchen und findet im Zuge der Auswertung sowohl unterschiedliche Definitionen als auch voneinander unabhängige Aussagen über die Bedeutung allgemeiner Sprachkompetenz im Alltag. Während sich beispielsweise die Entwicklungspsychologie mit Hilfe von Beobachtungen auf die Veränderung von Sprachkompetenz spezialisiert und Aussagen über die Wichtigkeit der Förderung sprachlicher Fähigkeiten im Entwicklungsprozess liefert (vgl. Beuing (2009), S.43)[1], betrachten die Neurowissenschaften Sprachkompetenz als Zugriff auf sprachliche Informationen beziehungsweise deren Verarbeitung. Untersuchungen der Sprachverarbeitung werden dabei in der Regel mit Hilfe medizinischer Verfahren, wie der Elektroenzephalografie oder der Positronenemissionstomografie, durchgeführt, die es ermöglichen, Aussagen über den Zusammenhang allgemeiner Sprachkompetenz und Gehirnaktivitäten zu machen.

Neben der Entwicklungspsychologie und den Neurowissenschaften behandeln vor allem die Kognitionspsychologie, als zu den Neurowissenschaften korrespondierende Disziplin, die Linguistik, aber auch differentialdiagnostische Ansätze der Pädagogik eine Analyse und Beschreibung dieser speziellen Struktur allgemeiner Sprachkompetenz.

Nachfolgend werden einige dieser Disziplinen, ihre Schwerpunkte und ihre jeweiligen Untersuchungsmethoden genauer beschrieben, um so die Komplexität allgemeiner Sprachkompetenz aufzuzeigen. Aus dem entstandenen komplexen Konstrukt möchte ich

[1] Vgl. Beuing, R.: Förderung von Spracherwerb und Intelligenz bei Kindern mit einer Spezifischen Spracherwerbsstörung. Tectum Verlag, Marburg 2009

auf jene Teilaspekte Bezug nehmen, die nicht bloß im Alltag von wesentlicher Bedeutung sind, sondern ebenso im Mathematikunterricht einen hohen Stellenwert haben. In diesem können Komponenten der Sprachkompetenz sowohl durch direkte Bezugnahme auf die Bedeutung eines korrekten Sprachgebrauchs, oder durch das gemeinsame Lesen von Textaufgaben, als auch indirekt, durch kommunikations- und diskussionsintensiven Unterricht, gefördert und überprüft werden können.

1.1 Modelle allgemeiner Sprachkompetenz

1.1.1 Linguistik

Beim Finden einer Definition allgemeiner Sprachkompetenz scheint es unumgänglich, sich mit jener Disziplin auseinanderzusetzen, die die wissenschaftliche Beschäftigung mit Sprache als Hauptanliegen hat, der Linguistik. Sprachliche Kompetenzen wurden in den bisherigen Ausführungen als mehrfaktoriell und interdisziplinär dargestellt. Ebenso handelt es sich bei der Linguistik selbst um ein schwer überschaubares, weites Feld, das eine Vielzahl an Herangehensweisen an das Thema Sprache bietet. Beginnend mit den Hintergründen der generativen Grammatik Chomskys, werde ich im Anschluss Teilgebiete der angewandten Linguistik als Bezugsquelle nutzen.

Zu den bekanntesten Sprachtheoretikern zählt Noam Chomsky, der bereits in den 1960er Jahren den Anspruch stellte, die historisch oberflächliche Aufgabe der Linguistik, Regelmäßigkeiten in Satzbau und Lautsystemen zu analysieren, zu erweitern und zu transformieren. Ausgangspunkt war die Erkenntnis des Potentials menschlicher Sprache, die eine unendliche Varietät an Gebräuchen bietet, trotz endlicher Anzahl existierender Regeln (vgl. Häfele (1979), S. 1)[2].
Chomsky postuliert eine generative Transformationsgrammatik, die existente sprachliche Äußerungen charakterisiert, allerdings auch Regelsysteme entwickelt, die grammatikalisch korrekt formulierten Sätze einer Sprache spezifizieren, ihnen strukturelle Beschreibungen zuweisen und diese von inkorrekten Sätzen abgrenzt. Es geht demnach um eine Verbindung zwischen Lauten und entsprechender Bedeutungen mit Hilfe eines komplexen Regelsystems. Die Erscheinung (Laut) einer Sache, die in der Oberflächenstruktur abgebildet ist, wird mit dem Wesen (Bedeutung) der Sache, das in der abstrakten Ebene der generierten Tiefenstruktur verortet ist, in Korrelation gebracht. Allein mit Hilfe dieser Regeln ist es möglich, aus einer endlichen Anzahl von Regeln eine unendliche Menge von

[2] Vgl. Häfele, J.: Der Aufbau der Sprachkompetenz. Untersuchungen zur Grammatik des sprachlichen Handelns, Max Niemeyer Verlag, Tübingen 1979

Äußerungen zu bilden und zu verstehen (vgl. ebd., S. 4). Jener Sprecher, der in der Lage ist, mit Hilfe der Regelsysteme Laute und Bedeutungen in Verbindung zu bringen und in Folge dessen Sätze zu bilden und zu verstehen, ist fähig, die Kreativität der Sprache zu nutzen und ist nach Chomsky im Besitz der Sprachkompetenz.

Chomsky wurde oft dafür kritisiert, dass seine Theorie keine sogenannte Sprachkompetenz beschreibe, sondern lediglich eine Grammatikkompetenz, da der eigentliche situierte Sprechakt und die damit einhergehende Performanz ausgeschlossen seien. Der jeweilige bestehende Kontext, soziale und kulturelle Faktoren werden nicht berücksichtigt und ein „idealer Sprecher/Hörer" in einer homogenen Sprachgemeinschaft angenommen (vgl. Helbig (1990), S. 84 ff)[3].

Die alleinige Bezugnahme auf Chomskys generative Grammatik im Zuge einer Definition allgemeiner Sprachkompetenz, die im weiteren Verlauf der Arbeit mit mathematischen Unterrichtssituationen in Verbindung gebracht wird, ist auf Grund der genannten Grenzen und Kritiken somit ausgeschlossen. Schule und Unterricht sind ohne Zweifel Kontexte sozialer und kultureller Heterogenität. Sprache lässt sich darin unmöglich diskursunabhängig beschreiben und es ist von enormer Wichtigkeit, Kompetenzen nicht auf die Grammatik zu reduzieren, sondern als mehrdimensional anzusehen.
Dennoch liefert sie einen wichtigen Beitrag für den Mathematikunterricht. Chomsky hebt die Bedeutung der Grammatik für das Verständnis von Aussagen und Texten hervor, was vor allem in Bezug auf Textverständnis und damit ebenso für mathematische Textaufgaben einen unerlässlichen Faktor darstellt.

Die Soziolinguistik (vgl. Harden (2006), S. 93ff)[4] als Teilgebiet der angewandten Linguistik ermöglicht allerdings eine Erweiterung des Begriffs der Sprachkompetenz, da hier der jeweilige Kontext unerlässlich für die Untersuchung von Sprache ist. Ihr geht es um das wechselseitige Verhältnis zwischen Sprache und Gesellschaft, um die Untersuchung sozialer Funktionszusammenhänge. Die Soziolinguistik spricht der Sprache eine gemeinschaftsbildende Funktion zu. Das bedeutet, dass Dialekte, Landessprachen oder Jargons keine bloßen Gruppenphänomene sind, sondern diese Gruppen konstituieren (vgl. ebd., S. 93ff.). Die Gruppen müssen dabei allerdings keiner ganzen Gesellschaft, im Sinne eines Bezirkes oder gar Landes entsprechen. Es kann sich dabei bereits um kleinere Gemeinschaften, wie beispielsweise soziale Schichten, aber auch eine Schulklasse, die gemeinsame Sprache der SchülerInnen in der Pause oder die von ihnen verwendete Bildungssprache in der Unterrichtsstunde handeln.

---

[3] Vgl. Helbig, G.: Entwicklung der Sprachwissenschaft seit 1970. Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen 1990
[4] Vgl. Harden, T.: Angewandte Linguistik und Fremdsprachendidaktik. Narr Francke Attempto Verlag GmbH + Co. KG., Tübingen 2006

Sprache als kontextabhängiges und soziales Phänomen ist damit in der Soziolinguistik stets Teil menschlicher Kommunikation. Sie wird als Kommunikationsmittel angesehen, wobei eher die kommunikative Angemessenheit im Vordergrund steht als sprachliche Richtigkeit. Der Begriff der Sprachkompetenz wird hier demnach zum Begriff der Kommunikationsfähigkeit erweitert, das heißt also nicht bloß über Wissen über die grammatikalische Richtigkeit eines Satzes zu verfügen, sondern mühelos in der jeweiligen Gemeinschaft zu kommunizieren (vgl. ebd. S. 120).

Ebenso wie die Soziolinguistik ist die Psycholinguistik (vgl. ebd., S. 131ff) ein Teilgebiet der angewandten Linguistik, beschäftigt sich allerdings nicht hauptsächlich mit soziokulturellen Kontexten, sondern mit dem Verhältnis von Denken und Sprache und - diesem Ansatz zugrundeliegend - mit Modellen des Spracherwerbs (vgl. Harden (2006), S. 131). Sie hängt somit stark mit der Neuro- und Entwicklungspsychologie zusammen. Dabei stellen folgende Fragestellungen einen Ausschnitt der Problemfelder der Psycholinguistik dar:

1) „Wie kommt der Mensch zur Sprache? […]
2) Welche Kenntnisse […] muss er haben, um die Sprache angemessen benutzen zu können? […]
3) Wie verlaufen die überaus komplexen Prozesse des Sprechens und Verstehens, […]?“ (Harden (2006), S. 133)

Punkt 1 beschäftigt sich demnach mit der Frage des Spracherwerbs und ist für die Formulierung allgemeiner Sprachkompetenz von großer Bedeutung, sofern Möglichkeiten im Umgang mit Sprache im Unterricht allgemein, als auch im Fachunterricht Mathematik selbst, angesprochen werden. Das Verhalten der Lehrpersonen in Unterrichtssituationen würde sich durch die allgemeine Auffassung eines angeborenen Sprachmodells, stark von einem auf erlerntem oder interaktivem Sprachmodell basierenden Verhalten unterscheiden. Wird das Umfeld für den Spracherwerb und die Sprachweiterbildung als nebensächlich aufgefasst, werden auch im Unterricht sprachsensible Methoden reduziert.

Die drei bekanntesten Ansätze zum Spracherwerb sind der Nativismus, der Kognitivismus und der Interaktionismus. Ersterer geht, anlehnend an Chomsky (siehe oben), von einer angeborenen und von der Kognition unabhängigen Universalgrammatik aus, mit deren Hilfe Muttersprache soweit erworben werden kann, um trotz endlicher Anzahl gehörter Aussagen, unendlich viele Ausdrücke selbst produzieren und verstehen zu können. Die Regeln der Grammatik unserer Erstsprache sind uns oft nicht bewusst, dennoch sind wir in der Lage, Sätze zu formulieren, die wir mit großer Wahrscheinlichkeit in dieser Weise noch nie gehört oder gelesen haben. Der Spracherwerb hängt somit, nach den Nativisten, zu einem Großteil von diesem „Sprachorgan“ (Harden (2006), S. 136) ab. Die Rolle der Umwelt wird jedoch als völlig nebensächlich betrachtet (vgl. ebd., S. 136ff). Dies stellt einen der

Hauptkritikpunkte der Kognitivisten und Interaktionisten an den Nativisten dar, die das Umfeld des Erwerbenden als bedeutenden Einflussfaktor auf dessen Spracherwerb sehen. Gleichzeitig laufen hier Spracherwerb und Kognitionsentwicklung nicht unabhängig voneinander ab. Sprache beeinflusst unser Denken, das wiederum einen starken Einfluss auf unsere Sprache hat. Der Mensch ist lediglich durch die Verknüpfung beider Instanzen in der Lage, Sprache zu entwickeln. In Kapitel 2 dieser Arbeit wird der Diskurs des Zusammenhangs von Sprache und Denken anhand einiger Vertreter zusammengefasst dargestellt. Es soll daraus die wechselseitige Beeinflussung beider Bereiche abgeleitet werden.

Einer der bedeutendsten Vertreter der Kognitivismus ist Jean Piaget und seine „genetische Epistemologie“. Dieses soll hier lediglich in komprimierter Weise dargestellt werden. Beginnend mit dem sensomotorischen Stadium (0-2 Jahre) beginnen Kinder, zielgerichtete Handlungen auszuführen. Im vorbegrifflichen Stadium (2-4 Jahre) kommt es zur Operation mit Vorstellungen und Symbolen. Das Reale wird durch Symbole ersetzt. Diese Phase ist damit von großer Bedeutung für den Spracherwerb, da hier Wünsche sprachlich, also symbolisch, geäußert werden. Im intuitiven Stadium (4-7 Jahre) liegt das Hauptaugenmerk auf der Begriffsentwicklung, die allerdings noch zu einem Großteil von der Anschaulichkeit geprägt ist. Gegenstände werden auf die auffälligsten Merkmale reduziert. Bis zu diesem Zeitpunkt bezeichnet Piaget das Sprechen der Kinder noch als egozentrisch, da sie vor allem über das sprechen, was sie tun oder sehen und nicht der Austausch mit anderen im Vordergrund steht. Die Funktion der Sprache kann in diesem Alter demnach auf das Verlautbaren von Gedanken reduziert werden. Im konkret-operationalen Stadium (7-11 Jahre), lösen sich Kinder von der Objektgebundenheit und sind in der Lage, unterschiedliche Merkmale eines Gegenstandes zu realisieren. Von immenser Bedeutung – vor allem auch für den Mathematikunterricht – ist die letzte Etappe kognitiver Entwicklung, das formale Stadium (ab 11 Jahren). Abstraktes Denken, losgelöst von jeglicher Wahrnehmung, findet statt, Symbole werden gebildet, Hypothesen formuliert.
Etwa ab dem 7. Lebensjahr wandelt sich demnach auch ihre Sprechweise von einer egozentrischen zu einer sozialisierten. Diskussion und Auseinandersetzung und damit die Sprachfunktionen des Austauschs, Vermittelns und Kommunizierens, treten in den Vordergrund (vgl. ebd., S. 141ff).
Anders als bei Piaget verläuft die menschliche Sprache für Wygotski, einem Vertreter des Interaktionismus. Die Wandlung vollzieht sich dabei nicht von einer egozentrischen zu einer sozialisierten Sprache. Der sprachliche Mensch wandelt sich von einem sozialen Wesen zu einem in der Welt situierten Individuum. Gesellschaftliche Faktoren spielen für den Spracherwerb eine wichtige Rolle. Wygotski nennt neben der kommunikativen Funktion von

Sprache noch jene des Strukturierens und Organisierens des Denkens. Diese müssen gleichwertig sein, um Sprachentwicklung zu ermöglichen (vgl. ebd. S. 148f).

Eine unabhängige Betrachtung dieser drei Positionen scheint zum Finden einer Definition allgemeiner Sprachkompetenz irreführend. Ich möchte daher versuchen, die Ideen des Nativismus, Kognitivismus und Interaktionismus zu vereinigen, um so eine Formulierung von Sprachkompetenz zu finden, die allen Positionen gerecht wird.
Sprachkompetenz bedeutet demnach mit Hilfe eines angeborenen Regelverständnisses, Sprache als Ausdrucks- und Kommunikationsmittel, im Sinne einer Anwendung kognitiven Wissens, zu gebrauchen (Sprachproduktion) und zu verstehen (Sprachrezeption) und andererseits dieses kognitive Wissen mit Hilfe von Sprache zu strukturieren und organisieren. Sprache und Denken steht demnach in direkten Zusammenhang miteinander.
Im Zusammenhang mit der Sprachrezeption, die im Mathematikunterricht vor allem in Bezug auf Textaufgaben von Bedeutung sein wird, liefert die Psycholinguistik das Stichwort der Wahrscheinlichkeitsstruktur der Sprache von Zipf und Shannon/Weaver (vgl. Harden (2006), S. 167). Ereignisse in einer Sprache treten weder vollkommen determiniert noch zufällig auf, das bedeutet, wir können vorhersagen, welches Ereignis als nächstes auftritt und somit trotz reduzierter Anzahl an Informationsquellen Schlüsse ziehen. So bilden beispielsweise Subjekt und Verb den „Satzkern“. Fehlt eines dieser Elemente, wird es impliziert. Um Subjekt und Verb bilden sich neue, kleinere Elemente. Bei einem Mangel können auch diese impliziert werden[5]. Diese Fähigkeit weist auf die Existenz bestimmter Raster in unserem Denkorgan hin, mit deren Hilfe nebensächliche Informationen unreflektiert bleiben können und lediglich die bedeutungswichtigen analysiert werden. Für die Mathematik bedeutet dies: Welche Informationen aus diesem Text brauche ich? Welche kann ich ausklammern und wohin führt mich die Fragestellung?
Hilfreich sind dabei Assoziationen und semantische Verbindungen. Können Tangentensteigungen mit Differentialgleichungen in Verbindung gebracht werden oder wird mit dem Begriff „und“ ein Additionsoperator assoziiert, so können mathematische Aufgaben, nach der Theorie der Wahrscheinlichkeitsstruktur, erfolgreicher gelöst werden.

1.1.2 Kognitionspsychologie

Sprache wird in der Kognitionspsychologie stets mit dem Begriff der Kognition in Verbindung gebracht. Das bedeutet, ähnlich wie bei der Psycholinguistik wird hier erstens der Zusammenhang zwischen Denken und Sprache in den Vordergrund gerückt und zweitens dabei die genauen Prozesse bei der Verarbeitung von Sprache beleuchtet.

[5] Vgl. http://ubt.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2004/279/pdf/09_pruen.pdf

Rezeptive Sprachverarbeitung, so die Ansicht der Kognitionspsychologie, findet in zeitlich aufeinanderfolgenden Phasen auf unterschiedlichen autonomen Ebenen statt (vgl. Karnath, Thier (2012), S. 465)[6]. Marshall u. Newcombe (1973) unterscheiden in ihrer Studie zur Schriftsprachverarbeitung beispielsweise die phonologisch-prälexikalische Bahn, die der Schriftform des Wortes eine Lautform zuordnet, von der semantisch-lexikalischen Bahn, die dem Wort eine Bedeutung zuordnet (vgl. ebd., S. 465). Morton (1980) erweiterte dieses Zwei-Bahnen Modell um eine dritte, die direkt-lexikalische Bahn, die es ermöglicht, ohne Bezugnahme auf die Inhaltsdimension zu lesen und zu schreiben (vgl. ebd., S. 466). Sprachkompetenz im Sinne der kognitiven Psychologie steht damit im direkten Zusammenhang mit den Neurowissenschaften und somit der Fähigkeit, Sprache schrittweise im Gehirn zu verarbeiten. Abhängig von der jeweiligen Situation geschieht dies auf einer der genannten Ebenen, sodass ich Sprachkompetenz als Möglichkeit, zwischen diesen Ebenen sinnhaft wechseln zu können, definieren möchte. Es ist zu differenzieren, ob es lediglich um ein Erkennen der Buchstaben oder um das sinnerfassende Lesen eines Textes geht.

Diese zuletzt angesprochene Thematik des sinnerfassenden Lesens führt mich bereits zu der letzten Disziplin, mit deren Hilfe ich eine Definition allgemeiner Sprachkompetenz entwickeln möchte.

1.1.3 Pädagogik

In den Bildungswissenschaften findet bereits seit einigen Jahren eine Schwerpunktverlagerung von konkretem Sachwissen zu Kompetenzen, die es von SchülerInnen zu erwerben gilt, statt. Dies nahmen Bildungswissenschaftler wie Roth und Wollersheim zum Anlass, diese Verbindung des allgemeinen Kompetenzbegriffs mit der Bildungsebene zu rechtfertigen und Aufgaben und Ziele von Bildung zu konkretisieren. Während Roth Kompetenz als Reife, Produktivität, Kritikfähigkeit und Mündigkeit ansieht und kognitive, sowie soziale und moralische Lernprozesse als Voraussetzung annimmt, postuliert Wollersheim eine identitätsstiftende Kompetenz. Das Ich soll zwischen Sachwissen, normativen Aspekten und Handlungen vermitteln, wobei auch er kognitive Fertigkeiten, Normenbewusstsein und Handlungsmuster als Basisgerüst allgemeiner Kompetenz bestimmt. Sowohl Roth als auch Wollersheim betonen die Bedeutung der Schule für den Kompetenzerwerb. Die oben genannten kognitiven, sozialen und moralischen Lernprozesse gilt es von der Schule zu fördern, um so Kompetenz vermitteln zu können. Wollersheim spricht sogar von Kompetenzerziehung, statt

[6] Vgl. Karnath, H.-O.; Thier, P. (Hrsg.): Neuropsychologie. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2012

Kompetenzentwicklung. Schule leistet demnach einen enormen Beitrag zum Kompetenzerwerb (vgl. Müller (2010), S. 35f)[7].

Bildungswissenschaften machen die Erlernbarkeit von Kompetenzen zur Grundlage ihrer Forschung. Auf Grund dieser Erlernbarkeit steht vor allem die Förderung bestimmter Kompetenzen im Zentrum der Lehrpläne, um konkrete Ziele zu erreichen. Als direkte Implikation folgt die Messbarkeit der definierten Kompetenzziele. Nationale sowie internationale Programme berufen sich auf die Förderung und damit einhergehende Messbarkeit von Kompetenzen und wollen so eine umfassende Vergleichsmöglichkeit schaffen. Die bekannteste Studie zu diesem Thema liefert das *Programme for international Student Assessment* (PISA), dem es um die Erfassung jener Kompetenzen geht, über die Jugendliche bei Abschluss ihrer Pflichtschulzeit verfügen sollen, um uneingeschränkt am beruflichen und privaten Leben teilnehmen zu können (vgl. PISA15-Gesamtbericht, S. 5)[8]. PISA sieht sinnerfassendes Lesen, neben Naturwissenschaften und Mathematik, als eine der Hauptkompetenzen, die es für SchülerInnen weltweit zu erwerben gilt. Dabei geht es weniger darum, konkretes Sachwissen zu erwerben, sondern mit Hilfe der Lesekompetenz am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen (vgl. ebd., S. 32). PISA unternimmt dadurch nicht zwangsweise eine Reduzierung des Sprachkompetenzbegriffs auf das Lesen, sondern betrachtet die Sprachkompetenz dabei als Grundvoraussetzung, um andere Kompetenzen wie jene des Lesens, der Mathematik oder Naturwissenschaften zu erwerben (vgl. ebd., S. 95).

Doch wie definiert die Pädagogik diese sprachlichen Kompetenzen? Im Handbuch zum Beobachtungsbogen zur Erfassung von Sprachkompetenz (BESK)[9], das in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Unterricht, Kunst und Kultur sowie dem Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung (BIFIE) entstand, wird Sprachkompetenz als mehrdimensionales Konstrukt definiert, dem verschiedene Funktionen und Eigenschaften zukommen. So wird einerseits auf die kommunikative-soziale Funktion hingewiesen, andererseits auf die kognitiv-konzeptuelle. „Sprachkompetenz zu besitzen bedeutet demnach, über die sprachlichen Mittel (Grammatik und Wortschatz) produktiv und rezeptiv zu verfügen, Sprache in der konkreten Kommunikationssituation adäquat verwenden zu können, Sprache situationsungebunden als Werkzeug des Denkens einsetzen zu können.“ (ebd., S. 24). Es folgt eine Gliederung

---

[7] Vgl. Müller, K.: Das Praxisjahr in der Lehrerbildung. Empirische Befunde zur Wirksamkeit studienintegrierter Langzeitpraktika. Julius Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn 2010

[8] Vgl. OECD (2016), PISA 2015 Ergebnisse (Band I): Exzellenz und Chancengerechtigkeit in der Bildung, PISA, W. Bertelsmann Verlag, Germany

[9] Vgl. Breit, S. (Hg.): Handbuch zur Erfassung der Sprachkompetenz in Deutsch von Kindern mit Deutsch als Erstsprache (BESK), Salzburg 2011 (Link: http://www.sprich-mit-mir.at/app/webroot/files/file/hb_besk_2-0.pdf (Zugriff: 20.04.2017))

der Kompetenz in Syntax/Morphologie, Lexikon/Semantik, Pragmatik/Diskurs, Sprachverhalten und Phonologie. Für den weiteren Verlauf meiner Arbeit werde ich die Phonologie nicht genauer ausführen, da diese als Grundvoraussetzung für den Sprachgebrauch betrachtet werden kann. Hervorheben möchte ich allerdings die Bedeutung des Wortschatzes und der Semantik. Das persönliche Lexikon ist für die Sprachproduktion von enormer Wichtigkeit. Barbara Rössl fasst dies im Handbuch wie folgt zusammen: „Je mehr es [das Kind, S.B.] benennen kann, desto mehr wird es auch erkennen." (ebd., S. 27). Eine Erweiterung des Wortschatzes führt also zur Anregung der kognitiven Entwicklung und ermöglicht abstrakte Ordnungen wie Klassifikationen und Analogien (vgl. ebd., S. 27). Ein umfassendes Lexikon kann demzufolge auch Denkprozesse, also auch jene während des Mathematikunterrichts, beeinflussen. Angefangen bei der Ordnung der Zahlenmengen, hin zu Analogieschlüssen in Beweisvorgängen dient das persönliche Lexikon, ein Teil der Sprachkompetenz, dem Lösen mathematischer Problemstellungen. Selbiges gilt für ein gut ausgebildetes Inhaltsverständnis. In Situationen, in denen es nicht mehr möglich ist, Bedeutungen aus konkret-gegenständlichen Handlungen abzuleiten, bedarf es des Verstehens und der Anwendung abstrakter Sprache und somit Qualifikationen im Bereich Pragmatik (vgl. ebd., S. 28). Mathematik stellt eine dieser kontextungebundenen Situationen dar. Kognitive Funktionen der Sprache als Abstrahierungsmechanismus, beispielsweise beim symbolischen Formulieren mathematischer Zusammenhänge in Form einer Gleichung, stehen hier im Vordergrund.

Für jene Definition sprachlicher Kompetenz, die ich im weiteren Verlauf meiner Arbeit als Ausgangspunkt nehme, möchte ich folgende Aspekte der pädagogischen Auffassung zusammenfassen:
Sprachkompetenz, die durch kognitive, soziale und handlungsbasierte Prozesse erlernt werden kann, ist die Fähigkeit, mit Hilfe bekannter sprachlicher Mittel situativ und entsprechend der vorherrschenden Normen an Kommunikationsgeschehen sowohl aktiv, im Sinne einer Sprachproduktion, als auch passiv, im Sinne einer Sprachrezeption, teilzunehmen. Gleichzeitig befähigt Sprachkompetenz den Menschen zur Kognitionserweiterung, durch die Gedächtnisinhalte verknüpft, miteinander assoziiert, hinterfragt, abstrahiert, geordnet oder aber auch verworfen werden können. Sprachkompetenz gilt als messbar und wird als Resultat schulischen Unterrichts verstanden.

1.1.4 Integrative Definition allgemeiner Sprachkompetenz

Gilt es die drei dargestellten Positionen zu vereinen, so entsteht folgende Definitionsvariante:

Sprachkompetenz ist jene messbare Fähigkeit, die es dem Menschen ermöglicht, mit Hilfe erlernbarer Prozesse in den Bereichen Sachwissen, Normenbewusstsein und Handlungsmustern uneingeschränkt an Kommunikationsprozessen teilzunehmen. Teilnahme umfasst sowohl die Sprachproduktion, damit ist das Sprechen und Schreiben gemeint, als auch die Sprachrezeption, das heißt Hören und Lesen. Sachwissen stellt dabei das Regelsystem der jeweiligen Sprache dar, mit Hilfe dessen Sprache verstanden und angewandt werden kann, Normenbewusstsein das Wissen über angebrachte Handlungs- und Sprechweisen im entsprechenden Kontext. Sprachkompetenz beinhaltet demnach eine Handlungs-, Diskurs-, Strategie- und Grammatikkomponente und setzt sich dabei aus Schreib-, Lese-, Hör- und Sprechfähigkeiten zusammen.

Zudem befähigt Sprachkompetenz, auf Grund der wechselseitigen Beeinflussung von Sprache und Denken, den Menschen, seine Gedächtnisinhalte zu strukturieren, zu ordnen und zu abstrahieren und andererseits diese Gedächtnisinhalte auszudrücken. Sprachkompetenz beinhaltet demnach eine Mitteilungs- und Kognitionskomponente.

2. Bedeutung der Sprache im Mathematikunterricht

Die Pädagogik nimmt Sprache, wie oben erwähnt, als Grundvoraussetzung für den Erwerb naturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenzen an. Erst wenn Sprachkompetenz im Sinne obiger Definition entwickelt wurde, kann der Umgang mit Mathematik gefördert werden. Andererseits darf die Gegenrichtung, das heißt die Beeinflussung von Sprache durch kognitive Vorgänge, also auch jene im Mathematikunterricht, nicht vernachlässigt werden. Mathematik soll demnach den Anspruch allgemeiner Sprachkompetenz erfüllen. Das folgende Kapitel soll Klarheit darüber schaffen, wann und wie Sprache im Mathematikunterricht eingesetzt wird und welche Funktionen Sprache dabei zukommen. Gleichzeitig soll der Allgemeinheitsbegriff von Sprachkompetenz im Mathematikunterricht konkretisiert werden. Hierfür wird zu Beginn ein Lehrplanbezug, unter Berücksichtigung des Kompetenzmodells Mathematik für die 8. Schulstufe (M8), geschaffen, eine kurze Differenzierung zwischen Alltags-, Bildungs- und Fachsprache vorgenommen und im Anschluss die Tragweite des Zusammenhangs von Sprache und Denken in Bezug auf die wechselseitige Doppelfunktion von Sprache verdeutlicht.

2.1 Kompetenzmodelle

Auf Grund des Paradigmenwechsels der Leistungserwartungen, die an SchülerInnen gestellt werden, hin zu einem kompetenzorientierten, standardisierten Konzept, wurden aus den Lehrplänen der jeweiligen Fächer Kompetenzmodelle entworfen, die die Vergleichsmöglichkeit von Kompetenz garantieren und als Zielsetzungen von Unterricht und Lernprozessen aufgefasst werden sollen (vgl. BIFIE: Kompetenzorientierter Unterricht in Theorie und Praxis (2011), S.110)[10]. Dabei kommt es neben der Unterscheidung einzelner Fächer zugleich zu einer Konkretisierung des Kompetenzverständnisses der 4. Schulstufe ab der 8. Schulstufe. Die Unterrichtsgegenstände Deutsch und Mathematik weisen somit jeweils zwei Kompetenzmodelle auf, Englisch eines ab der 8. Schulstufe. Sämtliche weiteren Informationen stammen von der Homepage des BIFIE (vgl. BIFIE-homepage)[11].

[10] Vgl. Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens (Hg.): Kompetenzorientierter Unterricht in Theorie und Praxis. Leykam Verlag GmbH. Nfg. & Co.KG, Graz 2011

[11] Vgl. Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens: Kompetenzen und Modelle, Link: https://www.bifie.at/node/49 (Zugriff: 20.04.2017)

Während im Unterrichtsfach Deutsch die Ausbildung und Vernetzung der Kompetenzbereiche Lesen, Schreiben, Sprechen, Hören und Sprachbewusstsein die uneingeschränkte Teilnahme am gesellschaftlichen Leben gewährleisten sollen, gilt es im Fach Mathematik, Handlungs- und Komplexitätsbereiche auf außermathematische Situationen zu übertragen und im Alltag als Strategien zu nutzen. Hinzu kommt im Mathematikunterricht der jeweilige Inhaltsbereich. Das Kompetenzmodell Mathematik 8 beinhaltet demnach Inhalts-, Handlungs- und Komplexitätsbereiche. Die Kombination aus jeweils einem der drei Bereiche bildet in weiterer Folge eine mathematische Kompetenz. Anders formuliert enthält jede mathematische Kompetenz sowohl eine Inhalts-, eine Handlungs- und eine Komplexitätskomponente. Das Kompetenzmodell Mathematik 8 umfasst somit 48 mathematische Kompetenzen (vgl. ebd.).
In den folgenden Abbildungen ist jenes, aus Gründen der Übersicht, zum einen grafisch, zum anderen tabellarisch dargestellt:

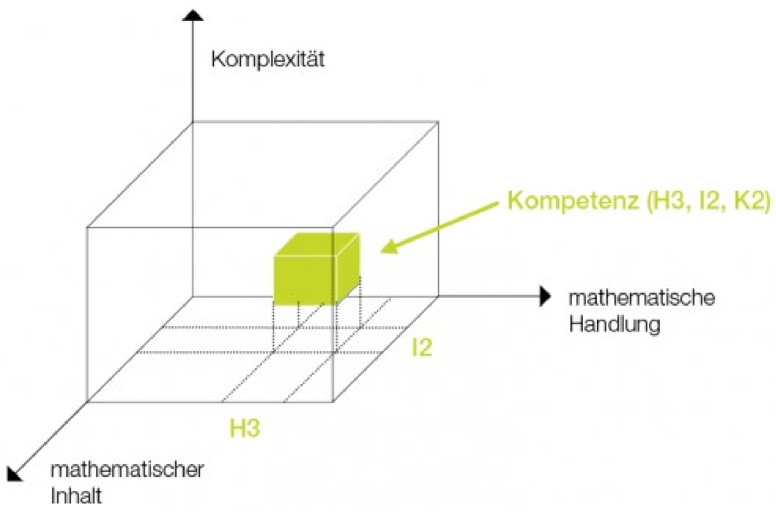


Abbildung 1-Kompetenzmodell Mathematik 8, grafisch

Abbildung aus: Homepage BIFIE[12]

Mathematischer Inhalt	Mathematische Handlung	Komplexität
I1: Zahlen und Maße	H1: Darstellen, Modellbilden	K1: Einsetzen von Grundkenntnissen und -fertigkeiten
I2: Variable, funktionale Abhängigkeiten	H2: Rechnen, Operieren	K2: Herstellen von Verbindungen
I3: Geometrische Figuren und Körper	H3: Interpretieren	K3: Einsetzen von Reflexionswissen, Reflektieren
I4: Statistische Darstellung und Kenngrößen	H4: Argumentieren, Begründen	

Tabelle 1-Kompetenzmodell Mathematik 8, tabellarisch (aus: Homepage des BIFIE)

[12] Aus: Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens: Kompetenzen und Modelle, Link: https://www.bifie.at/node/49 (Zugriff: 20.04.2017)

Auf Grund der nicht zu vernachlässigenden Handlungskomponente sprachlicher Kompetenz sollen in weiterer Folge das Dasein und die Anwendung von Sprache im Mathematikunterricht in erster Linie durch eine Betrachtung der mathematischen Handlungen aufgezeigt und beschrieben werden.

Sprache als Austausch-, Diskussions- und Kommunikationsmittel tritt im Mathematikunterricht im Zuge des Handlungsbereiches *Argumentieren und Begründen* sowie im Zuge des Handlungsbereiches *Interpretieren* auf. Sprache als Hilfsmittel zur Strukturierung von Gedächtnisinhalten findet vor allem Anwendung im Handlungsbereich des *Darstellens und Modellbildens*. Des Weiteren ist aus der Untrennbarkeit von Denken und Sprache die Folgerung zu ziehen, dass selbst bei Handlungsebenen des Rechnens und Operierens Sprache einen bedeutenden Anteil zur Lösung der Problemstellungen beiträgt. Sprache ist in strukturierender, erschließender Weise ebenso bei Rechenoperationen beteiligt. Zusammenfassend lässt sich aus diesen Erkenntnissen ableiten, dass Sprache in allen mathematischen Handlungsbereichen, in verschiedenen Funktionsweisen zur Anwendung kommt und damit stets Teil des Mathematikunterrichtes ist.

Als immanent agierendes Medium taucht Sprache wiederholt im Lehrplan Mathematik der Unter- und Oberstufe auf. Es sollen hier einige Textstellen entnommen werden, um die Verankerung von Sprache im Mathematikunterricht aufzuzeigen.

2.2 Mathematik Lehrplan AHS-Unterstufe[13]

> „**Bildungs- und Lehraufgabe:**
> […]
> - durch Reflektieren mathematischen Handelns und Wissens Einblicke in Zusammenhänge gewinnen und Begriffe bilden;
> - in Verfolgung entsprechender Lernziele produktives geistiges Arbeiten, Argumentieren und exaktes Arbeiten, kritisches Denken, Darstellen und Interpretieren als mathematische Grundtätigkeiten durchführen, […]“ (Hervorhebung vom Autor)
>
> „Unterrichtsziele und Unterrichtsinhalte:
> […]
> - Argumentieren und exaktes Arbeiten, insbesondere: präzises beschreiben von

[13] Lehrplan Mathematik – AHS Unterstufe (aktuelle Tagesfassung: 20.04.2017); Link: http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

Sachverhalten, Eigenschaften und Begriffen (Definieren); Arbeiten unter bewusster Verwendung von Regeln; Begründen (Beweisen); Arbeiten mit logischen Schlussweisen; Rechtfertigen von Entscheidungen (etwa der Wahl eines Lösungsweges oder einer Darstellungsform). […]
- […] Erkennen von Mängeln in Darstellungen oder Begründungen
- Darstellen und Interpretieren, insbesondere: verbales, formales oder graphisches Darstellen von Sachverhalten;“

„*Beiträge zu den Bildungsbereichen:*
[…]
Sprache und Kommunikation:
Beschreiben von Objekten und Prozessen; Präzision der Sprachverwendung; Gebrauch und Bedeutung von Definitionen, Vorgänge des Klassifizierens; Umsetzen von Texten in mathematische Handlungen; Konzentrieren von Sachverhalten in mathematische Formeln; Auflösen von Formeln in sprachliche Formulierungen; Vermitteln und Verwenden einer Fachsprache mit spezifischen grammatikalischen Strukturen.“ (Hervorhebung vom Autor)

„**Sicherung des Unterrichtsertrages:**
Die Schülerinnen und Schüler sollen Gedankengänge, die zum Erwerb mathematischen Wissens geführt haben, wiederholen und dabei lernen, erworbenes Wissen zu rekonstruieren, eigenständig darzustellen und auch zu begründen.“ (Hervorhebung vom Autor)

„**Lesen mathematischer Texte, Fachsprache:**
Ab der 1. Klasse ist darauf Bedacht zu nehmen, dass die Schülerinnen und Schüler sich mit Mathematik auch in Textform auseinander setzen (zB selbstständiges Erarbeiten von Musterbeispielen und Erklärungstexten). Mathematische Inhalte können etwa durch Üben von Beschreibungen, Erklärungen und Kurzaufsätzen oder Erstellen von Zusammenfassungen unterschiedlich dargestellt werden. Elementare Begriffe, Symbole und Darstellungsformen können zur Beschreibung mathematischer und außermathematischer Sachverhalte sinnvoll verwendet werden. Mit wachsender Geläufigkeit im Umgang mit mathematischer Sprache und Symbolik kann diese Verwendung auch zur Klärung von Begriffen und zur Klärung von logischen Zusammenhängen dienen. […]“ (Hervorhebung vom Autor)

„**Kernbereich:**
[…]
Sie sollen im präzisen Arbeiten und Argumentieren ausgebildet werden und mit mathematischen Darstellungsformen vertraut werden.“ (Hervorhebung vom Autor)

Während vor allem in der 5. Schulstufe der Handlungsbereich *Rechnen und Operieren*, sowie jener des *Darstellens*, im Zuge von Darstellungswechseln, im Vordergrund steht, kommt es ab der 6. Schulstufe zu einer Hinwendung zum Beschreiben, *Begründen* und *Interpretieren* von Sachverhalten, Formeln und Beziehungen. Gleichzeitig wird das kritische Denken und Hinterfragen angeregt, indem Angaben auf Eindeutigkeit überprüft und Fragen selbst formuliert werden sollen. Erst in der 8. Schulstufe kommt es zur Erarbeitung eines intuitiven Funktionsbegriffes und damit erstmals zu definitorischer Arbeit mit Begrifflichkeiten. Auch das Lesen mathematischer Texte, als didaktischer Grundsatz, wird thematisiert und die Bedeutung des korrekten Umgangs mit Fachsprache betont.

2.3 Lehrplan Mathematik AHS-Oberstufe [14]

Der Lehrplan der Oberstufe setzt den Schwerpunkt auf den Erwerb und die Ausbildung mathematischer und allgemeiner Kompetenzen und versucht, die Wechselwirkung ebendieser zu verdeutlichen (vgl. ebd.). Es sollen auch hier einige Stellen entnommen werden, die sich dem sprachlichen Aspekt des Mathematikunterrichts widmen.

„**Mathematische Kompetenzen:** […]

- Darstellend-interpretierendes Arbeiten umfasst alle Aktivitäten, die mit der Übersetzung von Situationen, Zuständen und Prozessen aus der Alltagssprache in die Sprache der Mathematik und zurück zu tun haben; auch der innermathematische Wechsel von Darstellungsformen gehört zu diesen Aktivitäten. […]
- Kritisch-argumentatives Arbeiten umfasst alle Aktivitäten, die mit Argumentieren, Hinterfragen, Ausloten von Grenzen und Begründen zu tun haben; das Beweisen heuristisch gewonnener Vermutungen ist ein Schwerpunkt dieses Tätigkeitsbereichs.“ (Hervorhebung vom Autor)

[14] Lehrplan Mathematik – AHS Oberstufe (aktuelle Tagesfassung: 20.04.2017); Link: http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

„**Aspekte der Mathematik:** […]

Sprachlicher Aspekt:
Mathematik ist ein elaboriertes Begriffsnetz, ein ständiges Bemühen um exakten Ausdruck, in dem die Fähigkeit zum Argumentieren, Kritisieren und Urteilen entwickelt sowie die sprachliche Ausdrucksfähigkeit gefördert werden“ (Hervorhebung vom Autor)

„**Beiträge zu den Bildungsbereichen:**

Sprache und Kommunikation:
Mathematik ergänzt und erweitert die Umgangssprache vor allem durch ihre Symbole und ihre Darstellungen, sie präzisiert Aussagen und verdichtet sich; neben der Muttersprache und den Fremdsprachen wird Mathematik so zu einer weiteren Art von Sprache. […]
Viele Naturphänomene lassen sich mit Hilfe der Mathematik adäquat beschreiben und damit auch besser verstehen.“ (Hervorhebung vom Autor)

„**Lernen in Phasen:**
Unter Beachtung der Vorkenntnisse sind Begriffe in der Regel in einer ersten Phase auf einer konkret-anschaulichen, intuitiven oder heuristischen Ebene zu behandeln, bei einfachen Anwendungen zu erproben und erst in einer späteren Phase zu vertiefen, ergänzen, verallgemeinern oder exaktifizieren. […]“ (Hervorhebung vom Autor)

Anders als im Lehrplan der Unterstufe tritt das Rechnen und Operieren eher in den Hintergrund mathematischen Handelns. Neben dem bereits bekannten Beschreiben und Interpretieren von Formeln, Zusammenhängen aber auch geometrischen Objekten, Funktionen und Änderungen, geht es zunehmend um den Einstieg in definitorisches Arbeiten, Begriffsbildung und -präzisierung sowie das weitläufige Untersuchen und Deuten mathematischer Sachverhalte.

Mathematik, als eigene Sprache, wird als Möglichkeit zur Entwicklung allgemeiner Sprachkompetenz, im Sinne eines Argumentierens, Kritisierens und Ausdrückens, verstanden und wird somit in direkten Zusammenhang mit ihr gesetzt. Es wird demnach eine Beeinflussung mathematischer Fähigkeiten durch die Sprache und die Beeinflussung sprachlicher Kompetenzen durch mathematische Fertigkeiten angenommen. Zudem wird eine Korrelation sprachlicher Tätigkeiten, wie Beschreiben von Sachverhalten, und kognitiver Prozesse, wie Schlussfolgern, Analogiebildung und das Rekonstruieren von Wissen, angenommen. Gleichzeitig wird die Differenz von Alltags- und mathematischer

Fachsprache angesprochen und der Prozess der Übersetzung von einer der beiden auf die jeweils andere als mathematische Handlungsdimension beschrieben.

Sprache tritt demnach auf verschiedene Weisen im Mathematikunterricht in Erscheinung und bietet unterschiedliche Handlungsdimensionen, um mathematische Problemstellungen zu erarbeiten. Dabei ist sowohl der kognitive Aspekt von Sprache, im Sinne einer Strukturierung der Gedanken, der Abstraktion von Begrifflichkeiten und Operationen, beteiligt, als auch der kommunikative Aspekt, im Sinne von Interpretation, Begründung, Definition und Beschreibungen.

Im folgenden Kapitel sollen die Erscheinungsweisen von Sprache im Mathematikunterricht genauer beleuchtet, differenziert und konkrete Anwendungen exemplarisch angeführt werden.

2.4 Alltags-, Bildungs- und Fachsprache

Sprache, als mehrdimensionale Struktur, lässt sich nicht bloß in Mitteilungs- und Kognitionsaspekte unterteilen. Als Mitteilungswerkzeug kommen ihr ebenso unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten, abhängig von dem jeweiligen Anwendungsbereich, zu. Spricht ein Nachrichtensprecher vor der Kamera anders als im privaten Umfeld mit seiner Frau, so trifft dies ebenso auf Lehrpersonal zu, das in der Klasse mit SchülerInnen anders kommuniziert als in der Freizeit mit dem Freundeskreis. Während in der Freizeit die Alltagssprache die vorherrschende Anwendungsvariante von Sprache darstellt, gilt es in Beruf- und Schulsituationen auf der Ebene von Bildungs- und Fachsprache zu interagieren. Es ist demnach zwischen Alltags-, Bildungs- und Fachsprache zu unterscheiden, die sich durch Satzstruktur, Vokabular und selbst durch Grammatik voneinander unterscheiden. Die Bildungssprache unterscheidet sich von jener des Alltags durch Passivformulierungen und Nominalisierungen und ist demnach durch eine starke Schriftsprachlichkeit und hohe Informationsdichte charakterisiert. Des Weiteren weist sie abstrakte Inhalte auf und ist von Sachlichkeit geprägt (vgl. OESZ, S. 8f)[15]. Im Folgenden werden einige Beispiele dargestellt, die die Charakteristika von Bildungssprache verdeutlichen sollen:

[15] Vgl. http://oesz.at/sprachsensiblerunterricht/UPLOAD/Praxisreihe_23web.pdf (Zugriff: 29.12.2016)

Alltagssprache	Bildungssprache
Hier sind ein paar Beispiele, die die Merkmale von Bildungssprache verdeutlichen.	Im Folgenden werden einige Beispiele dargestellt, die die Charakteristika von Bildungssprache verdeutlichen sollen
Das gilt nicht nur für dich!	Das ist objektiv gültig.
Wenn ich die Zahl außen mal den zwei inneren rechne, wird aus der Malrechnung eine Plusrechnung. Wenn ich die Zahl herausnehme, die in beiden Teilen enthalten ist, bekomme ich eine Multiplikation.	Durch das das Distributivgesetz kann ein Produkt in eine Summe umgewandelt werden und umgekehrt durch Herausheben gleicher Faktoren eine Summe in ein Produkt.

Tabelle 2-Beispiele zu Alltags- und Bildungssprache

Beispiel 1 hebt die Besonderheit des Bildungsvokabulars sowie die Passivformulierungen hervor. Selbiges gilt für Beispiel 3, das zudem die Nominalisierungen in der Bildungssprache herausarbeitet. Der zweite Satz liefert ein Beispiel für die Sachlichkeit, im Vergleich zur emotionsgebundenen Sprache des Alltags.

Die Bildungssprache bietet die Möglichkeit, abseits von Gesprächen mit engen Bekannten oder Verwandten, am gesellschaftlichen Leben, auf beruflicher oder schulischer Basis, aber auch beim Lesen von Zeitungen, bei Amtswegen oder im Zuge von E-Mailverkehr, teilzunehmen. Ziel der Schule ist demnach die Vermittlung bildungs- und fachsprachlicher Kompetenzen, die für den Wissenserwerb in den einzelnen Schulfächern, sowie der Teilnahme am gesellschaftlichen Leben, notwendig sind (vgl. ebd., S. 8). Vor allem für das Bewältigen von Textaufgaben im Mathematikunterricht ist das Schulen des sinnerfassenden Lesens, als Teilkompetenz von Bildungs- und Fachsprache, von enormer Bedeutung. Das österreichische Sprachen-Kompetenz-Zentrum (OESZ) nennt dabei folgende Fördertipps:

- „Den Schüler/innen Lesestrategien vermitteln. Überfliegendes und detailliertes Lesen üben, Fragen an den Text stellen.
- Aufgaben zur Textrekonstruktion und Gliederung einsetzen, z. B. mit Textpuzzles, Lückentexten, oder Überschriften zuordnen und nach Informationen suchen lassen.
- Sprachsensible Lesetexte zur Verfügung stellen, mit Überschrift, in Absätze gegliedert, mit fett markierten Schlüsselwörtern, begleitet durch einen Bildimpuls, eine Grafik, etc. Sprachschwachen Schüler/innen hilft eine klare Textgestaltung.“ (ebd., S. 13)

Was genau ist nun Fachsprache und wie ist sie in diese Dualität von Alltags- und Bildungssprache einzugliedern? An Beispiel 3 der oben angeführten Tabelle ist bereits ersichtlich, dass die Formulierung des Satzes ohne fachspezifische Begriffe der Mathematik nicht möglich wäre. Der Satz setzt bereits Begrifflichkeiten wie jene der Multiplikation und Addition voraus. Jeder Einsatz von Sprache im entsprechenden Unterrichtsfach bedarf demnach fachspezifischen Vokabulars und somit einer Fachsprache, die das Funktionieren von Unterricht gewährleistet. Fachsprache inkludiert dabei sowohl Fachbegriffe, als auch spezielle Textformen. So ist es im Mathematikunterricht unerlässlich, Begriffe wie Summand, Term, Funktion oder Vektor bereits frühzeitig zu klären und von besonderer Bedeutung, definitorisch zu arbeiten. Definitionen stellen spezielle Textformen der Mathematik dar. Bildungs- und Fachsprache weist zudem besondere fachsprachliche Wendungen („es gelte…“), Mehrwortkomplexe (Pfeilklasse, Grundrechenart, Dezimalbruchzerlegung, …) sowie trennbare Verben (abbilden, herausheben, ausmultiplizieren, …) auf (vgl. ebd., S. 8f). Auf Grund der hohen Informationsdichte ist sie auch – im Gegensatz zur Alltagssprache – nicht von Redundanz geprägt. Zusammenhänge sind oft durch kognitive Prozesse zu erschließen, ohne dass sie explizit im Text angesprochen werden.

Unterrichtssprache, als ein vollkommen neues Register der Sprachanwendung, setzt sich demnach aus Bildungs- und Fachsprache zusammen. Gleichzeitig ist Schule, und in weiterer Folge Unterricht, stets im Zusammenhang mit sozialem Austausch zu betrachten und kann daher nicht losgelöst von der Anwendung der Alltagssprache aufgefasst werden. Ziel des Unterrichts ist die Entwicklung bildungs- und fachsprachlicher Kompetenz, während die Alltagssprache stets einen Teil des Unterrichts darstellt. Unterrichtssprache setzt sich daher zusammengefasst aus allen Registern zusammen, soll jedoch das Verstehen bildungs- und fachsprachlicher Texte und Reden, sowie die Bewusstseinsbildung auf den Gebieten der drei Anwendungen gewährleisten und es den SchülerInnen ermöglichen, entscheiden zu können, wann das jeweilige Register zum Einsatz kommt. Gleichzeitig geht es um den Erwerb des Wechsels unterschiedlicher Darstellungsarten (vgl. ebd., S. 9f) von Bildungs- und Fachsprache, von Symbol zu Schrift, von Gleichung zu mündlicher Formulierung etc. Dies fördert ebenso das durchdringende Verstehen mathematischer Texte, Grafiken oder Aussagen wie das Formulieren und Begründen von Aussagen. Der Wechsel von einer mathematischen Textaufgabe zu einer Gleichung oder einem Diagramm, beziehungsweise die Formulierung einer Fragestellung, ausgehend von einer Gleichung, trainiert somit intensiv allgemeine Sprachkompetenz. Gleichzeitig ermöglicht Sprache erst die Teilnahme am Unterrichtsgeschehen.

Zusammenfassend lassen sich somit folgende Charakteristika mathematischer Texte hervorheben:

- Passivformulierungen
- Nominalisierungen
- starke Schriftsprachlichkeit
- hohe Informationsdichte, keine Redundanz
- abstrakte Inhalte
- Sachlichkeit
- Fachsprachtypische Begriffe und Wendungen
- Mehrwortkomplexe
- trennbare Verben
- implizite Zusammenhänge und Informationen

Dieser wechselseitige Einfluss von Sprache und Unterricht kann lediglich durch den Einfluss von Sprache auf tiefergelegene Medien begründet werden. So wurde der Zusammenhang von Sprache und Denken bereits des Öfteren angedeutet. Im Folgenden Kapitel soll diese Beziehung kurz dargestellt werden.

2.5 Sprache und Denken

Soll die Sprache tatsächlich Einfluss auf mathematische Fähigkeiten haben, beziehungsweise Mathematik die Sprachkompetenz fördern, erfordert dies einen existierenden Zusammenhang zwischen Sprache und kognitiven Prozessen. Bereits in den 1980er Jahren gingen die Anthropologen Edward Sapir und Benjamin Lee Whorf davon aus, dass Sprache das Denken determiniert (vgl. Beuing (2009), S. 63)[16]. Etwa ein Jahrhundert zuvor charakterisierte Lévi-Strauss allerdings die Sprachfähigkeit als Folge von bestimmten Denkweisen. Er bezieht sich dabei auf die aus einer ideologisch geprägten Denkweise resultierende Sprache (vgl. Konecny (2009), S. 109)[17]. Sowohl die sogenannte „Sapir-Whorf-Hypothese“ (Beuing (2009), S. 63) als auch die Annahme Lévi-Strauss` gehen von einem der beiden Register als Resultat des jeweils anderen aus.
Weinert betont in seiner Studie aus dem Jahre 2004, dass Sprache und Denken einander jedoch nicht determinieren, allerdings gegenseitig beeinflussen. Anders als Sapir, Whorf und Lévi-Strauss stellt er die Register somit in bidirektionale Beziehung (vgl. ebd., S. 63). Er unterstützt seine Hypothese mit Ergebnissen aus der Säuglingsforschung, in denen bestimmte Fähigkeiten der Wahrnehmung, Informationsverarbeitung und Gedächtnisleistungen, die von Geburt an vorhanden sind, bestätigt werden. Diese werden

[16] Vgl. Beuing, R.: Förderung von Spracherwerb und Intelligenz bei Kindern mit einer Spezifischen Spracherwerbsstörung. Tectum Verlag Marburg, 2009
[17] Vgl. Konecny, E.; Leitner, M.-L.: Psychologie. Braumüller Verlag Wien, 2009

als Voraussetzungen für den Spracherwerb aufgefasst. So ist beispielsweise das phonologische Arbeitsgedächtnis für das Lernen von Wortformen und das konzeptuelle Wissen für das Erlernen von Wortbedeutungen von großer Bedeutung. Andererseits bestätigt Weinert den Einfluss des lexikalischen Wissens auf das Arbeitsgedächtnis. Sprachliche Benennungen sollen bei Klassifizierungen von Objekten und deren kategorialer Unterscheidung helfen (vgl. ebd., S. 63f). Beobachtungen zur konzeptuellen Entwicklung bei gehörlosen Kindern mit eingeschränkter Sprachkompetenz wiesen Defizite im kognitiven Bereich dieser Kinder auf (vgl. ebd., S. 64). Andere Studien, beispielsweise jene von Klauer 1995, bestätigten den Zusammenhang induktiven Denkens und der Sprachentwicklung. Analoge Satzstrukturen wurden nach einer Schulung des induktiven Denkens besser analysiert, das heißt Regelhaftigkeiten entdeckt und diese auf sprachliches Material transferiert (vgl. ebd., S. 65).

Eine bidirektionale Beziehung von Denken und Sprache erfordert ein Denken mit sprachlichem Charakter beziehungsweise eine Sprache, die Gedanken zum Ausdruck bringt. Es ist allerdings noch zu klären, ob Denken auch ohne Sprache existieren kann. Unser Denken findet in Begriffen statt (vgl. Konecny (2009), S. 105). Diese Begriffe erfassen Merkmale von Objekten, somit wird in weiterer Folge jedes Objekt einem Begriff zugeordnet und nach gemeinsamen Merkmalen in Kategorien zusammengefasst. Diese Begriffe werden mit Namen bezeichnet, sind aber nicht mit diesen gleichzusetzen, sondern „das von einer Sache geistig Erfasste“ (Konecny (2009), S. 105) und damit Teil des Gedächtnisses. Erst der Name stellt eine Ausdruckseinheit dar, der Begriff ist lediglich der semantische Inhalt (vgl. Konecny (2009), S. 105).

Der Name, oder besser das Lautbild, dient dem Ausdruck des semantischen Inhalts, der Vorstellung. Das Lautbild wird in der Literatur oft mit dem Begriff des Signifikanten, des Bezeichneten, ausgedrückt, während der semantische Inhalt mit dem Begriff des Signifikaten, des Bezeichnenden beschrieben wird (vgl. Saussure (2001), S. 78f)[18]. Diese Bezeichnungen gehen auf Ferdinand de Saussure zurück, der die Arbitrarität der Zuordnung dieser Seiten betonte (vgl. ebd., S. 79/309). Auch wenn die Zuordnung von Lautbild und Vorstellung zufällig geschieht, rekurrieren Signifikante dennoch stets auf einen entsprechenden Inhalt, weshalb Signifikate nie als von der Sprache losgelöste Einheiten betrachtet werden können (vgl. Münker, Roesler (2012), S. 3)[19]. Wie verhält es sich jedoch mit Gedächtnisinhalten, die nicht zum Ausdruck gebracht werden? Gibt es ein sprachloses Denken? Es existieren ganze Abhandlungen, die sich mit dieser Frage beschäftigen. So

[18] Vgl. Saussure, F. de; Bally, C. (Hg.); Sechehaye, A. (Hg.): Grundfragen der allgemeinen Sprachwissenschaft. De Gruyter, Berlin und New York 2001, 3. Auflage
[19] Vgl. Münker, S; Roesler, A.: Poststrukturalismus. J. B. Metzler‘sche Verlagsbuchhandlung und Carl Ernst Poeschel Verlag GmbH und Springer-Verlag GmbH Deutschland, Stuttgart 2012

liefert beispielsweise Dieter Lohmar in seiner Publikation „Denken ohne Sprache. Phänomenologie des nicht-sprachlichen Denkens bei Mensch und Tier im Licht der Evolutionsforschung, Primatologie und Neurologie“ (2016)[20] Belege für die Existenz sprachlosen Denkens. Dabei kommt es zur Darstellung des nicht-sprachlichen Repräsentations-Systems (NSRS), das beispielsweise Tagträume inkludiert. Lohmar charakterisiert diese Tagträume als „handelnden Umgang mit Problemen“ und damit als rationalen Bestandteil unseres Erlebens (vgl. ebd., S. 85). Auch Gefühle sind Teil dieses nicht-sprachlichen Repräsentations-Systems (vgl. ebd., S. 102f). Besonders hervorzuheben ist der Vergleich sprachlicher und nicht sprachlicher Gedanken. Komplexe Sachverhalte, wie beispielsweise das Formulieren einer komplexen Satzabfolge, haben einen erheblich höheren Zeitaufwand als das gedankliche Formen von Sachverhalten. „Wir wissen bereits genau […] was wir eigentlich meinen, d.h. was wir formulieren wollen.“ (ebd., S. 184). Lohmar verweist in seiner Darstellung auch auf den Algebraiker B. L. van der Waerden, der die These vertrat, dass mathematisches Denken auch ohne die Verwendung von Sprache möglich sei. Dabei bezieht er sich auf die Schneckenlinie von Pascal:

> „Die Konstruktionsvorschrift dieser Kurve ist einfach: Von einem willkürlich gewählten Punkt auf einem Kreis aus zieht man Linien durch alle anderen Punkte dieses Kreises und trägt dann von den so gewonnenen Schnittpunkten aus jeweils eine fest gewählte Strecke nach beiden Richtungen ab. Die Schnittpunkte mit der jeweiligen Geraden werden dann miteinander verbunden und ergeben eine Kurve, die Pascal Limaçon genannt hat.“ (Lohmar (2016), S. 260)

Er postuliert dabei unterschiedliche Assoziationen:

1) eine motorische Vorstellung der Konstruktion
2) eine visuelle Vorstellung der Limaçon
3) den begrifflichen Namen der Kurve
4) ihre Funktionsgleichung (vgl. ebd., S. 260).

Es sei jedoch nur die erste Vorstellung notwendig. Hat man sie vergessen, kennt man den Begriff (als sprachlichen Gedanken und nicht lediglich als gesprochenes Wort) auch nicht mehr (vgl. ebd., S. 260). Der Wert des Begrifflichen soll jedoch nicht vollkommen in den Hintergrund rücken. So betont Lohmar die Möglichkeit der Hilfestellung von Begriffen, um Lösungsansätze mitteilen zu können (vgl. ebd., S. 262).

---

[20] Lohmar, D.: Denken ohne Sprache. Phänomenologie des nicht-sprachlichen Denkens bei Mensch und Tier im Licht der Evolutionsforschung, Primatologie und Neurologie. Springer International Publishing, Switzerland 2016

Der Zusammenhang beider Register begründet nun die **Kommunikationsfunktion** der Sprache, um kognitive Inhalte auszudrücken und am sozialen Geschehen teilzunehmen, sowie die **Kognitionsfunktion** von Sprache, Begriffe der Umwelt zu ordnen, zu strukturieren und zu abstrahieren. Beide Funktionen finden sich im Mathematikunterricht. So betonen Fröhlich und Prediger in ihrem Artikel „Sprichst du Mathe? Kommunizieren in und mit Mathematik“[21] die Notwendigkeit kommunikationsintensiven Unterrichts. Dabei unterscheiden sie den gezielten Einsatz von Sprache beim Erkunden, Sammeln und Vergleichen mathematischer Inhalte von jenem, der in weiterer Folge dem Aufbau sprachlicher Kompetenzen dienen soll. Für beide Anwendungsgebiete werden kommunikationsintensive Methoden vorgestellt, die sowohl zur Förderung mathematischer Fertigkeiten, als auch allgemeiner Sprachkompetenz beitragen sollen. Es geht demnach darum, mit Hilfe von Sprache, eigene Strategien und Wege zu Begriffen und Verfahren zu finden und Problemlösestrategien zu entwickeln (vgl. ebd., S. 4). Sprache fördert mathematische Fertigkeiten. Fröhlich und Prediger nennen in diesem Zusammenhang die Methode des Gruppenpuzzles (siehe Beschreibung: Kapitel 3). Im Mathematikunterricht können zudem, wenn Begriffe und Techniken bereits erworben wurden, der Umgang in Gesprächssituationen geschult und die Argumentation und das Begründen, sowie das Zusammenfügen unterschiedlicher Aspekte, trainiert werden. Dazu betonen Fröhlich und Prediger die Notwendigkeit fordernder mathematischer Inhalte, um einen „authentischen Kommunikationsanlass“ zu schaffen, „in dem präzises und effektives Kommunizieren tatsächlich wichtig ist“ (ebd., S. 9). Mathematische Konzepte sollen zur Kommunikation angewandt werden. Sie nennen in ihrem Artikel exemplarisch das Schreiben eines Briefes an die Mousse-Firma, in dem, mit Hilfe der Anwendung des Verhältnis-Konzepts, erläutert werden soll, dass Mousse – im Vergleich zu Joghurt – doch zu einer höheren Gewichtszunahme führt (vgl. ebd., S. 10). Außerdem bieten Methoden, wie jene der Konstruktionsbeschreibungen, die Möglichkeit, die Notwendigkeit präziser Sprache zu erkennen. Mathematik trainiert allgemeine Sprachkompetenz.

Sprache ist omnipräsent und findet auf unterschiedlichen Ebenen ihre Anwendung. Ob als Handlungsmedium im Mathematikunterricht als Darstellungs-, Beschreibungs-, Interpretations- oder Operationsmittel verbindet sie die Funktion des Kommunizierens mit der Funktion des Denkens und Strukturierens und verknüpft als Unterrichtssprache Alltags-, Bildungs- und Fachsprache. Sie ermöglicht die Förderung mathematischer Fähigkeiten kann jedoch gleichzeitig durch mathematische Konzepte selbst geschult werden. Im folgenden Kapitel sollen einige konkrete Methoden aufgezeigt werden, um Sprache im Mathematikunterricht zu fördern.

---

[21] Vgl. http://www.mathematik.uni-dortmund.de/~prediger/veroeff/08-PM24-Kommunizieren-Froehlich-Prediger-Vorversion.pdf (Zugriff: 29.12.2016)

3. Methoden zur Förderung allgemeiner Sprachkompetenz

Fröhlich und Prediger (2008) führen in ihrem Artikel einige Methoden an, die kommunikationsintensiven Unterricht gewährleisten sollen. Dabei beziehen sie sich auf die oben beschriebene Unterscheidung von Sprache beim Erkunden, aber auch das Sammeln und Vergleichen von Ergebnissen und Handlungsweisen, und beschreiben Sprache als Mittel zur Förderung allgemeiner Sprachkompetenz. Methoden wie das Gruppenpuzzle, Gruppenexploration oder die „nummerierten Köpfe“ sollen dabei durch Verbalisierung zu einem Verständnis mathematischer Inhalte führen. Lernsituationen, die Methoden wie „Geben und Nehmen“, Konstruktionsdiktate oder diskursive Klassengespräche beinhalten, sollen dabei dem Aufbau von Sprachkompetenz dienen.

In diesem Kapitel sollen Methoden bestimmt und konkretisiert und vor dem Hintergrund einer anderen Kategorisierung beleuchtet werden. Ich werde Abstand von der wechselseitigen Beeinflussung mathematischer Fertigkeiten und Sprache nehmen und ausgehend von der Doppelfunktion von Sprache im Sinne eines Kognitions- beziehungsweise Kommunikationsmittels, eine von Fröhlich und Prediger unabhängige Einteilung durchführen, die Mathematik als Mittel zum Erwerb allgemeiner Sprachkompetenz charakterisieren soll.

Als Kognitionsfunktion, oben beschrieben als Mittel zur Ordnung, Strukturierung und Abstrahierung der Begriffe der Umwelt, ermöglicht Sprache die Einteilung in Begriffskategorien. Als Kommunikationsfunktion, als Fähigkeit, kognitive Inhalte auszudrücken und am sozialen Geschehen teilzunehmen, ermöglicht der Einsatz von Sprache die Förderung von Sprachproduktion. Als Bindeglied dieser beiden Funktionen kommt dem Mathematikunterricht noch eine weitere dritte prozessorientierte Kompetenz zu, die Schulung sinnerfassenden Lesens im Zusammenhang mit der inhaltsorientierten Kompetenz der Bearbeitung von Textaufgaben. Während sinnerfassenden Lesen oft auf den Deutsch- oder Fremdsprachenunterricht reduziert wird, darf die Bedeutung und der Einfluss dieser Fähigkeit auf andere Lebensbereiche nicht unterschätzt werden. Sinnerfassendes Lesen ist daher auch im Mathematikunterricht durch die bewusste Wahl sprachintensiver Methoden zu schulen.

Der kognitive und kommunikative Einsatz von Sprache, sowie die intensive Beschäftigung mit Lesestrategien im Mathematikunterricht führen im ersten Schritt zu einem tieferen Verständnis mathematischer Inhalte, allerdings, in einem weiteren Schritt, zu einer umfassenderen Sprachkompetenzentwicklung in außermathematischen Bereichen.

Die Methoden dieses Kapitels werden gemäß der Doppelfunktion von Sprache und dem Stellenwert sinnerfassenden Lesens in drei Kategorien eingeteilt:

1) Kognitiver Einsatz von Sprache im Sinne einer Begriffskategorisierung
2) Kommunikativer Einsatz von Sprache im Sinne eines Formulierens, Begründens
3) Sinnerfassendes Lesen als kognitiv-kommunikativer Einsatz von Sprache

Sämtliche Methoden entstammen der Methodensammlung von Bärbel Barzel, Andreas Büchter und Timo Leuders: „Mathematik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe 1 und 2“[22].

3.1 Kognitiver Einsatz von Sprache

Im Zuge der folgenden Methoden wird das Kategorisieren und Gruppenbilden von Fachvokabular geübt. Die Strategien, die zur Kategorienbildung führen, können auf außermathematische Situationen übertragen werden. Durch die Einteilung in Ober- und Unterbegriffe kann ein vielfältigeres und in sich kohärenteres Begriffsmodell und damit ein semantisches Netz entwickelt werden, das dem erfolgreichen Einsatz von Sprache dient. So kann der Umgang mit Ober- und Untergruppen im Mathematikunterricht Hilfestellungen zur Einteilung in Ober- und Unterbegriffe im Alltag bieten.

Die Beschäftigung mit Eigenschaften von Objekten und dem daraus resultierenden Kategorisieren dieser Objekte kann exemplarisch durch den Einsatz folgender vier kommunikationsintensiver Methoden gewährleistet werden:

1) Was bin ich?
2) Passt – Passt nicht
3) Steckbrief
4) Mathe-Panini

Die Methode **„Was bin ich“** teilt die Klasse in zwei Teile, bestehend aus einem Rateteam und einem Schüler/einer Schülerin beziehungsweise der Lehrperson, der/die ein mathematisches Objekt darstellt, welches das Rateteam herauszufinden hat. Dies soll mit Hilfe von Fragen des Rateteams, auf die, von Seiten des Darstellers des mathematischen Objekts, leidglich mit „Ja“ oder „Nein“ geantwortet werden darf, bewerkstelligt werden.

Die Anwendung dieser Methode bedarf offensichtlich bereits der Kenntnis bestimmter Objekte und deren Eigenschaften. So eignet sie sich nicht zum Erkunden und Sammeln

[22] Barzel, B.; Büchter, A.; Leuders, T.: Mathematik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe 1 und 2. Cornelsen Schulverlaage GmbH, Berlin 2014

mathematischer Inhalte, jedoch hervorragend zum Wiederholen und Vertiefen ebendieser. Es geht um eine präzise Definition der Objekteigenschaften (vgl. ebd., S. 238) und damit um ein Verdeutlichen der Wichtigkeit definitorischen Arbeitens. Gleichzeitig eröffnet die Auseinandersetzung mit Eigenschaften Vergleichsmöglichkeiten innerhalb und Abgrenzungsmöglichkeiten außerhalb eines mathematischen Themenbereichs. Soll die Methode dem Üben geometrischer Objekte dienen, so können Gemeinsamkeiten zwischen Quadrat, Parallelogramm beziehungsweise Unterschiede zu Dreiecken verdeutlicht werden. Im Sinne der kognitiven Funktion von Sprache wird das Ordnen und Strukturieren der Begriffe geschult. Als Alternative gilt die Methode **„Steckbrief“**, bei der die Eigenschaften erst alleine notiert werden und im Anschluss das Rateteam, an Hand dieser Eigenschaften, das jeweilige Objekt erraten soll.

Die Methode **Passt – Passt nicht** ähnelt der Methode „Was bin ich?“. Das Rateteam muss allerdings hier durch das Ordnen von Objekten nach einer bestimmten Eigenschaft, die zugehörige Zuordnungsregel herausfinden. So können beispielsweise Funktionen gemäß ihrer Stetigkeit, oder Wahrscheinlichkeiten gemäß ihrer Verteilung geordnet werden. Eine ausgewählte Person trennt mit diesem Wissen sodann sämtliche stetige Funktionen von unstetigen beziehungsweise binomialverteilte Zufallsvariablen von hypergeometrischen Zufallsvariablen. Aufgabe des Rateteams ist es bei diesen Beispielen die Zuordnungsregel „Stetigkeit“ beziehungsweise „Verteilung“ herauszufinden und diese in Form einer Regel zu formulieren. Die Methode „Passt – Passt nicht“ unterscheidet sich von „Was bin ich?“ durch die Notwendigkeit einer bidirektionalen Verarbeitung im Gehirn. So müssen Eigenschaften bestimmter Objekte nicht bloß bekannt sein, sondern zusätzlich Unterschiede zu anderen Objekten bewusstgemacht werden können. Hier wird somit der Komplexitätsbereich des Einsetzens von Grundkenntnissen und -fertigkeiten (K1) überschritten und jener des Herstellens von Verbindungen (K2) betreten. Unterschiedliche Begriffe, Eigenschaften und Sätze müssen verglichen werden, die alleinige Wiedergabe ebendieser ist unzureichend.

Auch diese Methode eignet sich lediglich zum Wiederholen, Vertiefen und Vernetzen und nicht zum Sammeln und Erkunden neuer Informationen. Es ist Wissen auf Komplexitätsstufe 2 vorauszusetzen. Der mehrdimensionale Charakter dieser Methode äußerst sich nicht bloß in dem bidirektionalen Verarbeitungserfordernis, sondern trainiert neben kognitiven Aspekten von Sprachgebrauch auf Seiten jener Person, die für die Zuordnung zuständig ist, die Sprachproduktionsfähigkeit einzelner SchülerInnen auf Seiten des Rateteams. Auf Grund der Aufgabe, die Zuordnungsregel herauszufinden, muss diese zugleich formuliert werden. Es bedarf der Fähigkeit einen bildungssprachtypischen Satz zu formulieren und somit auf präzise und grammatikalisch korrekte Sprachverwendung zu achten und gegebenenfalls Fachwörter kontextbezogen anzuwenden.

Anlehnend an die Panini-Sammelhefte der Supermärkte geht es bei der Methode **„Mathe-Panini“** nicht um das Tauschen von Stickern, sondern um das Tauschen mathematischer Fachbegriffe. Wenn ein Begriff verstanden und auf bildungssprachlichem Niveau, das heißt in ganzen, grammatikalisch richtigen Sätzen, mit Hilfe des Einsatzes anderer bereits gelernter mathematischer Redewendungen und Begriffe, erklärt werden kann, darf er in das Mathe-Panini eingetragen werden. Ziel ist es, das Heft zu vervollständigen und somit ein mathematisches Wörterbuch aufweisen zu können. Die Begriffe sind dabei jedoch nicht wahllos in das Heft einzutragen, sondern gemäß ihrer Beziehung zueinander. Dabei kann die Anordnungsregel frei wählbar, allerdings zu begründen sein oder man einigt sich im Vorhinein auf eine bestimmte Sortierregel, nach der geordnet werden soll. Es fördert sowohl kommunikative Leistungen zur Beschreibung und Definition bestimmter Begriffe, als auch kognitive Leistungen im Sinne eines Abrufens von Wissen und Ordnens und Strukturierens (mathematischer) Begriffe.

Diese vier Methoden verdeutlichen bereits, dass eine Trennung kognitiver und kommunikativer Anwendungen von Sprache nicht möglich ist. Zwar gibt es Methoden, die vorwiegend das Strukturieren und das Kategorienbilden schulen sollen, jedoch häufig im Austausch mit KlassenkollegInnen und der Lehrperson, und somit in einem kommunikativen Austausch, stattfinden. Das Sammeln und Vergleichen ist zentrale Handlungsdimension im Mathematikunterricht. Es ermöglicht eine Erweiterung oder sogar einen Wechsel der Perspektive, vergrößert somit den Betrachtungshorizont und führt zu Ergebnissen und Ideen, die jene einer Einzelperson weit überschreiten. Daher geht es bei den folgenden Methoden vorrangig um den kommunikativen Einsatz von Sprache, also um das Unterrichtsgespräch selbst. Die eigene Produktion verbaler als auch schriftlicher Bildungssprache soll geübt und gruppendynamische Prozesse erfahrbar gemacht werden. Das schriftliche beziehungsweise verbale Anwenden von Argumentieren, Diskutieren und Formulieren kann in weiterer Folge auf außermathematische Situationen, Gespräche oder Kommunikation allgemein übertragen werden.

3.2 kommunikativer Einsatz von Sprache

Ich möchte die kommunikationsintensiven Methoden wiederum in drei Kategorien unterteilen. Sie alle dienen dem Ziel Handlungs-, Diskurs-, Strategie- und Grammatikkomponente allgemeiner Sprachkompetenz zu fördern, setzen allerdings unterschiedliche Schwerpunkte. Teil 1 des kommunikativen Einsatzes von Sprache trainiert die eigene Sprachproduktion. Hierbei geht es vorrangig um schriftliche Produktion. Teil 2 soll den sozialen Aspekt von Sprache durch Einsatz gruppendynamischer Prozesse schulen und Teil 3 gezielt den sprachlichen Ausdruck verbessern. Sie beschäftigen sich demnach vorrangig mit verbaler Produktion.

3.2.1 Eigene schriftliche Produktion:

Die Verschriftlichung oder das Textschreiben sind Begriffe, die häufig dem Sprachenunterricht alleine zugeschrieben werden. Im Verlauf meiner Arbeit wurde jedoch mehrmals die Bedeutung des Zusammenhangs von Sprache und kognitiven Prozessen betont und die Möglichkeit erörtert, durch Sprache Gedanken zu ordnen und Lösungsstrategien zu entwickeln. Die kognitive Funktion von Sprache ist Begründungsbasis für die Sinnhaftigkeit von Verschriftlichung im Mathematikunterricht. So kann kognitiv Verarbeitetes durch Sprachproduktion verlautbart werden, aber auch in die Gegenrichtung, durch Verschriftlichung Gedanken geordnet werden. Im Folgenden werden einige Methoden vorgestellt, die durch ihren Schreibprozess sowohl Ordnungs- und Abstrahierungswerkzeug darstellen, gleichzeitig jedoch unabhängig des zu bearbeitenden mathematischen Inhaltes direkt die Fähigkeit der Sprachproduktion fördern. Schreiben lernt man, indem man schreibt.

1) Aufgabenkartei
2) Mathemaler
3) Mathequiz
4) Portfolio
5) Lerntagebuch
6) Redaktion

Die Methode **„Aufgabenkartei“** wurde bewusst als erste Methode gewählt, da sie den kommunikativen Einsatz von Sprache mit mathematischen Textaufgaben, die den Schwerpunkt des fünften Kapitels darstellen, verknüpft und somit ein vertrauter Umgang mit diesen erzeugt werden kann.

So sollen im Zuge der „Aufgabenkartei“ selbst (Text-)Aufgaben erstellt werden, die als Arbeitsmaterial für die Klasse dienen sollen. Dabei ist somit zu allererst eine genaue Formulierung der Angabe von Nöten. Ohne konkrete Informationsangaben, sowie eindeutig gestellte Frageformulierungen kann eine Textaufgabe nicht sinngemäß bearbeitet werden. Sämtliche Hinweise für das Verfassen von Textaufgaben müssen hierfür selbstverständlich im Vorhinein zur Genüge besprochen worden sein. Um dies zu bewerkstelligen, können bereits bestehende Textaufgaben genauer untersucht und analysiert werden. Durch diese intensive Beschäftigung mit Textaufgaben, können gleichzeitig Hemmschwellen gegenüber Textaufgaben aufgelöst und die SchülerInnen mit diesen vertraut gemacht werden. Die

Methode „Aufgabenkartei“ steht damit in direktem Zusammenhang mit den Methoden aus Kapitel 3.3 und dem darin beschriebenen „gemeinsamen Lesen von Textaufgaben“. Es handelt sich hierbei um eine Methode der Komplexitätsstufe 3 (K3), da die selbst produzierten Formulierungen lediglich durch Anwendung von Reflexionswissen als verständlich charakterisiert werden können.

Daran anlehnend ist der sogenannte **„Mathemaler“** zu erwähnen. Je nach Klassengröße oder vorhandene Zeit werden Paare oder zwei Gruppen gebildet. Jeweils ein Schüler/eine Schülerin zieht eine Karte mit einer Rechengeschichte oder einer ausgewählten Textaufgabe, die er/sie in weiterer Folge aufzeichnen soll. Die anderen SchülerInnen oder der/die andere SchülerIn muss die Frage der Rechengeschichte oder der Textaufgabe herausfinden und eine eindeutige Fragestellung formulieren. Neben der Schulung des Darstellungswechsels und der Sprachproduktion müssen auch hier entweder im Vorhinein Textaufgabenformate und -charakteristiken, wie Aufbau, anschließende Fragstellung und mögliche bildungssprachtypische Phrasen, thematisiert worden sein, oder im Nachhinein zusammengefasst werden. Dabei können Schwierigkeiten oder Ungenauigkeiten, die während der Umsetzung der Methode aufgetreten sind, als Rückbezug gewählt werden, um diese zu beseitigen. Der Mathemaler eignet sich demnach sowohl als Methode zur Vertiefung und Wiederholung von Inhalten, als auch als möglicher Einstieg für die Auseinandersetzung mit Textaufgaben. Da es genügt Fragestellungen zu formulieren, müssen Form und Eigenschaften von Textaufgaben noch nicht thematisiert worden sein.

Das **„Mathequiz“** bietet eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten. Neben dem klassischen Format, schriftlich gestellt Fragen mündlich zu beantworten, können diese auch mündlich gestellt und schriftlich beantwortet werden. Die Antworten können in einem weiteren Schritt verglichen werden und auch hier Hindernisse aufgedeckt und mit ihnen weitergearbeitet werden. Dabei soll auf unterschiedliche Formulierungen Bezug genommen, eventuell falsch gewählte Rechenoperationen analysiert und inadäquate Deutungen der Lösung richtiggestellt werden. Textaufgaben eignen sich bei dieser Methode allerdings selten, da die Antworten kurz und prägnant sein sollten. Gleichzeitig sollte die Beantwortung der Frage nicht zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Dennoch kann auf schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Frage genauer eingegangen werden, um analoge Hindernisse bei Textaufgaben ausfindig machen zu können.

Die drei weiteren Methoden **„Portfolio“, „Lerntagebuch“** und **„Redaktion“** unterscheiden sich von den vorherigen, durch die Teilkomponente allgemeiner Sprachkompetenz, die durch sie verstärkt werden soll. Während bei den bisher genannten Methoden zur Sprachproduktion konkrete Formulierungen von Einzelaussagen oder Kurzangaben produziert werden sollten, geht es bei den Methoden „Portfolio“, „Lerntagebuch“ und

„Redaktion“ um das Verfassen ganzer Hefte und vollständiger Texte oder Aufsätze. Diese Methoden verlangen somit die Produktion kohärenter Texte, also das kognitive Strukturieren bestimmter mathematischer Inhalte und das bewusste produktive Anordnen dieser mathematischen Teilinformationen in eine Gesamtinformation. Das heißt, wie können Informationen zu einer Gesamtheit abstrahiert werden und wie kann diese Gesamtheit sinnhaft formuliert werden? Auch hier tritt der Zusammenhang kognitiver und kommunikativer Funktionen von Sprachen in den Vordergrund. Gleichzeitig kann erneut eine Brücke zu Textaufgaben geschaffen werden, da die mathematischen Inhalte auch hier kognitiv zu einer Gesamtheit abstrahiert werden müssen. Zwar geht es bei diesen nicht um das Verfassen eines kohärenten Textes, doch wenn das Erstellen von Portfolios, Lerntagebüchern oder Zeitschriften das kohärente Schreiben von Texten mit Beihilfe kognitiver Strukturierungsprozessen fördert, muss davon ausgegangen werden, dass diese Strukturierungsprozesse auch die Sprachrezeption, im Sinne eines Leseverständnisses, beeinflussen.

3.2.2 Gruppendynamik

In Auseinandersetzung mit den Ideen und Anregungen anderer ist Kommunikation zur erfolgreichen Bewältigung der Problemstellung unumgänglich. Soll Unterricht schülerzentriert und ertragreich ablaufen, ist es wichtig diese selbstständig und gegebenenfalls miteinander arbeiten zu lassen. Um erfolgreich gemeinsam arbeiten zu können, bedarf es der Fähigkeit eigene Gedanken entsprechend auszudrücken, Gruppenmitglieder mittels stichhaltiger Argumentation von der eigenen Meinung zu überzeugen, aber auch anlehnend an geltende Sozialnormen und zu günstig gewählten Zeitpunkten zu agieren. Sprechen und sprechen lassen muss im passenden Verhältnis geschehen. Gruppen setzen sich aus unterschiedlichen Mitgliedern mit unterschiedlichem Status zusammen. Es gilt diesen auch bei spontan zusammengeführten Gruppen, wie es im Mathematikunterricht der Fall ist, erst zu erlangen. Diskurs- und Strategieaspekt allgemeiner Sprachkompetenz wird hier demnach einerseits vorausgesetzt, kann allerdings ebenso trainiert werden. Kommunikativer Austausch kann lediglich im sozialen Geschehen selbst geübt werden. Sprech- und Höraspekt, und damit die auditive Komponente sprachlicher Kompetenz, stehen im Zentrum.

Diese sozialen Teilaspekte stellen die Struktur folgender Methoden dar:

1) Gruppenexploration
2) Gruppenpuzzle, auch: „Expertenrunde
3) Gutachten
4) Ich-Du-Wir auch „Strategiekonferenz“

5) Knobelteam
6) Lawine
7) Placemat
8) Streitgespräch
9) Diskursive Klassengespräche

Die Methoden sollen an dieser Stelle nicht separat beschrieben werden, da dies den Umfang der Arbeit sprengen würde. Allerdings ist zu erwähnen, dass sämtliche Methoden einer hohen Komplexitätsstufe zuzuschreiben sind, da das Reflektieren für Argumentation und Verknüpfen von großer Wichtigkeit ist.

Die meisten dieser Methoden bedürfen der Sozialform **„Gruppenarbeit“**. Während die **„Gruppenexploration“** die Möglichkeit bietet, sich mit einer Vielzahl an Beispielen auseinander zu setzen und Gemeinsamkeiten aufzudecken, um somit eine zusammenfassende Wirkung zu erzielen, geht es bei Methoden wie **„Gutachten“, „Ich-Du-Wir“, „Placemat“, „Lawine“, „Streitgesprächen“** und **diskursiven Klassengesprächen** nicht um ein Zusammenfassen, sondern das Argumentieren, Begründen und Erklären von Ideen, der Wahl bestimmter Methoden und gegebenen Antworten. Bei der Methode „Gutachten“ sollen SchülerInnengruppen Lösungen zu bestimmen Problemstellungen finden. Diese können zwar alle plausibel sein, es muss allerdings argumentiert werden, wieso die eigene Lösung die beste Lösungsvariante darstellt. Die unterschiedlichen Anregungen und Ideen, die durch „Ich-Du-Wir“, „Placemat“ und „Lawine“ entstanden sind, sind weniger als konkurrierend zu betrachten, als gewinnbringend, um unterschiedliche Standpunkte kennenzulernen und diese als Möglichkeit zur Perspektivenerweiterung und Fehleraufdeckung betrachten zu können. Unabhängig von ihrem Ziel, das erreicht werden soll, bieten sie alle die Möglichkeit des Austauschs. Durch die bewusste Wahl bestimmter Argumente und der Begründung beschriebener Zusammenhänge, werden durch gruppendynamische Prozesse, ebenso wie im Zuge der Schriftproduktion, Sprachkompetenz und mathematische Inhalte zu gleichen Teilen verbessert.

Auch hier kann schon ein Bezug auf mathematische Textaufgaben hergestellt werden. Bei Methoden wie „Gruppenexploration“ können verschiedene Arten von Textaufgaben untersucht werden. So könnten beispielsweise Textaufgaben, die einen Darstellungswechsel von Funktionsgraph zu Funktionsgleichung bedingen, zusammengefasst werden und von jenen unterschieden werden, die ohne einen Graphen auskommen. Oder es können Textaufgaben, deren Formulierung die Bezeichnung des gesuchten Wertes explizit beinhalten, von jenen unterschieden werden, deren gesuchte Zahl erst aus der Angabe impliziert werden muss. Bei der Methode „Gutachten“ müssen nicht zwangsweise Probleme fiktiver Firmen dargelegt werden. Es können ebenso gut Textaufgaben bearbeitet werden, die unterschiedliche Bearbeitungsstrategien zulassen. Im Zuge diskursiver Klassengespräche kann die Bearbeitung einer konkreten Textaufgabe analysiert werden.

3.2.3 Ausdruck

Ging es bei obigen Methoden vor allem um die soziale Struktur, die sie aufweisen, stellen die drei folgenden Methoden Handlungsweisen dar, die den bewussten Umgang und die Förderung von Ausdrucksfähigkeit zum Ziel haben. Sie sind demnach nicht auf Grund ihrer Struktur, sondern auf Grund ihrer Zielgerichtetheit gruppiert worden. Ziel stellt hier nicht die Aneignung von Wissen dar, sondern die bewusste gesprochene Anwendung von Bildungssprache und somit der Übermittlung der zuvor gesammelten Information, in prägnanter und wohlformulierter Weise. In Kapitel 4.2.4 soll auf die Bedeutung des vertrauten Umgangs mit Bildungssprache noch genauer eingegangen werden. Bildungssprache agiert hier demnach nicht als Mittel zur Wissensaneignung, sondern als Ausdrucksmittel. Neben den offensichtlich zentralen Aspekten der Grammatik und des Diskurses sollen diese Methoden zudem sozialsprachliche Fähigkeiten, durch das Üben von Reden vor Gruppen, verbessern.

Diese Methoden sind beispielsweise:

1) Präsentation
2) Museumrundgang

Der **„Museumrundgang“** ist eine spezielle Form der Präsentationen, in dem jeder Schüler und jede Schülerin (oder jede Gruppe) eine Station oder ein Plakat zu einem bestimmten Thema vorbereitet. Diese werden im Anschluss in der Klasse angeordnet. Die „Museumsbesucher“, das heißt die Klasse, wandern sodann von Plakat/Station zu Plakat/Station, während die jeweiligen Zuständigen ihr Plakat/ihre Station betreuen.

Auch bei den „**Konstruktionsdiktaten“** ist ein gewählter Ausdruck unerlässlich. Dabei tastet ein Schüler oder eine Schülerin blind ein Objekt ab und soll es den übrigen SchülerInnen beschreiben. Deren Aufgabe ist es, dieses beschriebene Objekt zu zeichnen und zu erraten. Von Seiten der übrigen SchülerInnen ist eine Kenntnis der Fachbegriffe von Nöten, von Seiten der tastenden Person ist neben dieser Kenntnis auch ein vertrauter Umgang mit bildungs- sowie unterrichtssprachtypischen Phrasen obligatorisch.

Dieser vertraue Umgang mit Sprache ist, so wie in Kapitel 4.2.4 noch genauer ausgeführt, auch für die Bearbeitung mathematischer Textaufgaben unerlässlich.

3.3 Sinnerfassendes Lesen als kognitiv-kommunikativer Einsatz von Sprache

Der Einsatz von Sprache reduzierte sich in den Kapiteln 3.1 und 3.2 auf Sprechen, Hören und Schreiben. Das folgende Kapitel soll der vierten Komponente, dem Lesen, gewidmet werden, da Studien wie PISA sinnerfassendes Lesen als Voraussetzung zur schulischen und beruflichen Weiterbildung sowie zur Teilnahme am gesellschaftlichen Leben allgemein betrachten und die umfassenden Auswirkungen mangelnder Lesekompetenz auf ebendiese Bereiche aufzeigen.

Sinnerfassendes Lesen ist somit nicht auf den Sprachenunterricht zu reduzieren, da erst durch das Verstehen gelesener Sachtexte die Teilnahme am Unterricht gewährleistet werden kann. Im Mathematikunterricht steht neben Sachtexten vor allem die Bearbeitung mathematischer Textaufgaben im Vordergrund. Kann die Textaufgabe nicht sinngemäß gelesen werden, ist eine Bewältigung der Problemstellung unmöglich.

Folgende exemplarisch dargestellte Möglichkeiten stehen der Lehrperson zur Verfügung, um bewusst die Lesefähigkeit der SchülerInnen zu verbessern oder zu optimieren:

1) Lückentext in Partnerarbeit
2) Gemeinsames Lesen von Textaufgaben

Das **gemeinsame Lesen von Textaufgaben** lässt Strategien entwickeln, die die Lesekompetenz verbessern können. Textaufgaben beeinflussen demnach die Fähigkeit zum sinnerfassenden Lesen und begünstigen somit die Teilnahme am gesamten Unterrichtsgeschehen. Fraglich ist ob eine bidirektionale Wirkung beider Merkmale besteht. Es kann angenommen werden, dass der Mangel an Lesekompetenz ein Nichtbewältigen von Textaufgaben impliziert. Kann jedoch ein Schüler oder eine Schülerin, der oder die über Lesekompetenz verfügt, Textaufgaben tatsächlich leichter lösen, als SchülerInnen, die lediglich über eingeschränkte Lesekompetenz verfügen? Ist Sprachkompetenz, als Überkategorie der Lesekompetenz, ein Faktor für die Bewältigung von Textaufgaben? Falls sinnerfassendes Lesen als Voraussetzung für die Bewältigung mathematischer Textaufgaben betrachtet werden kann, stellt sich die Frage, ob Textaufgaben überhaupt gelernt werden können oder auf Grund sprachlicher Hürden unlösbare Problemstellungen für sprachlich Schwächere darstellen.

Für die Beantwortung dieser Fragen bedarf es vorerst der Darstellung der kognitiven Vorgänge während des Lesens. Hierfür beziehe ich mich auf Studien aus kognitionspsychologischer (Van Dijk, Kintsch) sowie differentiell-psychologischer Perspektive. Im Anschluss soll eine Konkretisierung für die Bearbeitung von mathematischen Textaufgaben vorgenommen werden.

4. Forschungserkenntnisse über das Lesen

4.1 Kognitionspsychologische Forschungserkenntnisse über das Lesen

Aus der Kognitionspsychologie sind grundsätzlich zwei gegenüberliegender Ansätze in Bezug auf das Leseverständnis erwähnenswert – die additiv-elementaristischen Ansätze und die holistischen Ansätze. Ziel aller kognitionspsychologischen Ansätze ist das Darstellen kognitiver Prozesse des Textverstehens. Dabei postulieren die Vertreter dieser Ansätze, dass der Rezipient oder die Rezipientin aktiv kohärente mentale Repräsentationen zu einem im Text dargestellten Sachverhalt rekonstruieren (vgl. Schmitz (2016), S.28)[23]. Die additiv-elementaristischen Ansätze unterscheiden sich allerdings von den holistischen durch den Stellenwert, den sie entsprechenden Vorbedingungen zum Textverständnis zuschreiben. Während erstere die Bedeutung semantischer Texteigenschaften für die mentale Kohärenzbildung als wesentlich betrachten, betonen Vertreter des holistischen Ansatzes die Bedeutung des Vorwissens und der Erfahrungen auf Seiten des Lesers oder der Leserin (vgl. ebd., S. 39). Mentale Repräsentationen des zu repräsentierenden Gegenstandes eines Textes weisen einen hohen Grad an Subjektivität auf. Abhängig von den Erfahrungen und dem Vorwissen des Rezipienten oder der Rezipientin kann derselbe Text bei unterschiedlichen Personen zu unterschiedlichen partiellen Repräsentationen führen. Die mentale Kohärenz repräsentiert dabei die Zusammenhänge des Textes. Das Gelesene wird kognitiv miteinander verbunden (vgl. ebd., S. 28f).
Es ist hier noch zu erwähnen, dass Missverstehen dabei vom Nichtverstehen zu unterscheiden ist. Beim Missverstehen eines Textes kann sehr wohl eine mentale Kohärenz ausgebildet werden, diese entspricht allerdings nicht der Intention des Autors. Beim Nichtverstehen bleibt die Ausbildung einer mentalen Kohärenz aus. Es kommt zu einer Repräsentation isolierter Einzeläußerungen (vgl. ebd., S. 30).

4.1.1 Additiv-elementaristischer Ansatz

Als Gründer der additiv-elementaristischen Ansätze kann der Psychologe und Neurowissenschaftler Kintsch genannt werden. Er wies der referenziellen Struktur des Textes einen hohen Stellenwert zu und bezog sich bei seiner Arbeit auf sogenannte Propositionen. Diese definierte er als „k-tupel of word concepts, one serving as a predicator

[23] Vgl. Schmitz, A.: Verständlichkeit von Sachtexten. Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2016

and the others as arguments“ (ebd., S.30). Sie sind die „kleinsten grundlegenden Bedeutungseinheiten in Texten“ (ebd., S.30).

Diese kleinsten Bedeutungsinhalte werden je nach Wichtigkeit im Gedächtnis hierarchiehoch beziehungsweise –niedrig repräsentiert. Propositionen, die sich Argumente teilen oder kausale, räumliche oder temporale Relationen aufweisen, werden höher eingestuft als andere. Diese werden sodann in einem „Kohärenzgraph“ (ebd., S. 32) mental repräsentiert. Bei der Repräsentation dieser Propositionen unterscheidet Kintsch die lokale Kohärenzbildung von der globalen Kohärenzbildung. Auf Basis der kognitionspsychologischen Ansätze muss diese Repräsentation in einen kognitiven Zusammenhang gebracht werden. Kintsch beschreibt diese Relationsbildung als Verknüpfung neuer Propositionen mit bereits eingestuften Propositionen. Läuft diese Verknüpfung von neu und alt problemlos ab, kann ein leichtes Lesen und die Bildung einer lückenlosen Propositionsstruktur gewährleistet werden. Kintsch spricht hier von der lokalen Kohärenzbildung. Falls die Propositionen nicht verbunden werden können, müssen bereits im Langzeitgedächtnis abgelegte Propositionen gesucht und in die Struktur eingesetzt werden, oder wissensgeleitete Inferenzen angewandt werden (vgl. ebd., S. 31ff).

Um eine Entlastung des Arbeitsgedächtnisses zu bewerkstelligen, werden zuvor konstruierte Mikropropositionsstrukturen mittels sogenannter Makroregeln verdichtet. Das heißt gesammelte Informationen werden für die weitere Kohärenzbildung generalisiert, ausgelassen, interpretiert oder es werden daraus neue Informationen konstruiert (vgl. ebd., S. 34). Voraussetzung für die Anwendung dieser Makroregeln ist das Zurückgreifen auf das Weltwissen. Daraus resultieren in Folge sogenannte „Chunks“ (ebd., S. 35). Sie stellen globale (nicht mehr kleinste grundlegende) Informationseinheiten dar, die während des Textverstehens mitgetragen werden. Kintsch spricht hier von der globalen Kohärenzbildung. Zusammenfassend lässt sich demnach sagen, dass das Vorwissen des Rezipienten oder der Rezipientin nur bei mangelnden Koreferenzbeziehungen im Zuge der lokalen Kohärenzbildung im Text zum Tragen kommt. Erst bei der globalen Kohärenz tritt es als obligatorische Hilfeleistung auf (vgl. ebd., S. 37).

Auf Grund dieser mangelnden Bedeutung leserseitigen Vor- und Weltwissens wird der additiv-elementaristische Ansatz von Vertretern des holistischen Ansatzes kritisiert (vgl. ebd., S. 37f).

4.1.2 Holistische Ansätze

Auch die holistischen Ansätze postulieren kohärente mentale Repräsentationen eines im Text dargestellten Sachverhalts. Allerdings betonen Vertreter der holistischen Ansätze die Bedeutung des leserseitigen Wissens für die mentale Kohärenzbildung und betrachten modellinduzierte Inferenzen als integrale Bestandteile dieser (vgl. ebd., S. 41). Der Rezipient oder die Rezipientin konstruiert eine Repräsentation in Form eines mentalen Modells. Charakteristisch für diese Repräsentationsform ist eine ikonische, also bildliche Darstellung des Sachverhaltes (vgl. ebd., S. 39). Zusätzlich können Sachverhalte aber auch geschaffen werden.

Folgende ausgewählte Theorien beschreiben mentale Modelle als notwendiger Bestandteil des Leseprozesses:

1. Szenario Repräsentation von Sanford und Garrod
2. Strategiemodell nach Kintsch und Dijk

Die Szenario Repräsentation basiert auf sogenannten „Scripts" (ebd., S. 40). Der Begriff stammt aus der künstlichen Intelligenz Forschung und beschreibt prozedural organisiertes Wissen, wie Handlungssequenzen von Ereignissen. Es geht dabei um bestimmte Verhaltensmuster bei Restaurant- (vgl. ebd., S. 40) oder Arztbesuchen, beim Besuch von Bekannten oder bei Reisen mit dem Flugzeug.
Die Psychologen Sanford und Garrod postulierten die automatische Aktivierung sogenannter Szenarien. Diese sind Referenzbereiche, die abhängig vom Vorwissen der lesenden Person, Situationen mit teilnehmenden Agenten und zugeschriebene Rollen beinhalten. Die Informationen aus dem Text werden während des Lesens in zwei möglichen Schritten auf diese Szenarien bezogen.
Der erste Schritt, das sogenannte „Primary Processing" (ebd., S. 40), inkludiert das Aktivieren des Szenarios, um Informationen aus dem Text damit abzugleichen. Sind Szenario und Textinformationen kompatibel, kommt es zur mentalen Kohärenz durch eine adäquate Szenario-Repräsentation. Sind die Register inkompatibel, kommt es zum „Secondary Processing" (ebd., S. 40). Dabei werden die Textinformationen in ein wenig geeignetes Szenario mühsam integriert oder ein neues Szenario im Langzeitgedächtnis gesucht.
Sehen wir uns diese Szenario Repräsentation an Hand einer geeigneten mathematischen Textaufgabe an:

> *<u>Aufgabe 1:</u> In einem Experiment wurde der Wachstumsverlauf der Kletterpflanze über einen Zeitraum von 4 Wochen beobachtet und ihre Höhe dokumentiert. Im Anschluss wurde die Höhe h des Hopfens in Abhängigkeit von der Zeit t durch eine Funktion h mit* $h(t) = -\frac{65}{3}t^3 + 130t^2 + 80$ *modelliert. Dabei bezeichnet t die Anzahl der Wochen seit der Pflanzung und h(t) die Höhe zum Zeitpunkt t in cm. Die nebenstehende Abbildung zeigt den Graphen der Funktion h im Beobachtungszeitraum [0; 4].*

An dieser Stelle könnte, im Zuge des Primary Processing, ein Szenario abgebildet werden, in dem in weiterer Folge eine Höhe berechnet werden soll. Die Fragestellung lautet allerdings wie folgt:

> *Für das Wachstum des Hopfens ist auch die entsprechende Düngung von Bedeutung. Im gegebenen Fall wurde die Pflanze eine Woche vor dem Zeitpunkt des stärksten Wachstums gedüngt. Wann wurde der Hopfen demnach gedüngt? (Anlehnend an: BIFIE Aufgabenpool, Typ 2 Aufgaben, 11. Schulstufe „Wachstum einer Pflanze“)*[24]

Der Rezipient oder die Rezipientin hat nun zwei Möglichkeiten. Entweder wird der Zeitpunkt des stärksten Wachstums fälschlicherweise in das alte Szenario eingebettet und somit das Wachstum mit der Höhe gleichgesetzt, oder es wird nach einem anderen Szenario im Langzeitgedächtnis gesucht, das zweifache Ableitungen von Funktionen bei der Suche nach Beschleunigungen inkludiert. Der Beschleunigung wird dabei die Rolle der zweiten Ableitung zugeschrieben.

Die propositionalen Repräsentationen des additiv-elementaristischen Ansatzes treten hier demnach vollkommen in den Hintergrund. Höheren Stellenwert haben die Repräsentationen mentaler Modelle durch Inferenzerzeugung (vgl. ebd, S. 41). Dies sollte sich jedoch beim Strategiemodell von Kintsch und Van Dijk ändern. Die beiden Psychologen postulieren eine zweifache Repräsentation des im Text dargestellten Sachverhaltes. So kommt es während des Lesens einerseits zur Bildung eines sogenannten „Situationsmodells“ (Schmitz (2016), S. 41) und andererseits zur Repräsentation propositionaler Entitäten. Kintsch arbeitete demnach seine additiv-elementaristischen Ansätze mit Unterstützung von Van Dijk zu einem modellinduzierten Ansatz aus. Ein solches Situationsmodell umfasst Repräsentationen vom dargestellten Event und den beteiligten Personen. Gleichzeitig bedient sich der Rezipient oder die Rezipientin seiner/ihrer Erfahrungen und zuvor gelesener Texte. Das Situationsmodell repräsentiert demnach nicht bloß textabgeleitete Informationen, sondern extratextuelle Informationen, die mit Hilfe von leserseitigem Vorwissen abgeleitet werden können (vgl. ebd., S. 42).
Die Bildung dieses Situationsmodells bekräftigen Kintsch und Van Dijk mit der Beobachtung, dass Leser und Leserinnen im Anschluss an den Text nicht explizit angeführte Emotionen der dargestellten Personen und kontextuelle Hinweise aus dem Text ableiten können (vgl. ebd., S. 42). Neben der semantischen Textbasis ist es vor allem die Repräsentation dieses Situationsmodells, die das Lesen eines Textes bewerkstelligen soll.

---

[24] Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens: Aufgabenpool, Link: https://aufgabenpool.srdp.at/srp_ahs/index.php (Zugriff: 16.04.2017)

Dabei kommt ersteres eher als Unterstützungsfunktion zum Tragen. Die Makroregeln, zum Generalisieren, Zusammenfassen, Interpretieren und Konstruieren, werden zu „Makrostrategien“ (ebd., S. 42), deren Anwendung von der jeweiligen Textinformation und den Wissensstrukturen auf Seiten des Rezipienten oder der Rezipientin bestimmt wird. Textverstehen wird bei Kintsch und Van Dijk zum ersten Mal eher interaktiv beschrieben (ebd., S. 42). Die zwei Register der Repräsentation arbeiten zeitgleich, korrelierend. Die repräsentierten Propositionen existieren lediglich durch die Abgleichung mit dem aufgebauten Situationsmodell. Sie alleine gewährleisten keine mentale Kohärenz.

Additiv-elementaristische und holistische Ansätze stellen somit zwei gegenüberliegende Betrachtungsweisen zur Textverarbeitung dar. Das Strategiemodell gilt allerdings als wegweisend für jene Ansätze, die versuchten diese beiden Pole zu kombinieren und Textverarbeitung als mehrfaktoriell zu charakterisieren (vgl. ebd., S. 45).

4.1.3 Integrative Ansätze

Die integrativen Ansätze betrachten Lesen als „Leser-Text-Interaktion“ (Schmitz (2016), S. 45), die textgeleitete und wissensgeleitete Verarbeitungsschritte als Bestandteil jedes Leseprozesses inkludiert. Mentale Kohärenzbildung im Zuge des Textverstehens wird nicht eindimensional, im Sinne einer proportionalen Makrostruktur oder eines mentalen Modells, sondern als multiple mentale Repräsentation beschrieben (vgl. ebd., S. 45).

Der Leseprozess zielt, ebenso wie in den bereits genannten Ansätzen, auf eine kohärente mentale Repräsentation eines im Text dargestellten Sachverhaltes, ab. Allerdings postulieren die Vertreter der integrativen Ansätze dabei drei parallel verlaufende Kohärenzbildungsprozesse, bestehend aus folgenden Repräsentationsebenen: Die Textoberfläche, die proportionale Repräsentation – anlehnend an Kintsch und Van Dijk – und ein mentales Modell (vgl. ebd., S. 45).

Man könnte jenen drei Ebenen ebenso Hierarchiestufen zuordnen, da sich der Leser oder die Leserin von der Textoberfläche, über die inhaltliche Textbasis, hin zu einem umfassenden Verständnis des Textes vorarbeitet. Es ist jedoch hervorzuheben, dass diese Schritte parallel verlaufen und sich gegenseitig beeinflussen. Die Textoberfläche erschafft ein mentales Modell, verändert dies allerdings während des Leseprozesses wieder (vgl. ebd., S. 47f). Gleichzeitig kann ein bestehendes Modell ohne Textoberfläche nie mit dem vorliegenden Text in Verbindung gebracht werden. Die Textbasis bedarf der bereits verarbeiteten Textoberfläche, gleichzeitig ist letztere bedeutungslos ohne zugehörige Textbasis.

Im Folgenden werden die drei Ebenen kurz charakterisiert, um die unterschiedlichen Bearbeitungstiefen und die Notwendigkeit der Interaktion ebendieser hervorzuheben.

Die Repräsentation der Textoberfläche abstrahiert die grafemischen, syntaktischen und lexikalischen Eigenschaften eines Textes. Sie ermöglicht es, sich an wortwörtliche Formulierungen, die Morphologie bestimmter Wörter – also deren Aufbau –, den Satzbau und das Layout des Textes zu erinnern. Es kann hier bereits abgeleitet werden, dass diese Repräsentationsebene von kurzer kognitiver Bestandsdauer geprägt ist, sie liefert allerdings die Bedingungen für mentale Kohärenzbildung, da nur durch die Verarbeitung von Oberflächenstrukturen semantische Einheiten eines Textes abstrahiert und konstruiert werden können (vgl. ebd., S.46).

Die semantischen Einheiten werden also in der zweiten Ebene, der propositionalen Repräsentation, abgebildet. Diese wurde bereits in Kapitel 4.1, im Zuge des additiv-elementaristischen Ansatzes nach Kintsch, genauer beschrieben. Die Textoberfläche rückt zunehmend in den Hintergrund, wodurch eine Fokussierung auf den semantischen Gehalt möglich wird. Lokale, sowie globale Textzusammenhänge werden konstruiert, wortwörtliche Formulierungen der ersten Ebene allerdings vergessen. Auf Grund einer entstehenden inhaltlichen Repräsentation, die globale Textrelationen beinhaltet, verlängert sich die mentale Bestandsdauer. Diese kann allerdings in der dritten Repräsentationsebene sogar noch weiter zunehmen (vgl. ebd., S. 46).

Mentale Modelle sind von analogem, ikonischem Charakter und verbinden die Kombination der ersten beiden Ebenen mit persönlichen Wissensstrukturen. Die Informationen des Textes werden top-down interpretiert. Das bedeutet, dass auf die globalen Betrachtungen des Textes der propositionalen Repräsentation, eine zunehmende Konkretisierung der Inhalte folgt und der Text somit von oben nach unten bearbeitet wird (vgl. ebd., S. 46). Diese Art der Bearbeitung wird auch konzeptgesteuerte Verarbeitung genannt, bei der Erfahrungen, Vorwissen und somit Konzepte des Lesers oder der Leserin zum Tragen kommen[25]. Dies ermöglicht Inferenzen zu erzeugen und Kohärenzlücken zu füllen. Somit werden vorwiegend umfassende Sachverhalte, aber keine expliziten Textinformationen im Gedächtnis behalten. Dieser hohe Verarbeitungsaufwand ist auch der Grund für die weit längere kognitive Bestandsdauer (vgl. ebd., S. 47).

Noch einmal ist zu verdeutlichen, dass diese Repräsentationsebenen, trotz unterschiedlicher Hierarchiestufen, nicht nacheinander ablaufen, sondern zeitgleich und beeinflussend interagieren. Die Folge einer solchen Interaktion ist ein zusammengehöriges, aus den drei Repräsentationsebenen resultierendes Modell, das Situationsmodell. Dieses

[25] Vgl. http://www.teachsam.de/psy/psy_wahrn/psy_wahrn_3_4_2.htm (Zugriff: 21.04.2017)

ist bereits aus dem Strategiemodell nach van Dijk und Kintsch bekannt. Die Entstehung eines kohärenten Situationsmodells, wird in der sogenannten „Konstruktions-Interaktions-Theorie“ (ebd., S. 48f) nach Kintsch beschrieben.

Die Konstruktions-Interaktions-Theorie betont den beeinflussenden, interagierenden Charakter der drei Repräsentationsebenen Textoberfläche, Textbasis und mentales Modell (vgl. ebd., S. 48). Damit kommt es zur Betrachtung der Flexibilität menschlichen Verstehens. Dieses ist abhängig von bestimmten Textmerkmalen, aber auch von individuellen Verständnisvoraussetzungen und somit wird das Lesen als Leser-Text-Interaktion verdeutlicht (vgl. ebd., S. 48). Während des Leseprozesses finden zwei aufeinanderfolgende Phasen statt – die Konstruktionsphase und die Integrationsphase. In der Konstruktionsphase wird anlehnend an die Textbasis ein propositionales Netzwerk aufgebaut. Die drei Repräsentationsebenen und das Vorwissen sind also als Assoziationen im Hirn vernetzt. Das heißt, sie bilden ein Netzwerk mit Konzepten als Knotenpunkte. Werden nun aus der Oberflächenstruktur, der semantischen Einheit oder mit Hilfe des jeweiligen Vorwissens Proportionen abgeleitet, können diese Konzepte sowohl passend als auch unpassend zum im Text beschriebenen Sachverhalt sein. Es wird in der Konstruktionsphase demnach noch nicht zwischen passenden und unpassenden Konzepten für die Kohärenzbildung differenziert, sondern lediglich das Gerüst des Netzwerks aufgebaut. Die Vernetzung der Konzepte beruht nun auf Verbindungsstärken. Je höher die Assoziation, umso stärker die Verbindung. In der zweiten Phase, der Integrationsphase kommt es nun zur Stärkung oder Schwächung dieser Verbindungen. Es werden sogenannte Assoziationsstärken zugewiesen. Liegt eine starke Verbindung vor, handelt es sich um eine zum Text passende Proposition. Je intensiver demnach die Verbindung zwischen den jeweiligen Knoten, erzeugt durch Textoberfläche, Textbasis, mentalem Modell oder Vorwissen, und den Repräsentationsebenen ist, umso wichtiger ist diese Proposition für die Bildung eines Situationsmodells.
An folgender mathematischen Textaufgabe lässt sich die Aktivierung passender und unpassender Propositionen in der Konstruktionsphase veranschaulichen:

> *<u>Aufgabe 2:</u> Philipp möchte in seinem Vorgarten die Außenlinien eines Minifußballfeldes markieren. Seine Mutter ist damit einverstanden, wenn zumindest 20% der Grünfläche, um nicht jedes Mal mitten durch das Feld gehen zu müssen, erhalten bleiben.*
> *Der Garten hat eine Länge von 30 m und eine Breite von 30 m. Das Fußballfeld soll rundherum von einem gleich breiten Weg umgeben sein. Welche Einbußen muss Philipp daher auf jeder Seite seines Spielfeldes hinnehmen, das heißt wie weit muss er hineinrücken? (Anlehnend an: Malle, Koth (2014), S. 72, Bsp.: 4.31)*[26]

[26] Malle, G.; Koth, M; Woschitz, H. et al: Mathematik verstehen 5. Technologie integriert. Oebv GmbH & Co. KG, Wien 2014

Als Beispiel für eine passende, auf dem Vorwissen basierende Proposition könnte man anführen, dass ein Fußballfeld der geometrischen Figur eines Rechtecks entspräche. In diesem Fall wird das Feld zwar zu einem Quadrat abgewandelt, allerdings ist die propositionale Repräsentation eines geometrischen Objekts passend. Aus der Textoberfläche kann in weiterer Folge die Umwandlung von Rechteck zu Quadrat vollzogen werden. Unpassend wäre die Proposition, dass Bayern München gegen FC Arsenal 5:1 gespielt hat, die der Leser oder die Leserin aus seinem oder ihrem Vorwissen abgerufen hat.
In der darauffolgenden Integrationsphase wird nun die Verbindung zu der Proposition über geometrische Objekte gestärkt, während jene zum vergangenen Fußballmatch geschwächt wird. Nach dem Modell der zyklischen Textverarbeitung nach Kintsch und van Dijk können sich diese Schritte wiederholen, bis ein kohärentes Situationsmodell aufgebaut wurde. Mit jeder adäquaten Proposition wird das Situationsmodell erweitert, modifiziert aber auch revidiert. Aus diesem können rückwirkend sodann Propositionen explizit gemacht werden, wodurch eine bidirektionale Wirkung von Situationsmodell und propositionaler Repräsentation ausgemacht werden kann. Die effektive Interaktion zwischen Texteigenschaften und Rezipientenmerkmalen ist obligatorisch für das Textverständnis.

4.2 Differentiell psychologische Forschungserkenntnisse über das Lesen

Neben den kognitionspsychologischen Forschungserkenntnissen über das Lesen, liefern auch die Resultate der differentiellen Psychologie einen wichtigen Beitrag zum Hintergrund des Leseverständnisses. Diese stellen auch den theoretischen Bezugsrahmen bei (inter-)nationalen Schulleistungsstudien wie PISA, IGLU und PIRLS dar und schaffen die Möglichkeit zur kompetenzorientierten Diagnostik von Lesekompetenz (vgl. Schmitz (2016), S. 51). Dabei stützen sich genannte Studien vorwiegend auf das von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) entwickelte Literacy Konzept (erstmals 1997) und auf den Document-Literacy-Ansatz nach Mosenthal (1996), sowie Kirsch, Jungebluth und Mosenthal (1998) (vgl. ebd., S. 51).

Das Literacy Konzept und der Document-Literacy-Ansatz werden im Folgenden dargestellt und mit den Forschungserkenntnissen der Kognitionspsychologie in Verbindung gebracht. Dabei liegt der Fokus vorwiegend auf dem Document-Literacy-Ansatz, der wesentliche Gemeinsamkeiten mit den Erkenntnissen der Kognitionspsychologie aufweist (vgl. ebd., S. 60). Zum Abschluss sollen daraus resultierende Problematiken bei der Bearbeitung von mathematischen Textaufgaben angeführt werden, um den Zusammenhang zwischen Sprache und der Bearbeitung von Textaufgaben zu verdeutlichen.

4.2.1 Literacy-Konzept der OECD

Der Begriff „Literacy" unterzog sich über die Jahrhunderte einem Bedeutungswechsel, fort von der Fokussierung auf literarische Gebiete, hin zu einem umfassenden, disziplinübergreifenden Begriff für technische Fertigkeiten und der Fähigkeit, erhaltene Informationen und die gesamte Umwelt kritisch zu hinterfragen. Dabei stehen nicht nur Fähigkeiten des Lesens, im Sinne eines Verstehens der Begriffe, im Zentrum, sondern es geht vorwiegend um das „Lesen der Welt" in unterschiedlichen Kontexten (vgl. Unesco, S. 150f)[27].

> „[…] reading, in the broadest sense of the word, remains integral to the notion of literacy. Thus, reading may mean not only the decoding and understanding of words, but also the interpreting of signs, symbols, pictures and sounds, which vary by social context (Cope and Kalantzis, 2000)" (Unesco, S. 150f)

Anlehnend an dieses multidimensionale Begriffsverständnis unterscheidet die OECD drei verschiedene Literacy Disziplinen, sogenannte „core-subjects" (OECD (2016), S.12)[28]: Reading Literacy, Mathematical Literacy und Scientific Literacy. Dabei geht es, nach obiger Definition, um ein kritisches Betrachten der Umwelt aus dem Blickwinkel der Sprache, der Mathematik oder der Naturwissenschaften. Dies soll die bestmögliche Lebensweise gewährleisten. Literacy, als theoretische Grundlage der Operationalisierung verschiedener Kompetenzbereiche, gibt nun Auskunft darüber, in wie weit jene Kenntnisse des Lesens und Interpretierens der Umwelt vorhanden sind. Schulische Kenntnisse treten in den Hintergrund. Der Fokus liegt auf einer funktionalistischen Grundbildung (vgl. ebd., S. 12).

Es ist nicht zu bestreiten, dass jede dieser drei Disziplinen die jeweils anderen beiden beeinflusst. Eine Testung, die alle drei Bereiche simultan untersucht und diese zu einer Einheits-Literacy kombiniert, träfe allerdings auf Probleme der Operationalisierbarkeit und auf ein Übermaß an Daten, die es auszuwerten gilt. Die unterschiedlichen Bereiche werden daher separat betrachtet.

[27] Vgl. Education for all Global Monitoring Report 2006, Chapter 6: Understandings of literacy (Link: http://www.unesco.org/education/GMR2006/full/chapt6_eng.pdf (Zugriff: 24.02.2017))

[28] OECD (2016), *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy,* PISA, OECD Publishing, Paris *(Link: http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9816021e.pdf?expires=1492695216&id=id&accname=guest&checksum=460BED9B3DC93CDAED62CDB8112A2460 (Zugriff: 24.02.2017))*

Für den weiteren Verlauf meiner Arbeit sind vor allem die Domänen der Mathematical Literacy (im deutschsprachigen Bereich: „Mathematische Grundbildung“) und die Reading Literacy (im deutschsprachigen Bereich „Lesekompetenz“) von Bedeutung. Diese werden in der deutschen Fassung der PISA-Ergebnisse 2015 wie folgt definiert:

> **„Mathematische Grundbildung** wird definiert als die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, Mathematik in einer Vielzahl von Kontexten zu formulieren, anzuwenden und zu interpretieren. Sie umfasst das mathematische Denken und den Einsatz mathematischer Konzepte, Verfahren, Fakten und Instrumente, um Phänomene zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen. Sie hilft dem Einzelnen dabei, die Rolle zu erkennen, die Mathematik in der Welt spielt, und fundierte Urteile und Entscheidungen zu treffen, wie sie von konstruktiven, engagierten und reflektierenden Bürgern erwartet werden.“ (OECD (2016), S. 33)[29]

> „**Lesekompetenz** wird definiert als die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, geschriebene Texte zu verstehen, zu nutzen, über sie zu reflektieren und sich mit ihnen auseinanderzusetzen, um eigene Ziele zu erreichen, das eigene Wissen und Potenzial weiterzuentwickeln und am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen.“ (OECD (2016), S.32)

Die Definition von Reading Literacy beinhaltet demnach einen Finalsatz, der Ziele bestimmter kognitiver Prozesse angibt. Texte verstehen inkludiert dabei die Fähigkeit, Nebensächliches vom Wesentlichen zu unterscheiden und implizite Bedeutungen abzuleiten (vgl. Schmitz (2016), S. 52)[30]. Das bedeutet für das Lösen von Textaufgaben: Welche Informationen benötige ich für das Aufstellen meiner Gleichung und welche Informationen sind irrelevant? Welches mathematische Objekt oder welche mathematische Handlung steckt hinter dem Begriff der „Beschleunigung“? Über Texte reflektieren meint vor allem, Gelesenes mit bereits erworbenem Wissen und Erfahrungen zu verknüpfen und die Form des Textes durch ebendiese kritisch zu beurteilen (vgl. ebd., S. 52). Habe ich ein ähnliches Beispiel schon einmal gelöst? Welche Strategien habe ich dabei verfolgt? Eine Auseinandersetzung oder Nutzung mit dem vorliegenden Text kann als das Arbeiten an einer mathematischen Textaufgabe, um ein vorliegendes Problem zu lösen, verstanden werden. Die Ziele dieser kognitiven Prozesse sind mehrdimensional. So können individuelle, aber auch gesellschaftliche Ziele erreicht werden (vgl. ebd., S. 53). Als

---

[29] OECD (2016): PISA 2015 Ergebnisse (Band I). Exzellenz und Chancengerechtigkeit in der Bildung, PISA, W. Bertelsmann Verlag, Germany

[30] Vgl. Schmitz, A.: Verständlichkeit von Sachtexten. Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2016

individuelles Ziel könnte die Weiterentwicklung des Wissens oder Potenzials genannt werden. Die Teilnahme am gesellschaftlichen Leben stellt hingegen ein gesellschaftliches Ziel dar. Auch hier ist allerdings zu betonen, dass die Ziele offensichtlich in Korrelation zueinanderstehen, da die Teilnahme am gesellschaftlichen Leben der persönlichen Weiterentwicklung dienen kann und umgekehrt. Auch im Mathematikunterricht kann das Lösen einer mathematischen Textaufgabe der individuellen Weiterbildung, im Sinne eines tieferen Verständnisses, dienen und dadurch die Teilnahme am Unterrichtsgeschehen gewährleisten. Erst durch das Verstehen der vorliegenden Texte ist eine intensivere Auseinandersetzung mit diesen und somit die Anwendung, Formulierung und Interpretation der Mathematik, im Sinne der Mathematical Literacy, im Zuge der Bearbeitung von Textaufgaben möglich. Hat eine Auseinandersetzung und ein daraus resultierender „Einsatz mathematischer Konzepte, […]“ (OECD 2016, S. 33) stattgefunden, kann auch die Rolle der Mathematik in der Welt erkannt werden.

Neben diesen kognitiven Prozessen betont die OECD, im Zuge ihres Literacy-Konzepts, stets die Bedeutung motivationaler Bedingungen (vgl. Schmitz (2016), S. 52). Je engagierter mit dem Text gearbeitet wird, umso besser fallen die Ergebnisse aus. Dabei spielen vor allem affektive, sowie volitionale Faktoren eine bedeutende Rolle. Persönliche Motivation, sich mit mathematischen, naturwissenschaftlichen oder sprachlichen Gegebenheiten auseinanderzusetzen, stellt ebenso ein Kriterium für das Ausmaß an „Grundbildung“ in der entsprechenden Domäne dar.

Auf die Bedeutung motivationaler Aspekte soll in Kapitel 5 „SchülerInnentestungen“ noch einmal genauer eingegangen werden.

4.2.2 Document-Literacy-Ansatz

Neben dem Literacy-Konzept basieren Operationalisierungen von Lesekompetenz vor allem auf der Theorie des Document-Literacy-Ansatzes (vgl. ebd., S. 53). Bei diesem werden für die Beurteilung der Lesekompetenz bestimmte kognitive Prozesse während des Lesens zusätzlich mit Aufgabenmerkmalen und Texteigenschaften kombiniert (vgl. ebd., S. 52). Somit besteht ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen dem Document-Literacy-Ansatz und den integrativen Ansätzen der Kognitionspsychologie, die Lesen als Leser-Text-Interaktion auffassen (s.o.) (vgl. ebd., S. 60).
Beim Document-Literacy-Ansatz werden dem Leser folgende Teilkompetenzen, sogenannte „kognitive Prozessvariablen“ (Schmitz (2016), S. 53f), zugeschrieben:

- *Locate Strategies:* Damit sind das Lokalisieren von Textsegmenten und das Abgleichen von Informationen aus der Angabe mit jenen aus dem Text gemeint. Dabei sind entsprechend der jeweiligen Textbeschaffenheit mehrere Schwierigkeitsgrade zu unterscheiden. So fällt das Lokalisieren bei wörtlichen Übereinstimmungen leicht, während bei bloßer semantischer Gleichheit das Gesuchte schwieriger im Text zu finden ist.
- *Cycle Strategies:* Zyklisches Arbeiten erfordert Mehrfachabgleiche. Das bedeutet, dass aus lokalisierten konkurrierenden Textinformationen, nach dem Vergleich mit der Aufgabenstellung, die irrrelevanten aussortiert und adäquate Informationen für die Problemlösung genutzt werden. Zyklisches Arbeiten erfordert demnach nicht bloß mehrfaches abgleichen, sondern auch das wiederholte Lesen bestimmter Textstellen.
- *Integrate Strategies:* Integrierendes Arbeiten befähigt den Rezipienten oder die Rezipientin das bereits Gelesene in einen Zusammenhang zu bringen. Dabei steht im Vordergrund Ursache-Folge-Relationen, Ähnlichkeiten und Unterschiede bestimmter Textausschnitte auszumachen. Wortwörtliche Zusammenhänge sind hier seltener als Bedeutungsrelationen.
- *Generate Strategies:* Generiertes Arbeiten ist mit Inferenzbildung vergleichbar. Durch logisches Schlussfolgern und der Zuhilfenahme des Vorwissens soll resultierende Erkenntnisse sowie konzeptuelle Begrifflichkeiten gewonnen werden. (vgl. ebd., S. 53f)

Das Lokalisieren stellt somit die Bedingung für jegliche anderen Strategien dar, wobei keine vorgegeben zeitliche Abfolge dieser Strategien existiert. Können gesuchte Segmente nicht gefunden werden, sind weitere Abgleiche, Integrieren oder Generieren nicht möglich. Jede Stufe ist von unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden geprägt, wobei vor allem das Integrieren und Generieren größtenteils auf semantischen Relationen basiert (vgl. ebd., S. 54).

An dieser Stelle sollen die genannten kognitiven Strategien des Leseprozesses mit dem Bearbeiten einer mathematischen Textaufgabe in Verbindung gebracht werden. Der erste Schritt bei der Bearbeitung einer Textaufgabe ist das Lesen und das daraus resultierende Verstehen der Angabe. Der Rezipient oder die Rezipientin muss in der Lage sein, diese Strategien zu nutzen, um die Problemstellung behandeln zu können. Ohne das sinnhafte Lesen der Aufgabe sind alle weiteren Bearbeitungsschritte unmöglich. Sehen wir uns folgendes Beispiel genauer an:

> <u>Aufgabe 3:</u> *„Auf der ersten Teilstrecke der Dachstein-Welterbe-Seilbahn in Obertraun überwindet die Bahn eine Streckenlänge von 1734 m mit konstanter Geschwindigkeit. Die Funktion s stellt einen Zusammenhang zwischen der Fahrtzeit t (in Sekunden) und der zurückgelegten Weglänge s(t) (in Meter) dar. Dabei ist s(20)=144 und s(21)=151,2.*
> *Wie groß ist die Geschwindigkeit der Seilbahn?“*
> (Aus: Mathematik verstehen 8. Malle et al., S. 197)[31]

Dies ist ein klassisches Beispiel für die Irrelevanz der Anwendungsreihenfolge genannter Strategien. Um überhaupt mit dem Beispiel arbeiten zu können, sind zu allererst generierende Strategien notwendig. Mit Hilfe des bereits erworbenen Wissens zu funktionalen Abhängigkeiten kann der Begriff der Geschwindigkeit mit jenem der Steigung in Verbindung gebracht werden. Eine physikalische Größe kann als Teil eines mathematischen Modells aufgefasst werden. In einem weiteren Schritt gilt es nun, durch die Erzeugung einer Inferenz, die gesuchte Größe im Text ausfindig zu machen, das heißt sie zu lokalisieren. Eine Lokalisierung kann ohne weitere Strategien nicht gelingen, da weder wortwörtliche noch semantische Übereinstimmungen in der Angabe zu finden sind. Der Schüler oder die Schülerin muss nun durch erneutes Generieren, mit Hilfe bereits erworbenen Wissens, die Steigung als Änderung pro Zeiteinheit erkennen. Sind diese beiden Generierungsschritte geschafft, kann die Lösung zwar trotzdem nicht direkt lokalisiert werden, allerdings können durch zyklische Verarbeitung der Angabe und integratives Arbeiten, jene Werte gefunden werden, mit deren Hilfe die Steigung berechnet werden kann. Geht es um die Änderung pro Zeiteinheit werden inadäquate Werte, wie die Streckenlänge aussortiert und mit Hilfe integrierender Strategien die Funktionswerte s(20) und s(21) in Verbindung gesetzt. Die Differenz s(21)-s(20) kann sodann als Steigung interpretiert werden.

Obwohl es sich hier um einen relativ kurzen Aufgabentext handelt, erfordert er offensichtlich eine Vielzahl an kognitiven Bearbeitungsschritten und stellt hohe Ansprüche an den Schüler oder die Schülerin.

Neben diesen Prozessvariablen auf Seiten des Lesers oder der Leserin sind nach dem Document-Literacy-Ansatz allerdings auch Texteigenschaften für den Leseprozess und somit für die Bearbeitung von Textaufgaben von enormer Bedeutung. Dabei steht die Länge des Textes keineswegs im Vordergrund. Wesentlich sind die Textkomplexität, die Art der gesuchten Information, der Übereinstimmungsgrad zwischen Aufgabe und Text und die Plausibilität der Distraktoren.
Die Textkomplexität beinhaltet Strukturierung, Kohäsionsgrad und den inhaltlichen Anspruch des Textes. Die gesuchten Informationen können explizite Angaben, wie eine

---

[31] Malle, G.; Koth, M. et al.: Mathematik verstehen 8. Oebv Schulbuch GmbH, Wien 2012

Zahl oder einen Namen, im Text verlangen oder durch Implikationen und Abstrahierungsprozesse gefunden werden. Der Übereinstimmungsgrad zwischen Aufgabe und Text gibt an, ob Bezeichnungsgleichheit oder Bedeutungsgleichheit vorliegt und die Plausibilität der Distraktoren beschreibt, inwiefern eine von den zur Auswahl angebotenen inkorrekten Antworten möglich sein könnte. Hier ist auch die Anzahl an Distraktoren wesentlich (vgl. ebd., S. 55).

Die kognitiven Subdimensionen des Document-Literacy-Ansatzes lassen sich mit dem multidimensionalen Modell der integrativen Ansätze der Kognitionspsychologie in Verbindung setzen. So besteht ein wesentlicher Zusammenhang zwischen dem Lokalisieren und Extrahieren von Informationen eines Textes und der mentalen Repräsentation der Oberflächenstruktur dieses Textes. Gilt es Informationen im Text zu suchen, muss vorwiegend eine Orientierung an der Oberflächenstruktur stattfinden. Das Ausmachen von Ursache-Folge-Relationen, Unterschieden und Ähnlichkeiten bereits gelesener Textstellen, als Teil integrierenden Arbeitens, kann als mentale Repräsentation der proportionalen Textbasis, als Darstellung des semantischen Inhalts verstanden werden. Hier kommt es teilweise bereits zur Bildung eines Situationsmodells. Bei der Inferenzbildung, im Zuge des generierenden Arbeitens, werden sodann die mentalen Repräsentationen des Gelesenen mit dem eigenen Vorwissen in Verbindung gebracht, um ein adäquates Situationsmodell zu erzeugen (vgl. Schmitz (2016), S. 60).

Lesen kann, wie in Aufgabe 3 genauer ausgeführt wurde, somit als Vorbedingung zur Bearbeitung mathematischer Textaufgaben betrachtet werden. Des Weiteren bedarf das Lesen von Texten bestimmter kognitiver Prozesse (Reading-Literacy-Ansatz) beziehungsweise Prozessvariablen (Document-Literacy-Ansatz). Deren Nutzung basiert auf der allgemeinen Sprachkompetenz des Rezipienten oder der Rezipientin.

4.2.3 Schwierigkeiten beim Leseprozess als Basis der Bearbeitung einer mathematischen Textaufgabe

Kognitive Prozesse während des Lesens sind nach obigen Forschungserkenntnissen stark abhängig vom Ausprägungsmerkmal allgemeiner Sprachkompetenz des Rezipienten oder der Rezipientin, da Lesen als Komponente allgemeiner Sprachkompetenz beschrieben wurde (siehe Definition Kapitel 1). So kann es während des Leseprozesses auf Wort-, Satz- und Textebene zu Verständnisschwierigkeiten kommen, die die Bildung eines kohärenten mentalen Modells negativ beeinflussen können.

Durch ein eingeschränktes Begriffsverständnis ist es dem Rezipienten oder der Rezipientin nicht möglich, eine kohärente mentale Repräsentation zu erzeugen. Sind die Bedeutungen der Begriffe „durchschnittlich“ oder „Erlös“ und „Summe“ nicht bekannt, bestehen invasive Probleme auf der Wortebene, die die Bearbeitung der Textaufgabe unmöglich machen (vgl. Wilhelm (2016), S. 57)[32]. Dies ist ein gravierender Unterschied zu Texten aus dem Alltag, die von großer Redundanz geprägt sind und Verständnislücken einzelner Begriffe tolerieren. Mathematische Texte sind hingegen von einer hohen Informationsdichte geprägt und erlauben keine inkonsistenten Bedeutungsübertragungen (vgl. ebd., S. 56). Hinzu kommt die Tatsache, dass sich SchülerInnen mit einem sprachlichen Defizit vermehrt auf Schlüsselbegriffe und Inhaltswörter fokussieren, als auf funktionale Zusammenhänge (vgl. ebd., S. 298). Dadurch erhalten einzelne Begriffe und ihre Bedeutung mehr Gewicht als die in der Textaufgabe dargestellte Transferrichtung, die für die Bildung eines Situationsmodells vorausgesetzt wird (vgl. ebd., S. 73).

Vergleichbar mit der Anwendung kognitiver Strategien, führen auch hier Probleme auf der untersten Hierarchiestufe, jener der Wortebene, zu Problemen auf allen höherliegenden Stufen. Schwierigkeiten auf der Wortebene führen zu einem Mangel an Kapazität auf Satz- beziehungsweise Textebene (vgl. ebd., S. 56). Muss der Leser oder die Leserin sein oder ihr gesamtes Potenzial auf die Wortebene lenken, kann nicht mehr auf die beiden anderen Ebenen fokussiert werden.

Problematisch für die lokale Kohärenzbildung eines Textes sind vor allem inadäquate Repräsentationen eines Satzes. Im Sinne der Proposition-Annahme Kintschs werden in mathematischen Texten, wie auch in Texten aus dem Alltag, Prädikate und Argumente zu Propositionen zusammengefügt, allerdings weisen die Prädikate ihren Argumenten keine eindeutigen Rollen zu (vgl. ebd., S. 59). Während in dem Satz „Ich esse Pizza“ das Prädikat *esse* den Argumenten *Ich* und *Pizza* eindeutige Rollen zuweist, kann im Satz „Um wieviel Euro übersteigt der aktuelle Preis der Pizza den letztjährigen?“ das Prädikat *übersteigt* keine eindeutigen Rollen zuweisen. Hier werden zweierlei Informationen – der letztjährige Preis der Pizza und der diesjährige Preis der Pizza – sowie die gesuchte Größe – der Preisunterschied der Pizzen – in einer Frage zusammengefasst. Die semantische Struktur solcher Sätze kann erst durch weitere Bearbeitungsschritte, beispielsweise durch Aufteilen des Satzes in mehrere Hauptsätze, erfasst werden (vgl. ebd. S. 60). Dabei ist wie bei den Texteigenschaften des Document-Literacy-Ansatzes nicht die Länge des Satzes das schwierigkeitsgenerierende Merkmal, sondern die Verschachtelungsausprägung. Je verschachtelter ein Satz ist, das heißt je mehr Präpositionalkonstruktionen er aufweist,

[32] Vgl. Wilhelm, N.: Zusammenhänge zwischen Sprachkompetenz und Bearbeitung mathematischer Textaufgaben. Quantitative und qualitative Analysen sprachlicher und konzeptueller Hürden. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2016

umso schwieriger ist er zu lesen. Präpositionalkonstruktionen ersetzen mehrere Hauptsätze und verdichten komplexe Relationen in einer kurzen Frage (vgl. ebd., S. 61).

Schwierigkeiten auf der Satzebene sind demnach vorwiegend auf Texteigenschaften der Textaufgabe zurückzuführen. Es ist allerdings zu betonen, dass für Bearbeitungsschritte wie die Satzteilung ein Wissen über die Bedeutung der darin enthaltenen Begriffe zielführend ist. Ohne eine Unterscheidung von Inhalts- und Funktionswörtern kann die Präpositionalschachtelung nicht aufgefächert werden. Können Haupt- und Nebenphrasen nicht unterschieden und separat betrachtet werden, wird die weitere Bearbeitung der Aufgabe blockiert.

Auf Grund der hohen Informationsdichte mathematischer Texte, enthalten mathematische Textaufgaben selten explizit formulierte Konnektoren, die den Zusammenhang einzelner Sätze und Absätze hervorheben. Dadurch können auch zeitliche Abfolgen schwieriger erkannt werden. Verknüpfungen sind vom Leser oder der Leserin oft selbst herzustellen, wodurch der Verständnisprozess erschwert wird. Diese Herstellung von Verknüpfungen, das Erkennen der zeitlichen Abfolge, sowie das Implizieren gesuchter Informationen, das heißt auch die Inferenzerzeugung, ist obligatorisch für die zufriedenstellende Bearbeitung der Textaufgabe. Schwierigkeiten auf der Textebene gründen somit erneut auf den Texteigenschaften der Aufgabe, können allerdings durch entsprechendes Vorwissen aus bereits gelesenen Texten, analogen Aufgaben oder anderen gemachten Erfahrungen überwunden werden (vgl. ebd., S. 62).

Auch hier wirken sich Schwierigkeiten aus hierarchieniedrigeren Ebenen auf die Textebene aus. Vorherige Propositionen müssen bereits adäquat abgebildet worden sein, um Propositionsverknüpfungen herstellen zu können.

4.2.4 Bedeutung der Schwierigkeiten beim Leseprozess für den Mathematikunterricht

Bezüglich der Probleme auf Wortebene muss zwischen fach- und bildungssprachtypischen Begriffen unterschieden werden. Problempotentiale bestehen hier eher bei Letzteren, da die Bedeutungen von Fachbegriffen wie „Summe“ oder „Erlös“ meist ohnehin explizit thematisiert werden (vgl. Wilhelm (2016), S. 56). Oft werden jedoch bildungssprachtypische Begriffsbildungen vernachlässigt und als vorausgesetzt angenommen (vgl. ebd., S. 46). Hier liegt es auf Seiten der Lehrperson die Bedeutung jener Begrifflichkeiten, wie „durchschnittlich“ oder Präfixverben, wie „*ent*werfen“, zu vermitteln. Auch die Ableitung des Durchschnitts aus zusammengesetzten Nomen wie „Altersschnitt“ soll zum Thema gemacht werden. Da es sich bei zusammengesetzten Nomen und Präfixverben allerdings häufig um Einzelerscheinungen handelt, ist die Klärung eines einzelnen Begriffs nicht als langfristige Problemaufhebung zu betrachten. Nach einer Untersuchung des Begriffs „entwerfen“ kann daraus höchstwahrscheinlich nicht die genaue Bedeutung des Begriffs „entziehen“ abgeleitet werden. Hier bedarf es der Vermittlung der Bedeutung eines umfassenden Begriffsverständnisses für die Textaufgabenbewältigung. Eine Erweiterung des Begriffsverständnisses kann lediglich durch sprachsensiblen Mathematikunterricht, jedoch in erster Linie durch die selbstständige Beschäftigung mit Sprache im Alltag gewährleistet werden. Die Lehrperson kann und soll an dieser Stelle allerdings ein Bewusstsein für die disziplinübergreifende Notwendigkeit von Sprache und den Auswirkungen sprachlicher Unsicherheiten schaffen.

Schwierigkeiten auf Satzebene lassen sich ebenso wie jene auf Wortebene dual überwinden - durch sprachsensiblen Mathematikunterricht sowie selbstständige Auseinandersetzung mit Sprache im Alltag. Hier kann die Lehrperson auf die in Kapitel 3.2, *kommunikativer Einsatz von Sprache,* genannten und beschriebenen Methoden zurückgreifen, die den Umgang mit Sprache in schriftlicher und sozialer Form fördern. Dabei wird besonders auf den Ausdruck und die adäquate Verwendung von Bildungssprache im jeweiligen Kontext geachtet. Nach dem Prinzip „learnig by doing“ soll so die allgemeine Sprachkompetenz (Definition s. Kapitel 1) verbessert werden.
Gleichzeitig darf für die Bearbeitung von Textaufgaben die Hilfestellung des gemeinsamen Lesens der Angabe, aus Kapitel 3.3, nicht vernachlässigt werden. Wie bereits verdeutlicht können verschachtelte Sätze durch die Aufteilung in mehrere Hauptsätze verständlicher gemacht und die zeitliche Abfolge des Textes adäquat repräsentiert werden. Gallin und Ruf (1998) konnten hierzu nachweisen, dass sich sprachlich Schwache häufig auf den Anfangszustand fixieren, da sie die Transferrichtung des Textes, auch auf Grund des Zusammenhangs von Sprache und Denken, mental nicht passend abbilden können. So ist es sprachlich schwachen Schülern und Schülerinnen, im Gegensatz zu sprachlich begabten, in diesem Fall nicht möglich, auf die Sprache als Strukturierungs- und Ordnungsmittel zurückreifen, um Gelesenes in der richtigen Abfolge zu repräsentieren (vgl. Wilhelm (2016), S. 301)[33]. Diese „Überbetonung des Anfangszustands“ (ebd., S. 300) führte auch bei den Probanden der Untersuchungen von Wilhelm (2016) zu falschen Lösungsansätzen (vgl. ebd., S. 300). Die Lehrperson soll demnach beim gemeinsamen Lesen Aufteilungsstrategie demonstrieren, um Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit zu bieten, ähnliche Schritte bei analogen Beispielen durchzuführen. Dies kann sogar mit

[33] Vgl. Wilhelm, N.: Zusammenhänge zwischen Sprachkompetenz und Bearbeitung mathematischer Textaufgaben. Quantitative und qualitative Analysen sprachlicher und konzeptueller Hürden. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2016

Hilfe einer Checkliste geschehen. Zum Beispiel könnten im Plenum Leitfragen formuliert werden, wie eine solche Aufteilung von Statten gehen kann.

> Aufgabe 4: *Danielle bestellt sich in ihrer Lieblingspizzeria eine Pizza Cardinale zum Mitnehmen. Als sie die Rechnung begleichen wollte, fiel ihr der ungewohnt hohe Preis von 8,70 € auf und fragte den Kellner, ob er die richtige Pizza verrechnet hätte. Er begründete den Preis mit einer allgemeinen Preiserhöhung von 10%.* Um wieviel Euro übersteigt der aktuelle Preis der Pizza den letztjährigen*?*

Beispiel Checkliste:

- Welche Zahl oder Größe ist in der Aufgabe gesucht? (Erwartung: Preis in €)
- Unterstreiche alle Präpositionen/Prädikate in grün! (Hier: „über“)
- Unterstreiche die Fragekonstruktion gelb! (Hier: „Um wieviel“)
- Stecken in der Frage Informationen, die bereits aus der Angabe bekannt sind? Wenn ja, unterstreiche die Informationen im Text und formuliere diese als Aussagesatz! (Erwartung: Die Pizza kostet derzeit 8,70 € Euro. Die Pizza kostete damals 10% weniger.)
- Wie sieht der Anfangszustand aus? Was habe ich jetzt? Wie sah es in der Vergangenheit aus bzw. wie sieht es in der Zukunft aus? Ist es seit damals mehr oder weniger geworden? (Hier: Jetzt sind es 8,70 €, vor einem Jahr waren es 10% weniger. Also muss die gesuchte Zahl kleiner sein.)

Diese Aufteilungsstrategien und die Zuhilfenahme vergleichbarer Checklisten sind sehr zeitintensiv, dienen jedoch vorwiegend dem ersten Arbeiten mit Textaufgaben. Durch regelmäßige Anwendung, können diese Strategien von Schülern und Schülerinnen zunächst verinnerlicht werden, um danach selbstständig, ohne Zuhilfenahme etwaiger Listen, angewandt und entsprechend der vorliegenden Textaufgaben modifiziert werden.

Um Verknüpfungen oder Inferenzen auf Textebene selbst herstellen zu können, ist vor allem das nötige Fachwissen dienlich. Wilhelm (2016) beobachtete in ihrer Studie zum Thema „Zusammenhänge zwischen Sprachkompetenz und Bearbeitung mathematischer Textaufgaben“ den Bearbeitungsprozess eines sprachlich weniger begabten Schülers, der sein Vorwissen nutzen konnte, um ein adäquates Situationsmodell zu bilden und so Schwierigkeiten auf darunterliegenden Ebenen kompensieren konnte (vgl. Wilhelm (2016), S. 299).

Schwierigkeiten auf Wort-, Satz- und Textebene können mit Hilfe der richtigen Wahl an Unterrichtsmethoden bewältigt werden. Dies stellt allerdings einen langwierigen Prozess dar, der ohne die selbstständige Beschäftigung des Schülers oder der Schülerin mit Sprache in der Freizeit, beispielsweise durch das Lesen von Büchern oder Zeitungen, oder regelmäßigen kommunikativen Austausch mit einer Vielzahl an Personen, nicht zielführend sein kann.

Empirische Hypothese:

Basierend auf diesen Forschungserkenntnissen zur Leseleistung stelle ich die Hypothese auf, dass die allgemeine Sprachkompetenz als Voraussetzung für die Bewältigung mathematischer Textaufgaben betrachtet werden kann, da die Propositionsstruktur der Angabe abhängig von der sprachlichen Kompetenz des Schülers oder der Schülerin entweder

- **nicht der Textintention entsprechend repräsentiert werden kann, wodurch ein inadäquates Situationsmodell oder kein Situationsmodell konstruiert wird,**
  oder
- **der Textintention entsprechend repräsentiert wird und ein dadurch adäquates Situationsmodell konstruiert wird.**

Um meine Hypothese zu überprüfen, habe ich SchülerInnen-Testungen an einer allgemeinbildenden höheren Schule im 11. Wiener Gemeindebezirk durchgeführt. Dabei wurden SchülerInnen der fünften bis zwölften Schulstufe getestet. Im folgenden Kapitel sollen in einem ersten Schritt die Hintergründe sowie der Ablauf der Testungen beschrieben werden. Anschließend sollen in einem zweiten Schritt sodann sämtliche Ergebnisse der Testungen dargestellt werden. Diese setzen sich aus einzelnen SchülerInnenleistungen, Klassenleistungen, sowie Gesamtzusammenhängen zusammen.

TEIL 2 – PRAKTISCHER TEIL

5. Empirische Studie - SchülerInnentestungen

5.1 Hintergründe der Testung

Forschungsfrage 1: Besteht ein Zusammenhang allgemeiner Sprachkompetenz und der Fähigkeit, mathematische Textaufgaben zu lösen?

Forschungsfrage 2: Falls ein Zusammenhang besteht, kann dieser auf die Fähigkeit des Schülers oder der Schülerin, die Propositionsstruktur der Angabe adäquat zu repräsentieren, zurückgeführt werden?

Zur Beantwortung meiner Forschungsfragen wurden insgesamt 169 SchülerInnen der 5. bis 12. Schulstufe einer Schule im 11. Wiener Gemeindebezirk getestet. Diese setzten sich, wie im folgenden Raster ersichtlich wird, zusammen:

Schulstufe	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Anzahl der SchülerInnen	25	16	23	24	23	21	17	20

Tabelle 3-Anzahl der SchülerInnen nach Schulstufe

Die verschiedenen Schulstufen sollten einen Überblick über den Zusammenhang allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben in unterschiedlichen Altersklassen liefern. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und anonym. Zusätzlich wurde die Erlaubnis der Erziehungsberechtigten durch Elternbriefe eingeholt.

5.1.1 Erstellung der Testungsbögen

Anlehnend an die Forschungserkenntnisse über das Lesen (siehe Kapitel 4.) und meiner Definition allgemeiner Sprachkompetenz (siehe Kapitel 1.2.4), setzte sich der Testungsbogen aus zwei zu bearbeitenden Teilen zusammen. Der nachzuweisende Zusammenhang zwischen Sprache und dem Lösen mathematischer Textaufgaben bedarf zweierlei Leistungsnachweise – einerseits sollte das Niveau allgemeiner Sprachkompetenz gemessen und andererseits die Fähigkeit, mathematische Textaufgaben lösen zu können, überprüft werden.

Der erste Teil verlangte das Verfassen eines appellativen Briefes. Die Produktion von Sprache sollte als Operationalisierung des Niveaus allgemeiner Sprachkompetenz dienen. Für den zweiten Teil sollte eine mathematische Textaufgabe gelöst werden. Die

Bearbeitung der Textaufgabe stellte somit die Operationalisierung der Fähigkeit, jene Aufgabe zu lösen, dar.

Vor der Bearbeitung der Teilaufgaben waren von den Schülern und Schülerinnen Angaben zur Person zu machen, die über Geschlecht, soziale Hintergründe und Herkunftsland, sowie Bildungsstand der Eltern aufklären sollen. Soziale Hintergründe beinhalten dabei die Anzahl der Geschwister, den Wohnort, die gesprochene(n) Sprache(n) zu Hause, sowie die Angabe, ob der Schüler oder die Schülerin bei beiden Elternteilen wohnt, bei lediglich einem Elternteil oder bei sonstigen Erziehungsberechtigten.

Nach der Bearbeitung der Teilaufgaben waren zuletzt Fragen zur Aufgabenbewältigung zu beantworten. Die Antwortmöglichkeiten wurden in Form einer Ordinalskala angegeben, wobei aus fünf Graden von „trifft nicht zu“ bis „trifft vollkommen zu“ gewählt werden konnte.

Der Testungsbogen[34] setzte sich somit aus 4 Teilen und dem Deckblatt zusammen:

1) Deckblatt und der darauf formulierte Ablauf der Testung, sowie Hinweise auf Anonymität und Freiwilligkeit
2) Angaben zur Person
3) Teil 1 – Verfassen eines Briefes
4) Teil 2 – Bearbeitung einer Textaufgabe
5) Angaben zur Aufgabenbewältigung

5.1.2 Rechtfertigung für die Fragen nach sozialen Hintergründen und Herkunftsland

Der 11. Wiener Gemeindebezirk zählt zu den Flächen- und Arbeiterbezirken Wiens. Dabei liegt der Bezirk Simmering mit einem Migrationsanteil von 37,7% zwar noch knapp unter dem Wiendurchschnitt von 38,3% (Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien – 2016, S. 65)[35], in der Schule, in der die Testungen durchgeführt wurden liegt der Migrationshintergrund der SchülerInnen aus der Unterstufe allerdings bei 47%, in der Oberstufe bei etwa einem Drittel. Gröbere Abweichungen sind jedoch bei dem Bildungsstand der Wohnbevölkerung Simmerings im Alter von 25 bis 64 Jahren im Vergleich zu jenem des Durchschnittswieners festzustellen.

---

[34] Muster-Testungsbogen siehe Anhang

[35] Vgl. Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien – 2016. MENSCHEN IN WIEN | 5. Bevölkerung (Link: https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/menschen-2016.pdf (Zugriff: 5.4.2017))

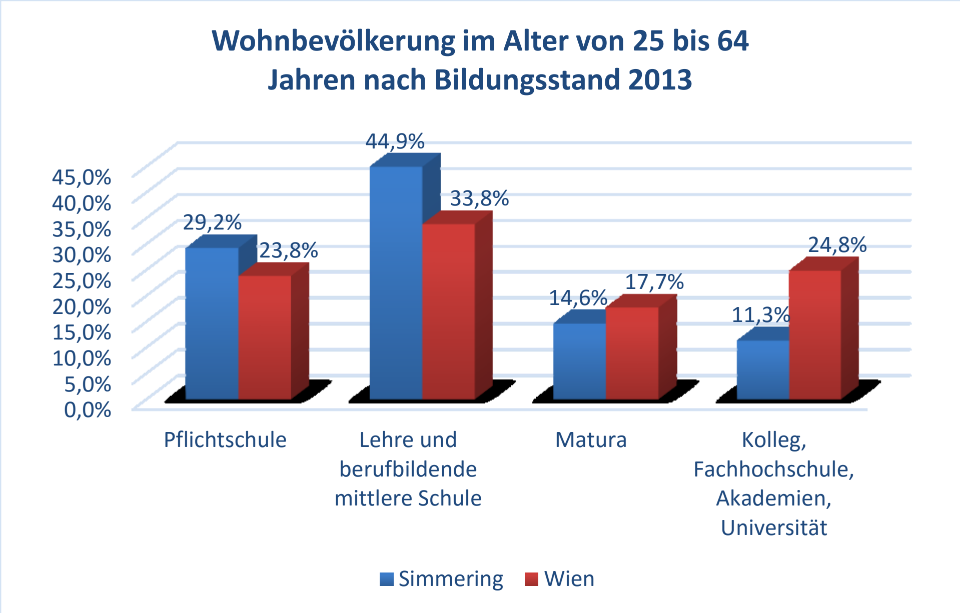


Abbildung 2-Bildungsstand im Vergleich: Simmering/Wien

Vergleiche für die Daten der Abbildung das statistische Jahrbuch der Stadt Wien, S. 300[36].

Aus obiger Grafik ist leicht ersichtlich, dass vor allem in den Bereichen Lehre/berufsbildende mittlere Schule sowie Kolleg/Fachhochschule/Akademien/Universität grobe Unterschiede zwischen dem Wiendurchschnitt und Simmering bestehen. Die 44,9 % im Bereich Lehre und berufsbildende mittlere Schule, sowie die 29,2 % im Bereich Pflichtschule unterstreichen die Bezeichnung „Arbeiterbezirk" und deuten auf den geringen Anteil an Maturanten und Akademikern hin.

Die Angaben der SchülerInnen zu ihrer Person sollen verdeutlichen, dass es sich bei der Testung um eine sehr spezifische Stichprobe handelt, deren Ergebnisse zwar nicht 1:1 auf die Grundgesamtheit Wiens übertragen, allerdings als Näherungswert für den Korrelationsanteil in dieser betrachtet werden können.

5.1.3 Hintergründe zu Teil 1 – Verfassen eines appellativen Briefes

Das Verfassen eines appellativen Briefes stellte die Operationalisierung des Ausmaßes allgemeiner Sprachkompetenz des Schülers/der Schülerin dar. Da es sich bei diesem Vorgang um das selbstständige Produzieren von Sprache handelt, konnten Einzelkomponenten wie Argumentation, Wortwahl und die Verknüpfungsstrukturen der Sätze sowie des gesamten Textes genauer untersucht werden. Anlehnend an die Definition

---

[36] Vgl. Daten: Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien – 2016. BEZIRKSPORTRÄTS | 22. Wien und seine Bezirke im Überblick. (Link: https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/bezirksportraets-1-23-2016.pdf (Zugriff: 05.04.2017))

allgemeiner Sprachkompetenz aus Kapitel 1.2.4, sollte die Fähigkeit Sachwissen, das heißt die Anwendung des Regelsystems der jeweiligen Sprache, gemessen werden. Dabei lag der Fokus auf der Diskurs- und Grammatikkomponente. So war es für den Brief von zentraler Bedeutung, Konnektoren wie Konjunktionen, Adverbialkonjunktionen und Argumentverknüpfungen sowohl dem Regelsystem entsprechend, als auch situationsabhängig zu wählen. Situationsabhängig meint dabei den jeweiligen Diskurs, da Wortwahl und Satzstruktur an den Adressaten angepasst werden muss. Der Chef eines großen Wirtschaftsunternehmens wird mit einem anderen Briefformat rechnen können als eine Freundin oder ein Bekannter.

Auf Grund des Zusammenhangs von Sprache und Denken, sollte zugleich auf Satz-, sowie Textkohärenz geachtet werden. Mitteilungs- und Kognitionskomponente als Teil der Sprachkompetenz befähigen den Sprachproduzenten, seine Gedächtnisinhalte zu strukturieren, zu ordnen und zu abstrahieren und diese Gedächtnisinhalte auszudrücken. (vgl. Kapitel 1.2.4). In welchem Ausmaß schaffte es also der Schüler oder die Schülerin, seine oder ihre Gedächtnisinhalte kohärent mitzuteilen?

Diese zwei Ebenen, Anwendung des entsprechenden Regelsystems sowie Sprache als Mittel zur Gedankenstrukturierung, als Teilkompetenzen von Sprache, hängen unmissverständlich zusammen, da die Wahl adäquater Konnektoren und Argumentverknüpfungen obligatorisch für die nachvollziehbare und strukturierte Mitteilung entsprechender Gedächtnisinhalte ist. Daraus kann zugleich eine Abhängigkeit der Fähigkeit, mathematische Textaufgaben zu lösen, abgeleitet werden. Wenn es Sprache ermöglicht, Gedächtnisinhalte zu ordnen, um sie in produktiver Form auszudrücken, so muss durch Sprache ebenso, vor beziehungsweise gar ohne folgende Produktionsschritte, Gelesenes in rezeptiver Form verstanden werden, das heißt Gelesenes geordnet, strukturiert und abstrahiert werden.
Durch die Operationalisierung allgemeiner Sprachkompetenz mit Hilfe des Verfassens eines Briefes, ließ sich mit Sicherheit lediglich ein kleiner Teil dieser Kompetenz messen und feststellen. Größere Messbereiche würden jedoch den Anspruch, genaue Aussagen über Teilkompetenzen zu liefern, verlieren. Zudem können weit mehr Verknüpfungspunkte zwischen dem Regelsystem der entsprechenden Sprache beziehungsweise Sprache als Mittel zur Gedankenstrukturierung und dem Lösen mathematischer Textaufgaben gezogen werden, als zwischen der Handlungskomponente allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben. Angebrachte Handlungsweisen als Teilkompetenz wirken sich nicht auf das Lösen von Textaufgaben aus. Auch die Einhaltung des jeweiligen Textsortenformats spielt eine unbedeutende Rolle bei mathematischen Modellierungsprozessen.

Für die Auswertung der Briefe wurde demnach auf folgende Faktoren geachtet:

- Verwendung etwaiger Konnektoren (Konjugationen, Adverbialkonjugationen, Anaphorische Verknüpfungen) → Satzkohärenz
- Verwendung von Konjunktiv oder Injektiv (Fokussierung auf Ist-Zustand oder Zukunft)
- Inhaltlicher Aufbau sowie Argumentverknüpfungen („roter Faden“) → Textkohärenz

Alle SchülerInnen erhielten, unabhängig von der Schulstufe, dieselbe Angabe zur Verfassung des Briefes. Es handelte sich dabei um das Verfassen eines appellativen Briefes an die Direktorin der Schule, der die Adressatin davon überzeugen sollte, Laptops in allen Klassen zur Verfügung zu stellen:

Deine Klasse möchte die Direktorin der Schule davon überzeugen, Laptops in allen Klassen zur Verfügung zu stellen. Die finanzielle Situation der Schule lässt dies zu, allerdings ist die sichere Unterbringung der Geräte noch nicht gewährleistet und die Nachteile von Laptopklassen scheinen die Vorteile zu überwiegen.
Verfasse einen argumentativen Brief an deine Direktorin, der die Vorteile von Laptopklassen unterstreicht! *Da jede/r deiner KlassenkameradInnen einen Brief verfasst, wähle die zwei bis drei stichhaltigsten Argumente und führe diese genau aus! Achte dabei auf eine entsprechende Ausdrucksweise und die Nachvollziehbarkeit deiner Argumente! Formuliere einen geeigneten Einstieg! (1/2 Seite)*

Aus dem Lehrplan des Unterrichtsfaches Deutsch ist zu entnehmen, dass die Sammlung von Argumenten erst in der 7. Schulstufe thematisiert wird (Lehrplan Deutsch – AHS Unterstufe)[37]. Dennoch sollen bereits in der 5. Schulstufe Anliegen schriftlichen vorgebracht und zu einfachen Sachverhalten Stellung bezogen werden (vgl. ebd.). Es ist daher erneut zu betonen, dass bei der Auswertung der Briefe nicht auf die Bewältigung der entsprechenden Textsorte geachtet wurde. Wichtiger sind Verknüpfungen einzelner Aussagen, ein feststellbarer Textzusammenhang, sowie die angebrachte Verwendung etwaiger Konjunktionen.

5.1.4 Hintergründe zu Teil 2 – Bearbeitung einer Textaufgabe

Die Bearbeitung einer mathematischen Textaufgabe sollte als Operationalisierung der Fähigkeit diese zu lösen dienen. Das Bearbeiten inkludierte dabei den gesamten Modellierungsprozess, angefangen beim Lesen der Aufgabe, dem damit verbundenen

[37] Vgl. Lehrplan Deutsch – AHS Unterstufe (aktuelle Tagesfassung: 06.04.2017); Link: http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

Bilden eines Situationsmodells, über die Mathematisierung des gegebenen Sachproblems, bis hin zur Antwort der gestellten Frage. Wie in Kapitel 4.2.3 genauer ausgeführt wurde, existieren mehrdimensionale Schwierigkeiten während des Leseprozesses bei der Bearbeitung einer Textaufgabe, die zur Bildung eines inadäquaten Situationsmodells, oder sogar zu einem Fehlen eines solchen, führen können. Probleme während dieses ersten Schrittes äußern sich in den darauffolgenden Schritten, indem die Frage nach der gesuchten Zahl beziehungsweise Größe nicht entsprechend der Angabe beantwortet werden kann, falsche Gleichungen aufgestellt oder Skizzen gezeichnet werden, oder Die Textaufgabe sogar gänzlich ausgelassen wird. In letzterem Fall kann allerdings nicht mehr von inadäquaten Situationsmodellen, sondern von fehlenden Situationsmodellen und einem Mangel an kohärenten Repräsentationsstrukturen gesprochen werden. Um meine zweite Forschungsfrage zu beantworten, habe ich die Textaufgaben an Hand folgender Kriterien untersucht:

- Wurde die Textaufgabe richtig oder falsch bearbeitet?

Richtige Bearbeitung liegt lediglich dann vor, wenn sämtliche Rechenschritte hinweisend für die Repräsentation eines adäquaten Situationsmodelles sind. Diese inkludieren je nach Aufgabe die richtige Wahl der Rechenoperationen, (falls nötig) richtige Skizzen, sowie die richtige Deutung der Lösung. Als gelöst wird eine Textaufgabe auch dann gewertet, falls Rechenfehler passiert sein sollten. Diese sind für die Bildung eines Situationsmodells nicht aussagekräftig.

- Auf welcher Ebene sind Probleme feststellbar, wenn die Textaufgabe falsch gelöst wurde?

Die Aufgabe wurde falsch gelöst, falls falsche Rechenoperationen gewählt, Skizzen nicht der Angabe entsprechend gezeichnet oder die Lösung falsch gedeutet wurden. In diesen Fällen ist zu untersuchen, ob die falsche Bearbeitung auf Probleme bei der Bildung der Wort-, Satz- oder Textebene zurückzuführen ist. Unterstützend für das Feststellen der Schwierigkeitsebene soll eine der Textaufgabe folgende Fragestellung wirken. Vor der Bearbeitung jeder Textaufgabe sollten die SchülerInnen folgende Frage für sich beantworten:

Beantworte zuerst folgende Frage: Welche Zahl oder Größe ist in der Aufgabe gesucht?

Gegebene Antworten bei falsch gelöster Aufgabe können hinweisend für mögliche Fehlerquellen sein. Die Frage entstand anlehnend an die im Mathematikschulbuch „Das ist Mathematik 3“ von Reichel, Humenberger et. al. vorgeschlagene Vorgehensweise bei der

Bearbeitung von Textaufgaben (vgl. Reichel, Humenberger (2012), S. 105)[38]. Diese beschreiben eine aus mehreren Schritten bestehende Vorgehensweise, beginnend mit der Wahl der Unbekannten.

Die Untersuchung der Fehlerquellen bei der Bearbeitung der Textaufgabe bildete den Kern der Auswertungen. Hier konnte festgestellt werden, ob sprachlich Schwache tatsächlich auf Grund der falschen Repräsentation der Propositionsstruktur der Angabe die Aufgabe falsch lösten. Des Weiteren war dadurch ersichtlich, ob diese Propositionsstruktur aus lexikalischen Gründen, das heißt auf Wortebene, nicht erfasst werden konnte, oder ob einzelne Sätze nicht durchdrungen oder die Verknüpfung mehrerer nebenstehender Sätze nicht erkannt werden konnte, das heißt die Satzebene der Aufgabe zur falschen Bearbeitung führte. Bei bestehender Wortebenen-Problematik würden die Bearbeitungsschritte inadäquate Rechenoperationen, wie beispielsweise Addition statt Subtraktion, aufweisen. Auf Satzebene würden sich die Verständnisschwierigkeiten eher durch falsche Skizzen oder fehlende Rechenoperationen äußern. Anders als auf Wortebene kann hier zwischen den Rechenoperationen unterschieden werden, allerdings können Informationen eines Satzes nicht zur Gänze herausgefiltert werden, wodurch notwendige Zwischenschritte und weiterführende Rechnungen vernachlässigt werden.

Die Textebene, als dritte Fehlerquelle, äußert sich durch das Miss- beziehungsweise Nichtverstehen der globalen Textkohärenz. Falls das Ende des Textes nicht mit dem Anfang in Verbindung gebracht werden kann, würden auch die Bearbeitungsschritte des Modellierungsprozesses unzusammenhängende Rechenoperationen und Lücken aufweisen.

Den Charakteristiken mathematischer Texte zugrundeliegend (siehe Kapitel 2.4), kann zugleich abgeleitet werden, dass das Miss- beziehungsweise Nichtverstehen der globalen Textkohärenz oft mit den Texteigenschaften der Angabe zusammenhängt. Auf Grund fehlender explizit angesprochener Rechenoperationen, musste das Lösen der Aufgaben häufig durch Inferenzbildung geschehen. Auch in Aufgabe 3, aus Kapitel 4.2.2, wurde der Begriff der Steigung nicht explizit erwähnt. Aus der „konstanten Geschwindigkeit“ musste dieser Zusammenhang erst erzeugt werden.

Anders als der erste Teil der Testung wurde beim zweiten Teil die Textaufgabe notwendigerweise an die Schulstufe der SchülerInnen angepasst. Die Aufgaben wurden teilweise anlehnend an Schulbuchaufgaben der jeweiligen Schulstufe, beziehungsweise an BIFIE-Aufgaben, verfasst und teilweise vollkommen neu zusammengestellt. Gleichzeitig sollte auf Interessensgebiete der SchülerInnen geachtet werden, da Interesse als

[38] Reichel; Humenberger et. al.: Das ist Mathematik 3. Lehrbuch und Aufgabensammlung für die 3. Klasse der allgemein bildenden höheren Schulen und der Hauptschulen. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien 2012

maßgeblich für die Motivation der SchülerInnen betrachtet werden kann (vgl. hierfür z.B. Maderthaner (2008), S. 325)[39]. Diese Interessensgebiete entsprangen zu einem Großteil dominanten Themen der entsprechenden Lebensphase der SchülerInnen. So thematisierten die Textaufgaben Bereiche wie Sport, Markenkleidung, Musik und erneuerbare Energien. Die acht Aufgaben und deren Einordnung im Lehrplan sollen im folgenden Kapitel dargestellt und deren schwierigkeitsgenerierende Merkmale geschildert werden.

5.1.4.1 Darstellung der mathematischen Textaufgaben

5. Schulstufe:

Noel spart auf ein neues Hoverboard. Im Jänner hat er 56 € in sein Sparschwein gesteckt, steuerte allerdings Anfang Februar 15 € für das Geburtstagsgeschenk seines besten Freundes bei. Im Februar hat er 49 € und im März 62 € zusätzlich angespart. Das Hoverboard mit 700 Watt kostet 289 €. Wie viel Geld fehlt Noel noch? (Anlehnend an: Salzger, Bachmann (2014), S. 161, Bsp. 6.50)[40]

- Lehrplanbezug:

Bezugnehmend auf den Lehrplan der AHS Unterstufe ist diese Aufgabe folgenden Kapiteln zuzuordnen:

> „1.1. Arbeiten mit Zahlen und Maßen
> - Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit natürlichen Zahlen vertiefen […]
>
> 1.2 Arbeiten mit Variablen
> - Mit Variablen allgemeine Sachverhalte beschreiben können, […]
>
> - insbesondere Formeln bzw. Gleichungen aufstellen, […]“
> (Lehrplan Mathematik AHS-Unterstufe)[41]

Dabei ist vor allem Punkt 1.1. hervorzuheben, da die Bearbeitung der Aufgabe mithilfe von Variablen geschehen kann, allerdings nicht geschehen muss.

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe

Die Aufgabe erforderte einige kognitive Prozessvariablen, die in Kapitel 4.2.2 als Teil des Document-Literacy Ansatzes beschrieben wurden. So war das Lokalisieren gesuchter Informationen, vor allem auch durch Zuhilfenahme zyklischer Strategien von enormer

---

[39] Vgl. Maderthaner, R.: Psychologie. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien 2008
[40] Salzger, Bachmann et. al.: Mathematik verstehen 1. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien 2014
[41] Lehrplan Mathematik – AHS Unterstufe (aktuelle Tagesfassung: 8.4.2017); Link: http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

Wichtigkeit. Das Lokalisieren der Zahlen stellte dabei den ersten Schritt dar, das Aussortieren konkurrierender Antwortmöglichkeiten im Zuge des zyklischen Arbeitens den zweiten. Da als Antwort lediglich ein Geldbetrag in Frage kam, mussten die kleineren Geldbeträge der Angabe von etwaigen anderen Zahlen, wie jene der Wattangabe unterschieden werden. Zusätzlich musste die Phrase „er steuerte 15 € bei“ als Subtraktion verstanden werden. Das Partikelverb bei-steuern musste dafür bekannt sein.

6. Schulstufe:

Die 2A und die 2B machen gemeinsam einen eintägigen Skiausflug zum Semmering, wobei sie von vier Lehrpersonen (einem Skilehrer für Anfänger, zwei Skilehrern für Fortgeschrittene und einem Snowboardlehrer) begleitet werden. Dabei sind in der 2A 25 Schüler und Schülerinnen und in der 2B 27 Schüler und Schülerinnen.
In der 2A kommt $\frac{1}{25}$ der Schüler und Schülerinnen nicht mit, der Rest zählt zu den fortgeschrittenen SkifahrerInnen. $\frac{1}{3}$ der 2B fährt Snowboard, der Rest besteht zu zwei Drittel aus Anfängern und zu einem Drittel aus fortgeschrittenen SkifahrerInnen.

Wie viele SchülerInnen sind fortgeschrittene SkifahrerInnen?

- Lehrplanbezug:

  „2.1 Arbeiten mit Zahlen und Maßen

  \- Festigen und Vertiefen der Fähigkeiten beim Arbeiten mit positiven rationalen Zahlen, um vielfältige und komplexere Probleme in Sachsituationen bearbeiten zu können,

  \- Rechnen mit Brüchen (mit kleinen Zählern und Nennern), damit die Rechenregeln im Hinblick auf die Algebra sicher beherrscht werden, […]“ (Lehrplan Mathematik – AHS Unterstufe)

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe

Ursprünglich war geplant die SchülerInnen eine Textaufgabe zu indirekter Proportionalität lösen zu lassen. Dem Rat meiner Ansprechperson in der Schule folgend, habe ich mich allerdings zu guter Letzt für eine Aufgabe zur Bruchrechnung entschieden. Die Lehrperson wies mich darauf hin, dass direkte und indirekte Proportionalität oft erst im nächsten Schuljahr behandelt werden.

Als schwierigkeitsgenerierend für die Repräsentation der Propositionsstruktur galt bei dieser Aufgabe vorrangig die Satzebene. So konnte vor allem der Satz “ $\frac{1}{3}$ *der 2B fährt Snowboard, der Rest besteht zu zwei Drittel aus Anfängern und zu einem Drittel aus fortgeschrittenen SkifahrerInnen.“* ohne die Zuhilfenahme von Auffächerungsstrategien zu Missverständnissen führen. *Der Rest* [der 2B] durfte in diesem Kontext nicht als redundant abgewertet werden. Zusätzlich verlangte die Fragestellung am Ende der Aufgabe eine Überführung der rationalen Zahlen in natürliche, um den Anforderungen einer *Anzahl an SchülerInnen* gerecht zu werden. Auch hier mussten zyklische Verarbeitungsstrategien zur Anwendung kommen, um die Anzahl der Lehrpersonen nicht in die Berechnung miteinfließen zu lassen. Da es sich bei der Bearbeitung zusätzlich um separate Berechnung beider Klassen handelte, musste diese Teilinformationen anschließend mit Hilfe beschriebener *integrate Strategies* (siehe Kapitel 4.2.2) zu einer zusammenhängenden Gesamtinformation integriert werden.

7. Schulstufe:

Shawn Mendes wurde auf Grund der hohen Verkaufszahlen in Großbritannien für seine Single „Stitches" die Doppel-Platin-Schallplatte verliehen (Je nach Höhe der Verkaufszahlen kann eine Single mit Silber, Gold oder Platin ausgezeichnet werden). In Amerika wurde „Stitches" sogar doppelt so oft verkauft wie in Großbritannien. Sie ist somit seine bestverkaufte Single in den USA. Zum Vergleich haben in den USA die Songs „Life of the Party", „Treat You Better" und „Something Big" zusammen gleichhohe Verkaufszahlen wie „Stitches" erreicht. In Summe wurden in den USA die Singles „Stitches", „Life of the Party", „Treat You Better" und „Something Big" 4,8 Mio. mal verkauft. Wie oft wurde die Single „Stitches" demnach in Großbritannien verkauft? (Anlehnend an: Reichel, Humenberger (2012), S. 107, Bsp.: 548)[42]

- Lehrplanbezug:

  „3.2 Arbeiten mit Variablen

  - Formeln in Sachsituationen und in der Geometrie aufstellen können

  - Aufgaben aus Anwendungsbereichen und aus der Geometrie durch Umformungen von Formeln oder Termen lösen können, […]

  - Lösen von linearen Gleichungen mit einer Unbekannten." (Lehrplan Mathematik – AHS Unterstufe)

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe

Um die lokale sowie globale Textkohärenz dieser Aufgabe zu durchdringen, reichte ein einmaliges Lesen der Angabe nicht. Sie war gekennzeichnet durch eine hohe Informationsdichte, weshalb das wiederholte Lesen von Teilabschnitten unabdingbar war. So konnte auch diese Aufgabe ohne zyklische Textverarbeitung nicht sinngemäß bearbeitet werden. *„Zum Vergleich haben in den USA die Songs „Life of the Party", „Treat You Better" und „Something Big" zusammen gleichhohe Verkaufszahlen wie „Stitches" erreicht."* Wie in der Textaufgabe der 6. Schulstufe, durften auch hier einzelne Begriffe wie *„zusammen"* oder

[42] Reichel, H.-C.; Humenberger, H. et. al.: Das ist Mathematik 3. Lehrbuch und Aufgabensammlung für die 3. Klasse der allgemein bildenden höheren Schulen und der Hauptschulen. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien 2012

„in Summe“ nicht vernachlässigt werden. Falls beispielsweise in weiterer Folge *Stitches = Life oft the Party = Treat You Better = Something Big* abgeleitet wurde, konnte von einer falschen Repräsentation der Propositionsstruktur des Satzes ausgegangen werden. Als Schwierigkeit stellte sich auch die Herstellung des Zusammenhangs der gesuchten Größe mit den davon abhängigen Verkaufszahlen in den USA heraus. Gegeben waren keine konkreten Werte, mit deren Hilfe die Aufgabe durch ausgewählte Rechenoperationen direkt gelöst werden konnte, sondern lediglich deren Vergleichswerte zur gesuchten Größe. Wie können diese vier Lieder also mit der gesuchten Größe in Verbindung gebracht werden? Das zyklische Lesen der Angabe sollte demnach integrierende Strategien gewährleisten, durch die die Relationen des gesamten Textes vollkommen durchdrungen werden können, um ein adäquates Situationsmodell bilden zu können.

8. Schulstufe:

Lukas kann sich zwischen den Nike Air Max 90 Ultra SE Premium Schuhen und den ZX Flux 5/8 von Adidas nicht entscheiden. Seine Mutter wäre bereit, ihm die billigeren der beiden zu bezahlen. Ausgehend vom Originalpreis, sind die Schuhe von Adidas um 33% günstiger als jene von Nike. Allerdings bietet Nike die Air Max momentan verbilligt um 115,49€ statt 165€ an. Welche Schuhe sind nun günstiger?

- Lehrplanbezug:

  „4.2 Arbeiten mit Variablen

  - Sicherheit beim Arbeiten mit Variablen, Termen, Formeln und Gleichungen steigern […]“

Aber vor allem auch:

  „2.1 Arbeiten mit Zahlen und Maßen

  […]
  -Rechnen mit Prozenten in vielfältigen Zusammenhängen […]“ (Lehrplan Mathematik – AHS Unterstufe)

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe

Die Intention dieser Aufgabe war zu aller erst die Fähigkeit des Filterns notwendiger Informationen zu überprüfen. Dabei sollten die genauen Bezeichnungen der Markenschuhe nicht zu etwaigen Irritationen bei den Schülern und Schülerinnen führen. Zudem bot diese Aufgabe eine Vielzahl an Bearbeitungsstrategien an. So hätten 33% entweder vom Originalpreis der Nike Schuhe abgezogen, oder 67% des Originalpreises berechnet werden können. Ebenso richtig wäre die Angabe der 115,49 € als Anteil des Originalpreises, um diesen im Anschluss mit den 33% zu vergleichen. Diese unterschiedlichen Strategien waren hinweisend für die Richtung, die für die Bearbeitung der

Textaufgabe gewählt wurde, und dem Entstehungsprozess des Situationsmodells. Probleme konnten hier vorwiegend auf Textebene aufkommen. Durch integrierende Strategien sollten die 33% mit dem Originalpreis der Nike Schuhe in Verbindung gebracht werden. Eine Verknüpfung mit dem verbilligten Preis konnte als Textebenen-Problematik aufgefasst werden.

9. Schulstufe:

Philipp möchte in seinem Vorgarten die Außenlinien eines Minifußballfeldes markieren. Seine Mutter ist damit einverstanden, wenn zumindest 20% der Grünfläche, um nicht jedes Mal mitten durch das Feld gehen zu müssen, erhalten bleiben.
Der Garten hat eine Länge von 30 m und eine Breite von 30 m. Das Fußballfeld soll rundherum von einem gleich breiten Weg umgeben sein. Welche Einbußen muss Philipp daher auf jeder Seite seines Spielfeldes hinnehmen, d.h. wie weit muss er hineinrücken? (Anlehnend an: Malle, Koth (2014), S. 72, Bsp.: 4.31)[43]

- Lehrplanbezug:

  „**Zahlen und Rechengesetze** […]

  - Aufstellen und Interpretieren von Termen und Formeln […]

  Gleichungen und Gleichungssysteme

  - Lösen von […] quadratischen Gleichungen in einer Variable […]

  - Anwenden der oben genannten Gleichungen […] auf inner- und außermathematische Probleme […]

  Vektoren und analytische Geometrie der Ebene

  - Lösen von geometrischen Aufgaben, gegebenenfalls unter Einbeziehung der Elementargeometrie“ (Hervorhebungen vom Autor) (Lehrplan Mathematik – AHS Oberstufe)[44]

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe

Auch diese Aufgabe wurde nach der Besprechung mit der Ansprechperson in der Schule adaptiert. So war die ursprüngliche Form des Gartens ein Rechteck. Da die Klasse jedoch noch nicht mit der kleinen und großen Lösungsformel zu quadratischen Gleichungen gearbeitet hatte, wandelte ich die geometrische Form kurzerhand in ein Quadrat um. Dies sollte gewährleisten, dass lediglich mit Wurzeln, aber ohne Lösungsformel gerechnet werden konnte.

[43] Malle, G.; Koth, M; Woschitz, H. et al: Mathematik verstehen 5. Technologie integriert. Oebv GmbH & Co. KG, Wien 2014

[44] Lehrplan Mathematik – AHS Oberstufe (aktuelle Tagesfassung: 09.04.2017); Link: http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

Eine falsche Repräsentation der Propositionsstruktur der Angabe konnte bei dieser Aufgabe vor allem auf Probleme bei der Bildung der Satz- beziehungsweise Textebene zurückgeführt werden. Einerseits durfte die Formulierung *„20% der Grünfläche“* weder als 20% der Seitenlänge, noch als 20% pro Flächenabschnitt, der an eine der vier Seiten des Feldes anschließt, verstanden werden. Andererseits sollte das Feld *„rundherum“* von einem Weg umgeben sein, wodurch Skizzen, die auf andere Repräsentationen schließen ließen, auf ein falsches Situationsmodell hinwiesen. Des Weiteren wurde die Frage gestellt, wie weit Philipp auf jeder Seite hineinrücken muss beziehungsweise welche Einbußen er *auf jeder Seite* hinnehmen muss. Auch hier durften Seitenlängen nicht mit Flächenmaßen gleichgesetzt werden. Auf Textebene musste dabei berücksichtigt werden, dass zwar anfangs mit Flächenmaßen gerechnet, gegen Ende jedoch eine Seitenlänge gesucht und berechnet werden soll. Die Wortebene sollte bei dieser Aufgabe zu keinen Schwierigkeiten geführt haben. Ein Verstehen der Wortverbindung „erhalten bleiben“ sollte in der 9. Schulstufe vorausgesetzt werden können.

<u>10. Schulstufe:</u>

Fast vier Fünftel aller Güter werden zumindest auf einem Teil ihres Weges vom Erzeuger zum Konsumenten mit dem Schiff transportiert. In der Schifffahrt werden Entfernungen in Seemeilen (1 sm = 1,852 km) und Geschwindigkeiten in Knoten (1 K = 1 sm/h) angegeben.

Der stündliche Treibstoffverbrauch y (in Tonnen pro Stunde) des Schiffs Ozeanexpress kann in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit x (in Knoten) durch die Gleichung $y = 0{,}00002x^4 + 0{,}6$ *beschrieben werden. Dieses Schiff hat noch einen Treibstoffvorrat von 600 Tonnen.*

Wieviel Stunden kann ein Schiff fahren, das mit einer konstanten Geschwindigkeit von 30 Knoten unterwegs ist, bis dieser Treibstoffvorrat aufgebraucht ist?
(Anlehnend an: BIFIE Aufgabenpool, Typ 2 Aufgaben, 10. Schulstufe „Treibstoffverbrauch)[45]

- Lehrplanbezug:

  „**Reelle Funktionen**

  - Anwenden von Funktionen zur Beschreibung kontinuierlicher Prozesse“ (Hervorhebung vom Autor) (Lehrplan Mathematik – AHS Oberstufe)

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe:

Die Erfahrung, die ich im Zuge einiger Nachhilfeeinheiten gemacht habe, hat mich gelehrt, dass es vor allem den Schülern und Schülerinnen der oberen Klassen ein großes Anliegen ist, Aufgaben vergangener Reifeprüfungstermine, sowie konkrete Übungsbeispiele der

[45] Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens: Aufgabenpool, Link: https://aufgabenpool.srdp.at/srp_ahs/index.php (Zugriff: 16.04.2017)

BIFIE-Seite zu bearbeiten. Auf Grund dessen habe ich für die Aufgaben der 10. und 11. Schulstufe Typ 2 Aufgaben der jeweiligen Schulstufe der BIFIE-Homepage adaptiert.

Die Aufgabe der 10. Schulstufe sollte konkret auf die Bedeutung der globalen Textkohärenz hinweisen. Ähnlich wie die Aufgabe der 7. Schulstufe, mussten auch hier Teilausschnitte mehrmals gelesen, sowie die Leserichtung an die Bearbeitungsschritte angepasst werden. Nachdem die Geschwindigkeit in die Funktionsgleichung eingesetzt wurde, musste ein weiteres Mal auf die 600 Tonnen Bezug genommen werden. Es bedurfte integrierender Strategien, um den Zusammenhang beider Daten zu erkennen, sowie die Fragestellung damit in Verbindung bringen zu können. Gleichzeitig bestand die Schwierigkeit, die Einheiten miteinander zu vergleichen und zu überprüfen, ob diese angeglichen werden mussten. Das zyklische Arbeiten stand auch hier im Vordergrund. Auf Satzebene sind die bildungssprachtypischen Phrasen nennenswert: „Der stündliche Treibstoffverbrauch y (in Tonnen pro Stunde) des Schiffs Ozeanexpress kann in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit x (in Knoten) durch die Gleichung […] beschrieben werden“. *„In Abhängigkeit von…“ und „…durch die Gleichung…“* sind Präpositionalphrasen, die regelmäßig Anwendung in mathematischen Textaufgaben finden. War deren Bedeutung nicht bekannt, konnte die Satzstruktur nicht erkannt und weitere Mathematisierungsschritte nicht vollzogen werden.

<u>11. Schulstufe:</u>

Manche Nutz- und Zierpflanzen wachsen in den ersten Wochen nach der Pflanzung sehr rasch. Im Folgenden wird nun Hopfen, der für seine Heilwirkung auf den Körper und die Psyche und für die Herstellung von Bier bekannt ist, betrachtet. Die endgültige Größe dieser Kletterpflanze hängt auch von ihrem Standort ab und kann im Allgemeinen bis zu 10 m betragen. Im Durchschnitt erreicht der Hopfen allerdings Größen von 6 bis 8 m.

In einem Experiment wurde der Wachstumsverlauf der Kletterpflanze über einen Zeitraum von 4 Wochen beobachtet und ihre Höhe dokumentiert. Im Anschluss wurde die Höhe h des Hopfens in Abhängigkeit von der Zeit t durch eine Funktion h mit $h(t) = -\frac{65}{3}t^3 + 130t^2 + 80$ *modelliert. Dabei bezeichnet t die Anzahl der Wochen seit der Pflanzung und h(t) die Höhe zum Zeitpunkt t in cm. Die nebenstehende Abbildung zeigt den Graphen der Funktion h im Beobachtungszeitraum [0; 4].*

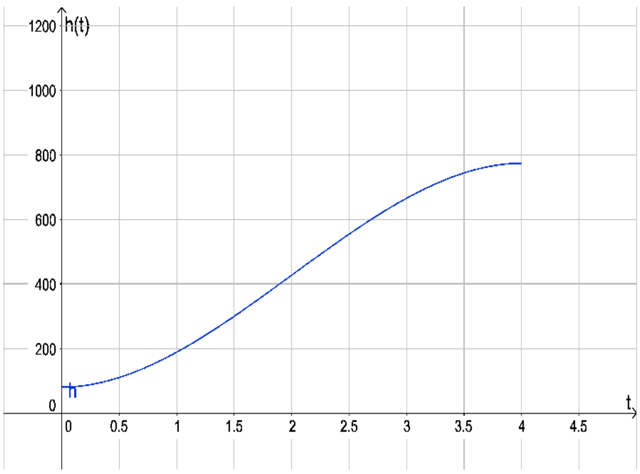


Abbildung 3-Wachstumsverlauf einer Pflanze

Für das Wachstum des Hopfens ist auch die entsprechende Düngung von Bedeutung. Im gegebenen Fall wurde die Pflanze eine Woche vor dem Zeitpunkt des stärksten Wachstums

gedüngt. Wann wurde der Hopfen demnach gedüngt?
(Anlehnend an: BIFIE Aufgabenpool, Typ 2 Aufgaben, 11. Schulstufe „Wachstum einer Pflanze“)

- Lehrplanbezug:

  „**Differentialrechnung** […]

  - Kennen des Begriffs Ableitungsfunktion, Berechnen von Ableitungen elementarer Funktionen

  - Deuten der zweiten Ableitung in […] außermathematischen Bereichen“ (Hervorhebung vom Autor) (Lehrplan Mathematik – AHS Oberstufe)

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe

Anders als bei den anderen Aufgaben erstellte ich hier eine Grafik, um den Wachstumsverlauf der Pflanze besser veranschaulichen zu können. Für die Bearbeitung der Aufgabe war es allerdings nicht essentiell, zwischen den Darstellungsarten wechseln zu können. Dies sollte hier nicht getestet werden. Allerdings wies die Angabe, wie auch jene der Aufgabe der 10. Schulstufe, bildungssprachtypische Phrasen in Bezug auf Funktionen auf, die bekannt sein mussten, um weitere Bearbeitungsschritte tätigen zu können. Um die Propositionsstruktur dieser Angabe adäquat zu repräsentieren, bedurfte es jedoch zusätzlich der Bildung entsprechender Inferenzen. So musste aus der Formulierung „stärkstes Wachstum“ zunächst eine Geschwindigkeit und in weiterer Folge die 2. Ableitung der Funktion gebildet werden. Ohne diese Implikationen, konnte die Frage nicht beantwortet werden. Für die Beantwortung sollte zudem auf folgenden Satz hingewiesen werden: „Im gegebenen Fall wurde die Pflanze *eine Woche vor dem Zeitpunkt des stärksten Wachstums* gedüngt.“ Nachdem der Zeitpunkt des stärksten Wachstums berechnet wurde, musste für die Beantwortung der Frage erneut auf diesen Satz Bezug genommen werden, um das richtige Ergebnis zu erhalten. Auch hier bedurfte es zyklischer Bearbeitungsstrategien.

<u>12. Schulstufe:</u>

Die Versorgung einer Stadt mit elektrischer Energie erfolgt vorwiegend durch ein Laufwasserkraftwerk. Die Leistung (Änderungsrate der erzeugten Energie bezüglich der Zeit, gemessen in MJ/h) an einem typischen Sommertag kann für das Kraftwerk näherungsweise der folgenden Abbildung entnommen werden. Der Leistungsbedarf der Stadt entspricht ungefähr der Funktion B mit $B(t) = -\frac{1}{32} \cdot (5t^2 - 120t - 176)\ \text{für}\ t \in [0; 24]$. *Die Leistung W(t) des Laufwasserkraftwerkes in Abhängigkeit von der Zeit lässt sich durch die Funktion* $W(t) = 18\ f\text{ür}\ t \in [0; 24]$ *darstellen.*

Im Zeitintervall von 20 Uhr bis 4 Uhr (am nächsten Tag) kommt es zu einer Überproduktion von Energie. (Die Leistungsfunktion des Wasserkraftwerkes liegt in diesem Bereich oberhalb der Leistungsbedarf-Funktion.) Diese wird dazu benutzt, Wasser in einen höher gelegenen Speichersee zu pumpen.

Zeige rechnerisch, dass die dadurch gespeicherte Energie nicht ausreicht, um das Energiedefizit, das im Zeitintervall von 4 Uhr bis 20 Uhr besteht, auszugleichen!

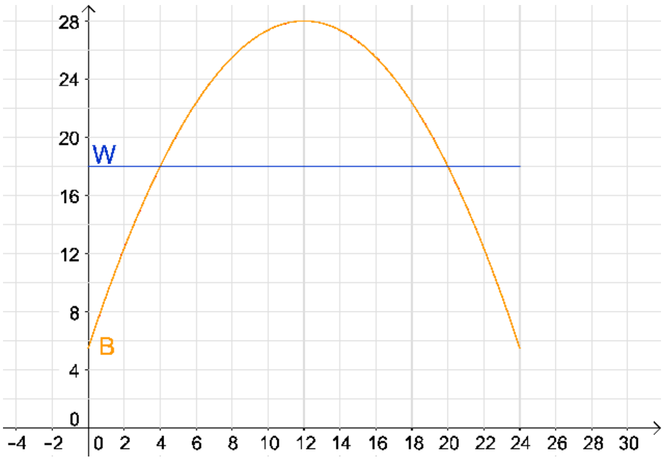


Abbildung 4-Leistung eines Kraftwerks und Leistungsbedarf einer Stadt

(Anlehnend an: Malle, Koth (2012), S. 232, Bsp.: 12.60)[46]

- Lehrplanbezug

  „**Integralrechnung**

  - Berechnen von bestimmten Integralen mit Hilfe von Stammfunktionen unter Verwendung elementarer Integrationsregeln

  - Arbeiten mit verschiedenen Deutungen des Integrals (insbesondere Flächeninhalt, […])“ (Hervorhebung vom Autor) (Lehrplan Mathematik – AHS Oberstufe)

- Schwierigkeitsgenerierende Merkmale der Aufgabe

Erneut sollte die Erstellung einer Graphik zum besseren Verständnis der Angabe führen, ohne dass der Darstellungswechsel von großer Wichtigkeit gewesen wäre. So war es mir ein Anliegen, sämtliche Informationen, die aus der Grafik impliziert werden sollten, in der schriftlichen Angabe explizit zu formulieren, um Schwierigkeiten im Darstellungswechsel zu vermeiden („Im Zeitintervall von 20 Uhr bis 4 Uhr (am nächsten Tag) kommt es zu einer Überproduktion von Energie. (Die Leistungsfunktion des Wasserkraftwerkes liegt in diesem Bereich oberhalb der Leistungsbedarf-Funktion.)“).

Vergleichbar mit den Aufgaben der 10. und 11. Schulstufe wies auch diese Angabe bildungssprachtypische Elemente in Bezug auf Funktionen auf. Die Leistung W(t) wurde beispielsweise durch die Abhängigkeit von der Zeit beschrieben. Die Satzebene konnte lediglich durchdrungen werden, wenn diese bekannt waren. Als weiteres Kriterium mussten auch hier Inferenzen gebildet werden, um die gestellte Frage beantworten zu können. In der Angabe wurde der Begriff des Integrals kein einziges Mal explizit erwähnt. Die Aufgabe

[46] Malle, G.; Koth, M; Woschitz, H. et al: Mathematik verstehen 8. Oebv GmbH & Co. KG, Wien 2012

der SchülerInnen war es, die Notwendigkeit der Integralrechnung im gegebenen Kontext und weiters des Integrals der Differenz beider Funktionen in passenden Intervallen zu erkennen. Sämtliche Informationen mussten, wie bereits ausgeführt, nicht notwendigerweise aus der Grafik abgelesen werden, sondern fanden sich ebenso in der schriftlichen Angabe wieder. Um die Notwendigkeit des Integrals zu erkennen, musste vorerst die lokale sowie globale Textkohärenz vollständig durchdrungen werden. Falls der Zusammenhang der zwei Funktionen nicht herausgelesen werden konnte, weil die „Leistung an einem Sommertag“ nicht mit dem nachstehenden Satz über den „Leistungsbedarf“ in Verbindung gebracht, oder die „Überproduktion“ der Leistung beziehungsweise das „Energiedefizit“ nicht als „über/unter dem Leistungsbedarf“ gedeutet werden konnte, stellte sich das daraus resultierende Situationsmodell als inadäquat oder gar nicht vorhanden heraus. Zuletzt wies die Aufgabestellung am Ende einen stark verschachtelten, aus mehreren Teilsätzen bestehenden, Satz auf, dessen Bedeutungsinhalt lediglich durch Auffächerung erschlossen werden konnte.

Die Darstellung der mathematischen Textaufgaben, sollte neben der Darlegung und Beschreibung schwierigkeitsgenerierender Merkmale auch verdeutlichen, dass es sich bei den gewählten Aufgaben keineswegs um „typische“ mathematische Textaufgaben, wie wir sie aus Schulbüchern kennen, handelte. Sie wurden in Hinblick auf den Ausprägungsgrad allgemeiner Sprachkompetenz formuliert und verlangten somit die Anwendung spezieller Teilkomponenten ebendieser. Lediglich durch diese Charakteristik kann die Bearbeitung der Textaufgaben mit dem Verfassen eines Briefes in Verbindung gebracht werden.

5.2 Durchführung

Die Testungen fanden innerhalb der regulären Unterrichtszeit der jeweiligen Klassen statt. Für das Verfassen des appellativen Briefes standen den Schülern und Schülerinnen 20 Minuten, und für die Bearbeitung der Textaufgabe 10 Minuten zur Verfügung. Durch die Angaben zur Person und Aufgabenbewältigung dauerte jede Testungen zwischen 35 und 40 Minuten. Ich selbst war während der Testungen anwesend. Nach einer kurzen Vorstellung meinerseits und dem Hinweis auf Anonymität wurden die SchülerInnen dazu aufgefordert die erste Seite des Testungsbogens zu lesen, die Angaben zur Person so genau wie möglich auszufüllen und danach zu warten, bis sie die Aufforderung erhielten mit Teil 1 zu starten. Es sollte allen SchülerInnen die gleiche Bearbeitungszeit zur Verfügung stehen, wobei bei vorzeitiger Beendigung des Schreibens erneut auf den gemeinsamen Start von Teil 2 gewartet werden musste. So sollte sichergestellt werden, dass sich die SchülerInnen die vorgegebene Zeit nehmen, um die Aufgaben zu bearbeiten und es sollte zugleich ein Aufgeben nach erstmaligem Lesen der Angabe vermieden werden. Die Forschungsfrage, auf die diese Testung Antworten liefern sollte, wurde vor dem Beginn der Testung nicht genannt. Auch während der Testung wurden keine Fragen beantwortet.

5.3 Darstellung der Ergebnisse

Von den 169 Testungsbögen wurden 160 bei der Auswertung berücksichtigt. Die restlichen 9 Bögen konnten aus unterschiedlichen Gründen nicht als gültig betrachtet werden. Eine Person musste zwischenzeitlich den Raum auf Grund eines Lehrergesprächs verlassen, zwei Personen sind erst seit kurzer Zeit in Österreich und beherrschen daher die deutsche Sprache unzureichend. Eine Person wies nicht die nötige Motivation auf, um auch nur eine der Aufgaben ernst gemeint zu lösen. Dies ging aus den Angaben zur Aufgabenbewältigung hervor. Bei fünf weiteren Personen ist unklar, ob tatsächlich selbst gerechnet wurde. Ihre Bearbeitungen der Textaufgaben wiesen keine, beziehungsweise falsche Rechenschritte, trotz richtiger Lösung auf. Daraus ergibt sich nun folgende TeilnehmerInnen-Tabelle:

Schulstufe	5	6	7	8	9	10	11	12
Anzahl der SchülerInnen	25	16	22	20	20	21	17	19
Geschlecht (w/m)	13/12	9/7	11/11	10/10	11/9	13/8	7/10	15/4

Tabelle 4-Anzahl der gültigen Testungsbögen pro Schulstufe

5.3.1 Darstellung der Angaben zur Person

Aus den Angaben zur Person können des weiteren Aussagen über den sozialen Hintergrund und das Herkunftsland der SchülerInnen, sowie deren Eltern gemacht werden. Da aus den vorher beschriebenen Daten ein gravierender Unterschied zwischen dem Bildungsstand der Bevölkerung des Wiener Gemeindebezirks Simmering im Vergleich zum Wiendurchschnitt hervorgeht, und der Migrationsanteil unter der Schülern und Schülerinnen verhältnismäßig hoch ist, muss betont werden, dass bei der Auswertung die zuvor definierte Sprachkompetenz zwar nach einer sachlich definierten Bezugsnorm, allerdings unter Berücksichtigung diverser Angaben zu Herkunftsland und Wohnsituation, gemessen werden soll. Im Folgenden sollen die gesammelten Informationen zu den Hintergründen der ProbandInnen dargestellt werden:

Abbildung 5-Verteilung nach Wohnort

Aus Abbildung 3 geht eindeutig der große Anteil an Schülern und Schülerinnen mit Wohnort Simmering hervor. Die Daten aus Kapitel 5.1.2 können demnach für die Auswertung als Anforderungsadaption berücksichtigt werden. Auf Grund des hohen Migrationsanteils der SchülerInnen der ausgewählten Schule, war es mir zudem ein Anliegen nach den Herkunftsländern der Eltern sowie des jeweiligen Schülers beziehungsweise der jeweiligen Schülerin zu fragen. Da „Migrationshintergrund" im Sinne der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) als generationsübergreifend betrachtet werden kann (vgl. Recommendations for the 2020 censuses of population and housing, S. 136)[47], war es von großer Wichtigkeit nicht bloß das Herkunftsland des jeweiligen Probanden beziehungsweise der jeweiligen Probandin, sondern auch jenes der Eltern in Erfahrung zu bringen. So wurden lediglich 6% der SchülerInnen in einem anderen Land als Österreich geboren. Die Auswertungen sollten sodann Auskunft über die sozialen Hintergründe, genauer gesagt über die gesprochenen Sprachen zu Hause, geben.

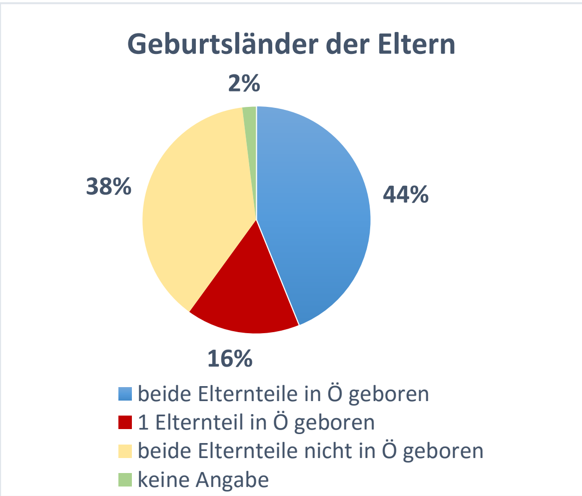


Abbildung 6-Geburtsländer der Eltern

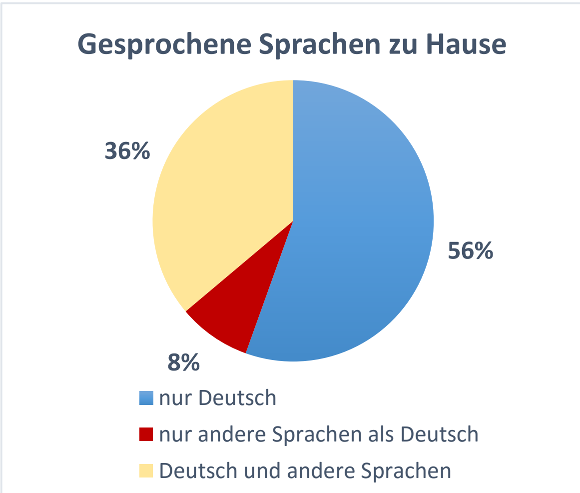


Abbildung 7-Gesprochene Sprachen zu Hause

Es ist hinsichtlich des hohen Anteils anderer Herkunftsländer der Eltern, wie aus Abbildung 4 hervorgeht, wenig überraschend, dass auch die gesprochenen Sprachen zu Hause

[47] Vgl. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE): Recommendations for the 2020 censuses of population and housing. Zitiert nach: Link:http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/bevoelkerungsstruktur/bevoelkerung_nach_migrationshintergrund/index.html (Zugriff: 17.04.2017)

heterogen ausfallen. Lediglich 54% der SchülerInnen sprechen ausschließlich Deutsch zu Hause, während die anderen 46% entweder Deutsch und eine andere Sprache oder sogar nur eine von Deutsch verschiedene Sprache zu Hause sprechen. Auch diese Tatsache sollte bei der Beurteilung der verfassten Briefe aus Teil 1 berücksichtigt werden.

5.3.2 Darstellung und Interpretation der Klassenkorrelationen

In den folgenden zwei Kapiteln, 5.3.2 und 5.3.3 sollen sämtliche Zusammenhänge allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben aufgezeigt werden, die im Zuge jener Testungen festgestellt werden konnten. Dabei soll sowohl auf klasseninterne Ergebnisse, als auch in weiterer Folge auf Ergebnisse, die die gesamte Stichprobe berücksichtigen, eingegangen werden. Gleichzeitig werden mögliche Problemfelder aufgedeckt und analysiert, ob diese anlehnend an die integrativen Ansätzen der Kognitionspsychologie und dem Document-Literacy-Ansatz, auf Seiten der Probanden und Probandinnen und/oder auf Seiten der Aufgabenstellungen verortet werden können. Sämtliche Ausschnitte der Textaufgaben, die in den folgenden Kapiteln verwendet werden, sind dem Kapitel 5.1.4.1, Darstellung der mathematischen Textaufgaben, entnommen. SchülerInnen Zitate werden 1:1, mitsamt Rechtschreibfehlern, fehlenden Buchstaben oder falschen Formulierungen, übernommen.

Empirische Vorhersage:
Wurde eine Teilaufgabe der Testung (un)zufriedenstellend gelöst, gilt dies auch für die andere Teilaufgabe.

5.3.2.1 5. Schulstufe

Aus der 5. Schulstufe lösten 23 von 25 SchülerInnen die mathematische Textaufgabe richtig, das entspricht einem Anteil von 92%. Daraus kann geschlossen werden, dass die Aufgabe keine große Herausforderung für die Klasse als Bezugsrahmen darstellte. Lediglich zwei der 25 SchülerInnen konnten die Aufgabe nicht sinngemäß lösen. Bei beiden, Schüler 1 und Schülerin 2, wurden falsche Rechenoperationen gewählt. Schüler 1 konnte entweder das Partikelverb „beisteuern“ nicht als Subtraktion deuten, oder den entsprechenden Teilsatz („Im Jänner hat er 56 € in sein Sparschwein gesteckt, steuerte allerdings Anfang Februar 15 € für das Geburtstagsgeschenk seines besten Freundes bei.“) durch den Konnektor „allerdings“ nicht als einschränkend wahrnehmen. Es ist hier demnach davon auszugehen, dass entweder die Wortebene zu Schwierigkeiten führte, oder aber eine Satzebenen-Problematik vorlag. Schülerin 2 konnte „beisteuern“ als Subtraktion deuten, führte jedoch in weiterer Folge erneut Subtraktionen durch, die vermuten ließen, dass sie ein sich leerendes Sparschwein mental repräsentierte (vgl. Rechnung 2 unten). Hinzu kam die fehlerhafte Fokussierung auf sämtliche Zahlenangaben. Es ist offensichtlich, dass ein Lokalisierungsprozess stattfand. Dies kann jedoch nicht vom zyklischen Arbeiten, als Aussonderung irrelevanter Informationen, behauptet werden. Die Wattangabe konnte nicht als Distraktor gedeutet werden, wodurch diese als Folge ebenfalls in die Rechnung miteinbezogen wurde. Im Folgenden sollen die Rechenschritte von Schülerin 2 dargestellt werden:

$$\begin{array}{rr} & 56€ \\ - & 15€ \\ \hline & 41€ \end{array} \qquad \begin{array}{rr} & 41€ \\ - & 49€ \\ & 62€ \\ \hline & 66€ \end{array} \qquad \begin{array}{rr} & 66 \\ - & 700 \\ & 289 \\ \hline & 289 \end{array}$$

Rechnung 1 Rechnung 2 Rechnung 3

Es kann vermutet werden, dass Schülerin 2 die 700 Watt als einen von einer Geldangabe verschiedenen Wert aufgefasste. Während die ersten beiden Rechnungen eine Einheit aufwiesen, wurde die dritte ohne diese aufgestellt und bearbeitet. Dennoch war ihr die Irrelevanz der Angabe nicht bewusst. Zudem betrat Schülerin 2 durch ihr Rechenschema den Bereich der ganzen Zahlen, da sie 49€ von 41€, sowie 700 von 66 (ohne €), abzog. Das Rechnen in diesem, sowie die Deutung der resultierenden Ergebnisse, ist jedoch nicht Teil des Lehrplans der 5. Schulstufe. So ist es kaum wunderlich, dass sich trotz der gewählten Rechenoperation positive Werte ergaben. Neben falschen Mathematisierungsprozessen, sowie fehlerhaften Rechenschritten kann vor allem, aus oben dargestellten Gründen, die Textebene als schwierigkeitsgenerierend wahrgenommen werden. Die Füllung des Sparschweines wird fälschlicherweise als Leerung repräsentiert und Mehrfachabgleiche der Angaben wurden vernachlässigt.

Die Problemebenen, die in Kapitel 5.3.2.1 dargestellt wurden, führten bei der Testung auch tatsächlich zu Schwierigkeiten. Die Fehlinterpretationen der beiden SchülerInnen können daher auch auf Probleme auf Wort-, Satz- beziehungsweise Textebene zurückgeführt werden. An dieser Stelle muss auf den Zusammenhang mit Teil 1 hingewiesen werden. Beide SchülerInnen, die die mathematische Textaufgabe falsch lösten, wiesen vergleichbare Fehlerquellen beim Verfassen eines Briefes auf. So kann der Brief von Schüler 1 als mangelhaft auf Satzebene kategorisiert werden. Er weist unvollständige Sätze und falsche Reflexivpronomen auf. Bei der Produktion einen Satzes wurde lediglich ein Ausschnitt des Satzes berücksichtigt: *„Also ich und die anderen würden sich sehr freuen.“* *„Sich“* bezieht sich dabei auf die anderen, die erste Person Singular wird vernachlässigt. *„…das man in der Klasse bzw. in der Schule Elektronische Geräte verwenden dürfen.“* Auch hier fand eine falsche Bezugnahme statt. Das Modalverb „dürfen“ muss hier als „darf“ konjugiert werden, da es auf „man“, einem Wort, das als 3. Person Singular verwendet wird, Bezug nimmt. Stattdessen wurde auf ein nicht existierendes „wir" Bezug genommen. Es ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass Schüler 1 zwar in Österreich geboren wurde, der Vater allerdings in Serbien und die Mutter in Mazedonien geboren wurden. Aus den Angaben des Schülers war zu entnehmen, dass die Familie Deutsch zu Hause spricht, dabei können jedoch Akzente und Grammatikfehler, so wie falsche Satzstellungen in der Mundsprache nicht ausgeschlossen werden, die ähnliche Fehler in der Schriftsprache zur Folge haben könnten.

Der Brief von Schülerin 2 hingegen weist eine recht gute Satzstruktur auf. Es wurden neben- sowie unterordnende Konjunktionen, wie „und" und „dass", verwendet. Zudem sind die Sätze vollständig. Anders als Schüler 1 wurden hier die Elternteile in Österreich und Deutschland geboren. Die genannten Problemfelder der Mundsprache können hier somit weitestgehend ausgeschlossen werden. Negativ muss jedoch die Textbasis des Briefes bewertet werden. Die Schülerin stellte eher den Ist-Zustand dar, als Vorteile zu nennen, die eine Einführung von Laptops mit sich bringen würden. *„Alle Kinder wissen das die Laptops nicht zum spielen geeignet sind. Hoffentlich wissen sie jetzt wieso die Kinder ein paar Laptops in ihrer Klasse brauch."* Sie argumentierte die Notwendigkeit von Laptops mit dem vernünftigen Umgang der KlassenkameradInnen. Dies stellt allerdings keinen daraus resultierenden Vorteil dar und kann auch nicht als Begründung für die Einführung von Laptopklassen betrachtet werden. Wie bereits in Kapitel 5.1.3 ausgeführt wurde, soll die Bewältigung des Verfassens eines appellativen Briefes als Textsorte zwar nicht in die Bewertung miteinfließen, allerdings muss ein roter Faden erkennbar sein, um die Nachvollziehbarkeit der Argumente (oder Anliegen) sicherzustellen.

Aus diesen beiden Beispielen kann somit eine starke Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben festgemacht werden. Im ersten Fall kam es, zurückzuführend auf Probleme auf der Wort- und Satzebene, zu einer falschen Bearbeitung der Textaufgabe, sowie dem Verfassen eines mangelhaften Briefes auf ebendiesen Ebenen. Im zweiten Fall sind die fehlerhafte Bearbeitung der Textaufgabe, sowie der mangelhafte Brief, durch Probleme auf der Textebene entstanden. In beiden Fällen wurde die Propositionsstruktur der Mathematikangabe (auf Grund Probleme unterschiedlicher Ebenen) mental inadäquat abgebildet. Die Herkunftsländer der SchülerInnen und deren Eltern spielen in diesen Fällen keine bedeutende Rolle bei dem Zusammenhang zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und Lösen mathematischer Textaufgaben.

Es ist an dieser Stelle noch zu analysieren, ob bei ProbandInnen, die die Textaufgabe richtig lösten, ebenfalls Zusammenhänge mit der allgemeinen Sprachkompetenz feststellbar sind. Im Zuge der Auswertungen hat sich herausgestellt, dass fünf der restlichen

23 SchülerInnen mangelhafte Briefe verfassten, hier also offenbar keine Korrelation besteht. Die Briefe können aus unterschiedlichen Gründen als mangelhaft bezeichnet werden. So kam es bei jeweils einem Schüler und einer Schülerin zu einem Missverstehen der Angabe der Briefaufgabe, wodurch der Brief nicht sinngemäß verfasst werden konnte. Die Schülerin konnte dabei die Teilsätze aus folgendem Satz nicht in Verbindung setzen: „Die finanzielle Situation der Schule lässt dies zu, allerdings ist die Unterbringung der Geräte noch nicht gewährleistet[…].“. Sie verwischte die Grenzen der beiden Hauptsätze, sodass folgende Schlussfolgerung gezogen wurde: *„Aber die finanzielle Situation der Unterbringung der Geräte ist noch nicht gewährleistet […]“*. Es kann daraus geschlossen werden, dass die Propositionsstruktur des Satzes nicht adäquat repräsentiert werden konnte. Entsprechend der genannten Schlussfolgerung, kam es auch bei der Sprachproduktion zu einer Verknüpfung zweier unabhängiger Hauptsätze. Zudem fokussierte sich die Schülerin auf den Ist-Zustand und ging nicht auf resultierende Vorteile ein. Hier waren Probleme sowohl auf Seiten der Sprachproduktion, als auch auf Seiten der -rezeption zu finden. Die Leseschwierigkeit des zweiten Schülers ließ sich schwieriger verorten als jene der ersten Schülerin. So formulierte er in seinem Brief, dass die Schule sowieso nicht genug Geld hätte, woraus entweder ebenfalls auf eine Satzebenen-Problematik geschlossen werden konnte, oder aber auch auf eine Wortebenen-Problematik. Es ist unklar, ob die finanzielle Situation der Schule erneut auf die Unterbringung der Geräte bezogen wurde, oder das Partikelverb „zulassen“ unbekannt war. Grammatikalisch weist der Brief allerdings eine gute Satzstruktur auf. Auch (Adverbial-)konjunktionen wurden verwendet. Es scheint, als ob bei diesem Schüler keine Probleme auf Seiten der Sprachproduktion erkennbar wären, die Sprachrezeption jedoch im Zuge der Bearbeitung von Teil 1 beeinträchtigt war. Das Verstehen der Angabe der Textaufgabe stellte jedoch kein Problem dar, wodurch entweder vermutet werden kann, dass die Angabe aus Teil 1 zu hastig gelesen wurde, oder tatsächlich das Wort „zulassen“ als unbekannt gedeutet werden muss.

Bei einem weiteren Schüler muss der Brief als grammatikalisch mangelhaft eingestuft werden. Probleme traten vor allem auf der Satzebene auf. So wurden lange Sätze, die aus mehreren zusammengesetzten Nebensätzen bestehen sollten, durch mehrere zusammengesetzte Hauptsätze formuliert:

> *„Ich bitte Sie die Laptops in der Klasse aufzustellen weil man kann sie z.b. benutzen für: Wenn man etwas nicht weis, oder man will ein bild sich an schauen und es abmalen.“*

Auch bei den zwei letzten Schülern könnte man auf eine Unabhängigkeit zwischen Sprachproduktion und -rezeption schließen. Während das Verstehen der Angabe der Textaufgabe kein Problem zu sein schien, war das Produzieren von Sprache unmöglich.

Einer der beiden ließ die Bearbeitung von Teil 1 vollkommen aus, während der zweite in den letzten Minuten versuchte einige deutsche Sätze zu formulieren. Diese ließen zwar vermuten, dass verstanden wurde, was von ihm verlangt wurde, konnten allerdings nicht vermitteln, was der Schüler ausdrücken wollte.
Aus den Angaben zur Person dieser 5 SchülerInnen geht hervor, dass lediglich die Eltern des letzten Schülers nicht aus Österreich stammen. Seine Eltern wurden in der Demokratischen Republik Kongo geboren. Zu Hause spricht die Familie Deutsch, Französisch und Lingala, was als mögliche Ursache für die Probleme auf Sprachproduktion gedeutet werden kann. Der Schüler, der die Bearbeitung von Teil 1 ausließ, machte keine Aussagen zur Herkunft seiner Eltern.

Die Motivation spielte bei diesen SchülerInnen keine beeinflussende Rolle, da jeder und jede von ihnen, bei den Angaben zur Aufgabenbewältigung, zumindest das 4. und im besten Fall das 6. Kästchen der Aussage „Es hat mir Spaß gemacht, an dieser Testung teilzunehmen“ ankreuzte.

Bei den übrigen 18 ProbandInnen war eine (starke) Korrelation feststellbar. Die Elternteile vierer dieser 18 SchülerInnen stammen nicht aus Österreich, weitere vier haben Eltern, von denen lediglich ein Elternteil in Österreich geboren wurde, 9 stammen aus Österreich und eine Schülerin gab keine Angabe. Eine Beeinflussung des Korrelationsanteils allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgabe durch das Herkunftsland der Eltern konnte in dieser Klasse somit nicht eindeutig ausgemacht werden.

Von einer starken Korrelation soll im weiteren Verlauf der Arbeit dann gesprochen werden, wenn entweder beide Teilaufgaben sehr gut oder sehr schlecht gelöst wurden. Eine Korrelation besteht, wenn die Textaufgabe richtig gelöst wurde und der Brief lediglich kleine Auffälligkeiten, wie einmalige Fehler bei der Formulierung oder einmalig falsch gewählte Konnektoren, aufweist. In folgender Tabelle sind die absoluten sowie relativen Häufigkeiten von bestehenden (starken) Korrelationen sowie nicht bestehenden Korrelationen festgehalten:

<table>
<tr><th></th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Relative Häufigkeiten</th></tr>
<tr><td>Starke Korrelation</td><td>9</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">80%</td></tr>
<tr><td>Korrelation</td><td>11</td></tr>
<tr><td>Keine Korrelation</td><td>5</td><td>5</td><td>20%</td></tr>
</table>

Tabelle 5-Korrelationsanteil Schulstufe 5

5.3.2.2 6. Schulstufe

Aus der 6. Schulstufe lösten 8 der 16 SchülerInnen die mathematische Textaufgabe richtig, das entspricht einem Anteil von 50%. Hier stellte die korrekte Bearbeitung der Aufgabe eine größere Herausforderung dar. Dies kann vor allem auf die hohe Informationsdichte innerhalb eines einzelnen Satzes zurückgeführt werden. So stellte sich folgende Formulierung als besonders schwierigkeitsgenerierend heraus: „$\frac{1}{3}$ der 2B fährt Snowboard, der Rest besteht zu zwei Drittel aus Anfängern und zu einem Drittel aus fortgeschrittenen SkifahrerInnen." Dies wurde bereits in der Darstellung der schwierigkeitsgenerierenden Merkmale der Textaufgaben, aus Kapitel 5.1.4.1, vermutet. Von den 8 SchülerInnen, die die Textaufgabe falsch lösten, verfassten sechs einen mangelhaften, die anderen zwei Schülerinnen allerdings einen guten Brief. Von den sechs SchülerInnen, die sowohl die Textaufgabe falsch lösten, als auch einen mangelhaften Brief verfassten, konnten bei vier dieser ProbandInnen Probleme auf der Satzebene verortet werden. Der vorher angeführte Satz führte daher nicht zu der Drittelung der SkifahrerInnen, sondern zur Drittelung der 27 SchülerInnen aus der 2B. Im Folgenden sollen die Rechenschritte einer Schülerin (Schülerin 3) beispielhaft vorgeführt werden:

$$
\begin{gathered}
"\frac{24}{1}\ fortgeschritten\ 2A \\
\frac{1}{3}\ fortgeschritten\ 2B \\
27:3=9 \quad 9\ Kinder\ sind\ aus\ der\ 2B\ fortgeschritten \\
24+9=33 \\
Antwort: 33\ Kinder\ gehören\ insgesamt\ zu\ den\ fortgeschrittenen! \\
Antwort: \frac{33}{51}"
\end{gathered}
$$

Es ist hier eindeutig ersichtlich, dass „der Rest" nicht als Differenz von Klassengröße und SnowboarderInnen aufgefasst wurde. Die 2B wurde repräsentiert als bestehend aus $\frac{1}{3}$ SnowboarderInnen, $\frac{2}{3}$ einsteigenden und $\frac{1}{3}$ fortgeschrittenen SkifahrerInnen. Dies wurde durch die Kommentare während der Testdurchführung bestätigt. So war vermehrt die Aussage *„Hä?! Das sind ja dann $\frac{4}{3}$!"* wahrnehmbar. Bei Schülerin 3 kam des Weiteren die falsche Deutung der Lösung hinzu, die auch auf Probleme auf der Satzebene zurückgeführt werden konnte. So wurde die Fragestellung am Ende der Aufgabe „Wie viele SchülerInnen sind fortgeschrittene SkifahrerInnen?" nicht sinngemäß durchdrungen. Eine Anzahl an SchülerInnen konnte nicht als natürliche Zahl interpretiert werden. Da in der Aufgabe mit rationalen Zahlen gerechnet wurde, müsste – so ihre Interpretation – doch auch die Antwort eine Bruchzahl darstellen. Diese Schlussfolgerung zeigte sich auch bei einer weiteren Schülerin (Schülerin 4), deren Bearbeitung zwar den richtigen Lösungsweg aufwies, die allerdings auch die Lösung als Bruchzahl angab. Aus diesem Grund ist auch diese Aufgabe als falsch zu bewerten, da die Propositionsstruktur der Frage am Ende nicht adäquat repräsentiert wurde. Eine Anzahl x an SchülerInnen $0 < x < 1$ ist keine geeignete Form der Lösungswiedergabe.

Die vier SchülerInnen deren Probleme bei der Bearbeitung der Textaufgabe auf der Satzebene zu verorten waren, wiesen auf unterschiedlichen Ebenen Probleme beim Verfassen des Briefes auf. Sowohl Wort-, Satz als auch Textebenen-Schwierigkeiten waren ersichtlich. Es kann demnach vermutet werden, dass es unerheblich ist, auf welcher Ebene sprachliche Probleme auftreten. All diese Fehlinterpretationen können zu Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Textaufgaben führen. Dies ist auf Grund der oben beschriebenen Forschungserkenntnisse über das Lesen wenig verwunderlich. Gleichzeitig können auch die Angaben zur Herkunft der Eltern vernachlässigt werden. So stammen die Eltern der Schülerinnen 3 und 4 beide aus Österreich, während die Eltern der anderen beiden SchülerInnen nicht aus Österreich stammen.

Bei den beiden anderen Schülerinnen, konnten die Einzelinformationen der Angabe nicht miteinander in Verbindung gebracht werden. Während Schülerin 5 lediglich sämtliche Informationen der Angabe verschriftete, rechnete Schülerin 6 alle möglichen Rechenoperationen durch. Diese wiesen jedoch keinen konkreten Zusammenhang mit der Angabe auf. Schülerin 5 fehlte also die Fähigkeit Satzverknüpfungen herzustellen, um eine globale Textkohärenz zu erzeugen. Die Rechnungen von Schülerin 6 deuteten eher auf unstrukturierte und verworrene Gedankengänge hin, die, anders als die Verschriftlichung der Informationen von Schülerin 5, keine eindeutige Bearbeitungsrichtung oder Zugehörigkeit aufwiesen. Schülerin 6 stellt ein Paradebeispiel für den Zusammenhang von Sprache und Denken dar. Nicht nur die Bearbeitungsschritte der Textaufgaben wirkten unstrukturiert, auch das Lesen des Briefes stellte sich für mich, auf Grund fehlender Zusammenhänge, Gedankensprünge und falscher Bezüge, als Herausforderung heraus. Auch hier soll ein kurzer Ausschnitt dargestellt werden:

> *„Der zweite Grund wäre zum Beispiel, dass wir ein Refrat schon in der Schule beginnen können, damit wir uns die Bilder besser vorstellen können. Wenn wir Laptops in den Klassen hätten, würde es uns leichter fallen uns etwas vorzustellen.“*

Wie aus diesem Ausschnitt ersichtlich wird, wies der Text durchaus eine gute Satzkohärenz auf, da nebenordnende –„und“ – und unterordnende - „dass“, „damit“ oder „wenn“ – Konjunktionen verwendet wurden. Zudem verwendete Schülerin 6 ab und zu auch den Konjunktiv, um auf eine Möglichkeit hinzuweisen. Inhaltlich ist der Zusammenhang zwischen dem Vorbereiten eines Referats und dem Vorstellen von Bildern nicht nachvollziehbar. Der Vorteil der Veranschaulichung von Sachverhalten mittels Bildern wurde zudem schon im ersten Argument angeführt. Auch in Bezug auf das Verfassen des Briefes kann von Schülerin 6 behauptet werden, dass ihre Sprachkompetenz (noch) nicht dem Maße entspricht, Gedankengänge zu ordnen, um diese anschließend strukturiert zu formulieren. Auch bei Schülerin 5 war das Problemfeld des zweiten Teils der Testung im ersten Teil aufzufinden. Die Argumente waren zwar nachvollziehbar und auch grammatikalisch wies der Text keine großen Auffälligkeiten auf. Es fehlten jedoch sämtliche Satz-, sowie Argumentverknüpfungen, Konnektoren wurden ausgespart oder teilweise falsch gesetzt. Es handelte sich bei ihrem Brief um eine Sammlung aus Einzelsätzen, wodurch keine Textkohärenz feststellbar war.

Bei diesen sechs SchülerInnen war somit eine starke Korrelation feststellbar. Bei den anderen zwei Schülerinnen, die die Aufgabe auf Grund der Satzebenen-Problematik falsch rechneten, war keine Korrelation feststellbar. Diese verfassten gute Briefe, die auf Grund der Verwendung von Konjunktionen sowohl lokale als auch globale Textkohärenz aufwiesen und auch inhaltlich angebrachte Argumente aufwiesen. Die Elternteile dieser Schülerinnen stammen nicht aus Österreich. Das falsche Lösen der Textaufgabe kann in diesen Fällen nicht mit allgemeiner Sprachkompetenz oder den sozialen Hintergründen der Schülerinnen in Verbindung gebracht werden.

Auch hier sollen jene Bögen berücksichtigt werden, in denen die Textaufgabe richtig gelöst wurde. Von den restlichen 8 ProbandInnen verfasste lediglich ein Schüler einen mangelhaften Brief. Dieser konnte ebenso, wie jener von Schülerin 5, als Sammlung von Einzelaussagen betrachtet werden. Es mangelte somit an globaler Textkohärenz. Während Schülerin 5 keine Angaben zur Herkunft ihrer Eltern machte, stammen jene dieses Schülers hingegen aus Österreich. Auch er verwendete Konjunktionen, wenn der Text es verlangte. Auf Satzebene waren keine Probleme feststellbar. Dennoch fehlten Argumentüberlappungen, es kann nicht von einem kohärenten Text gesprochen werden. Die übrigen 7 ProbandInnen verfassten durchwegs Briefe, die für ihr Alter angemessen erscheinen. Es kann somit eine Korrelation festgestellt werden.

In Summe sieht die Korrelationsverteilung wie folgt aus:

	Absolute Häufigkeiten	Absolute Häufigkeiten	Relative Häufigkeiten
Starke Korrelation	8	13	81%
Korrelation	5		
Keine Korrelation	3	3	19%

Tabelle 6-Korrelationsverteilung Schulstufe 6

5.3.2.3 7. Schulstufe

Die Textaufgabe der 7. Schulstufe stellte sich als problematischer als die vorherigen Textaufgaben heraus. So lösten lediglich 8 der 22 SchülerInnen die Aufgabe korrekt. Das entspricht einem Anteil von 36%. Während der Testungsdurchführung war die Überforderung der SchülerInnen unübersehbar. Es soll hier ein weiteres Mal betont werden, dass es sich bei den Textaufgaben nicht um gewöhnliche Aufgaben aus den Schulbüchern handelt. Die SchülerInnen sind Aufgaben in dieser Form nicht gewohnt und verzweifelten hier an der hohen Informationsdichte und dem Fehlen benachbarter Zusammenhänge. Es stellte sich als Herausforderung heraus, Informationen des Anfangs mit jenen des Endes in Verbindung zu bringen. So konnten vor allem bei den 5 nicht bearbeiteten Textaufgaben Probleme auf der Textebene als auslösend ausgemacht werden. Drei der fünf SchülerInnen konnten zwar formulieren, welche Zahl oder Größe in der Aufgabe gesucht wurde, die Teilinformationen aber nicht in eine Gesamtinformation transformieren. Zudem verfassten drei dieser fünf SchülerInnen einen mangelhaften Brief, wodurch Korrelationen feststellbar waren. Vor allem die Wortebene führte bei den SchülerInnen zu Problemen. Dabei kam es zu falsch verwendeten Phrasen wie *„Wir sind alle bewusst […]“*, falsch verwendeten Adverbialkonjunktionen wie *„Daher man das in den anderen Fächern […] meistens macht.“* und unpassenden Nomen-Verb-Kombinationen wie *„Das Arbeiten würde […] mehr Motivation zeigen.“*. Daraus resultierten zudem Probleme auf der Satzebene, da der Bedeutungsinhalt der Sätze verstellt wurde und auch Rückbezüge falsch hergestellt wurden. Einer dieser Schüler verfasste darüber hinaus einen der Angabe nicht entsprechenden Text. Es war ihm ein Anliegen, der Direktorin finanzielle Unterstützung anzubieten, obwohl die Angabe deutlich machte, dass die finanzielle Situation der Schule Laptopklassen ohnehin zuließe. Daraus konnte, wie bei einem Schüler der 5. Schulstufe, entweder geschlossen werden, dass das Partikelverb „zulassen“ unbekannt war, oder erneut die finanzielle Situation mit der Unterbringung der Geräte in Verbindung gebracht wurde. Hier konnte zudem noch ein vollkommenes Fehlen globaler Textkohärenz vermutet werden, da sämtliche andere Informationen der Angabe nicht in das Verfassen des Briefes miteinflossen.

Eine vierte Schülerin (Schülerin 7) verfasste einen grammatikalisch sehr guten Text, konnte jedoch die vorgegebene Zeit nicht nutzen, um die Direktorin davon zu überzeugen, Laptops einzuführen, da der Text eher einer Beschreibung, als einem argumentativen Brief glich und den Brief nicht innerhalb der vorgegebenen Zeit fertigstellen konnte. Zudem fokussierte sie sich lediglich auf die Unterbringung der Geräte, wodurch die Aufgabe als nicht gelöst beurteilt werden kann. Es wurden keine Vorteile von Laptopklassen angeführt. Es ließ sich vermuten, dass Schülerin 7 keine Schwierigkeiten hatte, die Aufgabenstellung sinngemäß zu repräsentieren. Auch bei der Textaufgabe stellte sie die Gleichung: $S = L + T + S.B$ auf

und unterstrich im Satz „Zum Vergleich haben in den USA die Songs „Life of The Party", „Treat You Better" und „Something Big" zusammen gleich hohe Verkaufszahlen wie „Stitches" erreicht." den nicht zu vernachlässigbaren Begriff „zusammen". Auf Satzebene konnten daher keine Schwierigkeiten verortet werden. Es ließen sich jedoch zwei mögliche Schlussfolgerungen ableiten. Entweder es fehlte an der Repräsentation der globalen Textkohärenz, da weder beim ersten, noch beim zweiten Teil Teilinformationen zu einer Gesamtinformation abstrahiert wurden konnten. Die zweite Möglichkeit wäre, dass dieser Abstraktionsprozess sehr wohl stattfand, dieser der Schülerin allerdings nicht helfen konnte das Zusammenspiel von Sprache und Denken in so weit zu aktivieren, um diese Abstraktion erneut zu verschriften. Der Übergang von textueller Sprache zu mentaler Repräsentation verlief problemlos – der erneute Wechsel von mentaler Repräsentation zur textuellen Wiedergabe allerdings nicht.
Die fünfte Schülerin, die die Textaufgabe nicht bearbeitet hat, verfasste hingegen einen sehr guten Brief, der sämtliche Kriterien, zur Beurteilung des ersten Teils, erfüllte. Hier war demnach eindeutig keine Korrelation feststellbar.

Neben diesen 5 SchülerInnen, die die Textaufgabe nicht bearbeiteten, gab es noch 9 weitere, die diese falsch lösten. Der am häufigsten gemachte Fehler war auf eine Textebenen-Problematik zurückzuführen. So dividierten 5 der 9 SchülerInnen die 4,8 Millionen Mal verkauften CDs, die die Summe der Singles „Life of The Party", „Treat You Better", „Something Big" und „Stitches" ausmachten, lediglich durch 2. Allerdings nicht, weil galt: $x + x = 4{,}8 \cdot 10^6$, sondern weil „Stitches" in den USA doppelt so oft verkauft wurde, wie in Großbritannien. Der Satz „*In Summe* wurden die Singles […] 4,8 Millionen Mal verkauft." wurde zur Gänze vernachlässigt, er wurde in das Situationsmodell nicht integriert, da der Zusammenhang zu den anderen dargestellten Informationen nicht erkannt werden konnte. Daraus resultierte die Repräsentation, dass „Stitches" an sich in Amerika 4,8 Millionen Mal verkauft wurde und die Division durch 2 bereits das Ergebnis liefern sollte. Der Text als Sammlung verknüpfter Teilinformationen konnte nicht durchdrungen werden.

3 weitere Schülerinnen wählten die folgende Rechenmethode:

$$\begin{gathered} Stitches + Life\ of\ The\ Party + Treat\ You\ Better + Something\ Big = 4{,}8\ Mio \\ 4{,}8 : 4 = 120000 \\ 120000 : 2 = 60000 \end{gathered}$$

Dabei wurde der oben dargestellte Satz zwar adäquat repräsentiert, allerdings führte die Vernachlässigung eines konkreten Begriffes zu einer falschen Repräsentation. „Zum Vergleich haben in den USA die Songs „Life of The Party", „Treat You Better" und „Something Big" *zusammen* gleich hohe Verkaufszahlen wie „Stitches" erreicht.". Der vorhin als nicht zu vernachlässigbar gekennzeichnete Begriff „zusammen" wurde in diesen Fällen nicht in der Berechnung berücksichtigt, wodurch eine Gleichverteilung der verkauften CDs angenommen wurde. Auch wenn verschiedene Sätze den Verstehensprozess erschwerten, muss im ersten Fall von Problemen auf Textebene gesprochen werden, erst im zweiten Fall lag eine Satzebenen-Problematik vor.

Die letzte Probandin hatte offenbar ebenso Schwierigkeiten bei der Repräsentation einzelner Satzinformationen. Auch sie konnte die „Summe" der vier Songs nicht in ihr Situationsmodell integrieren, wodurch folgende Rechenschritte durchgeführt wurden:

$$4{,}8 : 3 = 1{,}51$$
$$1{,}51 : 2 = 0{,}755$$
$$\textit{Die Single Stitches wurde } 755 \textit{ Tausend Mal in Großbritannien verkauft.}$$

Auf Textebene war völlig nachvollziehbar, dass das Resultat der ersten Division in einem weiteren Schritt durch 2 dividiert werden muss. Dass die 4,8 Millionen Singles allerdings „Stitches" aus den USA inkludierten, wurde nicht in ihr Modell integriert.

Bei 4 der 9 SchülerInnen, die die Textaufgabe falsch lösten, konnte eine Korrelation festgestellt werden, bei einer weiteren sogar eine starke Korrelation. Die starke Korrelation war auf die, bei beiden Teilaufgaben ersichtliche, Satzebenen-Problematik zurückzuführen. Dabei war nicht das Herstellen von Satzverknüpfungen problematisch, sondern die Sinnhaftigkeit einzelner Sätze und die Bezüge innerhalb dieser. Ein Ausschnitt soll dies verdeutlichen:

> *„Unsere Schule ist <u>weit hinten</u> mit der Technologie benutzung in den Unterrichten <u>als</u> die anderen Schulen. […] Auserdem könnten die Laptops auch zur privat[en Nutzung, S.B.] verwendet werden somit könnte jeder Schüler <u>es</u> auch mit nach Hause nehmen."*

„Als", als Vergleichspartikel, fehlte es an der notwendigen Steigerung des Adjektivs „weit". „Es" sollte als Personalpronomen das bereits genannte Nomen „Laptops" ersetzen. Da es sich allerdings um ein Subjekt in der Mehrzahl handelte, hätte auch das Fürwort dementsprechend, das heißt in 3. Person Mehrzahl, dekliniert werden müssen. Die Eltern dieser Schülerin stammen aus der Türkei, sie selbst ist allerdings in Österreich geboren. Dennoch scheinen die gesprochenen Sprachen zu Hause, Deutsch und Türkisch, zu Problemen in der produktiven, sowie rezeptiven Schriftsprache zu führen.

Wie in der 6. Schulstufe waren bei den SchülerInnen, bei denen Korrelationen feststellbar waren, unterschiedliche Ebenen als Problemfeld erkennbar. Es konnte auch hier keine konkrete Ebene als speziell schwierigkeitsgenerierend für die Bearbeitung der Textaufgabe betrachtet werden.

Die anderen 5 SchülerInnen, die die Textaufgabe falsch lösten, verfassten Briefe, die den Anforderungen aus Kapitel 5.1.3 gerecht wurden. Es war demnach keine Korrelation feststellbar.

Zu guter Letzt ist hervorzuheben, dass sämtliche SchülerInnen, die die Textaufgabe richtig lösten, entweder sehr gute Briefe, oder Briefe mit lediglich kleinen Auffälligkeiten verfassten, wodurch bei allen eine (starke) Korrelation feststellbar war.

Auch für diese Schulstufe sollen die Korrelationsverteilungen veranschaulicht werden:

	Absolute Häufigkeiten	Absolute Häufigkeiten	Relative Häufigkeiten
Starke Korrelation	4	16	73%
Korrelation	12		
Keine Korrelation	6	6	27%

Tabelle 7-Korrelationsverteilung Schulstufe 7

Auf Grund der Komplexität der Ergebnisse soll die genaue Zuteilung der Korrelationen noch einmal verdeutlicht werden:

	Starke Korrelation	Korrelation	Keine Korrelation
Textaufgabe nicht gemacht		3	2
Textaufgabe falsch	1	4	4
Textaufgabe richtig	3	5	

Tabelle 8-Zuteilung der Korrelationen Schulstufe 7

5.3.2.4 8. Schulstufe

Aus der 8. Schulstufe lösten 16 von 20 SchülerInnen die mathematische Textaufgabe richtig, das entspricht einem Anteil von 80%. Dies mag vor allem auch daran liegen, dass der Lehrstoff eher der 6. Schulstufe zugeordnet werden kann. Dennoch war es mir ein großes Anliegen diese Aufgabe in der 8. Schulstufe zu verwenden, da es die Fähigkeit, Mehrfachabgleiche vorzunehmen, voraussetzt.

Drei SchülerInnen lösten die Textaufgabe falsch, ein Schüler löste sie nicht. Letzterer versuchte, durch Herausschreiben der Teilinformationen, diese zu ordnen und in Verbindung zu bringen. Doch bereits bei diesem Prozess zeichnete sich ein falsches Situationsmodell ab. Folgende Angaben waren in seinem Testungsbogen zu finden:

$$Nike\ Schuh: 165€\ verbilligt\ 115{,}49€$$

$$Adidas\ Schuh:\ -\ verbilligt\ 33\%$$

$$Rechnung:$$

Die Propositionsstruktur des Textes konnte demnach nicht vollständig durchdrungen werden, da die Preisreduzierung mit den Adidas Schuhen, und nicht mit den Nike Schuhen, kombiniert wurde. Gleichzeitig wies sein Brief grobe Fehler auf Wort- und Satzebene auf. „Keine Computer funktionieren“ wurde formuliert als *„Alle Computer funktionieren nicht.“*. Abgesehen von dem fehlenden Wahrheitsgehalt dieser Aussage, wies sie auf lexikalische

Hürden hin. Zudem wurden falsche Folgerungen abgeleitet, wie im folgenden Beispiel ersichtlich wird: *„D[N, S.B.]och dazu wären Laptops leichter, da man sie über all mit nehmen kann[…]“* Die kausale Konjunktion „da“ wurde hier falsch gesetzt, da es sich nicht um eine Begründung handelte, sondern um einen Vorteil der sich daraus ergäbe. Dieser Satz ermöglichte natürlich Interpretationsspielraum, denn es könnte auch sein, dass – erneut auf Grund lexikalischer Hürden – nicht „leichter“, sondern „einfacher“, im Sinne einer einfacheren Handhabung der Geräte, gemeint war. Die Eltern des Schülers stammen aus Afghanistan und auch zu Hause wird lediglich Persisch gesprochen, somit können lexikalische Hürden darauf zurückgeführt werden. Die Textebene des Briefes konnte, auf Grund fehlender Nachvollziehbarkeit der Argumente, ebenfalls als mangelhaft kategorisiert werden. In diesem Fall war demnach eindeutig eine starke Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben feststellbar. Sowohl die Produktion, als auch Rezeption deutscher Sprache sind durch die sozialen Hintergründe des Schülers beeinträchtigt.

Zwei andere SchülerInnen bearbeiteten die Textaufgabe jeweils sinngemäß, hatten allerdings Schwierigkeiten, ihr Ergebnis hinsichtlich der Fragestellung zu deuten beziehungsweise diese Fragestellung sinngemäß zu beantworten (Fragestellung: „Welche Schuhe sind nun günstiger?“). Probleme könnten somit auf der Textebene vermutet werden, da es auch Teil einer jeden Textaufgabe war, eine passende Antwort zu geben. Der Schüler, der die Fragestellung nicht korrekt beantworten konnte, formulierte als Antwort folgende Aussage: *„Kann nicht gelöst werden ist seine Entscheidung“*
Allerdings war nicht gefragt, welche Schuhe seine Mutter nun kaufen wird, sondern welche der beiden Paare günstiger ist. Ähnliche Leseproblematiken wies auch sein argumentativer Brief auf. Wie bereits einige SchülerInnen vor ihm, die im Zuge dieser Darstellungen beschreiben wurden, entnahm auch er der Angabe aus Teil 1, dass die finanzielle Situation der Schule Laptopklassen noch nicht zuließe. Gleichzeitig ist an dieser Stelle der Satzaufbau negativ hervorzuheben, da falsche Konjunktionaladverbien verwendet wurden und Präpositionen, sowie verknüpfende Hauptsätze fehlten:

> *„[…] ich finde, trotzdem das die Schule wegen finanziellen Situationen nicht leisten kann schade, weil ich finde, dass das Arbeiten am Computer oder Laptops immer wichtiger wird. Im täglichen Alltag benutzt man ständig Handys oder Computer bei der Arbeit so wie meine Mutter und mein Vater und das jetzt schon in Schulen gefördert werden sollte.“*

Die Sätze waren unvollständig und wiesen vielschichtige Fehler auf. Dies ist jedoch nicht auf eine andere Erstsprache als Deutsch zurückzuführen, da beide Elternteile in Österreich geboren wurden. Auch hier konnte eine eindeutig starke Korrelation festgestellt werden.

Die Schülerin (Schülerin 8), die ihr Ergebnis auf Grund fehlender Repräsentation der Textbasis nicht sinngemäß deuten konnte, hatte weniger Probleme damit deutsche Sätze zu formulieren, allerdings war die Textbasis ihres Briefes mangelhaft, da der Brief lediglich zwei Argumente enthielt, die in der Reihenfolge A1-A2-A1-A2 angeführt wurden. Auch hier war eine starke Korrelation feststellbar.

Die letzte Schülerin (Schülerin 9), die die Textaufgabe falsch bearbeitete, benutzte wie Schülerin 8, die Formel zur Prozentrechnung. Sie konnte Prozentanteil und Grundwert zwar ebenfalls richtig zuordnen, die Lösung der Gleichung jedoch nicht als Prozentwert deuten. Der Prozentwert wurde als Preis der Adidas Schuhe interpretiert. Es konnte daraus entnommen werden, dass hier nicht der Leseprozess schwierigkeitsgenerierend war, sondern das Problem erst im Zuge der Lösungsinterpretation und der Bedeutungszuordnung der Variablen auftauchte. Schülerin 8 war zwar bewusst, dass es sich bei der Lösung der Gleichung um einen Prozentwert handelte, dieser konnte auf Grund fehlender Textkohärenz jedoch nicht mit der Angabe in Verbindung gebracht werden. Schülerin 9 schien zu wissen, dass der Preis der Adidas Schuhe gesucht ist, sodass sie den Wert, auf Grund fehlender Mathematikkenntnisse, als Preisangabe interpretieren konnte. Der Unterschied zwischen Schülerin 8 und Schülerin 9 war demnach ihr Vorwissen zur Prozentrechnung. Das Vorwissen von Schülerin 8 verhinderte es, die Lösung in ihr bestehendes Situationsmodell zu integrieren. Trotz des Wissens der Notwendigkeit weiterer Bearbeitungsschritte, verhinderte die fehlende Repräsentation der Textbasis ebendiese. Eine Deutung des Ergebnisses fehlte. Schülerin 9 hingegen verfügte nicht über jenes Vorwissen, das sie ihr Ergebnis als Prozentwert erkennen ließ. Dadurch entstand, anstatt des Fehlens einer Deutung, wie bei Schülerin 8, eine inadäquate Deutung des Ergebnisses.

Auffallend ist nun die Tatsache, dass Schülerin 9 einen grammatikalisch, sowie inhaltlich, sehr guten Brief schrieb. Der Bearbeitung der Textaufgabe folgend konnte zusätzlich vermutet werden, dass sie die Propositionsstruktur der Angabe adäquat repräsentierte. Dem zu folge können, trotz guter sprachlicher Kompetenzen, falsche Bearbeitungen von Textaufgaben, auf Grund mangelnder mathematischer Vorkenntnisse, geschehen. Hier war somit keine Korrelation feststellbar.

Lediglich ein einziger Schüler, der die Textaufgabe richtig löste, verfasste auf Satzebene einen mangelhaften Brief. Diesem mangelte es an Bezügen und Informationen, die für die Nachvollziehbarkeit der Argumente obligatorisch waren. Alle anderen verfassten entweder sehr gute Briefe oder Briefe mit kleinen Auffälligkeiten, wodurch folgende Anteiltabelle erstellt werden konnte:

<table>
<tr><th></th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Relative Häufigkeiten</th></tr>
<tr><td>Starke Korrelation</td><td>8</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">86%</td></tr>
<tr><td>Korrelation</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Keine Korrelation</td><td>2</td><td>2</td><td>14%</td></tr>
</table>

Tabelle 9-Korrelationsanteil Schulstufe 8

Auch hier soll die Korrelationsverteilung in Bezug auf die mathematische Textaufgabe zur Verdeutlichung dargestellt werden:

	Starke Korrelation	Korrelation	Keine Korrelation
Textaufgabe nicht gemacht	1		
Textaufgabe falsch	2		1
Textaufgabe richtig	5	10	1

Tabelle 10-Zuteilung der Korrelationen Schulstufe 8

5.3.2.5 9. Schulstufe

In der 9. Schulstufe lösten 4 von 20 SchülerInnen die Textaufgabe richtig. Das entspricht einem Anteil von 20%. Dies ist auf vollkommen unterschiedliche Gründe zurückzuführen, es konnte allerdings eine Tendenz in Richtung Satz- und Textebenen-Problematik festgestellt werden. Dennoch muss in dieser Klasse hervorgehoben werden, dass manche SchülerInnen große Lücken im mathematischen Arbeiten aufwiesen, die für diese Schulstufe nicht mehr typisch sein sollten. Von den 16 SchülerInnen, die die Textaufgabe falsch oder nicht lösten, verfassten 7 gute, oder zumindest den Anforderungen aus Kapitel 5.1.3 entsprechende, Briefe. Bei ihnen war somit keine Korrelation feststellbar. Ein Schüler, der die Aufgabe nicht bearbeitete, konnte offensichtlich die Informationen der Angabe nicht in ein kohärentes Situationsmodell integrieren, dennoch war der Brief, bis auf wenige fehlende Satzbezüge, zufriedenstellend. 5 der übrigen 6 Schülerinnen berechneten entweder die Fläche, oder jeweils ein Viertel der Fläche, um das Fußballfeld herum. Es war hier eindeutig von einer Textebenen-Problematik auszugehen, da einerseits das Situationsmodell die Ecken des Gartens unberücksichtigt ließ und andererseits die Notwendigkeit der Berechnung einer Seitenlänge nicht erkannt wurde. Die Fragestellung der Angabe lautete: „Welche Einbußen muss Philipp daher auf jeder Seite seines Spielfeldes hinnehmen, das heißt wie weit muss er hineinrücken?" Ein *Hineinrücken* von einer Fläche konnte nicht als sinngemäß betrachtet werden, zudem ist die Frage nach einer Einbuße *auf jeder Seite*, wodurch die Notwendigkeit einer Seitenberechnung explizit ausgedrückt wurde. Das bedeutet, dass zusätzlich zur Textebene, Faktoren der Satzebene eine bedeutende Rolle spielten, da bei der Berechnung der Gesamtrestfläche, die Teilformation „auf jeder Seite" nicht in das Situationsmodell aufgenommen wurde. Lediglich eine der 4 Schülerinnen erkannte, dass eine Seitenlänge gesucht war. Diese beantwortete die Frage „Welche Zahl oder Größe ist in der Aufgabe gesucht?“ mit „m (Meter)“. Nichts desto trotz wurde dieses Wissen nicht in die Berechnungen miteinbezogen (vgl. Beispiel 1 unten). Bei allen fünf Schülerinnen ist des Weiteren zu betonen, dass der falschen Bearbeitung der Textaufgabe und der Repräsentation eines inadäquaten Situationsmodells zu einem Großteil auch ihr mangelndes Vorwissen in Bezug auf mathematisches Operieren und Modellieren, zu Grunde lag. So konnte der Flächeninhalt nicht vom Umfang unterschieden werden beziehungsweise wurden Rechenoperationen gewählt, deren Anwendung nicht nachvollzogen werden konnte (vgl. Beispiel 2):

$$A = 30 \cdot 2$$
$$A = 60m^2$$
$$60m^2 = 100\% \rightarrow\ -20\%$$
$$60: 100 = 0{,}6 = 1\%$$
$$\rightarrow 80\% = 0{,}6 \cdot 80$$
$$\rightarrow 48m^2\ darf\ er\ verwenden$$
$$Rest = 12m^2 \rightarrow Weg$$

Beispiel 1

$$20\% \cdot 1000 = 200$$
$$A = 30 \cdot 30 = 900$$
$$\frac{900}{200} = 4{,}5m$$
$$Er\ muss\ bei\ jeder\ Seitenlänge\ um\ 4{,}5m\ einrücken.$$

Beispiel 2

Aus diesen Beispielen soll hervorgehen, dass Sprache hier nicht hinweisend für eine korrekte Bearbeitung der Textaufgabe war und ein grober Mangel an Vorwissen dadurch nicht kompensiert werden kann. Denn jede dieser 5 Schülerinnen verfasste einen guten oder den Anforderungen entsprechenden Brief.

Die Bearbeitung des sechsten Schülers, der einen guten Brief verfasste, ließ ebenso auf eine bestehende Textebenen-Problematik schließen. Der Schüler unterstrich bei der Bearbeitung zwar „Seine Mutter ist damit einverstanden, wenn zumindest 20% der Grünfläche, um nicht jedes Mal mitten durch das Feld gehen zu müssen, erhalten bleiben.“ den notwendigen Hinweis auf die Fläche, berechnete jedoch in weiterer Folge 20% der Seitenlänge, da – so seine Folgerung – Meter gesucht waren. Zudem rechnete der Schüler im Kreis, wodurch es so schien, als wüsste der Schüler nicht, wie die Angabe der Fläche mit den Angaben der Seitenlängen in Verbindung zu bringen war. Im Folgenden sollen seine Rechenschritte und die zugehörige Skizze dargestellt werden:

$$30 \cdot \frac{20}{100} = 6 \quad x = 3$$
$$s = 2x + y$$
$$s = 2 \cdot 3 + y$$
$$s = 6 + y$$
$$s = 24 \rightarrow 6\ [wahrscheinlich\ gemeint: y = 24 \rightarrow \frac{y}{4} = 6]$$

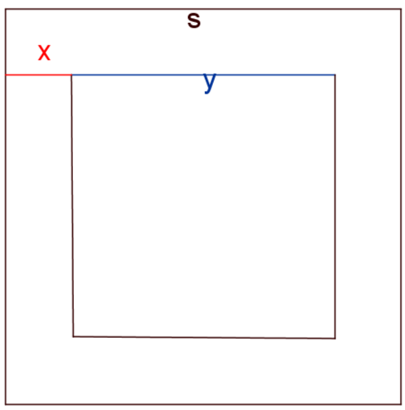


Abbildung 8-Skizze 1 Schulstufe 9

Bei den übrigen 8 SchülerInnen, die die Textaufgabe falsch lösten, waren hingegen Korrelationen feststellbar. Sie verfassten mangelhafte Briefe, deren Problemfelder entweder mit jenen der Textaufgabe übereinstimmten (starke Korrelation), oder auf anderen Ebenen zu verorten waren (Korrelation). Zuerst sollen jene Ergebnisse dargestellt werden, die auf eine Korrelation hinweisen.

Drei der vier Testungsbögen, deren Aufgabenteile korrelierten, wiesen bei der Bearbeitung der Textaufgabe Schwierigkeiten auf der Textebene auf. So wurden, wie bei den bereits beschriebenen Fällen, 20% des Umfangs, das heißt einer Seitenangabe, oder der Flächeninhalt des Fußballfeldes beziehungsweise ein Viertel der Restfläche, berechnet. Es schien für die SchülerInnen unklar zu sein, dass 20% einer Fläche nicht 20% der entsprechenden Seitenlängen entspricht. Ihre Briefe wiesen grobe Mängel auf Wort- und Satzebene auf. Ein Beispiel soll hier zur Verdeutlichung angeführt werden:

> *„Denn durch das öftere schreiben von Aufgaben am Laptop, lernt man übersichtlicher und schöner ein Word-Dokument zu formatieren, was bei der VWA sehr wichtig ist.“*

Einerseits wurden die Adjektive an der falschen Stelle angeführt, so „lernt“ man nicht „übersichtlich und schön“. Besser wäre: „Man lernt, das Dokument übersichtlich und schön zu gestalten.“ Andererseits wurde die Präposition „bei“ nicht ideal gewählt und der Nebensatz ungenau formuliert. Besser wäre: „Das Formatieren kann für das Schreiben der VWA wichtig sein.“

Selbstsprechend ist auch folgende Formulierung einer anderen Schülerin:

> *„Wir sind der Meinung, dass Laptops in allen Klassen untergebracht werden, da die Technik heutzutage viel mehr Vorteile hat. Zum Beispiel, dass viel schnellere Finden von bestimmten Unterrichtsthemen.“*

Im ersten Satz fehlten die Formulierung des Konjunktivs, sowie eine genaue Bezugnahme auf die „mehreren Vorteile“ der Technik. Die Technik bietet mehr Vorteile als was? Der zweite Satz war unvollständig.

Bei diesen drei SchülerInnen waren demnach Korrelationen feststellbar.

5 SchülerInnen verfassten Briefe deren Problemfelder ident mit jenen der Textaufgabenbearbeitung waren. Wie auch bei den vorigen SchülerInnen berechnete eine Schülerin 20% der Gesamtfläche und 20% der Seitenlänge. Die 20% der Gesamtlänge interpretierte sie allerdings als Fläche des Fußballfeldes. Die Textebene konnte somit nicht durchdrungen und Unterschiede zwischen Fläche und Seite nicht erkannt werden. Die Anwendung integrierender Prozessvariablen kam hier nicht zum Einsatz. Auch ihrem Brief mangelte es an Kohärenz und Ideenreichtum. Bei zwei weiteren SchülerInnen basierte die falsche Bearbeitung, neben dem fehlenden Textzusammenhang, auf Problemen auf der Satzebene. So berücksichtigte eine Schülerin die 20% der Gesamtfläche überhaupt nicht

und berechnete lediglich 20% der Seitenfläche. Der zweite Schüler vernachlässigte den Hinweis, dass die Einbußen auf jeder Seite berechnet werden sollten und nicht bloß die Gesamteinbußen. Das Vernachlässigen von Teilinformationen begründete Nadine Wilhelm in ihrer Studie (2016) mit der Tatsache, dass sprachlich Schwache die Textbasis eher an ihr bestehendes Situationsmodell anpassen und nicht umgekehrt (vgl. Wilhelm (2016), S. 218)[48]. Es werden somit lediglich jene Informationen berücksichtigt, die in das Modell integriert werden können. Den Briefen der SchülerInnen mangelte es an notwendigen Bezügen, sie wiesen falsche Bezüge und unvollständige Sätze auf. Zudem konnten lexikalische Schwierigkeiten festgestellt werden. Auch die beiden anderen Schülerinnen konnten die Textaufgabe aus jeweils einem der genannten Gründe nicht lösen. Ihre Briefe wiesen starke Korrelationen mit der Textaufgabe auf.

Ein Testungsbogen unterschied sich jedoch von den bisher genannten insofern, als der Lösungsweg der Textaufgabe richtig war, die Lösung allerdings falsch interpretiert wurde und somit als unvollständig kategorisiert werden konnte. Die betreffende Schülerin berechnete die Seitenlänge des Fußballfeldes korrekt, interpretierte die Länge allerdings als Strecke, die sie einrücken müsse. Auch ihr Brief entsprach, trotz seiner Kürze, allen Kriterien. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Schülerin, laut ihren Angaben, keinen Spaß daran hatte, an der Testung teilzunehmen und die Aufgaben, unter der Berücksichtigung ihrer Motivation, als korrelierend betrachtet werden konnten.

Zuletzt sind noch jene Testungsbögen zu berücksichtigen, die richtig gelöste Textaufgaben beinhalteten. Dabei handelte es sich um 4 Testungsbögen, von denen lediglich einer einen mangelhaften Brief aufwies. Der Text dieses Schülers wies grobe Fehler auf Satzebene auf, es ist allerdings hervorzuheben, dass auch die Skizze, die er im Zuge der Bearbeitung der Textaufgabe erstellte, auf ein falsches Situationsmodell schließen ließ. Es scheint, als ob der Schüler, trotz sprachlicher Schwierigkeiten, die möglicherweise auf die zwei gesprochenen Sprachen zu Hause (Serbisch und Deutsch) zurückzuführen sind, Inferenzen erzeugen konnte, um analoge Rechenschritte, aus bereits gerechneten Aufgaben, auszuführen. Generierendes Arbeiten als Bearbeitungsstrategie könnte, diesem Beispiel folgernd, somit als Möglichkeit betrachtet werden, trotz sprachlicher Schwierigkeiten, mathematische Textaufgaben zu lösen. Dies konnte auch Wilhelm (2016) in ihrer Studie beobachten (vgl. Kapitel 4.2.4). Seine Skizze entsprach folgender Grafik:

[48] Vgl. Wilhelm, N.: Zusammenhänge zwischen Sprachkompetenz und Bearbeitung mathematischer Textaufgaben. Quantitative und qualitative Analysen sprachlicher und konzeptueller Hürden. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2016

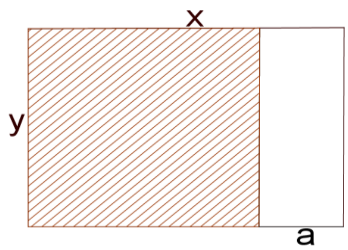


Abbildung 9-Skizze 2 Schulstufe 9

Hier war somit keine Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben ersichtlich. Von den anderen drei Schülern, die die Aufgabe korrekt lösten, verfasste einer einen sehr guten Brief und die anderen beiden Briefe, die lediglich kleine Auffälligkeiten aufwiesen. Hier waren demnach (starke) Korrelationen feststellbar.

Den vielseitigen Darstellungen der Ergebnisse, sollen nun erneut die zwei Tabellen zu Korrelationsanteilen und -verteilung folgen.

	Absolute Häufigkeiten	Absolute Häufigkeiten	Relative Häufigkeiten
Starke Korrelation	6	12	60%
Korrelation	6		
Keine Korrelation	8	8	40%

Tabelle 11-Korrelationsanteil Schulstufe 9

	Starke Korrelation	Korrelation	Keine Korrelation
Textaufgabe nicht gemacht	1		1
Textaufgabe falsch	4	3	6
Textaufgabe richtig	1	2	1
Textaufgabe unvollständig		1	

Tabelle 12-Zuteilung der Korrelationen Schulstufe 9

Dies ist die erste Schulstufe, in der der Korrelationsanteil bei unter 70% liegt. Es wird sich in weiterer Folge zeigen, dass dies nicht der kleinste Anteil an Korrelationen innerhalb einer Klasse ist. Im Anschluss an die Darstellungen der Ergebnisse soll eine mögliche Ursache des geringen Anteils geschildert werden.

Anders als in den zuvor dargestellten Schulstufen verhalten sich die Herkunftsländer der Eltern der ProbandInnen. Aus Österreich stammen lediglich die Eltern dreier SchülerInnen. 14 SchülerInnen haben Eltern aus anderen Herkunftsländern und bei drei SchülerInnen ist ein Elternteil in Österreich geboren. Siehe dafür folgende Abbildung:

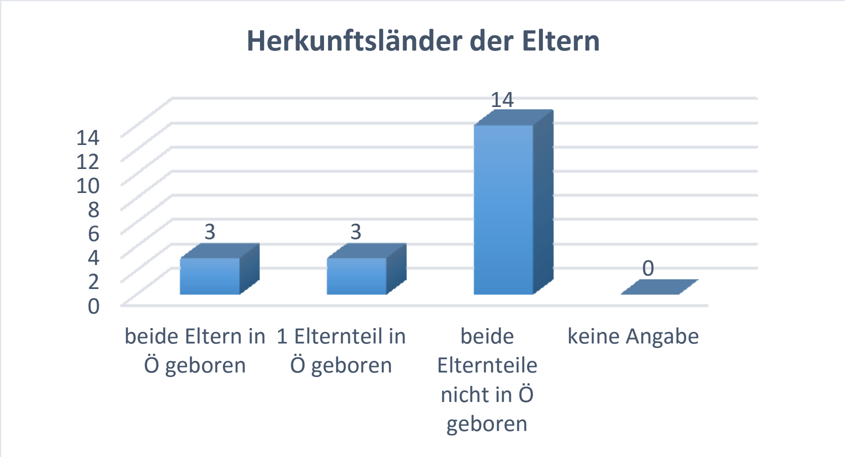


Abbildung 10-Herkunftsländer der Eltern Schulstufe 9

Dabei spielte es bei den Ergebnissen der Testungen keine entscheidende Rolle, welche sozialen Hintergründe festgestellt werden konnten. Ein Schüler, der lediglich Deutsch zu Hause spricht und dessen Eltern beide in Österreich geboren sind, hat beide Aufgabenteile nicht zufriedenstellend gelöst. Gleichzeit hat ein Schüler, der Deutsch, Türkisch und Englisch zu Hause spricht, sowohl die Textaufgabe richtig gelöst, als auch einen guten Brief verfasst. Sechs SchülerInnen, deren Elternteile nicht in Österreich geboren sind, verfassten gute, beziehungsweise den Anforderungen entsprechende, Briefe, konnten die mathematische Textaufgabe jedoch nicht lösen. Obwohl der Anteil an SchülerInnen mit Migrationshintergrund in dieser Klasse hoch war, kann der Anteil an falsch gelösten Textaufgaben beziehungsweise der Anteil an Korrelationen nicht darauf zurückgeführt werden.

5.3.2.6 10. Schulstufe

16 von 21 ProbandInnen lösten die mathematische Textaufgabe im Zuge der Testungsdurchführung richtig. Das entspricht einem Anteil von 76%. Die anderen 5 SchülerInnen lösten die Textaufgabe entweder falsch oder unvollständig. Es gab keinen Testungsbogen, in dem die Aufgabe nicht zumindest versucht wurde.

In zwei Fällen kam es vor, dass Seemeilen in Kilometer umgewandelt wurden, obwohl sämtliche Angaben in Knoten gemacht wurden. So war sowohl das Schiff, dessen Fahrdauer berechnet werden soll, mit 30 Knoten unterwegs, als auch der stündliche Treibstoffverbrauch dieses Schiffes in Abhängigkeit von Knoten, in Form einer Funktionsgleichung, gegeben. Es konnte daher vermutet werden, dass folgender Satz, auch auf Grund der verwendeten bildungssprachtypischen Phrase, nicht vollständig durchdrungen werden konnte: „Der stündliche Treibstoffbedarf y (in Tonnen pro Stunde) des Schiffs Ozeanexpress kann in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit x (in Knoten) durch die Gleichung $y = 0{,}00002x^4 + 0{,}6$ beschrieben werden." Die in Klammern formulierte Angabe wurde vernachlässigt und auf Textebene nicht mit den vorhergehenden Angaben abgeglichen. Das zyklische Arbeiten im Zuge der Bearbeitung dieser Textaufgabe ist unerlässlich, daher kann angenommen werden, dass dies bei diesen SchülerInnen nicht zur Genüge durchgeführt wurde. Es kam hier somit zu einer Satz-/Textebenen-Problematik, hervorgerufen durch das Fehlen von Mehrfachabgleichen. Einer dieser SchülerInnen bearbeitete die Textaufgabe ansonsten vollkommen korrekt, es konnte in diesem Fall also angenommen werden, dass die Textebene adäquat repräsentiert wurde, aber Teilinformationen (wie die Angaben in Knoten) nicht in sein Situationsmodell integriert wurden. Zugleich verfasste er einen guten Brief, wodurch, trotz der fehlerhaften Umwandlung der Einheit, eine Korrelation zwischen seiner Sprachkompetenz und der Fähigkeit mathematische Textaufgaben zu lösen festgestellt werden konnte.

Anders verhielt es sich bei der zweiten Schülerin, die Seemeilen in Kilometer umgewandelte. Diese konnte zwar den stündlichen Treibstoffverbrauch (mit falscher Einheit) berechnen, führte im Anschluss allerdings Rechenoperationen durch, die hinweisend für das Fehlen integrierender Bearbeitungsstrategien waren. So wurde der stündliche Treibstoffverbrauch durch die Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde dividiert, ohne den noch vorhandenen Treibstoffvorrat von 600 Tonnen zu berücksichtigen. Dabei verschriftete sie ihre Rechenschritte jedoch nicht, wodurch lange unklar blieb, was genau in dieser Rechnung geschehen ist:

$$y = 191{,}1807 = Treibstoffverbrauch$$
$$ca.\ 3{,}44\ Stunden\ kann\ das\ Schiff\ fahren$$

Diese Satz- sowie Textebenen-Problematik fand sich zudem in ihrem Brief wieder. Vor allem auf Satzebene konnte der Brief als mangelhaft eingestuft werden. Auch hierzu soll ein Beispiel gegeben werden:

> *„Meine Klasse hat schon seit langer Zeit das Bedürfnis nach eigenen Laptops und deshalb habe ich den Wunsch nach sogenannten Laptopklassen, was die finanzielle Situation der Schule definitiv zulässt."*

„Weil die Klasse das Bedürfnis hat, hat sie den Wunsch" konnte nicht als sinngemäße Begründung aufgefasst werden. Das Konjunktionaladverb „deshalb" wurde aus diesem Grund falsch gesetzt. Zudem wurde der zweite Teil des Satzes sehr unpräzise formuliert, da statt eines Relativpronomens der Begriff „was" gewählt wurde und nicht genau ausgeführt wurde, dass die finanzielle Situation *die Einführung* dieser Laptopklassen zulassen würde. Bei dieser Schülerin bestand demnach eine starke Korrelation der beiden Variablen.

Die drei anderen SchülerInnen lösten die Textaufgabe falsch oder unvollständig, wobei ein Schüler annahm, die Textaufgabe fertig bearbeitet zu haben. Dies ging aus seinen Angaben zur Aufgabenbewältigung hervor. Daher war seine Textaufgabe als falsch zu beurteilen und die der anderen beiden Schülerinnen als unvollständig. Sie alle berechneten den stündlichen Treibstoffverbrauch, wobei lediglich die beiden Schülerinnen den Wert als stündlichen Treibstoffverbrauch deuten konnten. Dem Schüler gelang es vor allem nicht die Propositionsstruktur des oben genannten Satzes zu durchdringen. Dies ging auch aus seiner Antwort auf die Frage „Welche Zahl oder Größe ist in der Aufgabe gesucht?“ hervor. So formulierte er, dass y-Stunden gesucht wären, bis 600t Treibstoff verbraucht wird. Die Angabe spricht allerdings explizit vom „stündlichen Treibstoffverbrauch y“ wodurch sein Fehler auf Satzebene auf die bildungssprachtypische Phrase des Satzes zurückgeführt werden konnte. Auch sein Brief wies Probleme auf Satzebene auf, da nebenstehende Sätze mit unpassenden Konnektoren in Verbindung gesetzt, Nebensätze als Hauptsätze formuliert und inhaltlich unabhängige Sätze in einem Satz formuliert wurden. Folgender Ausschnitt soll dies veranschaulichen:

> *„Mittlerweile ist es notwendig mit Computer gut umgehen zu können, weil bei fast jedem Beruf sind Computerkenntnisse gefragt und wenn man angeben kann, dass man in einer Laptopklasse war kann das die Chancen bei einer Bewerbung enorm steigern.“*

Somit konnte auch bei diesem Schüler von einer starken Korrelation gesprochen werden, da beide Aufgabenteile auf Schwierigkeiten auf der Satzebene hinwiesen. Diese Satzebenen-Problematik kann jedoch nicht auf eine andere Erstsprache als Deutsch zurückgeführt werden. Sowohl der Schüler, als auch seine Eltern sind in Österreich geboren. Somit sprechen sie, laut den Angaben des Schülers, auch nur Deutsch zu Hause. Die zwei Variablen, allgemeine Sprachkompetenz und das Lösen mathematischer Textaufgaben, bestehen somit unabhängig vom Herkunftsland und der gesprochenen Sprache zu Hause.

Die Briefe der Schülerinnen, die die Textaufgabe unvollständig lösten, wiesen unterschiedliche Qualität auf. So entsprach der Brief einer Schülerin durchaus sämtlichen Anforderungen aus Kapitel 5.3.1. Der Brief wies, auf Grund ausreichend vieler Konjunktionen, eine sehr gute Satzkohärenz auf und die Argumente waren nachvollziehbar. Lediglich die Verwendung des Konjunktivs blieb aus. Es schien, als ob die Unvollständigkeit der Textaufgabe auf das Fehlen zyklischen Arbeitens zurückgeführt werden konnte. Nachdem die Information der 30 Knoten in die Gleichung eingesetzt wurden, müsste erneut auf die 600 Tonnen Treibstoff eingegangen werden. Dies geschah hier nicht. In diesem Fall diente Sprache also nicht dem Erkennen der Notwendigkeit zyklischen Arbeitens.

Auch der Brief der zweiten Schülerin war, abgesehen von kleinen Fehlern auf Satzebene, grammatikalisch in Ordnung, ließ jedoch auch hier Hürden beim Leseprozess vermuten. Wie auch in den Schulstufen darunter, führte der Satz „Die finanzielle Situation der Schule lässt dies zu, allerdings ist die sichere Unterbringung der Geräte noch nicht gewährleistet

[…]“ zu Verständnisschwierigkeiten, da sie in weiterer Folge formulierte, dass die Schule, wegen der finanziellen Situation, keine Möglichkeit hat Laptops anzuschaffen. Da auch in der Bearbeitung der Schreibaufgabe eine Leseproblematik auftrat, konnte bei dieser Schülerin eher angenommen werden, dass die Bearbeitungsschwierigkeiten der Textaufgabe bereits im Leseprozess stattfanden. Anlehnend an die Bearbeitungsschritte in beiden Aufgabenteilen, muss vermutet werden, dass die Angaben einmalig gelesen wurden und auf Grund des Fehlens zyklischer Strategien keine integrierenden Prozesse verwendet werden konnten, um sämtliche Teilinformationen in eine Gesamtinformation zu abstrahieren.

Zu guter Letzt sollen noch die Ergebnisse derjenigen SchülerInnen dargestellt werden, die die Textaufgabe richtig lösten. Von den 16 SchülerInnen verfassten drei einen mangelhaften Brief. Hervorzuheben ist hierbei, dass beide Elternteile jeder dieser SchülerInnen nicht aus Österreich stammen. Davon spricht ein Schüler lediglich Deutsch zu Hause, die beiden anderen Schülerinnen Deutsch und die jeweilige Erstsprache. Der Brief der Schülerin, die Deutsch und Arabisch zu Hause spricht, wies grobe Mängel auf der Satzebene auf, da Satzverknüpfungen, sowie Argumentüberlappungen fehlten. So existierten beispielsweise keine Anhaltspunkte, die vermuten ließen, dass ab dem nächsten Satz Argumente formuliert werden würden. Zudem wurden drei Sätze in einem zusammengefasst:

> *„Zusätzlich mit dem 10-Finger-System können die Schüler das Gesagte viel schneller und in eigenen Worten zusammenfassen. Durch die Internetverbindung der Laptops können Schüler Fremdwörter oder Dinge, die sie nicht verstanden haben, sofort während dem Unterricht nachschauen und somit wird der Lehrer auch nicht unterbrochen und, wenn es dann noch ein sehr schüchterner Schüler ist, muss er nicht aufzeigen und vor der ganzen Klasse nachfragen.“*

Das Adverb „Zusätzlich“ wurde hier an die falsche Stelle platziert, da es sich nicht auf das Zehnfingersystem, als Zusatz, beziehen sollte, sondern auf die zusätzliche Möglichkeit, die das Zehnfingersystem bietet. Des Weiteren fehlte zwischen den beiden Argumenten eine Verknüpfung. Außerdem gab der letzte Satz einen Hinweis darauf, wie die Gedankengänge der Schülerin während des Verfassens abgelaufen sind. Es kam demnach nicht zu einer vorgehenden Strukturierung dieser, sondern lediglich zu einer Übertragung auf das Papier, ohne etwaige kognitive Strategien angewandt zu haben. Auch im Zuge der Bearbeitung der Textaufgabe strukturierte sie die erhaltenen Informationen nicht gedanklich, sondern verschriftete sämtliche Zwischenschritte, um die Aufgabe sinngemäß lösen zu können. In diesem Sinne könnte fast ein Zusammenhang feststellbar gewesen sein, allerdings führte diese Verschriftlichung bei Teil 2 zu einer richtigen Lösung, Teil 1 hingegen musste als mangelhaft gewertet werden, wodurch hier keine Korrelation zwischen den beiden Variablen bestand. Die beiden anderen Briefe wiesen vorwiegend lexikalische Fehler auf, die sich auf den Ausdruck, sowie die Satzstellung, auswirkten. Es schien in diesen beiden

Fällen, als ob lexikalische Hürden während der Produktion nicht hinderlich beim zyklischen Arbeitsprozess seien, falls bildungssprachtypische Phrasen aus vorgehenden Aufgaben bekannt sind.

Alle anderen ProbandInnen verfassten durchwegs Briefe, die die Anforderungen erfüllten. Fünf ProbandInnen verfassten sehr gute Briefe. Zur Verdeutlichung sollen die bereits bekannten Tabellen angeführt werden:

	Absolute Häufigkeiten	Absolute Häufigkeiten	Relative Häufigkeiten
Starke Korrelation	7	17	81%
Korrelation	10		
Keine Korrelation	4	4	19%

Tabelle 13-Korrelationsverteilung Schulstufe 10

	Starke Korrelation	Korrelation	Keine Korrelation
Textaufgabe falsch	2	1	
Textaufgabe richtig	5	8	3
Textaufgabe unvollständig		1	1

Tabelle 14-Zuteilung der Korrelationen Schulstufe 10

Der Anteil an Korrelationen war in dieser Klasse deutlich höher als in der vorherigen. Gleichzeitig ist hervorzuheben, dass bei allen SchülerInnen, die die Textaufgabe falsch lösten, Korrelationen bestanden. In der 9. Schulstufe hingegen konnte bei 6 SchülerInnen keine Korrelation festgestellt werden, in der 7. Schulstufe bei 4 SchülerInnen. In diesen Klassen war zudem der Anteil an gelösten Textaufgaben wesentlich geringer. Mehr dazu im Anschluss an die Ergebnisdarstellungen.

5.3.2.7 11. Schulstufe

Aus der 11. Schulstufe lösten 10 von 17 SchülerInnen die Textaufgabe richtig, das entspricht einem Anteil von 59%. Von den 7 SchülerInnen löste ein Schüler die Textaufgabe nicht, dies konnte jedoch zu einem Teil auf seine fehlende Motivation zurückgeführt werden. Dennoch verfasste er, trotz dieser fehlenden Motivation, einen guten Brief, weshalb angenommen werden musste, dass das Lösen der mathematischen Textaufgabe mit zu großen Anstrengungen verbunden gewesen wäre und somit als schwierig eingestuft wurde. Seine Testung wird daher trotz allem in die Bewertung miteinbezogen, weshalb hier keine Korrelation feststellbar war.

Drei weitere SchülerInnen verfassten einen guten Brief, obwohl sie die Textaufgabe falsch lösten. Es war ihnen offensichtlich nicht möglich, die notwendigen Inferenzen zu erzeugen, um aus dem „Zeitpunkt des stärksten Wachstums“ die Wendestelle ableiten zu können. Sie alle interpretierten den „Zeitpunkt des stärksten Wachstums“ als Zeitpunkt der größten Höhe. So wurde in die gegebene Funktionsgleichung, die die Höhe h des Hopfens in Abhängigkeit von der Zeit t modellierte, entweder die größte Höhe, die aus der Abbildung abgelesen wurde, in $h(t)$ eingesetzt, oder diese lediglich in der Abbildung eingetragen. Es konnte davon ausgegangen werden, dass durch Mehrfachabgleiche vernachlässigbare Informationen selektiert wurden, da in einigen Fällen diese auch eingeklammert wurden. Dennoch musste gefolgert werden, dass es Sprache in diesen Fällen, bei einem Mangel an mathematischem Vorwissen, nicht ermöglichte, notwendige Inferenzen zu erzeugen.

Die drei anderen SchülerInnen, die die Textaufgabe falsch lösten, verfassten hingegen mangelhafte Briefe, deren Problemfelder auf anderen Ebenen zu verorten sind als jene der Textaufgabe. So mangelte es in zwei Fällen erneut an der Erzeugung von Inferenzen, während die zugehörigen Briefe Mängel auf Satzebene aufwiesen. Es wurden ungenaue Informationen formuliert, Bezüge fehlten und es kam zu falschen Schlussfolgerungen sowie Wiederholungen innerhalb eines Satzes:

> *„Der Vorteil einer Laptopklasse ist, dass man alle Sachen schön geordnet finden kann. Man kann Ordner mit einzelnen Fächern erstellen und Mitschriften darin abspeichern. Ebenso können Lehrer Unterrichtsmaterialien wesentlich leichter zur Verfügung stellen und Schüler können die Sachen leichter finden bzw. abrufen, was für beide ein Vorteil ist.“*

Es fehlte in diesem Ausschnitt an lokaler Kohärenz, da auf die Aussage, dass Laptops vorteilhaft seien, eine Begründung, und daran anschließend erneut die bereits getätigte Aussage des Vorteils folgte. Gleichzeit wurde das Argument, „Sachen leichter zu finden“, wiederholt. Dabei fehlte zusätzlich die Verknüpfung der ersten beiden Sätze, um zu verdeutlichen, dass diese „Sachen“ durch die Erstellung der anschließend erwähnten Ordner, leichter zu finden wären.

In diesen beiden Fällen war also eine Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben ersichtlich.

Die Textaufgabe des dritten Probanden ließ hingegen nicht auf einen Mangel an Inferenzerzeugung schließen, sondern auf Probleme auf Textebene. So zeichnete er den Zeitpunkt der Düngung in der Abbildung richtig ein, ebenso beantwortete er die Fragestellung, direkt im Anschluss an die Angabe, korrekt. „Welche Zahl oder Größe ist in der Aufgabe gesucht?“ wurde von ihm jedoch in weiterer Folge falsch beantwortet, da er als Antwort „h: die Höhe der Pflanze nach 4 Wochen“ schrieb. Auch in seinen Berechnungen setzte er den Zeitpunkt der größten Höhe in die gegebene

Funktionsgleichung ein. Es konnte somit vermutet werden, dass der Schüler den Text insofern nicht durchdringen konnte, als er die gesuchte Zahl nicht ausmachen konnte. Aus diesem Grund verwendete er schließlich sämtliche Informationen, die er in der Angabe finden konnte. Man könnte annehmen, dass das zyklische Arbeiten nicht zielführend war, wodurch vernachlässigbare Informationen dennoch integriert wurden. Sein Brief wies kleine Probleme auf Satzebene auf, die aus irreführenden Satzstellungen abgeleitet werden könnten. Auch in diesem Fall war somit eine Korrelation feststellbar.

Es ist bemerkenswert, dass die Eltern derjenigen 4 SchülerInnen, bei denen keine Korrelation feststellbar war, in Österreich und in einem Fall in Österreich und Deutschland geboren wurden. Sie verfassten Briefe, die den Anforderungen entsprachen. Die anderen 3 SchülerInnen, die mangelhafte Briefe verfassten, gaben bei den Herkunftsländern ihrer Eltern in zwei Fällen andere Länder als Österreich an.

Von den 10 ProbandInnen, die die Textaufgabe richtig lösten, berechneten zwei Probanden den Zeitpunkt des stärksten Wachstums nicht, sondern lasen diesen lediglich aus der Abbildung ab. Da in der Angabe nicht nach einer Rechnung verlangt wurde, konnte auch diese Bearbeitungsweise als richtig gewertet werden. Einer von ihnen verfasste allerdings einen, auf Wort- und Satzebene, mangelhaften Brief. In seinem Fall konnte mathematisches Vorwissen sprachliche Schwächen kompensieren. Er ist somit der fünfte Schüler, bei dem keine Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben ausgemacht werden konnte. Auch seine Eltern stammen aus Österreich, wodurch sämtliche Testungsbögen, bei denen keine Korrelation feststellbar war, SchülerInnen zugeordnet werden können, deren Eltern in Österreich oder Deutschland geboren wurden. Die Verteilung der Korrelationen geht aus folgender Tabelle hervor:

<table>
<tr><th></th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Relative Häufigkeiten</th></tr>
<tr><td>Starke Korrelation</td><td>4</td><td rowspan="2">12</td><td rowspan="2">71%</td></tr>
<tr><td>Korrelation</td><td>8</td></tr>
<tr><td>Keine Korrelation</td><td>5</td><td>5</td><td>29%</td></tr>
</table>

Tabelle 15-Korrelationsanteil Schulstufe 11

	Starke Korrelation	Korrelation	Keine Korrelation
Textaufgabe nicht gemacht			1
Textaufgabe falsch		3	3
Textaufgabe richtig	4	5	1

Tabelle 16-Zuteilung der Korrelationen Schulstufe 11

Auffallend an der letzten Tabelle ist die Tatsache, dass Korrelationen hauptsächlich bei einer korrekten Bearbeitung der Textaufgabe vorlagen. So wurde nur bei 3 von 12 bestehenden Korrelationen die mathematische Textaufgabe falsch gelöst. Zum Vergleich konnten 5 Mal keine Korrelationen festgestellt werden. 4 der entsprechenden ProbandInnen lösten die Textaufgabe falsch oder gar nicht.

5.3.2.8 12. Schulstufe

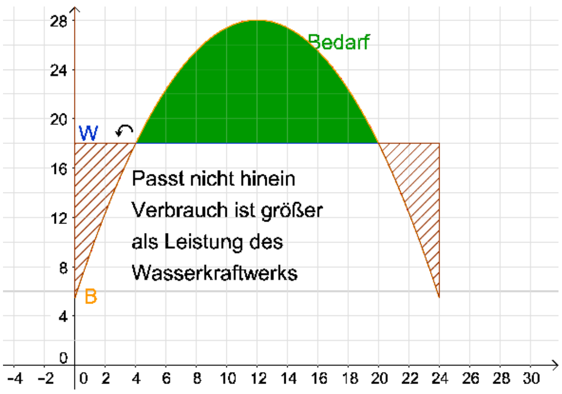
In der 12. Schulstufe lösten lediglich 5 von 19 SchülerInnen die Textaufgabe korrekt. Zu der Gruppe der gelösten Aufgaben zählen dabei allerdings auch jene ProbandInnen, die lediglich ihre Vorgehensweise beschrieben, ohne die Rechenschritte genau auszuführen. Nur eine Schülerin nahm sich die Zeit, die Textaufgabe durchzurechnen. Es muss an dieser Stelle allerdings betont werden, dass die Testung in einer 6. Stunde durchgeführt wurde und die SchülerInnen in den ersten 2 Stunden Mathematikschularbeit hatten. Aus diesem Grund konnten auch die richtig beschriebenen Vorgehensweisen als korrekt bewertet werden.

Die Ergebnisse der anderen 14 SchülerInnen lassen sich jedoch leicht zusammenfassen. Von ihnen bearbeiteten 6 SchülerInnen die Textaufgabe überhaupt nicht. Bei sämtlichen SchülerInnen war die falsche oder fehlende Bearbeitung der Textaufgabe auf fehlende Inferenzerzeugung zurückzuführen. Lediglich 5 dieser 14 ProbandInnen erkannten die Notwendigkeit der Verwendung des Integrals, die übrigen 9 ProbandInnen wählten entweder vollkommen andere Bearbeitungsstrategien oder keine. Sie behalfen sich mit Berechnungen der mittleren Änderung der gegebenen Funktionen, gaben die Differenz beider Funktionen als gesuchte Größe an, oder berechneten die Schnittpunkte der Funktionsgraphen. Sie fokussierten sich auf Schlüsselbegriffe oder bezogen sich auf zuvor gerechnete Aufgaben. Nachdem eine quadratische Funktion gegeben ist, müsste doch eine der beiden quadratischen Lösungsformeln angewandt werden – so die mögliche Schlussfolgerung einer Schülerin. Es konnte zudem vermutet werden, dass die Inferenzen nicht erzeugt werden konnten, da integrierende Bearbeitungsstrategien fehlten und Begrifflichkeiten wie „Leistungsbedarf“ und „Überproduktion“ nicht miteinander in Verbindung gebracht werden konnten. Außerdem musste der Zusammenhang von erzeugter Energie und Leistung nach einer Zeit bekannt sein. Nachdem allerdings 10 von 19 SchülerInnen die Notwendigkeit der Integralrechnung erkannten, konnte davon ausgegangen werden, dass dieser Zusammenhang bereits thematisiert wurde.
Die anderen 5 SchülerInnen, deren Beschreibung ihrer Vorgehensweise zwar Integrale beinhalteten, waren jedoch entweder mit der Arbeit mit Integralen nicht vertraut oder konnten die Textbasis der Angabe nicht vollständig durchdringen. Ein Schüler bestimmte lediglich den Flächeninhalt des „oberen Zipfels“ („Zipfel“ als Aussage des Schülers übernommen) – das heißt des Energiemangels – und vernachlässigte jene Flächeninhalte,

die die Menge an überschüssiger Energie beschrieben. Hier konnte demnach davon ausgegangen werden, dass das Energiedefizit nicht mit der Überproduktion von Energie in Verbindung gebracht und somit die Textbasis der Angabe nicht adäquat repräsentiert werden konnte. Die vier anderen SchülerInnen schraffierten hingegen die richtigen Bereiche in der gegebenen Abbildung. An den von ihnen aufgestellten Gleichungen konnte man jedoch erkennen, dass das für die Bestimmung dieser Flächen benötigte Integral der Differenz der beiden Funktionen noch nicht verinnerlicht wurde. Ein Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen:

$$\int_{20}^{4} B(t)dx - (\int_{0}^{4} B(t)dx + \int_{20}^{24} B(t)dx)$$

Abgesehen von der falschen Integrationsvariable, bezieht dieser Term die Leistung W(t) des Laufwasserkraftwerks nicht mit ein. Gleichzeitig handelt es sich hierbei, wie erwähnt, um einen Term und nicht um eine Gleichung, wodurch weitere Bearbeitungsschritte nicht zielführend sein konnten. Es fand sich ein analoger Term bei einem weiteren Schüler. Diese formulierte jedoch zusätzlich folgende Erklärung, woraus geschlossen werden konnte, dass die Bearbeitungsschwierigkeit lediglich auf einen Mangel an Vorwissen zurückgeführt werden konnte und nicht auf eine inadäquate Repräsentation der Textbasis:



„Der grüne Zipfel ist größer als die strichlierten Flächen links & rechts“

Abbildung 11-Skizze 1 Schulstufe 12

Es ist bemerkenswert, dass 13 der 14 ProbandInnen, die die Aufgabe falsch oder nicht lösten, gute oder den Anforderung entsprechende Briefe verfassten. Nur vereinzelt waren kleine Probleme ersichtlich, die allerdings die Qualität der Briefe nicht drastisch verschlechterten. Lediglich eine Schülerin verfasste einen, auf Satzebene, mangelhaften Brief. Es ist fraglich, ob das Herkunftsland ihrer Eltern, die Türkei, hinweisend für die mangelhafte Bearbeitung des Briefes ist. Den Angaben der SchülerInnen konnte entnommen werden, dass die Eltern von 12 SchülerInnen aus einem anderen Land als Österreich stammen. Von zwei SchülerInnen stammt ein Elternteil nicht aus Österreich und lediglich 5 der SchülerInnen haben keinen Migrationshintergrund. Dennoch verfassten die 13 anderen SchülerInnen, deren Eltern entweder nicht oder nur ein Elternteil in Österreich geboren wurden, den Anforderungen entsprechende Briefe, wodurch kein Einfluss von sozialen Hintergründen auf die beiden Variablen feststellbar war.

Diese Tatsache führte dazu, dass bei 13 Testungsbögen keine Korrelation feststellbar war. Auch alle anderen SchülerInnen, die die Textaufgabe richtig lösten, verfassten angemessene Briefe, wodurch lediglich bei diesen 5 SchülerInnen und jener Schülerin, deren Brief Schwierigkeiten auf Satzebene aufwies, Korrelationen bestanden. Auch dieser Sachverhalt soll in folgender Tabelle zusammengefasst werden:

<table>
<tr><th></th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Absolute Häufigkeiten</th><th>Relative Häufigkeiten</th></tr>
<tr><td>Starke Korrelation</td><td>2</td><td rowspan="2">6</td><td rowspan="2">32%</td></tr>
<tr><td>Korrelation</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Keine Korrelation</td><td>13</td><td>13</td><td>68%</td></tr>
</table>

Tabelle 17-Korrelationsanteil Schulstufe 12

	Starke Korrelation	Korrelation	Keine Korrelation
Textaufgabe nicht gemacht			6
Textaufgabe falsch		1	7
Textaufgabe richtig	2	3	

Tabelle 18-Zuteilung der Korrelationen Schulstufe 12

Der Schwerpunkt dieser Tabelle liegt in dieser Klasse unübersehbar in der Spalte „Keine Korrelation“ bei nicht oder falsch gelöster Textaufgabe. Eine Vielzahl der Testungsbögen wies keine Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben auf. Der Korrelationsanteil liegt bei nur 32%. Diese Tatsache unterscheidet die Klassenergebnisse dieser Schulstufe von den meisten anderen.

Im folgenden Kapitel sollen die Gesamtergebnisse der Testung dargelegt werden. Zum einen werden die Ergebnisse der einzelnen Schulstufen kurz verglichen. Darauf folgt eine mögliche Interpretation der Auswertungsergebnisse.

5.3.3 Darstellung und Interpretation der Gesamtergebnisse

Sämtliche Klassenergebnisse sollen noch einmal in einer Gesamttabelle dargestellt werden:

Schulstufe	5		6		7		8		9		10		11		12	
Häufigkeiten	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
(starke) Korr.	20	0,80	13	0,81	16	0,73	18	0,86	12	0,60	17	0,81	12	0,71	6	0,32
keine Korr.	5	0,20	3	0,19	6	0,27	2	0,14	8	0,40	4	0,19	5	0,29	13	0,68
richtig gelöste Textaufgaben	23	0,92	8	0,50	8	0,36	16	0,80	4	0,20	16	0,76	10	0,59	5	0,26

Tabelle 19-Korrelationsanteile Gesamt

Die zuvor beschriebenen Klassenergebnisse der 12. Schulstufe weichen, wie hier gut zu erkennen ist, stark von jenen der anderen Klassen ab. Lediglich in der 9. Schulstufe konnte eine ähnliche, wenn auch weit nicht so eindeutige, Situation festgestellt werden. Es ist auffallend, dass auch in diesen beiden Klassen der Anteil an gelösten mathematischen Textaufgaben, mit 20% beziehungsweise 26%, weit geringer ist, als in den anderen Schulstufen. Der Zusammenhang richtig gelöster Aufgaben und dem Korrelationsanteil wurde in der oben dargestellten Grafik rot hervorgehoben. Gleichzeitig liegt in den Schulstufen 5, 8 und 10, in denen die meisten Textaufgaben richtig gelöst wurden, der Korrelationsanteil in jedem Fall über 80% (grüne Hervorhebung).
Es könnte an dieser Stelle vermutet werden, dass noch eine dritte Größe bei dem Zusammenhang der beiden Variablen, allgemeine Sprachkompetenz und das Lösen mathematischer Textaufgaben, mitwirkt. Die Anzahl der gelösten Textaufgaben scheint hier als Drittvariable zu agieren. Das heißt, je mehr SchülerInnen die Textaufgabe gelöst haben, umso größer ist der Anteil an Korrelationen in dieser Klasse.

Einzige Ausnahme stellt die 7. Schulstufe dar, in der 36% der Aufgaben richtig gelöst wurden, aber dennoch ein Korrelationsanteil von 73% festgestellt werden konnte. Auch in Schulstufe 6 und 11 übt der Anteil an richtig gelösten Textaufgaben keinen enormen Einfluss auf die Stärke des Zusammenhangs allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben aus. Dennoch kann ein linearer Korrelationskoeffizient von $r = .72$ festgestellt werden. Bei sämtlichen Durchführungen analoger Testungen muss daher versucht werden, diese Störvariable zu eliminieren. Im Zuge meiner Testungen war es allerdings unmöglich, eine Vorhersage über den angemessenen Schwierigkeitsgrad für die jeweiligen Schulstufen treffen zu können. Obwohl sämtliche Textaufgaben anlehnend an den Lehrplan der entsprechenden Schulstufe erstellt und Argumentüberlappungen generiert wurden, um Satzzusammenhänge zu verdeutlichen, entsprachen vor allem die Textaufgaben der 9. und

12. Schulstufe, aber auch jene der 7. Schulstufe, nicht den mathematischen Kompetenzen der SchülerInnen.

Trotz der Störvariable und dem überraschend niedrigen Korrelationsanteil in der 12. Schulstufe, konnte im Zuge der Testungen ein Gesamtkorrelationsanteil von 71% nachgewiesen werden. Da die Testung als repräsentativ für die ausgewählte Schule, jedoch nicht für ganz Wien betrachtet werden kann, muss ein Konfidenzintervall für den relativen Anteil in der Grundgesamtheit Wien berechnet werden. Auf Grund der in Kapitel 5.1.2 beschriebenen spezifischen Stichprobe kann der relative Anteil in der Grundgesamtheit Wiens durch das 99%-Konfidenzintervall $[0{,}62; 0{,}8]$ geschätzt werden. Es kann somit behauptet werden, dass bei oftmaliger Erhebung von Stichproben vom Umfang 160 bei gleicher Konfidenzintervall-Berechnung, die berechneten Intervalle bei 99% der Stichproben den angegeben Anteil in der Grundgesamtheit p überdecken („frequentistische Deutung eines γ-Konfidenzintervalls für p“) (vgl. Malle, Koth (2012), S. 104)[49].

In Kapitel 5.3.1 wurden bereits die Angaben zur Person hinsichtlich der Herkunftsländer und der gesprochenen Sprachen zu Hause als Durchschnittswert aller ProbandInnen dargestellt. An dieser Stelle soll nun eine genaue Auflistung der Angaben folgen, da zu überprüfen ist, ob das Herkunftsland der Eltern hinweisend für eine mögliche Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben ist:

	Schulstufe	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Korrelation	Korrelationsanteil	0,80	0,81	0,73	0,86	0,60	0,81	0,71	0,32
	Anteil jener SchülerInnen, von denen 2 oder 1 ET in Österreich geboren wurden	0,82	0,88	0,58	0,94	0,60	0,91	0,62	0,28
	Anteil jener SchülerInnen, deren Elternteile nicht in Österreich geboren wurden	0,83	0,71	0,90	0,75	0,57	0,63	1,00	0,33
Keine Korrelation	Anteil ohne Korrelation	0,20	0,19	0,27	0,14	0,40	0,19	0,29	0,68
	Anteil jener SchülerInnen, von denen 2 oder 1 ET in Österreich geboren wurden	0,18	0,13	0,42	0,06	0,40	0,09	0,39	0,72
	Anteil jener SchülerInnen, deren Elternteile nicht in Österreich geboren wurden	0,17	0,29	0,10	0,25	0,43	0,38	-	0,67

Tabelle 20-Verteilung der Herkunftsländer der Eltern

[49] Malle, G.; Koth, M; Woschitz, H. et al: Mathematik verstehen 8. Oebv GmbH & Co. KG, Wien 2012

In oben angeführter Tabelle sind die relativen Häufigkeiten der Herkunftsländer der Eltern einer Klasse in *Korrelation* und *Keine Korrelation* unterteilt. In der 5. Schulstufe, in der ein Korrelationsanteil von 80% feststellbar war, wiesen Testungsbögen von 82% der SchülerInnen, von denen entweder beide oder ein Elternteil aus Österreich stammen, Korrelationen auf. Doch auch bei 83% der SchülerInnen deren Eltern nicht aus Österreich stammen, konnte eine Korrelation festgestellt werden. Dem gegenüber stehen jene Testungsbögen, die keine Korrelation aufwiesen. Diese entsprachen einem Anteil von 20%. Davon stammen jeweils entweder beide oder ein Elternteil von 3 SchülerInnen aus Österreich, diese machen 18% der aus Österreich stammenden oder zu einem Teil aus Österreich stammenden Eltern der Klasse aus. Eine Darstellung mit absoluten Häufigkeiten würde keine Vergleichsbasis liefern, da bei 14 SchülerInnen, von denen entweder ein oder beide Elternteil(e) in Österreich geboren wurden, aber nur bei 5 SchülerInnen, deren Eltern nicht in Österreich geboren wurden, Korrelationen feststellbar waren. In Bezug auf die Klassenverteilung ergaben sich allerdings die oben genannten Anteile. Wie aus oben angeführter Tabelle hervorgeht, weichen die Anteile österreichstämmiger Elternteile nun kaum von den Anteilen nicht österreichstämmiger Eltern ab. Ob eine Korrelation zwischen allgemeiner Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben besteht, hängt, wie in Kapitel 5.3.2 bereits in Einzelfällen ausgeführt wurde, nicht von den Herkunftsländern der Eltern ab.

Zuletzt sollen die gewonnen Daten mit meiner empirischen Hypothese und den darauf basierenden Forschungsfragen verglichen werden.

Forschungsfrage 1: Besteht ein Zusammenhang allgemeiner Sprachkompetenz und der Fähigkeit, mathematische Textaufgaben zu lösen?

Bei 71% der von mir getesteten SchülerInnen besteht ein Zusammenhang allgemeiner Sprachkompetenz und der Fähigkeit, mathematische Textaufgaben zu lösen. Für die Gesamtbevölkerung Wiens kann daraus, grob gesprochen, ein Anteil von 0,62-0,8% geschätzt werden (siehe S. 109).

Forschungsfrage 2: Falls ein Zusammenhang besteht, kann dieser auf die Fähigkeit des Schülers oder der Schülerin, die Propositionsstruktur der Angabe adäquat (bei richtiger Rechnung) oder inadäquat (bei falscher Rechnung) zu repräsentieren, zurückgeführt werden?

Im Falle der 12. Schulstufe ist der geringe Anteil an Korrelationen vorwiegend durch mangelnde Inferenzerzeugung oder den nicht geübten Umgang mit Integralen zu erklären. Somit ergibt sich für „Forschungsfrage 2“ folgende Beantwortung: Falls ein Zusammenhang zwischen beiden Parametern besteht, kann dieser sehr wohl auf die Fähigkeit des Schülers oder der Schülerin, die Propositionsstruktur der Angabe (in)adäquat zu repräsentieren, zurückgeführt werden. Die Verneinung des Satzes gilt jedoch nicht zwangsläufig: Falls kein Zusammenhang zwischen Sprachkompetenz und dem Lösen mathematischer Textaufgaben besteht, muss dies nicht hinweisend für eine inadäquate (bei falscher Rechnung) oder eine adäquate (bei richtiger Rechnung) Repräsentationsstruktur der Angabe sein. Stattdessen kann diese Unabhängigkeit entweder, wie in der 12. Schulstufe, durch das Fehlen von mathematischem Vorwissen hervorgerufen werden, wodurch sprachlich gute SchülerInnen Textaufgaben falsch lösen, obwohl die Angabe adäquat repräsentiert wurde, oder wie bei einem Schüler der 9. Schulstufe, der durch die Erzeugung von Inferenzen seine sprachlichen Defizite bei der Bearbeitung der Textaufgabe überwinden konnte und dennoch zum richtigen Ergebnis kam, obwohl die Skizze offensichtlich eine inadäquate Repräsentation der Angabe vermuten lässt (siehe Skizze 2 Schulstufe 9).

Diese Resultate führen jedoch nicht zu einer Falsifizierung meiner empirischen Hypothese:

Allgemeine Sprachkompetenz kann als Voraussetzung für die Bewältigung mathematischer Textaufgaben betrachtet werden, da die Propositionsstruktur der Angabe abhängig von der sprachlichen Kompetenz des Schülers oder der Schülerin entweder

- **nicht der Textintention entsprechend repräsentiert werden kann, wodurch ein inadäquates Situationsmodell oder kein Situationsmodell konstruiert wird,**

  oder

- **der Textintention entsprechend repräsentiert wird und ein dadurch adäquates Situationsmodell konstruiert wird.**

Die empirische Hypothese betrachtet lediglich jenen Fall, in dem die Propositionsstruktur der Angabe zu einer falschen oder richtigen Bearbeitung der mathematischen Textaufgabe führt. Sie nimmt allerdings nicht Bezug auf den Zusammenhang der beiden Register, falls Inferenzerzeugung, im Zuge der Bildung eines Situationsmodells, als Problem auftritt (falsche Rechnung) oder als konzeptgesteuerte Verarbeitung (richtige Rechnung) angewandt wird.

ANHANG

Enthält: Vollständigen Testungsbogen der 5. Schulstufe. Die Testungsbögen der anderen Schulstufen sind, ausgenommen die formulierte Textaufgabe des zweiten Bearbeitungsteils, ident.

Lieber Schüler, liebe Schülerin!

Die vorliegende Testung besteht aus zwei Teilen.

1) Verfassung eines Briefes
2) Bearbeitung einer Textaufgabe

Zu Beginn findest du einige Fragen zu deiner Person. Beantworte diese so genau wie möglich!

Im Anschluss sind die zwei genannten Aufgabenteile zu bearbeiten.

Am Ende findest du Fragen zur Aufgabenbewältigung. Beantworte auch diese bitte ehrlich!

Diese Testung erfolgt anonym! Die Ergebnisse werden lediglich zur Forschung für meine Arbeit verwendet. Keine anderen Schüler/keine anderen Schülerinnen und keine Lehrpersonen werden deine Antworten sehen. Die Ergebnisse fließen auf keinen Fall in die Benotung mit ein.

Testdauer: 30 Minuten

5. Schulstufe

Angaben zur Person

Fülle den Fragebogen bitte so genau wie möglich aus!

1) Geschlecht:
   - ☐ Weiblich
   - ☐ Männlich

2) Hast du Geschwister?
   Falls ja: Anzahl der Geschwister:__________

3) Ich wohne in...
   - ☐ Simmering
   - ☐ Andere

4) In welchem Land bist du geboren?

   ____

5) Geburtsland meiner Mutter:

   ____

6) Geburtsland meines Vaters:

   ____

7) Ich habe die österreichische Staatsbürgerschaft:
   - ☐ Ja
   - ☐ Nein

8) Ich lebe...
   - ☐ Bei meiner Mutter und meinem Vater
   - ☐ Bei meinem Vater
   - ☐ Bei meiner Mutter
   - ☐ Sonstiges

9) Welche Sprache sprichst du zu Hause? (Mehrfachnennungen möglich)

   ____

   ____

10) Höchster Bildungsabschluss meiner Mutter:
    - ☐ Pflichtschulabschluss
    - ☐ Lehrabschluss
    - ☐ Matura
    - ☐ Hochschulabschluss (Universität, FH,...)
    - ☐ Keine Angabe

11) Höchster Bildungsabschluss meines Vaters:
    - ☐ Pflichtschulabschluss
    - ☐ Lehrabschluss
    - ☐ Matura
    - ☐ Hochschulabschluss (Universität, FH,...)
    - ☐ Keine Angabe

Teil 1 – Verfassen eines Briefes

Deine Klasse möchte die Direktorin der Schule davon überzeugen, Laptops in allen Klassen zur Verfügung zu stellen. Die finanzielle Situation der Schule lässt dies zu, allerdings ist die sichere Unterbringung der Geräte noch nicht gewährleistet und die Nachteile von Laptopklassen scheinen die Vorteile zu überwiegen.

Verfasse einen argumentativen Brief an deine Direktorin, der die Vorteile von Laptopklassen unterstreicht! Da jede/r deiner KlassenkameradInnen einen Brief verfasst, wähle die zwei bis drei stichhaltigsten Argumente und führe diese genau aus! Achte dabei auf eine entsprechende Ausdrucksweise und die Nachvollziehbarkeit deiner Argumente! Formuliere einen geeigneten Einstieg! (1/2 Seite)

Falls du mehr Platz brauchen solltest, verwende bitte die Rückseite des Testungsbogens.

Teil 2 – Bearbeitung einer Textaufgabe

Lies dir das Beispiel genau durch!

Noel spart auf ein neues Hoverboard. Im Jänner hat er 56 € in sein Sparschwein gesteckt, steuerte allerdings Anfang Februar 15 € für das Geburtstagsgeschenk seines besten Freundes bei. Im Februar hat er 49 € und im März 62 € zusätzlich angespart. Das Hoverboard mit 700 Watt kostet 289 €. Wie viel Geld fehlt Noel noch?

Beantworte zuerst folgende Frage: Welche Zahl oder Größe ist in der Aufgabe gesucht?

____

Löse nun das Beispiel!

Falls du mehr Platz brauchen solltest, verwende bitte die Rückseite des Testungsbogens!

Angaben zur Aufgabenbewältigung

Wie sehr treffen folgende Aussagen auf dich zu? Beantworte bitte ehrlich! Deine Angaben werden anonym behandelt.

Das Thema der Textaufgabe hat mich sehr interessiert.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Die Textaufgabe war eine große Herausforderung für mich.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Ich glaube, die Textaufgabe richtig gelöst zu haben.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Laptopklassen halte ich selbst für sehr sinnvoll.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Es fiel mir leicht, Argumente für die Einführung von Laptopklassen zu finden.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Ich glaube, die Direktorin mit meinem Brief überzeugen zu können.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Ich fühlte mich unter Druck, die Aufgaben erwartungsgemäß zu bearbeiten.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Als ich von der Testung gehört habe, war ich gespannt, was mich erwarten wird.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu
Es hat mir Spaß gemacht, an dieser Testung teilzunehmen.	trifft nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft vollkommen zu

Danke für deine Teilnahme!!!

LITERATURVERZEICHNIS

BARZEL, B.; BÜCHTER, A; LEUDERS, T.: Mathematik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe 1 und 2. Cornelsen Schulverlage GmbH, Berlin 2014

BEUING, R.: Förderung von Spracherwerb und Intelligenz bei Kindern mit einer Spezifischen Spracherwerbsstörung. Tectum Verlag, Marburg 2009

BREIT, S. (HG.): Handbuch zur Erfassung der Sprachkompetenz in Deutsch von Kindern mit Deutsch als Erstsprache (BESK). Salzburg 2011
Link: http://www.sprich-mit-mir.at/app/webroot/files/file/hb_besk_2-0.pdf (Zugriff: 20.04.2017)

BUNDESINSTITUT FÜR BILDUNGSFORSCHUNG, INNOVATION & ENTWICKLUNG DES ÖSTERREICHISCHEN SCHULWESENS: Aufgabenpool, Link:
https://aufgabenpool.srdp.at/srp_ahs/index.php (Zugriff: 16.04.2017)

BUNDESINSTITUT FÜR BILDUNGSFORSCHUNG, INNOVATION & ENTWICKLUNG DES ÖSTERREICHISCHEN SCHULWESENS (Hg.): Kompetenzorientierter Unterricht in Theorie und Praxis. Leykam Verlag GmbH. Nfg. & Co.KG, Graz 2011

BUNDESINSTITUT FÜR BILDUNGSFORSCHUNG, INNOVATION & ENTWICKLUNG DES ÖSTERREICHISCHEN SCHULWESENS: Kompetenzen und Modelle, Link:
https://www.bifie.at/node/49 (Zugriff: 20.04.2017)

CARNEVALE, C.; WOJNESITZ, A.: Sprachsensibler Fachunterricht in der Sekundarstufe. Grundlagen – Methoden – Praxisbeispiele. (ÖSZ Praxisreihe Heft 23), ÖSZ, Graz 2014
http://oesz.at/sprachsensiblerunterricht/UPLOAD/Praxisreihe_23web.pdf (Zugriff: 29.12.2016)

EDUCATION FOR ALL GLOBAL MONITORING REPORT 2006, CHAPTER 6: Understandings of literacy
Link: http://www.unesco.org/education/GMR2006/full/chapt6_eng.pdf (Zugriff: 24.02.2017)

HÄFELE, J.: Der Aufbau der Sprachkompetenz. Untersuchungen zur Grammatik des sprachlichen Handelns. Max Niemeyer Verlag, Tübingen 1979

HARDEN, T.: Angewandte Linguistik und Fremdsprachendidaktik. Narr Francke Attempto Verlag GmbH + Co. KG., Tübingen 2006

HELBIG, G.: Entwicklung der Sprachwissenschaft seit 1970. Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen 1990

FRÖHLICH, I.; PREDIGER, S.: Sprichst du Mathe? Kommunizieren in und mit Mathematik(Vorversion). In: Praxis der Mathematik in der Schule 49 (24), 1-8, Link:
http://www.mathematik.uni-dortmund.de/~prediger/veroeff/08-PM24-Kommunizieren-Froehlich-Prediger-Vorversion.pdf (Zugriff: 29.12.2016)

KARNATH, H.-O.; THIER, P. (HRSG.): Neuropsychologie. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2012

KONECNY, E.; LEITNER, M.-L.: Psychologie. Braumüller Verlag, Wien 2009

LEHRPLAN DEUTSCH – AHS UNTERSTUFE (aktuelle Tagesfassung: 06.04.2017), Link:
http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

LEHRPLAN MATHEMATIK – AHS OBERSTUFE (aktuelle Tagesfassung: 20.04.2017), Link:
http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

LEHRPLAN MATHEMATIK – AHS UNTERSTUFE (aktuelle Tagesfassung: 20.04.2017), Link:
http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

LOHMAR, D.: Denken ohne Sprache. Phänomenologie des nicht-sprachlichen Denkens bei Mensch und Tier im Licht der Evolutionsforschung, Primatologie und Neurologie. Springer International Publishing, Switzerland 2016

MADERTHANER, R.: Psychologie. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien 2008

MALLE, G.; KOTH, M. ET AL.: Mathematik verstehen 8. Oebv Schulbuch GmbH, Wien 2012

MALLE, G.; KOTH, M; WOSCHITZ, H. ET AL: Mathematik verstehen 5. Technologie integriert. Oebv GmbH & Co. KG, Wien 2014

MALLE, G.; KOTH, M; WOSCHITZ, H. ET AL: Mathematik verstehen 8. Oebv GmbH & Co. KG, Wien 2012

MÜLLER, K.: Das Praxisjahr in der Lehrerbildung. Empirische Befunde zur Wirksamkeit studienintegrierter Langzeitpraktika. Julius Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn 2010

MÜNKER, S; ROESLER, A.: Poststrukturalismus. J. B. Metzler'sche Verlagsbuchhandlung und Carl Ernst Poeschel Verlag GmbH und Springer-Verlag GmbH Deutschland, Stuttgart 2012

OECD (2016), PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy. PISA, OECD Publishing, Paris, Link: http://www.oecdilibrary.org/docserver/download/9816021e.pdf?expires=1492695216&id=id&accname=guest&checksum=460BED9B3DC93CDAED62CDB8112A2460 (Zugriff: 24.02.2017)

OECD (2016), PISA 2015 Ergebnisse (Band I): Exzellenz und Chancengerechtigkeit in der Bildung. PISA, W. Bertelsmann Verlag, Germany

REICHEL, H.-C.; HUMENBERGER, H. ET. AL.: Das ist Mathematik 3. Lehrbuch und Aufgabensammlung für die 3. Klasse der allgemein bildenden höheren Schulen und der Hauptschulen. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien 2012

SALZGER, B.; BACHMANN, J. ET. AL.: Mathematik verstehen 1. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien 2014

SAUSSURE, F. DE; BALLY, C. (HG.); Sechehaye, A. (Hg.): Grundfragen der allgemeinen Sprachwissenschaft. De Gruyter Verlag, Berlin und New York 2001, 3. Auflage

SCHMITZ, A.: Verständlichkeit von Sachtexten. Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2016

STATISTISCHES JAHRBUCH DER STADT WIEN – 2016. BEZIRKSPORTRÄTS | 22. Wien und seine Bezirke im Überblick., Link: https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/bezirksportraets-1-23-2016.pdf (Zugriff: 05.04.2017)

STATISTISCHES JAHRBUCH DER STADT WIEN – 2016. MENSCHEN IN WIEN | 5. Bevölkerung , Link: https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/menschen-2016.pdf (Zugriff: 5.4.2017)

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE): Recommendations for the 2020 censuses of population and housing., Link: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/bevoelkerungsstruktur/bevoelkerung_nach_migrationshintergrund/index.html (Zugriff: 17.04.2017)

WILHELM, N.: Zusammenhänge zwischen Sprachkompetenz und Bearbeitung mathematischer Textaufgaben. Quantitative und qualitative Analysen sprachlicher und konzeptueller Hürden. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2016

Zusätzlich verwendete Links:

http://www.teachsam.de/psy/psy_wahrn/psy_wahrn_3_4_2.htm (Zugriff: 21.04.2017)

http://ubt.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2004/279/pdf/09_pruen.pdf (Zugriff: 05.05.2017)

TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Bilder und Tabellen bei denen keine Quellen vermerkt sind, wurden mit Hilfe von GeoGebra beziehungsweise Excel selbst erstellt.