



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Wie modellieren Schülerinnen und Schüler
unterschiedlicher Altersgruppen bei derselben
Modellierungsaufgabe?

verfasst von / submitted by

Mag. Philipp LINDNER

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

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)

Wien, 2020 / Vienna, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 445 406

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium Unterrichtsfach Biologie und
Umweltkunde; Unterrichtsfach Mathematik
UniStG von 01.10.2012

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Hans HUMENBERGER

Inhaltsverzeichnis

0 Abstract	3
1 Einleitung	4
1. 1 Aufgabentypen im Mathematikunterricht	4
1. 2 Der Modellierungskreislauf	8
1. 3 Relevanz von Modellierungsaufgaben	10
1. 4 Modellierung im Unterricht laut Lehrplan	13
2 Material und Methoden	15
2.1 Die Modellierungsaufgabe	16
2.2 Arbeitszeit und Materialien	18
3 Ergebnisse	19
3.1 Gefundene Standorte	19
3.2 Genauigkeit der Gruppenprotokolle	19
3.3 Auswertung Feedbackfragebogen	20
4 Diskussion	30
4.1 Bewertung der gefundenen Standorte	30
4.2 Angewandte Mathematik	36
4.3 Besonders herausstechende Überlegungen	40
4.4 Erwartungshorizont angeleitete Version	50
4.5 Reflexion aufgetretener Schwierigkeiten	57
4.6 Reflexion des Feedbackbogens	63
5 Fazit	77
6 Quellenverzeichnis	80
7 Anhang	82
7.1 Modellierungsaufgaben	82
7.2 Fragebogen	90

0 Abstract

In der vorliegenden Arbeit wird der Frage nachgegangen, inwieweit sich die Herangehensweise an Modellierungsaufgaben und die Lösungsansätze für ebendiese von Schülern¹ unterschiedlicher Altersgruppen unterscheiden. Zunächst wird erklärt, welche verschiedenen Aufgabentypen es im Mathematikunterricht gibt und was eine Modellierungsaufgabe von den anderen Formaten unterscheidet. Anschließend wird eine kurze Übersicht gegeben, warum gerade Modellierungsaufgaben wichtig sind und wie weit diese im Lehrplan verankert sind.

Im zweiten Kapitel wird auf die in der Studie verwendete Aufgabe eingegangen, sowie auf die organisatorischen und versuchsspezifischen Hintergründe.

Im dritten Kapitel werden die Ergebnisse dargestellt, im vierten Kapitel genauer beleuchtet und diskutiert. Diese beiden Kapitel zusammenfassend muss gesagt werden, dass die im Titel der Arbeit gestellte Frage leider nicht zufriedenstellend beantwortet werden kann. Dies liegt vor allem daran, dass die Schüler, die an der Studie teilnahmen, sich in ihren Vorkenntnissen hinsichtlich mathematischer Modellierung im Wesentlichen nicht unterschieden, obwohl die Altersspanne sehr groß gewählt war.

Zum Abschluss wird in einem Fazit diskutiert, welche Erkenntnisse dennoch aus der Studie gewonnen werden konnten. Diese beziehen sich weniger auf mathematische Kompetenzen, sondern vielmehr auf allgemeine Kompetenzen wie Organisation, Konzentration oder Zielstrebigkeit, die sich mit zunehmendem Alter und Erfahrung verbessern.

¹ In der folgenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen beiderlei Geschlechts.

1 Einleitung

1. 1 Aufgabentypen im Mathematikunterricht

Da es in dieser Studie vorrangig um die Bearbeitung einer Modellierungsaufgabe geht, ist es zunächst einmal sinnvoll zu definieren, worum es sich bei eben einer solchen handelt. Im Mathematikunterricht wird eine Vielzahl von Aufgaben behandelt, die man grob in drei Kategorien unterteilen kann:

- a) Übungsaufgaben
- b) Eingekleidete Aufgaben
- c) Modellierungsaufgaben

Im Folgenden möchte ich kurz auf die jeweiligen Aufgabentypen eingehen, jeweils mit einem Beispiel zur Veranschaulichung. Der Fokus liegt dabei auf den Unterschieden zwischen den Formaten und den jeweiligen Einsatzgebieten.

1. 1. 1 Übungsaufgaben

Übungsbeispiele bilden den Grundpfeiler für das Festigen neuer Inhalte. Hierbei liegt der mechanische Ablauf einer neu erlernten Methode im Vordergrund. Hierbei geht es vielmehr darum, eine Technik anzuwenden, als sich Gedanken zu machen, welche Technik anzuwenden ist. Klassische Beispiele dafür sind Termumformungen, die keinerlei Bezug zu einem außermathematischen Kontext haben, sondern vor allem die Kenntnis der Rechenregeln festigen sollen.

Folgendes Beispiel aus dem 4. Klasse AHS Buch „Mathematik verstehen 4“ fällt in diese Kategorie:

2.30 Fasse so weit wie möglich zusammen!

$$a) 4a^2b - 5ab^2 - 8a^2b + 7ab^2$$

Die Schüler sollen in diesem konkreten Beispiel die zuvor gelernte Regel, dass „Potenzen und Vielfache von Potenzen [...] nur dann addiert (subtrahiert) werden [können], wenn ihre Basen und ihre Exponenten übereinstimmen“ (Salzger et al., 2017) anwenden und jeweils die Terme mit a^2b beziehungsweise ab^2 zusammenfassen. Oft wird ein solches Beispiel im Unterricht direkt nach Erarbeiten der Regel behandelt oder zur Festigung als Hausübung gegeben, um die Rechenregel im Repertoire der Schüler zu verankern. Erst später, wenn diese und weitere relevante Regeln für die Schüler selbstverständlich geworden sind, werden diese in eingekleideten Aufgaben erneut auftreten.

1. 1. 2 Eingekleidete Aufgaben

Im Gegensatz zur isolierten Übungsaufgabe stehen eingekleidete Aufgaben in einem außermathematischen Kontext. Dieser Kontext ist hier aber nur Mittel zum Zweck und der Realitätsbezug nur vorgegaukelt. Wie der Name „eingekleidete Aufgabe“ suggeriert, ist der Kontext nur eine Maske, eine Verkleidung, die vom Schüler erkannt werden soll. Oftmals steht das Übersetzen eines etwas längeren deutschen Textes in die mathematische Sprache der Gleichungen und Terme im Vordergrund. Nach der Auflösung, um welche Art von Rechnung es sich handelt, kann der Schüler dann die Aufgabe auf eine Übungsaufgabe zurückführen.

Ein Beispiel dafür wäre Aufgabe 2.142 aus „Mathematik verstehen 4“:

„Ein 2,3 m langer Stab soll so in vier Teile geteilt werden, dass zwei Teile gleich lang sind, der dritte soll das Eineinhalbfache der Länge eines der beiden ersten Teile und der vierte ein Drittel der Länge eines solchen Teils sein. Wie lang sind die einzelnen Teile der Stäbe?“

Bei dieser Aufgabe fallen zwei Eigenschaften einer eingekleideten Aufgabe sofort auf. Erstens ist deren Formulierung oftmals sehr kompliziert, aber dennoch präzise, da eben ein Übersetzen in eine konkrete Gleichung passieren soll und nicht mehrere Lösungen

dafür zulässig sind. Es könnte sein, dass Schüler, vor allem mit einer anderen Muttersprache als Deutsch, eher mit der Formulierung der Aufgabe als mit der ihr zu Grunde liegenden Mathematik Schwierigkeiten haben. Zweitens geht aus dem Text nicht hervor, wozu der Stab in genau diese sehr spezifischen Teile geteilt werden soll. Es besteht eben kein echter Realitätsbezug, sondern es wurde eine Gleichung in einen Pseudokontext eingebettet.

Wenn der Schüler, der diese Aufgabe behandeln soll, im ersten Schritt den Text in eine Gleichung, nämlich $x + x + 1,5x + \frac{x}{3} = 2,3$ übersetzt, steht er wieder bei einer Übungsaufgabe, die es mit der Kenntnis der Rechenregeln zu lösen gilt. In diesem Fall – wie in den meisten Fällen – ist das Lösen der Übungsaufgabe, die aus einer eingekleideten Aufgabe entsteht, leichter als das Lösen einer „normalen“ Übungsaufgabe. Trotzdem geht es vielen Schülern so, dass eingekleidete Aufgaben oder „Textbeispiele“ sehr abschreckend wirken, vor allem eben durch die komplizierte Formulierung, sodass es gar nicht zur Lösung des eigentlich recht einfachen Problems kommt. Der Hauptgrund dafür liegt darin, dass Textverständnis den ausschlaggebenden Faktor zur Lösung solch eingekleideter Aufgaben darstellt (Lucangeli et al., 1998) und es nicht primär an fehlenden mathematischen Kompetenzen scheitern muss.

1. 1. 3 Modellierungsaufgaben

Im Gegensatz zu den kompliziert formulierten eingekleideten Aufgaben, die aber einen relativ simplen mathematischen Hintergrund haben und nur eine Kompetenz zur Lösung der in ihnen versteckten Aufgabe benötigen, sind Modellierungsaufgaben weitaus vielschichtiger. Im Vordergrund steht nicht das Zurückführen auf ein Übungsbeispiel, das nur einen außermathematischen Kontext übergestülpt bekommen hat, sondern das Bearbeiten einer realen Situation und die Beschreibung dieser durch objektive, mathematische Zusammenhänge. Diese Überführung der außermathematischen Gegebenheit in eine mathematische Beschreibung ist bei Modellierungsaufgaben nicht so eingeschränkt wie bei einer eingekleideten Aufgabe und lässt im Normalfall mehrere

Ansätze zu, die sich teilweise sehr stark unterscheiden können, zumindest im Grad der Genauigkeit des Modells.

Ein Beispiel für eine solche Modellierungsaufgabe ist die in dieser Studie den Schülern vorgelegte Frage, wo man den Hubschrauberlandeplatz für ein Skigebiet bauen soll. Der dafür bestmögliche Ort variiert allein schon dadurch, welche Gewichtung man unterschiedlichen Einflussfaktoren zukommen lässt. So kann für den einen die Kostenfrage einen hohen Stellenwert haben, für den nächsten aber die Zeit, die es dauert, bis der Hubschrauber am Einsatzort ankommt der wichtigste Faktor sein.

Da es in dieser Arbeit vorrangig um die Modellierungsaufgabe geht, soll in den folgenden Abschnitten näher auf eben diese Art von Aufgaben eingegangen werden, angefangen mit dem Prozess, der dazu führt, dass die gegebene, möglichst reale Situation durch Mathematik beschrieben wird.

1. 2 Der Modellierungskreislauf

Der Modellierungskreislauf beschreibt die einzelnen Schritte, die notwendig sind, um eine reale Situation mathematisch zu erfassen und bestmöglich zu beschreiben. Bestmöglich bedeutet in diesem Zusammenhang nicht unbedingt so genau wie möglich; es kann gegebenenfalls besser sein, auf komplizierte Zusammenhänge zu verzichten oder diese zu vereinfachen, um das Modell zugänglicher und verständlicher zu machen.

Als Schema für den Modellierungskreislauf existieren viele Versionen, die sich in Einzelheiten unterscheiden, Abbildung 1.1 zeigt eine Version (Blum & Leiss, 2005), die durch ihre Übersichtlichkeit besticht und dennoch die wesentlichen Punkte beinhaltet. Werner Blum beschäftigte sich schon seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts mit der Einbringung anwendungsorientierter Aufgaben in den Mathematikunterricht. Er entwickelte damals die ersten Ansätze für den Modellierungskreislauf und war an seiner Weiterentwicklung maßgeblich beteiligt.

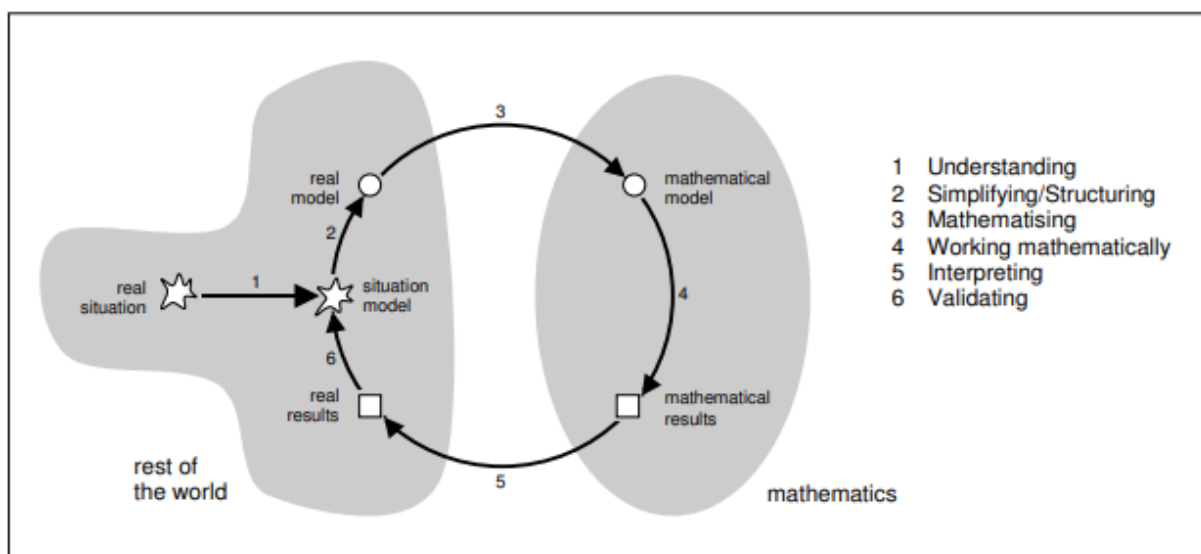


Abb. 1.1: Modellierungskreislauf nach Blum & Leiss (2005). Zu sehen sind die einzelnen Schritte, die während einer Modellierung durchlaufen werden.

Das Grundkonzept ist für alle Versionen der Modellierungskreisläufe dasselbe. Am Anfang steht immer eine reale Situation, die einen komplexen Sachverhalt beinhaltet und eine Fragestellung, die sich mit dieser Situation befasst. Betrachtet man ausschließlich die reale Situation, ist es äußerst schwierig bis unmöglich die

Fragestellung genau zu beantworten. Aus diesem Grund ist es notwendig, die komplexe Sachlage in ein vereinfachtes Modell zu übersetzen, indem man beispielsweise ein paar Einflussfaktoren zusammenfasst oder sich dazu entschließt, diese zu ignorieren. Nach dieser anfänglichen Beschreibung der Situation versucht man das für die Situation geltende Modell auf ein allgemeingültiges Modell auszuweiten. Dieses ist dann immer noch nahe an der realen Situation, sollte aber auch für weitere ähnliche Situationen Verwendung finden können. Man spricht von einer „Idealisierung“ des realen Modells. Im nächsten Schritt, dem sogenannten „Mathematisieren“ übersetzt man dieses reale Modell in ein mathematisches, indem man versucht, Einflussfaktoren durch Parameter zu beschreiben und Variablen zu bilden, auf die man sich fokussieren kann. Der Vorteil des mathematischen Modells gegenüber dem realen ist, dass es überprüfbar ist und man durch Veränderung der Parameter verschiedene Situationen simulieren kann. Es liefert also Ergebnisse, die man dann in weiterer Folge auf reale Ergebnisse ummünzen kann, um zu versuchen dadurch das reale Modell zu validieren. Ist das Modell noch nicht ausgereift, kann man den gesamten Modellierungskreislauf beginnend mit dem Realmodell ein weiteres Mal durchlaufen, um zu versuchen, das Modell besser an die gegebene Situation anzupassen.

Dieser letzte Punkt der Validierung ist der wichtigste am Modellieren, ganz besonders in Bezug auf den Unterricht. Es ist nicht so, dass man einem vorgegebenen Lösungsweg folgen soll, sondern sich seine eigene, persönliche, Lösung erarbeitet. Hierbei ist es auch völlig zulässig, dass der erste Ansatz bzw. das erste Ergebnis noch nicht ausgereift ist und sich die Schüler, die sich mit dem Problem beschäftigen, noch ein oder mehrere Male Gedanken machen müssen, wie man diesen ersten Lösungsvorschlag verbessern kann.

Es dürfen im Verlauf des Modellierens Fehler gemacht werden. Diese Fehler können klassische Rechen- oder Umwandlungsfehler sein, die auch bei eingekleideten Aufgaben beispielsweise vorkommen können. Es können aber auch Fehler auftreten, wie zum Beispiel, dass falsche Annahmen getroffen werden und dadurch ein fehlerhaftes Modell entsteht. Eine Aufarbeitung dieser Art von Fehlern der „falschen Annahmen“ kann

jedoch von großer Bedeutung sein und ein tieferes Verständnis der Materie fördern, sofern eine (dafür unabdingbare) ausführliche Nachbesprechung und Korrektur der Fehler erfolgen. Die Schüler sollten dabei lernen, dass sie ein Erkennen der methodischen Fehler weiter in Richtung eines ausgereiften Modells bringt und nicht lediglich dazu dient, Fehler im Hintergrund einer Beurteilung aufzuzeigen.

1. 3 Relevanz von Modellierungsaufgaben

Der Hauptzweck mathematischer Aufgaben im Unterricht ist eine Festigung der gelernten Inhalte. Wenn es nun auch bei Modellierungsaufgaben gelingt, Schülern die erlernten Inhalte langfristig zugänglich zu machen, sind diese Aufgaben als didaktisches Mittel höchst relevant.

Ein wichtiges Merkmal eines erfolgreichen Unterrichts und förderlich für das Verstehen der Schüler ist die Fähigkeit deren Motivation und Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten. Daran gebunden ist oft die Frage, welchen Sinn das gerade im Unterricht Behandelte hat. Oft erscheint den Schülern Mathematik als sehr abstraktes Fach ohne wirklichen Realitätsbezug. In einer Umfrage im Jahr 1992 ergab sich, dass „[das Fach Mathematik] negativ besetzt ist als das Sinnlosigkeitsfach überhaupt. Aber anders als das Fach Religion, das als veraltete Absonderlichkeit nur kostbare Zeit stiehlt und insofern Lernverbote erteilt, werden die SchülerInnen im Mathematikunterricht gequält, es sei denn sie sind kleine Mathe-ProfessorInnen.“ (Huth & Schröder, 1992) Obwohl diese Umfrage mittlerweile schon fast dreißig Jahre her ist, glaube ich nicht, dass sich in diesem Zusammenhang viel geändert hat. Meine bisherigen Erfahrungen als Lehrer in einer AHS zeigen, dass für die Schüler im Unterricht oftmals der Bezug zur Realität fehlt und die behandelten Aufgaben nur als abstrakte Konstrukte angesehen werden, deren Behandlung eine rein theoretische ist. An diesem Punkt können meiner Meinung nach Modellierungsaufgaben gut ansetzen und den Schülern Aufgaben bieten, die in ihrer Komplexität auch eine Authentizität aufweisen und somit einer Realsituation entsprechen. Der Realitätsbezug solcher Aufgaben regt vielmehr dazu an, sich mit ihnen zu beschäftigen, wodurch sie wiederum länger im Gedächtnis bleiben als eine

eigenständige gelöste Gleichung ohne eine solche zugängliche, emotionale Komponente.

Ein weiterer Faktor neben der Motivation, sich mit der vorliegenden Aufgabe zu beschäftigen, ist für die Schüler das Bedürfnis, nicht stur einem nicht weiter hinterfragbaren Rezept zu folgen, sondern sich Lösungen selbst erarbeiten zu können. Eine Studie (Schukajlow et al., 2009), die sich mit zwei Formen von Modellierungsaufgaben und deren längerfristigen Auswirkungen auf Retention des Inhalts beschäftigt, zeigt, dass die Selbstregulation ein sehr großer Faktor ist, inwieweit das Gelernte von den Lernenden behalten wird. In dieser Studie wurden insgesamt vier Klassen der neunten Schulstufe einer Realschule in Deutschland in zwei Gruppen eingeteilt. Beide Gruppen sollten sich mit Hilfe einer Modellierungsaufgabe intensiv mit den Themen „Pythagoras“ und „Lineare Funktionen“ auseinandersetzen. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war die Art der Vorbereitung auf die Modellierungsaufgabe, sowie die Unterstützung bei der Lösung dieser. In der ersten Gruppe wurde eine „direktive“ Methode angewandt, bei der die Schüler zunächst mit dem Lehrer gemeinsam eine bestimmte Lösung zu einer Modellierungsaufgabe erarbeiten und alle Fragen im Plenum besprochen werden. Anschließend erarbeiten die Schüler individuell die Lösung zu einer strukturähnlichen Aufgabe, welche im letzten Schritt mit allen Schülern gemeinsam besprochen und gegebenenfalls korrigiert wird. Die zweite Gruppe arbeitete im Hintergrund der „operativ-strategischen“ Methode, bei der die Schüler in Kleingruppen zu vier Personen eigenständig an derselben Modellierungsaufgabe arbeiten. Von der Lehrperson kommen nur minimale Interventionen, die die Schüler ermutigen sollen, individuelle Lösungsansätze zu verfolgen und sich über unterschiedliche Ansätze in der Gruppe auszutauschen. Auch in der Abschlussbesprechung stehen die individuellen Lösungen der Vierergruppen im Vordergrund – es wird nicht DIE allgemeingültige Lösung gesucht, sondern die unterschiedlichen Ergebnisse der Gruppen haben alle ihre Berechtigung und werden im Schülerplenum diskutiert und verglichen, während die Lehrperson nur eine moderierende Rolle einnimmt.

Man könnte die beiden Versuchsgruppen dieser Studie mit denjenigen der vorliegenden vergleichen und in etwa die „direktive“ Methode mit der angeleiteten Version (mit dem Unterschied, dass keine ähnliche Aufgabe besprochen wurde, dafür aber eine detaillierte Anleitung für die Vorgehensweise gegeben wurde, die die Schüler zu einem Modellierungsansatz führt und die anschließende Bearbeitung begleitet) und die „operativ-strategische“ Methode mit der unterstützten bzw. offenen Version gleichsetzen. Besonders interessant ist es in diesem Zusammenhang, auch den Langzeiteffekt der unterschiedlichen Modellierungsstrategien auf die Festigung im mathematischen Repertoire der Schüler zu betrachten. In der Studie ergab sich, dass die „operativ-strategische“ Methode, also jene, bei der die Selbstbestimmung der Schüler im Vordergrund stand, dazu führte, dass die für Modellierungsaufgaben wichtigen Fähigkeiten, wie zum Beispiel der Transfer von der realen in die Modellsituation und das Anpassen und Verbessern des Modells bei einem drei Monate später durchgeführten Follow-Up-Test signifikant stärker ausgeprägt waren als bei der „direktiven“ Methode. Anzunehmen ist, dass sich die erworbenen Kompetenzen umso stärker festigen, je intensiver man sich mit einem Thema auseinandersetzt. In diesem Zusammenhang ist es nachvollziehbar, dass sich jene Schüler, die selbst eine Lösung erarbeiten mussten, auch mehr Aufwand in die Bewältigung der Aufgabe stecken mussten als jene, die einem vorgegebenen Lösungsschema folgten. Umgekehrt gilt in der Regel auch besonders für eingekleidete Aufgaben, die einen Realitätsbezug eigentlich nur vortäuschen und einen fix vorgegebenen Lösungsweg mit wenig bis keinen Abweichungsmöglichkeiten besitzen, dass sie keine eigenständigen Gedankengänge der Schüler zulassen oder gar stimulieren.

Folglich sind Modellierungsaufgaben, sofern sie richtig eingesetzt werden, ein sehr gutes Mittel, erlernte Materie in einem erweiterten Umfeld abzurufen und langfristig zu festigen.

1. 4 Modellierung im Unterricht laut Lehrplan

In Österreich gibt es vor allem für die Oberstufe (ab der 9. Schulstufe) sehr viele unterschiedliche Schulformen, jede mit ihrem eigenen Lehrplan und den damit verbundenen Kompetenzzielen. Da zum einen die vorliegende Studie in einer AHS durchgeführt wurde und sich zum anderen meine Unterrichtserfahrung ausschließlich auf diese Schulform begrenzt, möchte ich nachfolgend kurz auf die Verankerung von Modellierung im Lehrplan einer AHS eingehen.

Unter den mathematischen Kompetenzen ist darstellend-modellierendes Arbeiten als eine der vier Handlungskompetenzen aufgelistet. Dies erweckt den Anschein, dass der Modellierung ein hoher Stellenwert im Mathematikunterricht zukommt, beziehungsweise zukommen sollte; bei genauerer Durchsicht der spezifischen Lehrpläne der einzelnen Schulstufen ergibt sich aber ein anderes Bild.

Im Lehrplan für die AHS² findet man Modellierung per se jedoch nur in der ersten Klasse unter den beiden Punkten „Modelle mit realen Gegebenheiten vergleichen“ und „grundlegende Überlegungen zur Sinnhaftigkeit von Modellen für die Praxis anstellen“. In den höheren Klassen der Unterstufe ist demzufolge nicht vorgesehen, die erlernte Mathematik auf reale Situationen übertragen zu können. Dieses Fehlen einer Praxisorientierung im Unterricht/Lehrplan ist meiner Meinung nach jedoch besonders problematisch, vor allem in Hinblick auf ein Alter, in dem sehr häufig die Sinnhaftigkeit von gelernten Inhalten in Frage gestellt wird.

Als Lehrer bin ich immer wieder mit (berechtigten, teilweise auch absichtlich provokant gestellten) Fragen im Unterricht konfrontiert wie „Wozu brauche ich das im richtigen Leben?“. Das Fehlen einer Praxisorientierung hat nicht nur für die Motivation der Schüler, einen Grundpfeiler erfolgreichen Lernens, negative Auswirkungen, sondern auch auf den Ruf einer AHS allgemein, welcher oft eine mangelnde Praxisorientierung nachgesagt wird.

²<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01&ShowPrintPreview=True>

Spezielle Teilkompetenzen zum Thema Modellierung findet man im Lehrplan der Oberstufe. In der fünften Klasse unter „über den Modellcharakter von Funktionen reflektieren können“ und „Funktionen als mathematische Modelle auffassen können“ und in der sechsten Klasse unter „Funktionen als Modelle auffassen, Modelle vergleichen und Grenzen von Modellbildungen reflektieren können“. All diese Punkte befassen sich aber eben nur mit Funktionen, die naheliegende Mittel zur Modellbildung darstellen aber bei weitem nicht die einzigen und schon gar nicht universell anwendbar sind.

In der achten Klasse gibt es dann noch die „Binomialverteilung als Modell einer diskreten Verteilung“, was aber genauso ein sehr enges Einsatzgebiet hat. Es wird hier wieder kein allgemeines Modellieren angesprochen, sondern lediglich ein Werkzeug kennengelernt, mit dem theoretische Modelle erzeugt werden können, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Modellierung in der AHS laut Lehrplan noch keinen sehr hohen Stellenwert hat. Es ist anzunehmen, dass dementsprechend die Modellierung als Konzept auch bei Lehrern und Schülern noch nicht sehr weit verbreitet sein kann, obwohl der Grundgedanke des Modellierens ein schon sehr alter und durchaus das Verständnis von Mathematik fördernder ist.

Interessanterweise gibt es aber für die Volksschule (1. – 4. Schulstufe) sogar ein eigenes Themenheft Mathematik „Modellieren“ für Grundstufe I+II, herausgebracht vom bifie³. In diesem Heft wird mathematisches Modellieren erklärt, zunächst theoretisch und anschließend an Hand einiger Beispiele aus dem Alltag einer Volksschulklasse, inklusive Tipps zum Anwenden im eigenen Unterricht.

³ https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_m4_themenheft_modellieren_2012-02-08.pdf

2 Material und Methoden

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zum einen, wie schon im Titel der angeführt, eine Modellierungsaufgabe mit Schülern unterschiedlicher Schulstufen durchgeführt, zum anderen im Anschluss an die Aufgabe ein Fragebogen erhoben. Auf diese beiden empirischen Teile der Arbeit wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.

Allgemein waren an der Studie jeweils zwei zweite, fünfte und achte Klassen einer AHS beteiligt. Jede Klasse wurde in Dreiergruppen oder allein arbeitende Schüler aufgeteilt. Jede Gruppe oder Einzelperson wurde mit einer von zwei bzw. drei Versionen derselben Modellierungsaufgabe konfrontiert. Der Unterschied zwischen den Varianten bestand im Grad der Anleitung. Den Schülern der zweiten und fünften Klassen wurde die Wahl zwischen der angeleiteten und der unterstützten Version gegeben. Für die achten Klassen kam als dritte Option die offene Fragestellung hinzu, bei der noch weniger Hilfestellung angeboten wurde als bei der unterstützten Variante.

Insgesamt nahmen 108 Schüler an der Studie teil. Diese teilten sich folgendermaßen auf die verschiedenen Klassen, Aufgabenversionen und Gruppengrößen auf (Tabelle 2.1):

Tabelle 2.1: Übersicht über die Verteilung der an der Studie teilnehmenden Schüler.

	Zweite	Fünfte	Achte
Angeleitet (Gruppe)	21	18	12
Unterstützt (Gruppe)	15	15	6
Offen (Gruppe)	-	-	9
Angeleitet (allein)	-	2	1
Unterstützt (allein)	5	2	2
Offen (allein)	-	-	-

2.1 Die Modellierungsaufgabe

2.1.1 Wahl der Aufgabenstellung

Am Beginn der Arbeit stand die Suche nach einer geeigneten Modellierungsaufgabe im Mittelpunkt. Da das Ziel war, verschiedene Altersstufen miteinander zu vergleichen, musste die Aufgabe so gewählt werden, dass sie zum einen den jüngsten (beziehungsweise mathematisch unerfahrensten) Teilnehmern nicht zu komplex oder sogar abschreckend erscheint, zum anderen die ältesten (beziehungsweise erfahrensten) in ihrer Herangehensweise fordern kann. In der Literatur (z.B.: Ortlieb et al., 2013; Henn & Meyer, 2014; Maaß & Siller, 2014; Humenberger & Bracke, 2017) findet man verschiedene Vorschläge hinsichtlich Modellierungsaufgaben, auch im Rahmen des Unterrichtes. Für diese Arbeit wurde die Modellierung eines Hubschrauberlandeplatzes in einem Skigebiet gewählt, da sich diese Aufgabenstellung aus verschiedensten Aspekten anbot.

Erstens können die Schüler eine Verbindung zu dem Problem herstellen, da alle in ihrer Schullaufbahn zumindest einmal schon an einem Skikurs teilgenommen hatten. Manche haben sogar schon einmal eine Hubschrauberbergung hautnah miterlebt. So ist anzunehmen, dass Ihnen auch die dringende Notwendigkeit eines Landeplatzes bewusster ist.

Zweitens setzt diese Aufgabenstellung keine besonderen mathematischen Kenntnisse voraus, um an dem Problem arbeiten zu können und zu einem Ergebnis zu kommen. Hinsichtlich der Begründung dieses Ergebnisses hingegen werden durchaus tiefere Kenntnisse verlangt, was auch bei der Auswertung stark zu erkennen war.

Drittens motiviert eine Aufgabe mit realem Hintergrund, sich mehr mit dem Thema auseinanderzusetzen. Da man sich selbst intensiv Gedanken zum Standort gemacht hat, könnte weiterführendes Interesse darüber bestehen, wo sich der Helikopterlandeplatz nun tatsächlich befindet und warum genau dieser Standort dafür gewählt wurde.

Viertens handelt es sich um eine relativ offene Aufgabe. Dadurch bleibt es den Schülern überlassen, welche Aspekte besonders zu berücksichtigen sind und auf welche eher

weniger Rücksicht genommen werden muss. Als Konsequenz wird eine Vielzahl von Herangehensweisen und Ergebnissen zugelassen, was eine striktere Optimierungsaufgabe mit einem klar definierten besten Ergebnis nicht tun würde.

2.1.2 Versionen der Modellierungsaufgabe

Allen drei Varianten (offen, unterstützt, angeleitet) gemein war die Themeneinführung. Bei dieser wurde die Situation geschildert, dass im Skigebiet Saalbach-Hinterglemm ein Standort für den Rettungshubschrauberstützpunkt gesucht werde und die Schüler als Spezialistenteams die Aufgabe bekommen, den optimalen Landeplatz zu ermitteln. Danach wurden die Klassen aufgeteilt, je nach Wahl ihrer Aufgabenstellung, um einen Austausch zu verhindern. Vor allem war es wichtig, dass keine Informationen von den angeleiteten Gruppen zu den freier arbeitenden Gruppen gelangt. Im Folgenden werden die drei Varianten kurz vorgestellt. Zusätzlich wird die angeleitete Aufgabenstellung in Kapitel 4.4 Punkt für Punkt durchbesprochen, um einen Erwartungshorizont für eine geeignete Lösung zu liefern.

Die vollständigen Angaben befinden sich im Anhang.

Offen

Diese Variante enthielt nur einen kurzen Einführungstext und die Problemstellung, jedoch keinerlei Input in Form von Hinweisen oder dergleichen. Die Schüler waren also zunächst vollkommen auf sich allein gestellt, sinnvolle Ansätze zum Bewältigen der Aufgabe zu suchen. Auf Grund der Komplexität und der geforderten Selbstständigkeit wurde diese Version auch nur den achten Klassen zur Verfügung gestellt.

Unterstützt

In dieser Version war die Aufgabenstellung, wie in der offenen Version, relativ frei interpretierbar, es wurden lediglich Hinweise und Anregungen (siehe Anhang) gegeben, welche Aspekte eventuell relevant sein könnten und welche Fragen die Schüler an sich

beziehungsweise an die Aufgabe richten können. Diese Unterpunkte wurden aber relativ vage formuliert, damit die Schüler noch immer einen Interpretationsspielraum hatten und die Aufgabe nicht zu stark der angeleiteten Fragestellung ähnelte.

Angeleitet

Diese Version beinhaltete eine durchgängige Schritt-für-Schritt Anleitung, die die Schüler der Reihe nach durcharbeiten sollten. In der Diskussion werden diese Punkte einschließlich eines Erwartungshorizontes durchgegangen.

2.2 Arbeitszeit und Materialien

Den Schülern wurden insgesamt vier Unterrichtsstunden – also 200 Minuten – zur Verfügung gestellt, wobei sie sich ihre Pausen – insgesamt 30 Minuten – frei einteilen konnten und sich nicht an die Schulglocke halten mussten. In diesen vier Stunden sollten sie eben den ihrer Meinung nach am besten geeigneten Standort finden und ihre Arbeitsschritte möglichst genau in einem Begleitprotokoll festhalten. Hierzu wurde den Schülern eindrücklich gesagt, dass es vor allem darauf ankommt, gute Begründungen für die durchgeführten Überlegungen und Aussagen zu formulieren.

Zur Bearbeitung des Themas wurden die zwei Informatiksäle der Schule benutzt, damit die Schüler freien und direkten Zugang zum Internet haben und auch ihre Begleitprotokolle digital verschriftlichen konnten.

3 Ergebnisse

3.1 Gefundene Standorte

Zur Veranschaulichung wurden alle Standorte auf einer Karte in einer Prezi-Präsentation⁴ markiert und mit einem Farbencode versehen. Die Farbe der Kreisfläche gibt die Altersstufe an – grün für die achte Klasse, gelb für die fünfte Klasse und rot für die zweite Klasse. Der äußere Ring zeigt den Unterstützungsgrad – grün bedeutet angeleitet, gelb unterstützt und rot bedeutet offen. Zusätzlich wurden die Kreise auch beschriftet, und wenn man in einen hineinzoomt, wird der exakte Standort angezeigt. Abb. 3.1 zeigt einen Screenshot aus ebendieser Prezi-Präsentation.

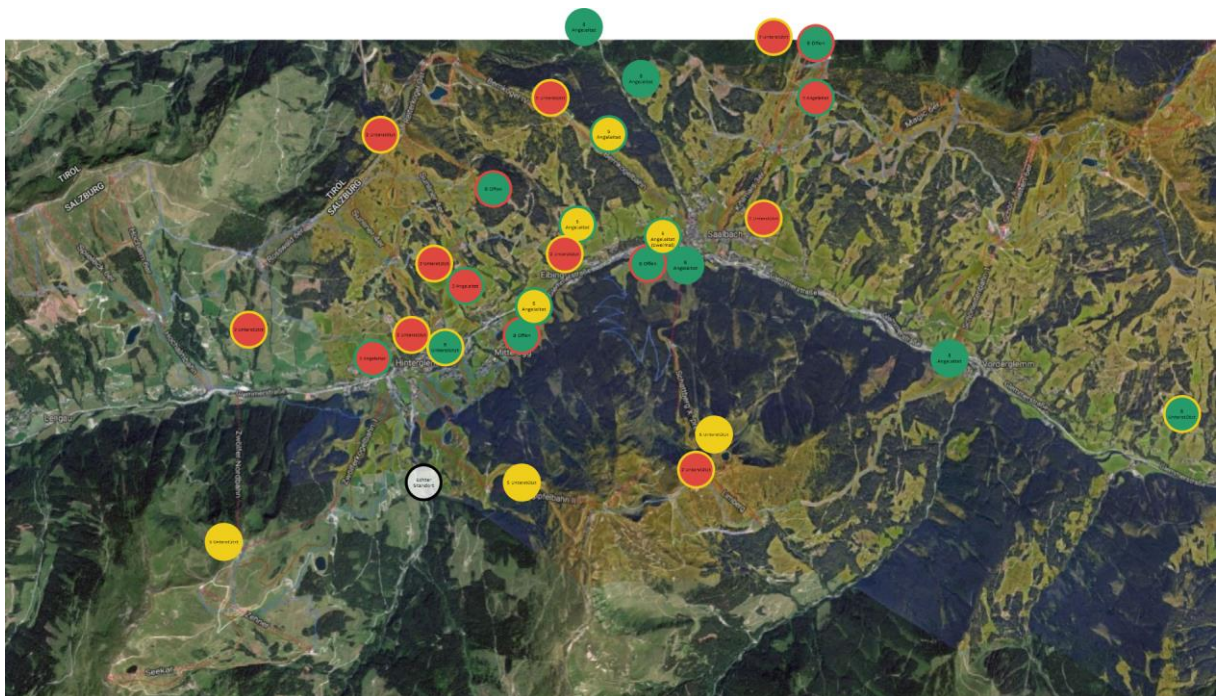


Abb. 3.1: Mögliche Helikopterstandorte für Saalbach-Hinterglemm. Die Farbe der Fläche gibt hierbei die Schulstufe an (2-rot, 5-gelb, 8-grün), die Farbe des äußeren Ringes den Unterstützungsgrad (offen-rot, unterstützt-gelb, angeleitet-grün). Der schwarz-weiße Kreis gibt die Lage des tatsächlichen Landeplatzes an.

3.2 Genauigkeit der Gruppenprotokolle

Allgemein gesagt zeichnete sich ein starker Trend ab, und zwar, dass die Protokolle ausführlicher wurden, je älter die Schüler waren. Bei den Zweitklässlern gab es

⁴ <https://prezi.com/p/1qc5m3ml9vnp/>

hinsichtlich der Protokollführung sehr große Unterschiede zwischen den frei arbeitenden und jenen, die sich an die Anleitung halten sollten. Dadurch, dass die angeleitete Version gezielte Fragen stellt, konnten die Schüler darauf auch gezielt antworten, was ihnen unter Umständen in dem Alter leichter fällt als ihre Arbeitsschritte und Herangehensweisen Punkt für Punkt festzuhalten. Aus wahrscheinlich diesem Grund sind die Protokolle der frei arbeitenden Zweitklässler hinsichtlich ihrer Vollständigkeit mangelhaft; manche umfassen nur ein paar Zeilen. Jene der angeleitet arbeitenden Zweitklässler sind unter den umfangreichsten und könnten fast mit Protokollen von Achtklässlern mithalten. Letztere waren im Allgemeinen am detailliertesten und auch in einer Art und Weise geschrieben, dass man den Gedankenprozess gut nachvollziehen konnte und auch auftretende Probleme in ihrer Entstehung und Lösung verfolgen konnte. Die Protokolle der Fünftklässler reihten sich hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Ausführlichkeit im Mittelfeld ein.

Auf einzelne Besonderheiten – seien es besonders ins Detail gehende Überlegungen oder fälschlicherweise als wichtig eingestufte Faktoren – wird in der Diskussion näher eingegangen.

3.3 Auswertung Feedbackfragebogen

Im Folgenden werde ich näher auf die einzelnen Fragen des Fragebogens und die von den Schülern gegebenen Antworten eingehen. Zunächst befasse ich mich mit den quantitativen Ergebnissen (Fragen, bei denen es anzukreuzen galt), anschließend mit den qualitativen (offene Fragen).

3.3.1 Vorerfahrung mit dem Thema Modellierung

Allgemein gaben die Schüler durchschnittlich an, relativ wenig Vorerfahrung mit dem Modellieren an sich zu besitzen. Bei allen drei Altersgruppen lag der Mittelwert unter 2, bei einer Skala von 0 bis 4. Laut Rückmeldungen hatten die älteren Schüler weniger

Vorerfahrung mit Modellierungsaufgaben als die jüngeren, einen Vergleich liefert auch Abb. 3.2.

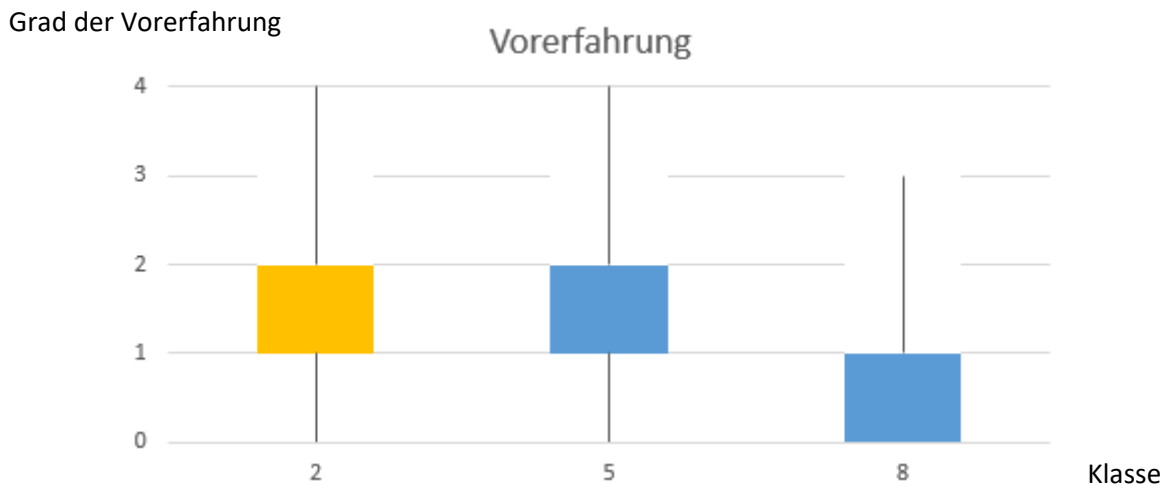


Abb. 3.2: Boxplot, der die angegebene Vorerfahrung der Schüler verschiedener Altersgruppen mit Modellierungsaufgaben miteinander vergleicht. Bei den Zweitklässlern fallen q_2 und q_3 zusammen, bei den Fünft- und Achtklässlern q_1 und q_2 , bei Letzteren zusätzlich mit dem Minimum.

Aus der Abbildung kann man erkennen, dass die Schüler dieser Studie ihre Vorerfahrung mit dem Thema Modellierung umso höher einschätzen, je jünger diese sind.

Vergleicht man die verschiedenen Versionen untereinander (über alle Schulstufen hinweg, aber auch innerhalb einer Schulstufe) hinsichtlich der Einschätzungen der Vorerfahrung, ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

3.3.2 Zufriedenheit mit dem Ergebnis

Hinsichtlich der Zufriedenheit mit dem erzielten Ergebnis gab es einen leichten Trend zu erkennen, dass ältere Schüler eher zufrieden mit ihrer Arbeit waren als jüngere. Diese Unterschiede sind aber nur gering zu bewerten, die Mittelwerte der Skala von 0 bis 4 liegen wie folgt: 2,90; 2,59; 2,33 – in absteigender Reihenfolge, beginnend mit den achten Klassen.

Zwischen der angeleiteten und unterstützten Version gab es über alle Schulstufen keine gravierenden Unterschiede (2,46 bzw. 2,44), herausstechend war nur die Ergebniszufriedenheit bei Schülern der achten Klassen, die die offene Variante bearbeiteten. Diese liegt mit einem Mittelwert von 3,27 sehr hoch im Vergleich zu allen anderen Gruppen/Aufgabenkonstellationen.

3.3.3 Motivation

Ein interessantes Ergebnis liefert die Rückmeldung zur Frage, ob die Aufgabe durch die aufgeworfenen Probleme eine Motivation bietet, sich mehr mit der erforderlichen Mathematik auseinanderzusetzen. Während es bei den Zweit- und Fünftklässlern keine signifikanten Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Versionen gab, kann man eine leichte Tendenz erkennen, nämlich dass das freie Arbeiten motivierender war als das angeleitete (Abb. 3.3 links). Greift man bei der Gruppe der Achtklässler von den beiden freieren Varianten die offene Version, also jene möglichst ohne Input, heraus und vergleicht diese mit der angeleiteten, ergibt sich ein sehr starkes Bild, das diese Aussage unterstreicht (Abb. 3.3 rechts).

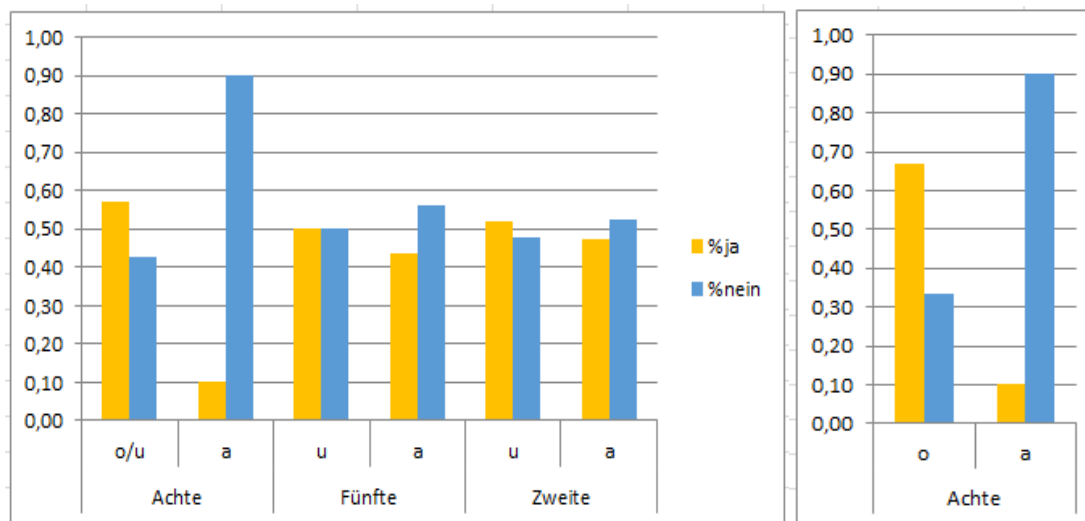


Abb. 3.3: Vergleich der Schülerantworten auf die Frage, ob die Aufgabenstellung und die Probleme bei der Bewältigung dieser motivierend waren, mehr über benötigte Mathematik zu erfahren. Links der Vergleich über alle Altersstufen und Aufgabenversionen, rechts im Speziellen der Vergleich zwischen der offenen und der angeleiteten Version in der Gruppe der Achtklässler.

3.3.4 Unterstützung

Die Schüler wurden gebeten, den Grad der Unterstützung, die sie von mir oder anderen Gruppen empfangen haben, auf einer Skala von 0 bis 4 einzuschätzen. Allgemein war die empfundene Hilfeleistung in den Gruppen, die sich mit der angeleiteten Variante auseinandersetzten, deutlich höher als in jenen, die freier arbeiteten. Tabelle 3.1 zeigt die Mittelwerte der verschiedenen Versionen, aufgeschlüsselt auch nach Schulstufe.

Tabelle 3.1: Mittelwerte der Selbsteinschätzung hinsichtlich empfangener Unterstützung, aufgeschlüsselt nach Version und Schulstufe. Möglich waren Werte von 0 bis 4.

	<i>Zweite</i>	<i>Fünfte</i>	<i>Achte</i>
<i>Offen</i>	-	-	1,2
<i>Unterstützt</i>	1,5	0,9	0,8
<i>Angeleitet</i>	2,3	2,4	2,1

Zusätzlich wurde erhoben, ob sich die Schüler mehr oder weniger Unterstützung gewünscht hätten, oder ob die dargebotene Hilfestellung in ihren Augen genau richtig dosiert war. Über alle abgegebenen Feedbackbögen hinweg waren 89 von 108 Schülern (82%) mit dem Grad an Unterstützung zufrieden, die restlichen 19 hätten sich mehr Hilfe erhofft. Von diesen 19 waren 11 Zweitklässler, 3 Fünftklässler und 5 Achtklässler. Hinsichtlich der bearbeiteten Version waren diese 19 Schüler relativ gleichmäßig auf die angeleitete Version und die beiden freieren Versionen aufgeteilt (10 angeleitet versus 8 unterstützt plus 1 offen).

3.3.5 Vergleich mit anderen Gruppen

Nur 27 von 108 befragten Schülern (25%) haben im Nachhinein ihre Ergebnisse mit anderen Gruppen verglichen. In den achten Klassen waren das so viele (13), wie in den zweiten (7) und fünften (7) zusammen, obwohl nur 31 Achtklässler, aber 77 Zweit- bzw. Fünftklässler an der Studie teilnahmen.

Auf die Frage, ob es im Nachhinein doch besser gewesen wäre, die andere Version zu wählen, antworteten die meisten Schüler mit „Nein“. Für fast alle Kombinationen aus Version und Schulstufe fiel das Ergebnis sehr eindeutig aus, allein in den unterstützt arbeitenden Gruppen der achten Klassen gab es ebenso viele, die gerne die andere Version bearbeitet hätten, wie jene, die mit ihrer Version zufrieden waren.

3.3.6 Realitätsnähe und persönlicher Bezug

Die Schüler wurden gefragt, ob die Aufgabe in ihren Augen realistisch sei, also ob sie sich vorstellen könnten, dass ein derartiges Problem im „echten Leben“ auftritt und sich ein reales Expertenteam mit seiner Lösung auseinandersetzt. Abb. 3.4 zeigt die gegebenen Bewertungen auf der fünfteiligen Skala von 0 bis 4.

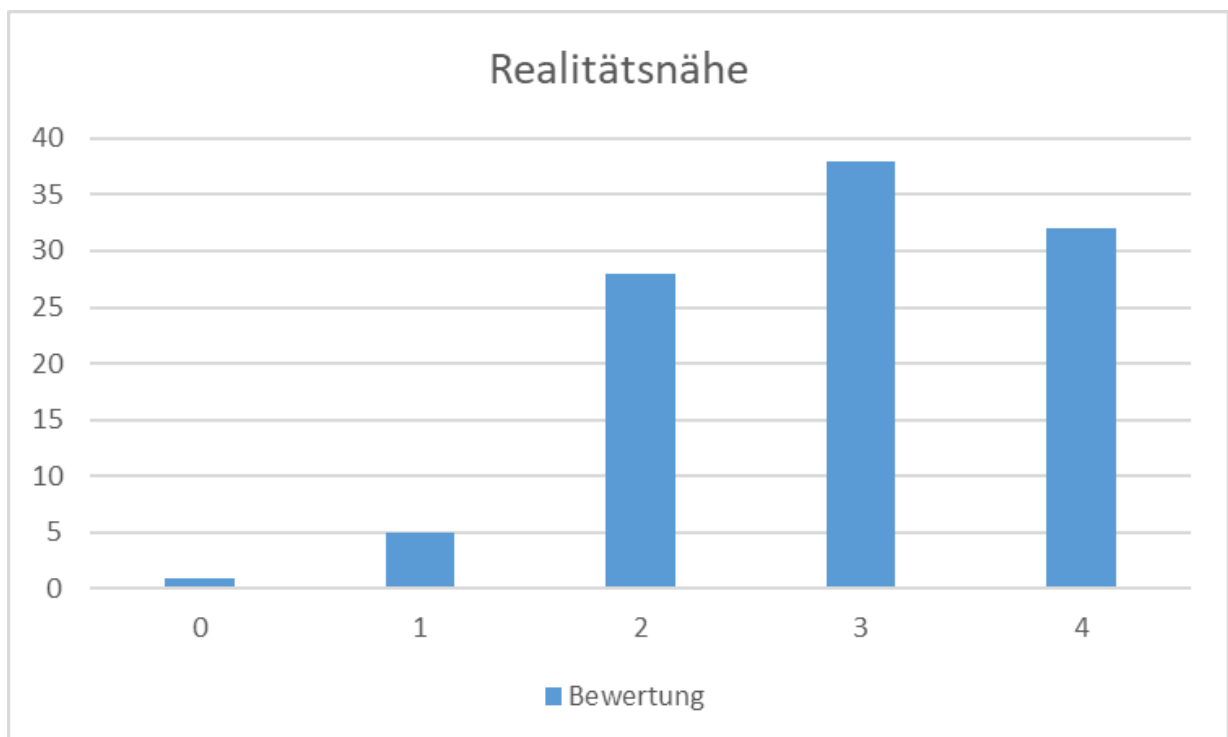


Abb. 3.4: Einschätzung der Schüler, wie realitätsnah die bearbeitete Aufgabe war.

Ob diese Realitätsnähe dabei half, sich für das Beispiel begeistern zu lassen, wurde in der anschließenden Frage erhoben. Es ist eine Tendenz zu erkennen (Abb. 3.5), dahingehend, dass die Schüler eher motiviert wurden, aber es gibt doch auch einige (12%), für die dies keinen Unterschied machte.

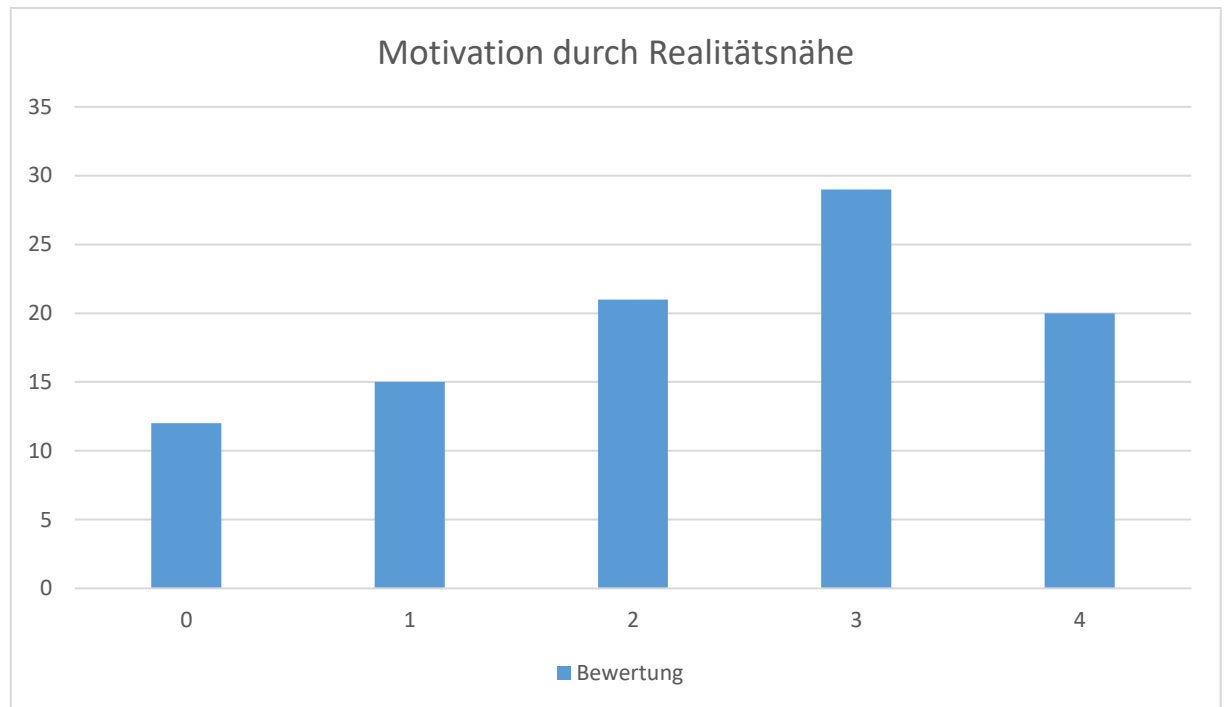


Abb. 3.5: Bewertung der Schüler, ob die Realitätsnähe der Aufgabenstellung zu deren Bearbeitung motiviert.

Ob die Schüler einen persönlichen Bezug zu der Aufgabe hatten, sei es dadurch, dass sie Ski fahren oder schon Einsätze von Rettungshubschraubern beobachtet haben, wurde eher verneint (83%).

3.3.7 Offene Fragen

Ganz allgemein nahm die Ausführlichkeit der Antworten mit steigendem Alter zu. Während die Zweitklässler in den meisten Fällen sehr wortkarg antworteten, in vielen Fällen einfach nur mit „Ja“ oder „Nein“, gaben die Achtklässler meist sehr ausführliche Antworten und gingen dabei sehr ins Detail. In weiterer Folge werden die Unterschiede hinsichtlich der einzelnen Fragen genauer erläutert.

3.3.7.1 Arbeiten in der Gruppe

Über alle Altersgruppen und Aufgabenversionen hinweg war die Präferenz in der Gruppe zu arbeiten. Insgesamt arbeiteten 12 der 108 Schüler allein und nur drei der in Gruppen arbeitenden gaben an, dass sie auch lieber allein gearbeitet hätten. Das Hauptargument der allein Arbeitenden war, dass sie bei bisherigen Gruppenarbeiten die Erfahrung gemacht hatten, für den Großteil der Arbeit und die gestellten Überlegungen ohnehin allein bzw. hauptverantwortlich zu sein. Zusätzlich seien sie in einer Gruppe abgelenkter und können sich allein besser auf die Bearbeitung der Aufgabe konzentrieren. Ähnliche Argumente gaben auch die drei Schüler an, die es bereuten, in einer Gruppe gearbeitet zu haben. Sie schoben die aufgetretenen Probleme auf die vermeintliche Inkompetenz der anderen oder darauf, dass man sich eben nicht fokussiert der Aufgabe widmen hat können.

Auf der anderen Seite kam als Argument für die Gruppenarbeit von fast allen Schülern, dass es von Vorteil sei, bei Unwissenheit und Unsicherheiten auf die Unterstützung der anderen Gruppenmitglieder zurückgreifen zu können. Die Acht- und Fünftklässler gaben diese Rückmeldung allgemein und aus einer objektiven Perspektive, während die Zweitklässler vermehrt aus ihrer Sicht antworteten, im Sinne von „wenn ich etwas nicht weiß, kann mir mein Partner helfen“. Außerdem gaben die Zweitklässler an, dass man sich in der Gruppe die Aufgaben aufteilen könne und nicht alles selbst erledigen müsse und dass das gemeinsame Bearbeiten der Aufgabe schlichtweg mehr Spaß mache.

3.3.7.2 Nicht bearbeitete Faktoren

Wie eingangs erwähnt, gaben die Schüler aus den achten Klassen unter diesem Punkt die umfangreichsten und auch vielschichtigsten Antworten, während die Zweitklässler wenig reflektiert antworteten und die Fünftklässler sich in ihrer Ausführlichkeit dazwischen befanden. Bei den Oberstufenschülern wurden unter anderem nicht berücksichtigte Faktoren genannt, wie die Überlegung, dass die meisten Unfälle auf blauen Pisten passieren könnten (was auch der Realität entspricht), oder die Frage, ob der

jeweilige Untergrund auch tatsächlich für die Errichtung eines Helikopterlandeplatz geeignet sei. Zusätzlich gäbe es nach Aussagen der Schüler noch die Möglichkeit, sich anzusehen, in welchen Bereichen vermehrt Lawinen abgehen könnten, wie hoch die umliegenden Berge jeweils sind, oder wie bewaldet das Gebiet ist.

3.3.7.3 Aufgetretene Probleme und frustrierende Momente

Diese Frage war die einzige, bei der die Zweitklässler ausführlicher antworteten als die Oberstufenschüler. Sie gaben unter anderem an, dass es verschiedenste Probleme mit dem Computer und den verwendeten Programmen gab, wie zum Beispiel Word, Google Maps und dem Internet im Allgemeinen. Auch mit dem Drucker (den sie für die Erstellung der in Bereiche eingeteilten Übersichtskarte brauchten) gab es bei den Zweitklässlern Probleme, während die Oberstufenschüler sich in diesem Punkt gegenseitig halfen und somit jeder ohne größere Verzögerungen drucken konnte.

Weiters gaben die Zweitklässler an, Probleme beim Verfassen des Protokolls gehabt zu haben. Diese Probleme können in zwei Kategorien eingeteilt werden. Zum einen in die technischen Probleme im Umgang mit Word, da manche gerne am Computer arbeiten wollten, aber noch nicht so gut im Umgang mit ebendiesem geschult waren. Zum anderen in die der Unwissenheit geschuldeten, wie ein solches Protokoll zu führen wäre. Ein Schüler gab im Speziellen an, dass es schwierig war, den Text für das Protokoll zu verfassen und dass er sich dessen bewusst sei, dass das Protokoll sehr mangelhaft sein könnte. Außerdem gaben ein paar Schüler der zweiten Klassen an, allgemein überfordert gewesen zu sein und sich während des Arbeitens manchmal hilflos gefühlt zu haben.

Als frustrierend erlebten die Schüler auch jene Momente, in denen sie erkannten, dass ein Weg, den sie eingeschlagen hatten, nicht zielführend war und ein Teil der Arbeit umsonst erledigt wurde. Zum Beispiel schilderte eine Schülerin der achten Klasse, dass sie lange daran arbeiteten herauszufinden, wo sich dem Skigebiet nahe Krankenhäuser

befinden, nur um anschließend festzustellen, dass deren Lage keinen Einfluss auf den optimalen Standort für den Hubschrauberlandeplatz hat (siehe Abb. 3.6).

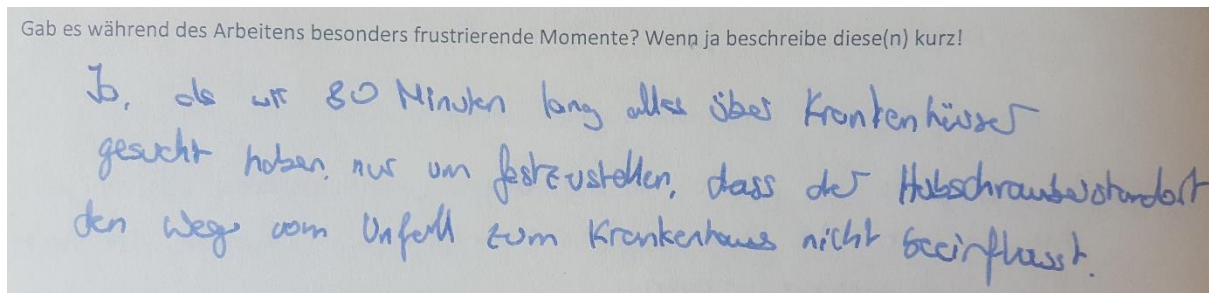


Abb. 3.6: Frustration einer Schülerin der achten Klasse nach der Erkenntnis, dass sie 80 Minuten an etwas gearbeitet hatte, was sich als unnötig herausstellte.

Besonders erwähnenswert ist, dass es in der Gruppe der Fünftklässler als frustrierend erlebt wurde, wenn andere Teams in der Bearbeitung der Aufgabe weiter fortgeschritten waren als man selbst.

3.3.7.4 Mathematische Kenntnisse

Der allgemeine Konsens war laut Feedback, dass man für die Bearbeitung der Aufgabe eigentlich über keine mathematischen Kenntnisse verfügen müsse. Die Schüler gaben an, die Aufgaben „mit logischem Denken“ gelöst zu haben und dass es viel sinnvoller gewesen sei, sich gut in Physik und Geografie auszukennen. Für eine Gruppe war es sogar so, dass der Anfang der Aufgaben in der angeleiteten Version „ganz nett“ war, jedoch als die Fragestellung „mathematischer“ wurde, hat es nicht mehr so gefallen (siehe Abb. 3.7).

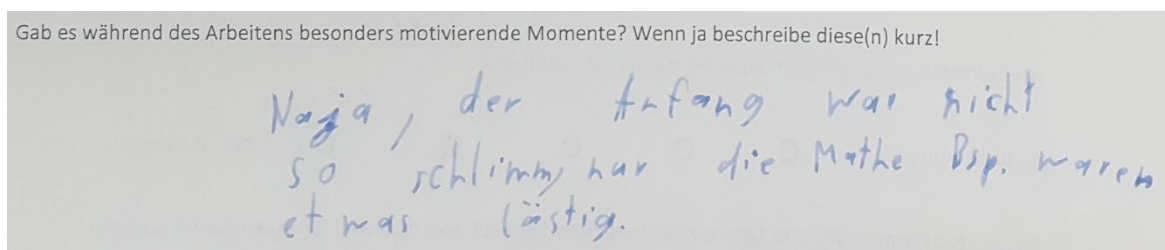


Abb. 3.7: Ein Schüler schildert seine Haltung zum mathematischen Inhalt der Aufgabenstellung.

3.3.7.5 Motivierende Momente

Von den meisten Schülern wurde die Frage nach motivierenden Momenten leider nicht beantwortet oder sogar verneint. Die einzigen positiven Rückmeldungen waren, dass das Bemalen der Übersichtskarte, um die unterschiedlichen Bereiche abzugrenzen und das Erarbeiten des Endergebnisses, also quasi das Abschließen der Modellierung, als befriedigend erlebt wurde.

4 Diskussion

4.1 Bewertung der gefundenen Standorte

Auf den ersten Blick zeigt sich schon, dass die Standorte teilweise sehr stark voneinander abweichen. Dies ist zunächst besonders überraschend für drei Standorte, die von Gruppen der achten Klassen gefunden wurden, nämlich zwei Standorte am nördlichen Rand des Ausschnittes und ein Standort in der Nähe von Vorderglemm. Alle drei Standorte befinden sich am äußersten Rand des Skigebietes Saalbach-Hinterglemm und wären aus diesem Grund offensichtlich nicht besonders gut als Helikopterlandeplatz geeignet, von dem aus das gesamte Gebiet schnellstmöglich zu erreichen wäre. Sieht man aber ein Stück über den Bereich des Skigebietes hinaus, so ergibt sich eine logische Erklärung für diese entlegenen Standorte. Die nördlichen beiden Landeplätze könnten zusätzlich noch die Skigebiete Leogang und Fieberbrunn versorgen, welche sich auch mit der Region Saalbach-Hinterglemm den Skipass teilen und somit relativ naheliegende Kandidaten darstellen, in die Berechnungen miteinbezogen zu werden. Auf ähnliche Weise wurde beim östlichsten Ergebnis wahrscheinlich das Skigebiet Zell am See berücksichtigt, welches aber erstens relativ weit entfernt liegt und zweitens weitaus mehr von einem Helikopterlandeplatz am eigenen Krankenhaus (Tauernklinikum Zell am See) profitieren würde.

Abgesehen von der abgelegenen Lage dieser drei Standorte gibt es noch weitere, die zwar nicht derart am Rand des Skigebietes positioniert wurden, jedoch andere Schwierigkeiten aufwiesen. Zum Beispiel lagen sie an für das Personal schwer erreichbaren Orten, steilen Hängen, umgeben von Wald oder in der Nähe von Liftseilen, wodurch auch Schwierigkeiten bei der Anfahrt der Sanitäter oder Ärzte oder beim Anflug des Helikopters entstehen würden. Hierbei handelte es sich vor allem um Standorte, die von den freier arbeitenden Gruppen der zweiten und fünften Klassen gefunden wurden, und einen Standort einer angeleiteten Gruppe der achten Klassen.

Auf der anderen Seite gibt es wiederum ein paar Standorte, die sehr zentral gelegen sind, bei denen jedoch kaum Rücksicht darauf genommen wurde, ob sich Wohnhäuser in der Nähe befinden und somit Anrainer durch den Lärm gestört werden könnten. Dies

betrifft zehn Standorte entlang der durch das Tal laufenden Glemmerstraße. Ein Fehlen dieses Kriteriums der Wohnhausnähe konnte über alle Schulstufen und Versionen hinweg erhoben werden, wodurch keine vergleichende Aussage getroffen werden kann. Es ließ sich nur feststellen, dass ein paar Gruppen den Faktor Lärmbelästigung in ihre Überlegungen nicht miteinbezogen hatten. Tabelle 4.1 verschafft einen Überblick über die Erfüllung einiger Kriterien, die für die Wahl des Standortes als sinnvoll erachtet wurden und in den Anweisungen der angeleiteten Version auch erwähnt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich einige Standorte in der Nähe von Wohnhäusern befinden, andere weit abseits und teilweise zusätzlich noch in unwegsamem Gelände liegen. Es zeichneten sich zwei Standorte von unterstützt arbeitenden Gruppen der zweiten Klassen und ein Standort einer offen arbeitenden Gruppe aus Achtklässlern heraus, welche die Gütekriterien besonders gut erfüllten. Diese Standorte sind in Abb. 4.1 vergrößert dargestellt.

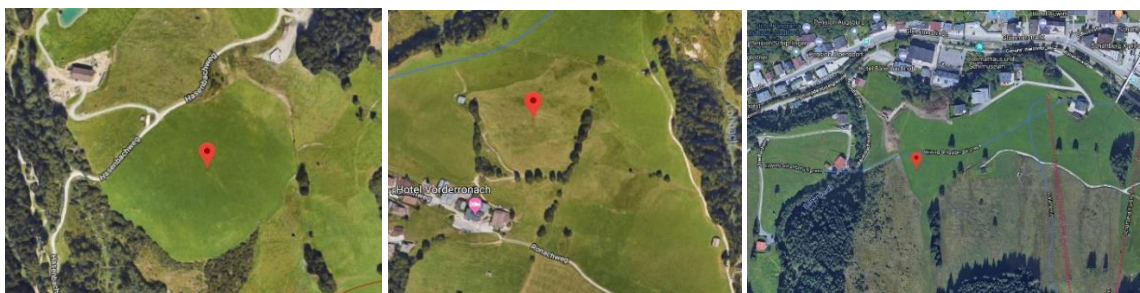


Abb. 4.1: Die drei Standorte, die die Gütekriterien am besten erfüllen. Links: Standort einer unterstützt arbeitenden Gruppe der zweiten Klasse. Hier liegt als einziger Mangel das Problem der schweren Erreichbarkeit für am Landeplatz arbeitende Personen vor. Mitte: Standort einer unterstützt arbeitenden Gruppe der zweiten Klasse. Dieser liegt etwas abseits im Skigebiet und relativ nahe an Unterkünften. Rechts: Standort einer offen arbeitenden Gruppe der achten Klasse. Als einzige Schwierigkeit offenbart sich die moderate Lärmbelästigung durch die Nähe zur Ortschaft.

Tabelle 4.1: Bewertung der von den Gruppen gefundenen Standorte an Hand von vier Kriterien, die bei der angeleiteten Version angegeben sind. Markiert wurden jene drei, die die Gütekriterien am besten erfüllen.

Klasse	Version	zentral	Untergrund	Erreichbarkeit	Lärmbelästigung
2	angeleitet	gut	steil	sehr gut	hoch
2	angeleitet	schlecht	Wald	mäßig	keine
2	angeleitet	gut	gut	sehr gut	hoch
2	unterstützt	schlecht	Wald	schlecht	keine
2	unterstützt	mäßig	gut	gut	moderat
2	unterstützt	gut	gut	mäßig	keine
2	unterstützt	schlecht	gut	schlecht	keine
2	unterstützt	gut	gut	sehr gut	hoch
2	unterstützt	schlecht	Lifte	mäßig	keine
2	unterstützt	schlecht	gut	mäßig	niedrig
2	unterstützt	gut	gut	sehr gut	hoch
2	unterstützt	schlecht	Wald+Lifte	mäßig	niedrig
5	angeleitet	mäßig	Wald	schlecht	keine
5	angeleitet	gut	steil	gut	moderat
5	angeleitet	gut	gut	sehr gut	hoch
5	angeleitet	gut	gut	sehr gut	hoch
5	unterstützt	schlecht	Lifte	schlecht	keine
5	unterstützt	schlecht	gut	schlecht	keine
5	unterstützt	schlecht	Wald+Lifte	schlecht	keine
8	angeleitet	schlecht	gut	sehr gut	hoch
8	angeleitet	schlecht	steil	schlecht	keine
8	angeleitet	schlecht	steil	schlecht	keine
8	angeleitet	gut	gut	sehr gut	hoch
8	unterstützt	gut	gut	sehr gut	hoch
8	unterstützt	schlecht	gut	sehr gut	hoch
8	offen	mäßig	Wald	schlecht	keine
8	offen	gut	steil	mäßig	niedrig
8	offen	gut	gut	sehr gut	moderat
8	offen	schlecht	steil+Wald	schlecht	keine

Hinsichtlich der weniger gut geeigneten Standorte wurden die Protokolle zu Rate gezogen, um nachvollziehen zu können, wie es zur Wahl dieser Standorte kam. Im Folgenden wird versucht, eben diese Begründungen darzulegen.

Vorweg ist zu sagen, dass die Protokolle durchwegs nicht besonders ausführlich geführt wurden, wodurch eine Nachvollziehbarkeit in vielen Fällen leider nicht gegeben ist. Vor allem die für den Zweck der Studie wichtigen Beschreibungen der mathematischen Überlegungen der SchülerInnen weisen zumeist sehr große Lücken auf. So kommen manchmal Skizzen ohne jedwede Beschreibung oder Lösungen vor, die scheinbar „aus dem Nichts“ hervorgehen, sodass man den Gedankengang der Schüler nicht rekonstruieren kann.

In manch anderen Fällen ist aber selbst ohne schriftlich festgehaltene Beschreibung der Lösungsweg in den Grundzügen nachvollziehbar und ich möchte an einem Beispiel erläutern, wie meiner Auffassung nach die Lösung dieser Gruppe (Abb. 4.2) zustande kam:

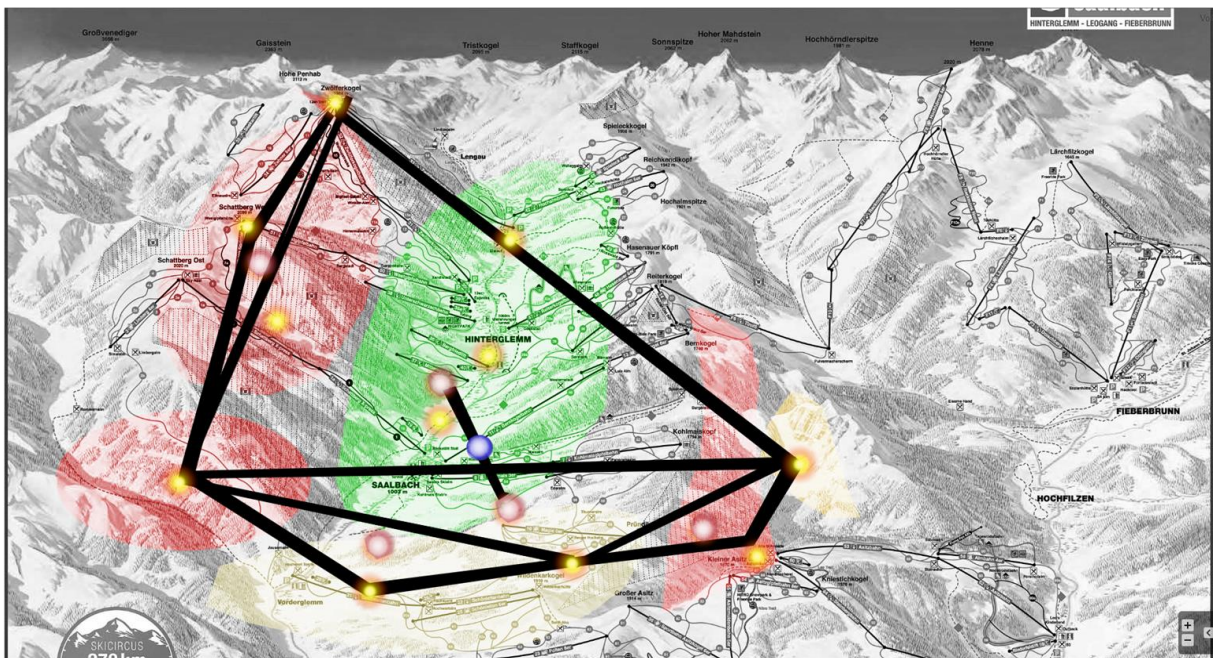


Abb. 4.2: Lösung einer angeleitet arbeitenden Gruppe für den optimalen Helikopterlandeplatz.

Diese Gruppe befolgte die Anweisungen der angeleiteten Aufgabe und markierte bestimmte Bereiche des Skigebietes mit den Farben grün, gelb und rot, je nach Bedarf an einem Rettungshubschrauber. Es wurde sehr großzügig und nicht einheitlich gearbeitet. Zum Beispiel ist mir nicht ganz ersichtlich, warum das Ortsgebiet ein zusammenhängender grün markierter Bereich ist, links aber der rote Bereich in unterschiedliche Teilbereiche gegliedert wurde. Andererseits wurden dem Ortsgebiet drei es repräsentierende Punkte eingezeichnet, ohne genauere Erklärung. Dies wäre nur erforderlich, wenn das Gebiet als drei Teilgebiete in die Berechnung der gewichteten Mitte des Skigebietes einfließen würde. Meiner Auffassung nach ist dies der Größe des Gebietes im Vergleich zu den anderen geschuldet. Hinsichtlich der Repräsentanten ist an dieser Stelle positiv zu erwähnen, dass sich die Gruppe anscheinend Gedanken machte, dass das Skigebiet nicht aus der Vogelperspektive, sondern unter einem gewissen Winkel schräg gezeichnet wurde. Dies sieht man am oberen linken Punkt im roten Gebiet, das sich an die fast nicht abgebildete Seite des Berges legt. Andere Gruppen (siehe 4.3.2) berücksichtigten diese verzerrte Darstellung nicht, was zu sehr verfälschten Ergebnissen führte. Die „Mittelpunkte“ der Gebiete (gelb) wurden anschließend zu Dreiecken zusammengefasst, wobei nicht alle Punkte in die Konstruktion miteinbezogen wurden. Es könnte sein, dass das Ortsgebiet für weitere Überlegungen außer Acht gelassen wurde, da ein Helikoptereinsatz in diesen Bereichen nicht notwendig wäre – die Anleitung gibt auch einen Hinweis, sich darüber Gedanken zu machen (man sollte sich überlegen, wie man mit grün markierten Bereichen verfährt). Nur ein Punkt in einem roten Bereich links im Skigebiet wurde aus mir nicht nachvollziehbaren Gründen nicht verbunden – vielleicht passte es den Schülern nicht in ihr bereits erstelltes Konzept, da es sich mit den anderen Punkten „schön ausging“ Dreiecke zu bilden. Anschließend wurden für diese Dreiecke stellvertretende Punkte gewählt (rot), leider ohne Beschreibung, wie für deren Berechnung oder Konstruktion vorgegangen wurde. Anzunehmen ist leider, dass diese „Daumen mal Pi“ ermittelt wurden und den Schülern eine ungefähre Passgenauigkeit genügte. Sinnvollerweise wären diese Punkte die Schwerpunkte der Dreiecke, aber diesen entsprechen sie leider nicht. Als finaler Schritt wurde dann den Konstruktionsschritten zufolge der Mittelpunkt

der Strecke zwischen den beiden mittleren Dreiecksmittelpunkten als optimaler Standort für den Hubschrauberlandeplatz gewählt (blau). Dies führt leider dazu, dass gerade jene rot markierten Gebiete, für die der Hubschrauber eigentlich am wichtigsten wäre, so gut wie gar nicht in die Wahl des Standortes miteingeflossen sind. Das Ergebnis ist dann ein fast schon am Rand des Skigebiets liegender Helikopterlandeplatz. Der Hauptgrund dafür ist aber auch hier, dass Lift und Pisten miteinbezogen wurden, die außerhalb des eigentlichen Skigebietes Saalbach-Hinterglemm liegen. Auf der Karte sind das die gelb eingefärbten Gebiete am unteren Rand des Ausschnittes.

Als ausschlaggebender Grund für den Helikopterlandeplatz kamen für manche Gruppen auch andere zentrale Argumente als die geografische Mitte des Skigebietes in Frage. Solche Überlegungen betrafen jedoch nur die frei arbeitenden Gruppen, da die angeleiteten im Zuge ihrer Aufgabenstellung in Richtung „Mittelpunkt“ geleitet wurden. Eine Gruppe beispielsweise versuchte das gefährlichste Areal des Skigebiets zu ermitteln und den Landeplatz in dessen Nähe zu planen. Hierfür wurden die Steigungen der Pisten und die Erreichbarkeit für die Skifahrer miteinbezogen, um so den Bedarf an Hubschraubereinsätzen abschätzen zu können. Als Fazit schrieb die Gruppe in das Protokoll: „Wir würden den Hubschrauberlandeplatz am Schattberg Ost neben der Piste 1 bauen, weil die beiden schwarzen Abschnitte gemeinsam die längste schwarze Piste des Skigebiets bilden. Man kann die Piste direkt mit nur einer Gondel aus Saalbach (dem größten Ort des Skigebietes hinsichtlich Übernachtungsbettanzahl, daher wahrscheinlich mehr Skifahrer) erreichen, es gibt auch keine Skihütten (außer bei der Bergstation). Allerdings ist die Steigung hoch und bei Wind wird es schwierig zu landen, da der Wind den Helikopter gegen den Berghang drängen würde. Trotzdem glauben wir, dass dort ein Landeplatz am meisten gebraucht werden würde. Um 47°22'14.3"N 12°38'23.7" E den Punkt herum.“ Durch diese Überlegungen ist der westliche Teil des Skigebietes, in dem sich jedoch mehr Lifte und Pisten befinden, schlechter von dem Helikopter versorgt, weswegen der von den Schülern letztendlich ausgewählte Landeplatz in der Bewertung (siehe Tabelle 4.1) als weniger gut geeignet aufscheint. Andererseits ist diese Lösung natürlich legitim, vor allem, da sehr interessante

Überlegungen angestellt wurden und systematisch nach Begründungen für die getroffenen Entscheidungen gesucht wurde.

Ein paar Gruppen schränkten sich in ihrer Wahl für den geeigneten Standort dadurch ein, dass sie der Auffassung waren, der Landeplatz müsse in Liftnähe platziert werden. Eine Gruppe ging in ihren Überlegungen sogar so weit, dass sie es als wichtige Voraussetzung ansahen, dass die Lifte funktionierten, da im Ernstfall die Sanitäter mit dem Skilift zum Helikopterlandeplatz kommen und dann erst zum Einsatzort fliegen würden, was einer enormen Verzögerung entsprechen würde. Die Gruppe schreibt im Protokoll: „Außerdem wird die Station lahmgelegt, wenn der Lift ausfällt (bei Wind oder Stromausfall), wo Menschen vor allem gerettet werden müssen.“ Zusätzlich war an Hand des Protokolls ersichtlich, dass sich die Schüler viele Gedanken gemacht hatten, wie lange die Sanitäter zum Helikopterlandeplatz brauchen würden, was darauf hindeutet, dass die Schüler annahmen, dass die Rettungskräfte nicht am Landeplatz stationiert seien, sondern erst im Ernstfall hinfahren würden. Klarerweise wurde dann ein Standort gewählt, dessen Hauptaugenmerk auf der Erreichbarkeit mit dem Skilift lag und weniger auf der Flugzeit zum Einsatzort. Verglichen mit der mühseligen Anreise über den Skilift, mit dem man nach Berechnungen der Schüler durchschnittlich zehn Minuten unterwegs wäre, ist dann die Zeit, die der Helikopter zum Unfallsort braucht, relativ gering, da man in weniger als drei Minuten das gesamte Skigebiet überfliegen könnte.

4.2 Angewandte Mathematik

Im Allgemeinen wurden Aussagen leider oft nur vage begründet oder abgeschätzt. Nur in sehr vereinzelt Fällen wurde Mathematik zur Untermauerung von Erkenntnissen eingesetzt. Sogar bei der angeleiteten Version, die an manchen Stellen danach verlangt, wurde dies größtenteils ignoriert. Unter Punkt 8 in der angeleiteten Version zum Beispiel sollten die Schüler den optimalen Standort für einen Helikopterlandeplatz finden, wenn zwei Unfallorte mit unterschiedlichen Unfallhäufigkeiten (30 bzw. 45 pro Jahr) gegeben sind. Fast alle Gruppen haben in diesem Beispiel nur geschätzt und ein paar haben sogar

im Protokoll angegeben, dass nach Gefühl vorgegangen wurde, wie beispielsweise eine Gruppe der achten Klasse, die Folgendes zur Wahl des Standortes schrieb: „Wir haben uns entschieden, den Helikopterlandeplatz näher bei B zu setzen. Nicht so viel näher, sondern nur ein bisschen, weil der Unterschied zwischen der Anzahl der Unfälle nicht riesig ist. Der Hubschrauber muss zwar öfter zu B fliegen, aber auch oft zu A, also haben wir den Landeplatz so gewählt.“ Es ist bedauerlich, dass gerade bei diesem Punkt, bei dem es naheliegend sein sollte, dass eine sinnvolle Begründung für den gewählten Ort gesucht wird, von den meisten Schülern nur „nach Gefühl“ vorgegangen wurde. Im Vordergrund sollte nicht stehen, dass die Schüler auf den Schwerpunkt als Lösung der Strecke mit den unterschiedlich gewichteten Punkten A und B kommen und ihre Wahl mathematisch begründen. Es wäre vielmehr interessant gewesen, die Lösungsansätze und Ideen der Schüler präsentiert zu bekommen. Da gäbe es mehrere Möglichkeiten, wie zum Beispiel den Ansatz, die Gesamtstrecke zu minimieren, die maximale Flugdauer zu minimieren oder eben den Schwerpunkt als gewichtetes Mittel zu berechnen. Letzteren, vielleicht intuitiv als geeignet erscheinenden Punkt, mathematisch zu rechtfertigen ist nämlich alles andere als trivial – im Erwartungshorizont (4.4) wird versucht eben diese Rechtfertigung zu liefern.

Abgesehen davon bin ich davon überzeugt, dass diese und andere Gruppen, die ähnlich vorgingen, entweder exakt berechnen könnten, wo der gewichtete Mittelpunkt der Strecke AB liegen würde, oder zu dem Schluss kommen würden, Punkt B als Standort zu wählen, um die Flugstrecke zu minimieren. Nur wenige Gruppen versuchten den Schwerpunkt exakt zu berechnen und von diesen schafften es nur fünf Gruppen dies auch richtig zu tun. Von diesen fünf Gruppen scheiterten jedoch zwei an der Formulierung (siehe beispielsweise Abb. 4.3), wo sich schlussendlich die gewichtete Mitte befinden würde, sodass im Endeffekt nur drei Gruppen zum richtigen Ergebnis kamen.

8) Die verschiedenen Bereiche haben unterschiedliche Wichtigkeit auf Grund der in 4) von euch gewählten Farbe. Nun wäre es sinnvoll, einen Landeplatz näher an einem roten Bereich, als an einem grünen Bereich anzulegen, damit der Helikopter insgesamt weniger Strecke zurücklegen muss, da er den roten Bereich öfter anfliegen muss. Überlegt euch zunächst im folgenden einfachen Beispiel bei nur zwei möglichen Unfallorten den passenden Standort für den Landeplatz!

$$45 + 30 = 75 (100\%) \quad (100 : 75) \cdot 30 = 40$$

$$(100 : 75) \cdot 45 = 60$$

$$60 - 40 = 20\%$$

Unfallrate an Position A: 30 Unfälle pro Jahr

Unfallrate an Position B: 45 Unfälle pro Jahr

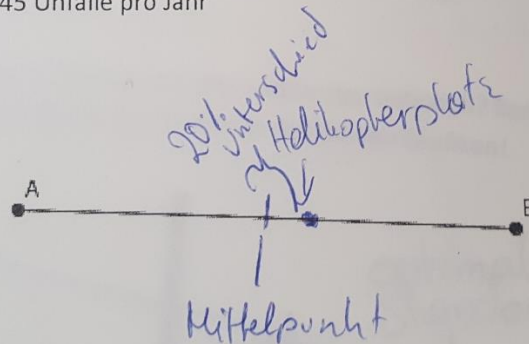


Abb. 4.3: Eine Gruppe der fünften Klassen berechnete den gewichteten Mittelpunkt unter Punkt 8. Sie kamen zum richtigen Ergebnis, wählten aber eine mathematisch nicht korrekte Formulierung. Gemeint sind 20 Prozent der Gesamtstrecke, was 50 Prozent bzw. ein Drittel der Teilstrecken ausmacht. Zusätzlich besteht der Unterschied von 20 Prozentpunkten zwischen den Teilstrecken und nicht zum Mittelpunkt der Strecke, wie in der Abbildung eingezeichnet.

Aus den Informationen des Protokolls ist zu entnehmen, dass oftmals gar nicht versucht wurde, die Dinge exakt zu berechnen, was die meisten Schüler auch im Fragebogen angaben.

Ebenso bei Punkt 6, bei dem es darum geht, einen geeigneten Standort für den Landeplatz bei zwei bzw. drei möglichen Unfallorten zu finden, lassen die gefundenen Lösungen und ihre Dokumentierungen darauf schließen, dass wurde meist nur salopp nach „der Mitte“ gesucht wurde, ohne sich zu überlegen, wie man mit Hilfe von exakten Berechnungen zu dieser kommen könnte. Überraschenderweise waren es bei dieser Aufgabe die Zweitklässler, die am systematischsten vorgehen und zur Ermittlung der Hälfte der Strecke beispielsweise die Konstruktion der Streckensymmetrale anwandten. Ebenso waren es die Zweitklässler und vereinzelte Gruppen der Fünftklässler, die den

Schwerpunkt der Dreiecke mit Hilfe einer Konstruktion ermittelten. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass die zweiten Klassen erst wenige Wochen vor Durchführung der Studie die Symmetralen und die besonderen Punkte des Dreiecks kennengelernt hatten und es ihnen dadurch mit großer Wahrscheinlichkeit noch präsenter war, diese bei einer solchen Fragestellung anzuwenden. Für diese Überlegung würde auch sprechen, dass nicht alle Gruppen der Zweitklässler zielstrebig den Schwerpunkt konstruierten, sondern manche als Lösung den Umkreismittelpunkt oder gar den Inkreismittelpunkt angaben. Der Erstgenannte der beiden würde nur dann Sinn machen, wenn man einen Standort suchen würde, der von allen drei Punkten gleich weit entfernt ist. Zusätzlich wurde zuvor bei einer Strecke und zwei Punkten mit der Streckensymmetrale gearbeitet, was diese Überlegung nahelegt. Der Letztere ist aber nicht zielführend, da sich dieser über Winkelsymmetralen konstruiert und sich allgemein mit den gleichen Entfernungen zu den Seiten des Dreiecks befasst, die in diesem Zusammenhang nicht relevant sind. Hier wurde eben nur erkannt, dass es sinnvoll wäre – oder im Beispiel verlangt wird – einen besonderen Punkt im Dreieck zu konstruieren, den Schülern aber nicht bewusst war, welcher in dem Zusammenhang sinnvoll wäre.

Eine Schülerin der fünften Klasse gab an, sie wollte sich eigentlich mit Hilfe des Tangens die Steigung der Berge ausrechnen, musste es aber auf Grund von Zeitmangel wieder verwerfen. An sich ist dies natürlich eine großartige Überlegung, da die Hangneigung für das Errichten des Landeplatzes keine unwesentliche Rolle spielt. Man muss aber auch bedenken, dass eine solche Überlegung für eine Fünftklässlerin naheliegend war, da die Winkelfunktionen zum Zeitpunkt der Studie gerade unterrichtet wurden. Auf Grund dessen ist anzunehmen, dass diese Materie in den Überlegungen der Schülerin gerade präsent waren und auch als wichtig erachtet wurden. Dennoch ist die Leistung hervorzuheben, eine solche Verbindung von erlernter Mathematik zu dieser Anwendungsmöglichkeit herzustellen.

4.3 Besonders herausstechende Überlegungen

Im Folgenden möchte ich auf spezielle Herangehensweisen und Lösungsansätze eingehen, die in einer besonderen Weise auffällig waren und in dieser Arbeit erwähnt werden sollen.

4.3.1 Lage der Krankenhäuser

In den meisten Gruppen war eine der ersten angestellten Überlegungen, wo sich dem Skigebiet nahe gelegene Krankenhäuser befinden, bei vielen sogar die allererste. Nur ein Teil der Gruppen kam im Laufe ihrer Arbeit zu der Erkenntnis, dass die Lage der Krankenhäuser für die Wahl des Hubschrauberlandeplatzes letztendlich doch keine Rolle spielt. Auffallend war, dass dieser Umstand vor allem von den frei arbeitenden Achtklässlern erkannt wurde. Von diesen Gruppen haben alle im Protokoll vermerkt, dass sie zunächst die Lage der Krankenhäuser miteinbeziehen wollten, diese aber in weiterer Folge wieder verwarfen.

Einen ähnlichen Logikfehler in der Analyse des Rettungsablaufes machte auch eine Gruppe angeleitet arbeitender Achtklässler. Diese vermerkten in ihrem Protokoll, dass der Hubschrauberlandeplatz sehr gut mit dem Krankenwagen zu erreichen sein müsse, da „man sonst die verletzten Leute nicht wegbekommt“. Diese Gruppe ging also davon aus, dass der Hubschrauber die Verletzten nur von der Piste oder sonstigem Unfallort berge und sie zur Station bringe, wo sie dann vom Krankenwagen abgeholt und ins Krankenhaus gebracht würden, was ziemlich umständlich wäre und sehr viel Zeit kosten würde.

4.3.2 Wahl der Überblickskarte

Eine besondere Herangehensweise an die Ermittlung des zentralen Bereichs des Skigebiets zeigten zwei Gruppen der angeleitet arbeitenden Achtklässler. Diese benutzten für die Berechnung beziehungsweise die Konstruktion des Schwerpunktes

nicht die Satellitenkarte von Google Maps oder eine ähnliche Karte, so wie die anderen Gruppen, sondern eine Schrägansicht des Skigebietes (siehe Abb. 4.4).

Auf dieser Karte kann man zwar die Lifte sehr gut erkennen, wahrscheinlich besser als auf der Satellitenkarte, jedoch hätte die Gruppe entweder die Lifte auf eine andere Karte übertragen, oder den Sichtwinkel in ihre Berechnungen miteinfließen lassen sollen. Zweiteres ist natürlich weitaus komplizierter und in Anbetracht des zeitlichen Rahmens auch eher nicht durchführbar. Die Gruppe berücksichtigte die Verzerrung gar nicht, weswegen es zu einem sehr verfälschten „Mittelpunkt“ als Ergebnis kam.



Abb. 4.4: links: Schrägriss des Skigebietes, eingefärbt je nach Regionen mit kaum (grün), etwas (gelb) und viel (rot) Bedarf an Hubschrauberbergungen. rechts: die einzelnen Bereiche der Karte links wurden übertragen und repräsentative Punkte eingezeichnet.

Eine weitere Besonderheit zeigte sich auch in dieser Gruppe, nämlich in Bezug auf die Wahl der Punkte, die die jeweiligen Teilbereiche des Skigebietes repräsentieren sollen. In Abbildung 4.4 rechts erkennt man die zuvor (links) markierten Bereiche, in deren ungefähre Mitte ein Bleistiftpunkt gesetzt wurde, der sozusagen das Zentrum des Bereiches angibt, wie in Aufgabe 7 der angeleiteten Version verlangt. In Aufgabe 9 geht es in weiterer Folge darum, diese Punkte zu gewichten, je nachdem in welchem Gebiet (grün/gelb/rot) diese liegen, um einen erwarteten Bedarf an Rettungseinsätzen zu simulieren. Diese Gruppe hingegen hat die Punkte verschoben, und zwar in der Form,

dass jene aus grünen und gelben Bereichen sich anschließend näher an roten Bereichen befanden, da in diesen ja mehr Bedarf bestehen würde. Laut Protokoll konnten sie dann die Punkte der roten Bereiche so verschieben, dass „... die Helikopterstationen besser für die roten Bereiche liegen“.

Anscheinend wurden die die Gebiete repräsentierenden Punkte nicht als solche interpretiert, sondern als eigene Standorte für jeden Bereich separat. Aus dem Protokoll geht auch nicht hervor, wie dann die Wahl eines solchen Standortes letztendlich getroffen wurde. Es wurde aber einer dieser Punkte dafür auserkoren, was wieder dafürspricht, dass diese Punkte als mögliche Standorte angesehen wurden.

4.3.3 Ermittlung der „Mitte“

Besonders bei den angeleiteten Gruppen zeigte sich während der Befolgung der Anweisungen, dass es bei vielen Schülern schon Probleme gegeben hat, die nicht auf Grund des unbekannten Formats Modellierungsaufgabe aufgetreten sind. Bevor die Schüler den Standort im Skigebiet ermitteln sollten, mussten sie sich zunächst mit den theoretischen Fragen der Unterpunkte sechs bis acht auseinandersetzen. Dabei ging es darum, auf einer Strecke, in einem Dreieck und zuletzt bei einer Strecke mit unterschiedlich gewichteten Eckpunkten die Mitte, bzw. den damit verbundenen besten Standort zu ermitteln.

Wie in Kapitel 4.2 erwähnt, wurde bereits beim Ermitteln der Streckenmitte von den meisten Schülern nur geschätzt und keine genaue Vorgehensweise im Protokoll vermerkt, da „die Hälfte einer Strecke“ intuitiv ermittelt wurde. Nur vereinzelte Gruppen (drei der zweiten und eine der fünften Klassen) wandten die Streckensymmetrale zur richtigen Konstruktion der Mitte an. Ähnlich verhielt es sich im nächsten Punkt. Für die Dreiecke wurden nur „grob“ Punkte eingezeichnet, die deren Mitte angeben sollten, ohne jegliche Erklärung, wie man zu diesen Punkten gekommen ist. Andererseits erfolgten hier aber mehr Konstruktionsversuche, was die Vermutung aufwirft, dass ein Dreieck mehr den Bedarf mathematisch vorzugehen weckt, weil diese

Mathematikunterricht sehr ausführlich besprochen werden (was vor allem für die zweiten Klassen nur wenige Wochen zurück lag). Zusätzlich gab es hier auftretende Schwierigkeiten in Bezug auf die Frage, welcher der bekannten besonderen Punkte des Dreiecks ein letztendlich am besten geeignet ist für die Repräsentation der Mitte. Sogar eine Gruppe der fünften Klassen, die im Protokoll beschreibt, dass sie zur Ermittlung der Mitte der Strecke in Punkt 6a) der angeleiteten Version die Streckensymmetrale benutzte, erklärt, dass es im Dreieck der Winkelsymmetrale bedarf. Ein Grund dafür könnte möglicherweise ein falsches Verständnis für die Symmetralen, also der zu Grunde liegenden Mathematik, sein. Es könnte sein, dass die Schüler dachten, die Streckensymmetralen seien hier nicht zielführend, da sie die Seitenkanten halbieren und der gesuchte Punkt innerhalb des Dreiecks liegen muss. Diese Überlegung könnte zu dem Ergebnis geführt haben, dass letztendlich Winkelsymmetralen benutzt wurden, um jeweils den „mittleren Weg durch das Dreieck zu nehmen“. Eine Gruppe schoss sogar noch weiter am Ziel vorbei, indem sie angab, dass in dem linken Dreieck der optimale Standort „direkt zwischen A und B [wäre], da die Entfernung zwischen den beiden Punkten genau gleich wäre.“ Für das rechte Dreieck schrieb die Gruppe: „C ist der optimale Standort, da die Entfernung bei A und C gleich ist, sowie auch bei der 2. Abbildung B ideal wäre.“ Abgesehen davon, dass die Aussage leicht zu Verwirrungen führen kann, ist es nicht zielführend, den Landeplatz direkt an einem der Unfallorte zu platzieren, wenn man die mittlere Anflugzeit minimieren möchte; bei einer Minimierung der insgesamt geflogenen Strecke würde das anders aussehen. Diese Überlegung wurde von der Gruppe aber nicht angestellt.

Bei Punkt c) der Aufgabe sechs ging es darum, eine geeignete Mitte für eine Punktwolke zu finden. Dies war im Gegensatz zu den Unterpunkten a) und b), bei denen es um Strecken bzw. Dreiecke ging, eine für die Schüler komplett neue Aufgabenstellung. Aus diesem Grund war es umso interessanter, wie die Schüler an dieses Problem herangehen würden. Im Folgenden sind ein paar Ausschnitte aus Protokollen gezeigt (Abb. 4.5).

Genaue Begründungen zu den gefundenen Mittelpunkten der Punktwolke gab es meist jedoch nicht. Bezeichnend war der Kommentar einer Gruppe im Protokoll, die nach beschriebener Vorgehensweise meinte: „Natürlich kommt es da auch wieder auf die geografische Lage und mathematische Berechnungen an.“ Es wurde anscheinend nicht erkannt, dass es in diesem Punkt gerade nicht um eine Realsituation geht und man sich zunächst an Hand dieses theoretischen Beispiels ein System überlegen sollte. Des Weiteren wurde auch nicht darauf eingegangen, auf welche mathematischen Berechnungen es hier konkret ankäme, was ja eigentlich der interessanteste und ausschlaggebende Punkt für das Protokoll wäre.

6) c) Versucht, eine optimale Position für die Rettungshubschrauberstation zu bestimmen, wenn es mehrere potentielle Unfallorte gibt, die über einen größeren Bereich verstreut liegen. Verschriftlicht eure Überlegungen (WARUM habt ihr euch für die jeweilige Lösung entschieden?) und versucht eine geeignete Position in der folgenden Grafik zu ermitteln!

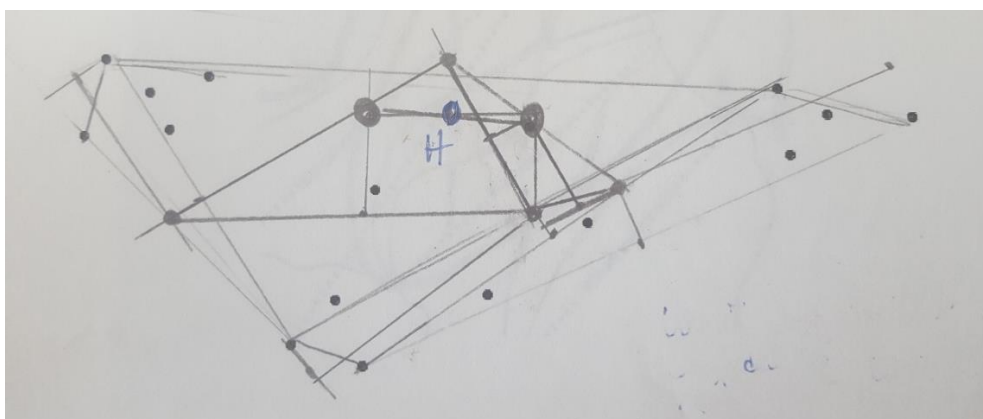
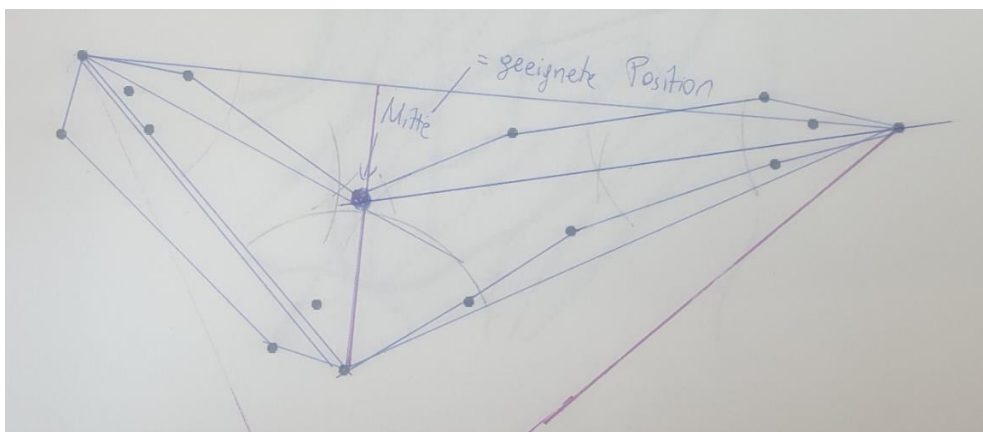
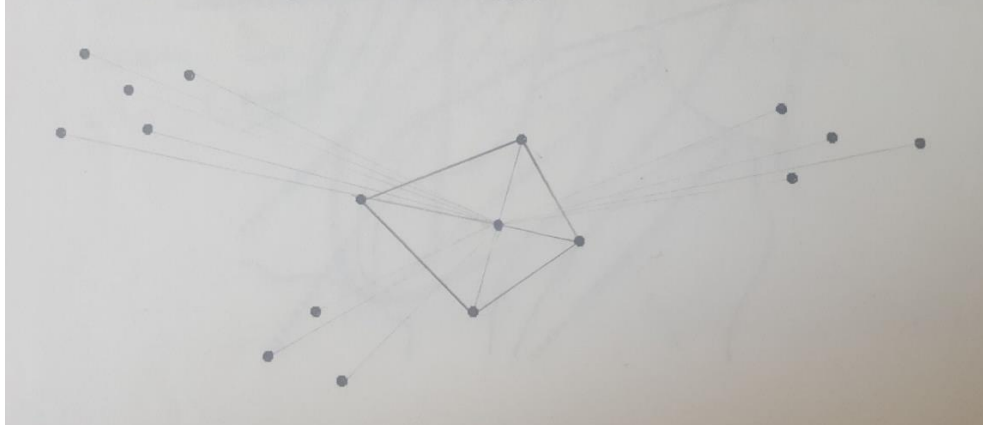


Abb. 4.5: Ermittlung des Mittelpunktes der Punktwolke in Aufgabe 6c). Diese Gruppen begründete ihren Mittelpunkt wie folgt: Oben: „Wir denken, dass der Diagonalschnittpunkt vom mittleren „Viereck“ ein geeigneter Ort wäre, weil man von dort aus schnell zu allen anderen Orten kommt.“ Mitte: „Da habe ich nach den möglichst äußersten Punkten gesucht, um diese zu einem Dreieck zu verbinden, und anschließend die Mitte berechnet.“ Unten: „6)c ist im Grunde genommen ein großes 6eck was man in 4 Dreiecke aufteilt dann die Prozedur von 6)b wiederholt dann verbindet man die Punkte in ein Viereck, welches man wieder behandelt und dann die Mitte zwischen den beiden übergebliebenen Punkten ist der perfekte Landeort.“

In Punkt 8 ging es darum, Orte mit unterschiedlichen Unfallhäufigkeiten dementsprechend zu gewichten und in der Berechnung für den Standort einfließen zu lassen. Es gab einige Gruppen, die sich das Verhältnis der Unfallhäufigkeiten an den beiden gegebenen Standorten berechneten und die Strecke auch in diesem Verhältnis teilten, um die vergangene Zeit bei einem Einsatz mittels der Unfallhäufigkeiten zu gewichten. Eine Gruppe der fünften Klassen hat diese Gewichtung aber absichtlich nicht in ihre Berechnungen miteinbezogen, da „Auch wenn es an Position B mehr Unfälle/Jahr gibt, bin ich der Meinung, dass der Landeplatz in der Mitte sein soll, schließlich heißt es nicht, dass man irgendwo näher sein sollte, nur, weil dort ein bisschen öfter Unfälle passieren.“ Eine andere Gruppe wiederum viertelte die Strecke und protokollierte folgende Aussage: „In der Mitte wäre nicht sinnvoll, da der Helikopter öfters zu Punkt B fliegen muss, also geviertelt, um die ganze Strecke gut aufgeteilt zu haben.“ Dies ist jedoch als Erklärung nicht ausreichend. Es wurde also auch hier nach dem Prinzip „etwas weiter in Richtung des Ortes mit der höheren Unfallhäufigkeit“ gearbeitet, anstelle den Ort exakt zu berechnen.

4.3.4 Besucherzahlen und Personendichte

Eine Gruppe Schülerinnen der achten Klasse kam auf die Idee, sich anzusehen, wie groß die Beförderungsleistungen der Lifte sind, also wie viele Personen pro Stunde von jedem Lift transportiert werden können. Dadurch könne man rückzuschließen, wo die meisten Personen unterwegs sind, was zu einem höheren Bedarf an Rettungseinsätzen führen könnte.

Zwei Gruppen der achten Klassen kamen zu dem Schluss, dass es nicht vorwiegend auf die jeweiligen Pisten an sich ankäme, sondern auf Orte, an denen zwei Pisten zusammenkommen. Dort würden sich nämlich zum einen viele Leute gleichzeitig aufhalten, da die weiterführende Piste in ihrer Breite im Normalfall nicht so groß ist wie die beiden ursprünglichen zusammen und zum anderen würden bei einer Zusammenführung von beispielsweise einer roten mit einer blauen Piste Personen

unterschiedlichen Könnens und Fahrstils aufeinandertreffen, was die Unfallwahrscheinlichkeit noch weiter steigern würde.

4.3.5 Faktoren für einen geeigneten Standort

Nur wenige Gruppen haben sich überlegt, welche Faktoren für den Hubschrauber per se relevant sind. Zum Beispiel hat sich eine Gruppe Achtklässler Gedanken gemacht, in welchen Bereichen des Skigebietes der Wind für gewöhnlich am geringsten ist, um den Hubschrauber im Ernstfall auch wirklich starten lassen zu können und nicht auf Grund von schlechter Witterung am Boden lassen zu müssen, da der Landeplatz justament in einer Windschneise gebaut wurde. In diesem Zusammenhang wurde auch von einer weiteren Gruppe von Achtklässlern Start- und Landevorgang eines Helikopters analysiert und nach deren Recherche muss ein Hubschrauber gegen den Wind landen und starten, um den Einfluss des Windes auf die Stabilität des Helikopters so gering wie möglich zu halten. Dieser Bedingung kann aber grundsätzlich leicht durch Drehung des Helikopters genüge getan werden und man kann sich somit den jeweils gegebenen Bedingungen anpassen.

Eine andere Gruppe von Achtklässlern hat sich intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt, wie schnell ein Helikopter an Höhe gewinnen kann. Ihre Überlegung war, dass es nur dann Sinn macht, den Landeplatz im Tal zu bauen, wenn die Steigleistung des Hubschraubers ausreichend ist, schnell auch über die angrenzenden Berge zu fliegen. Sollte dem nicht so sein, wäre es viel besser, nur am Berg gelegene Standorte zu berücksichtigen, um eine schnelle Bergung zu gewährleisten. Neben dem Zeitfaktor für die Bergung bietet diese Überlegung auch für die Modellierung Vorteile, wenn man die in Frage kommenden Standorte vorweg reduzieren kann. Sollte der Landeplatz nämlich auf dem Berg liegen, fallen viele Gebiete auf Grund steilerer Hanglage oder schwerer Erreichbarkeit weg und es bleiben eher einzelne Möglichkeiten als größere Flächen über. Anschließend aus ein paar wenigen Möglichkeiten die beste zu wählen ist vermutlich ein geringerer Aufwand als zunächst

den theoretisch optimalen Standort zu suchen und sich dann nach geeigneten realen Standorten in dessen Nähe umzusehen.

Eine Gruppe der fünften Klassen verfolgte einen ähnlichen Ansatz und grenzte die in Frage kommenden Bereiche auf Grund von Lawinengefahr ein. Ihre Überlegung war, dass es natürlich wenig Sinn mache einen teuren Helikopterlandeplatz an einer Stelle zu bauen, bei der das Risiko besteht, dass er von einer Lawine zerstört wird. Es wäre laut Aussagen der Schüler „doppelt blöd, wenn einerseits viel Geld verloren würde und andererseits den verschütteten Menschen erst wieder nicht geholfen werden kann.“

4.3.6 Mehr als ein Standort

Als weiterführende Frage in allen Versionen der Modellierungsaufgabe ging es darum, sich zu überlegen wie man vorgehen würde, wenn so viel Geld für die Errichtung von Hubschrauberlandeplätzen zur Verfügung stünde, dass man nicht nur einen, sondern sogar drei Standorte gleichzeitig wählen könnte.

Abgesehen von zwei Gruppen, die meinten, so viele Helikopterlandeplätze wären für das Skigebiet gar nicht notwendig und man könne das Geld jedenfalls besser investieren, waren die Antworten durchwegs sehr ähnlich. Die gewählten Orte unterschieden sich im Detail zwar schon voneinander, da sich ja auch die zuvor gesetzten einzelnen Landeplätze bereits in ihren Positionen unterschieden. Der Gedankengang für eine erweiterte Suche dieser schien aber bei fast allen Gruppen sehr ähnlich zu sein. Es wurden nicht drei ganz neue Standorte gesucht, etwa um den zuvor gefundenen optimalen Landeplatz als Mittelpunkt herum, sondern der Einzelne blieb erhalten und es wurden zwei weitere hinzugefügt.

Diese Überlegung ist bei näherer Betrachtung jedoch nicht besonders zielführend und wäre nur bei einer Strecke sinnvoll anwendbar, aber keinesfalls bei einer Fläche. Vielleicht wäre es für die Schüler offensichtlicher gewesen, wäre die Frage nicht nach insgesamt drei, sondern nur zwei Helikopterlandeplätzen gewesen. Dann wäre es eventuell verständlich gewesen, dass man zu dem gefundenen Standort nicht einfach

einen weiteren hinzufügen sollte. Für die Versorgung des Skigebietes läge dann der Vorgehensweise der Schüler nach der erste Landeplatz zentral und der Helikopter könnte jeden Unfallort in kurzer Zeit erreichen. Vom zweiten jedoch wäre in manchen Fällen der Helikopter sehr schnell am Einsatzort, in anderen Fällen wiederum sehr langsam. In diesem Fall der zwei Landeplätze wäre es wahrscheinlich sinnvoll, das Skigebiet in zwei Hälften zu teilen und für jede Hälfte den Standort getrennt zu ermitteln. Dabei müsste man aber darauf achten, dass nicht die geografische Ausdehnung als Halbierungsmaßstab dient, sondern die Unfallhäufigkeit, bzw. der Bedarf an Hubschraubereinsätzen.

4.3.7 Bedeutung für den Tourismus

Neben der allgemein weit verbreiteten Ansicht, dass der Landeplatz nicht in der Nähe von Hotels gebaut werden sollte auf Grund der hohen Lärmbelästigung, fand eine Gruppe von Achtklässlern ein weiteres Argument dafür, dass der Hubschrauber besser abseits des Zentrums liegen sollte. Ihrer Ansicht nach könnte die Präsenz des Hubschraubers und sein Einsatz Touristen abschrecken, da sie auf diese Weise eher mitbekommen würden, dass ein Unfall passiert ist.

Eine andere Gruppe sah die negative Beeinflussung des Faktors „Nähe von Hubschrauber zu Unfallort“ sogar noch etwas stärker und schrieb im Protokoll: „Man sollte den Standort nicht direkt an einem Unfallsort wählen. Das wäre zwar praktisch, weil man dann keinen Helikopter bräuchte, aber wenn ein Ort gefährlich ist und der Helikopter losfliegt, erschrecken sich vielleicht Leute und es kommt zu noch mehr Unfällen.“ Abgesehen von dem Widerspruch in der Aussage, man brauche dann keinen Helikopter, erscheint es mir absurd, dass es zu einem Unfall kommen sollte, wenn der Hubschrauber losfliegt. Dieselbe Gruppe war auch der Auffassung, „man müsste vielleicht irgendwo hinschreiben, dass der Rettungshubschrauber länger braucht. Das macht die Leute dann vielleicht auch vorsichtiger, und es kommt vielleicht zu weniger Unfällen.“ Auch diese Überlegung erachte ich persönlich als äußerst unrealistisch. Ich

denke nicht, dass Unfälle verhindert werden könnten, weil Personen die Angst hätten, in diesem Bereich schlechter geborgen werden zu können.

4.4 Erwartungshorizont angeleitete Version

Im Folgenden möchte ich einen kurzen Erwartungshorizont für die angeleitete Aufgabe geben, welche die Schüler in den grundlegenden Überlegungen „an der Hand führt“ und nur bei ein paar Punkten freien Handlungsspielraum ermöglicht. Die dadurch entstandenen Unterschiede in den jeweiligen Aufgabenbearbeitungen und Herangehensweisen der Gruppen waren gewünscht bzw. Bestandteil des Versuchsdesigns, um bei der Auswertung die Ergebnisse dieser Gruppen vergleichen zu können. Es wäre nicht zu erwarten, dass bei Befolgung der Anleitung alle Gruppen der angeleiteten Version zu genau demselben Ergebnis kommen. Es sollten vielmehr die Überlegungen der Schüler durch die Anleitung auf wesentliche Dinge gelenkt werden, um die vorgegebene Arbeitszeit möglichst effektiv zu nutzen. Zusätzlich ist es dann leichter möglich, einzelne Schritte des Modellierungsprozesses gezielt zu hinterfragen und unter den Gruppen zu vergleichen.

Nach einem einführenden Absatz werden den Schülern (1) zwei Links geboten, mit deren Hilfe sie sich einen ersten Überblick über die GröÖer des Skigebiets und die umliegende Region verschaffen sollen.

Im Anschluss soll der Arbeitsbereich eingegrenzt werden (2). Die Schüler sind dazu aufgefordert sich zu überlegen, welche Lifte und Pisten zum Kernskigebiet gehören und welche benachbarten Regionen sehr nahe an diesem Skigebiet liegen. Hierbei gibt es zwei Entscheidungsmöglichkeiten, wie weiter verfahren werden soll; zum einen kann man in seinen Berechnungen nur auf die Kernzone Saalbach-Hinterglemm eingehen, zum anderen kann man auch benachbarte Regionen wie Fieberbrunn oder Leogang miteinbeziehen, was die Wahl des Standortes für den Helikopter wiederum stark beeinflusst.

Unter dem nächsten Punkt (3) sollen sich die Schüler Gedanken darüber machen, was einen geeigneten Helikopterlandeplatz eigentlich ausmacht. Es werden verschiedene

Kriterien geboten, die nach ihrer Wichtigkeit geordnet werden sollen: zentrale Lage, ebener Untergrund, Erreichbarkeit, Lärmbelästigung. Zusätzlich sind in einem Kartenabschnitt Stellen markiert, die für einen möglichen Landeplatz in Frage kommen. Hierbei ist es im Ermessen der Schüler, wie sie die jeweiligen Kriterien gewichten, wodurch die Wahl des Standortes beeinflusst wird. Auf den Faktor „zentrale Lage“ wird im weiteren Beschreiben des Erwartungshorizontes am meisten eingegangen, eine objektiv mathematische Berechnung sollte aber für alle dargebotenen Faktoren möglich sein, wobei die benötigten Informationen nicht immer direkt zugänglich sind und hierfür zum Teil zeitaufwändige Recherchen erforderlich sind. Beispielsweise gibt es zur Lärmbelästigung einen Beschluss des Wiener Landtages, dass Straßenlärm am Tag 60dB und in der Nacht 50dB nicht überschreiten darf.⁵ Bezüglich der Lautstärke von Helikoptertriebwerken gibt es eine Studie von Arbeitsmedizinern aus Deutschland (van der Giet et al., 2013), die sich damit beschäftigt, inwiefern die Piloten von Rettungshubschraubern einem Gesundheitsrisiko auf Grund der Motorengeräusche ausgesetzt sind. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die größte Lärmbelästigung beim Auftanken entsteht und bei zumindest 100dB liegt. Laut Harris (Harris, 1991) nimmt der Schalldruck um 6dB pro Entfernungsverdopplung ab, das bedeutet, dass die gesetzlich erforderlichen 50dB bei einer rund 323-fachen ($8,3$ Verdopplungen) Entfernung der Wohnhäuser (also rund 485 Meter) vom Landeplatz im Vergleich zum Piloten (1,5 Meter vom Triebwerk entfernt) erreicht werden.

Somit stellt gesetzlich gesehen die Lärmbelästigung ein nicht zu vernachlässigendes Problem dar, vor allem da auch ein Schalldruck von unter 50dB für Anrainer eventuell als störend empfunden werden kann und somit beispielsweise die Attraktivität einer Immobilie wie eines Hotels senken könnte. (Anmerkung: Diese Erkenntnis hat mich rund zwei Stunden gekostet, was ein Problem darstellt, wenn man für die Bearbeitung der gesamten Aufgabe nur rund vier Stunden Zeit zur Verfügung hat.)

⁵ <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000268>

Wie zuvor angedeutet, fokussieren sich die weiteren Überlegungen zum optimalen Standort zunächst einmal ausschließlich auf die zentrale Lage, die weiteren Faktoren werden erst nach der Ermittlung des möglichst zentralen Standortes berücksichtigt.

Da nicht alle Bereiche eines Skigebietes ein gleich hohes Unfallrisiko bergen, sollen die Schüler im nächsten Punkt (4) die Region in Teilgebiete gliedern. Diese Gliederung sollte je nach deren vermeintlichem Bedarf eines Rettungshubschraubers erfolgen. Anschließend sollen die Schüler diese aufgeteilten Bereiche in ihrer Relevanz bewerten (5). In seiner Dissertation schreibt Klaus Johannes Düwell (Düwell 2015)“..., dass sich sowohl Skifahrer als auch Snowboarder am häufigsten auf roten Pisten, gefolgt von blauen Pisten, Fungelände, schwarzen Pisten und freiem Gelände verletztten.“ Er relativiert dies aber mit der Aussage, dass diese Statistik auch mit der Verfügbarkeit der jeweiligen Pisten korreliert. Eine andere Studie, die sich allein mit Unfällen beschäftigt, bei denen eine Bergung des Verunglückten notwendig war (Castellani et al., 2018) zeigte, dass Bergungen aus dem Gelände (rund 3%) oder aus Funparks (6,2%) im Vergleich zur Piste (83,7%) einen sehr kleinen Anteil einnehmen. Unter diesem Gesichtspunkt sollten Pisten im Allgemeinen die meiste Berücksichtigung als potenzieller Unfallort zuteilwerden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Verunglückte meist auch mit einem Schneemobil oder ähnlichem geborgen werden können, während bei einer Bergung im Gelände der Einsatz des Helikopters viel eher notwendig wäre.

Als Einteilung nach dem Grad des Bedarfs an Hubschraubereinsätzen würde ich wie folgt vorgehen: Grün markiert werden Bereiche, die sehr gut mit anderen Bergungsfahrzeugen zu erreichen sind, wie in Talnähe oder im Bereich des Liftausstieges. Gelb markiert werden einerseits Bereiche, die schwieriger zu erreichen sind, aber nicht das höchste Unfallrisiko bergen, wie zum Beispiel flache Geländebereiche und andererseits Gebiete die häufig Unfallort sind – vor allem von schweren Unfällen –, aber relativ zentral liegen, wie Funparks. Rot markiert werden Bereiche, die jedenfalls einer Bergung per Helikopter bedürfen, weil sie schwer zu erreichen sind, wie abgelegene Lifte oder Bereiche, die nicht auf offiziell markierten Pisten liegen.

Die Schüler haben bei diesem Unterpunkt größtenteils schwarze Pisten und das Gelände als rote Bereiche markiert. Einige haben auch die Pisten je nach ihrer Schwierigkeit den Farben zugeordnet – also blaue Piste grün, rote Piste gelb und schwarze Piste rot markiert. Beide dieser angeführten Überlegungen sind intuitiv nachvollziehbar und auf Grund von Zeitmangel haben die Schüler in diesem Punkt sehr wahrscheinlich intuitiv kategorisiert und nicht nach Unfallwahrscheinlichkeiten recherchiert.

Im folgenden Punkt (6) geht es um die Ermittlung des rein geografisch am besten geeigneten Ort für den Helikopterlandeplatz. Zunächst werden in der Aufgabenstellung zwei Orte auf einer sie verbindenden Strecke geboten, wo zu erwarten ist, dass der Mittelpunkt der Strecke als optimaler Helikopterlandeplatz gewählt wird. Im Anschluss gilt es, diese Überlegung von zwei auf drei Punkte zu erweitern, wobei hier der optimale Punkt für einen Landeplatz durch den Schwerpunkt des Dreiecks festgelegt werden kann. Dies muss nicht gezwungenermaßen so sein. Nach Ortlieb (Ortlieb et al., 2013) werden drei mögliche „Kandidaten“ als optimaler Standort definiert: Der Umkreismittelpunkt, der einen gleich großen Abstand zu allen drei Eckpunkten hat, der Fermat-Punkt, an dem die Flugzeit zu allen Punkten in Summe am geringsten ist und eben der Schwerpunkt, der eine gewichtete Mittelbildung zulässt. Alle drei Punkte sind beispielhaft in Abbildung 4.6 gezeigt.

Als Begründung für die Wahl des Umkreismittelpunktes als besten Punkt für die Modellierung wäre die Überlegung, dass man versucht, die Entfernung zu den möglichen Unfallorten gleich zu lassen. Diese „Fairness“ ist aber nicht zielführend, was man vor allem im Beispiel eines stumpfwinkligen Dreiecks sehen kann, bei dem der Umkreismittelpunkt außerhalb liegt und die Distanz zu den Eckpunkten sehr groß sein kann. In diesem Fall müsste man das Kriterium verfeinern, und zwar so, dass man den Punkt sucht, von dem aus die maximale Entfernung zu den Unfallorten minimal ist. Für spitzwinklige Dreiecke bliebe der Umkreismittelpunkt als Lösung, für stumpfwinklige ergäbe sich der Mittelpunkt der längsten Dreiecksseite.

Würde man die Gesamtentfernung zu den Unfallorten – und damit die mittlere Flugzeit – minimieren wollen, so würde man auf den Fermat-Punkt als Lösung stoßen. Er ist jener

Punkt, von dem aus alle drei Seiten des Dreiecks unter einem 120° -Winkel gesehen werden, beziehungsweise ist er der Scheitelpunkt jenes Winkels, der mindestens 120° groß ist. Man erhält ihn in allen anderen Dreiecken (bei denen alle Winkel kleiner als 120° sind), indem man gleichseitige Dreiecke auf jede Dreiecksseite aufsetzt und die neuen Eckpunkte dieser Dreiecke mit den gegenüberliegenden Eckpunkten des ursprünglichen Dreiecks verbindet. Der Schnittpunkt dieser Verbindungslinien ist der gesuchte Fermat-Punkt. Wenngleich die geometrische Definition und die Konstruktion den Fermat-Punkt nicht unbedingt als naheliegend erscheinen lassen, so macht es durchaus Sinn, die mittlere Flugzeit zu minimieren.

Für den Schwerpunkt gilt, dass die Summe der quadratischen Abstände zu den Eckpunkten des Dreiecks minimal ist. Das wäre zwar ein mögliches Kriterium zum Modellieren bzw. Optimieren, aber ad hoc würde man bei der Planung der Modellierung darauf wohl nicht kommen. Intuitiv ist er aber ein geeignet erscheinender Kandidat, da durch ihn die verschiedenen Unfallorte je nach Lage unterschiedlich stark berücksichtigt werden. Dadurch fließen weit entfernte Punkte stärker in seine Berechnung ein als nahe liegende. Das macht Sinn, wenn es bei Unfällen so ist, dass sich der Zustand des Verunglückten mit verstreichender Zeit zunehmend verschlechtert. Außerdem ist die gesamte Flugzeit geringer, wenn man den Schwerpunkt als Landeplatz wählt, als würde man den Umkreismittelpunkt wählen. Der Schwerpunkt berücksichtigt also beide Faktoren, die die anderen Punkte minimieren, in gewisser Weise. Zusätzlich liegt er auch geometrisch annähernd zwischen den beiden und ist so gesehen ein guter Kompromiss zwischen der Optimierung der maximalen und der mittleren Flugzeit.

Gut zu sehen ist diese geometrische Tatsache im Falle einer Strecke mit gewichteten Endpunkten, wie es im Unterpunkt 8 der Fall ist. Bei einer solchen Aufgabe liegt der die Gesamtflugzeit optimierende Punkt im stärker gewichteten Endpunkt, während sich jener der die maximale Flugzeit minimiert genau im Mittelpunkt der Strecke befindet. Der Schwerpunkt liegt in diesem Fall zwischen diesen beiden Punkten, seine exakte Position ist abhängig vom Verhältnis der Gewichtungen.

Eine weitere nicht zu vernachlässigende Eigenschaft des Schwerpunktes im Vergleich zu den anderen beiden ist, dass seine Berechnung leicht auf beliebig viele Punkte ausgeweitet werden kann.

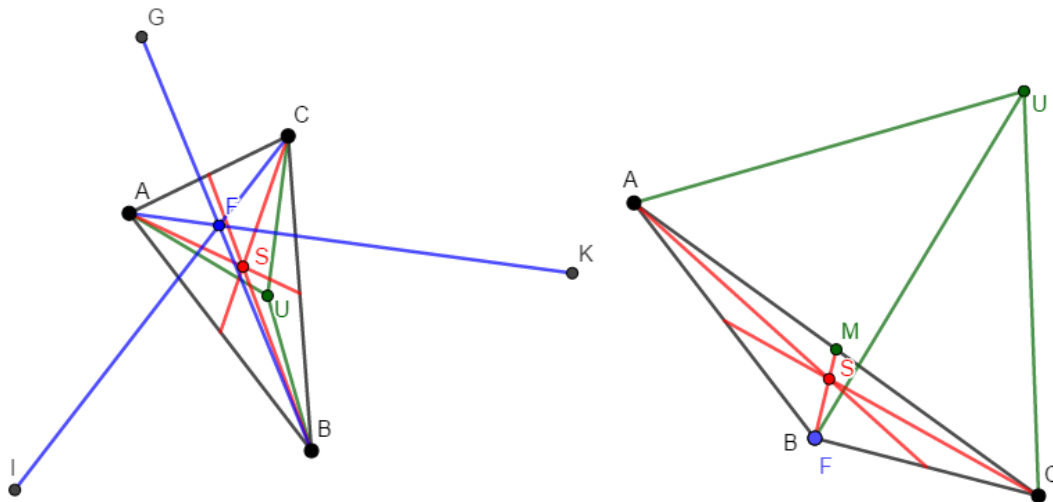


Abb. 4.6: Drei besondere Punkte im Dreieck; links im spitzwinkligen, rechts in einem stumpfwinkligen ($\beta > 120^\circ$). U – der Umkreismittelpunkt, welcher der Schnittpunkt der Seitensymmetralen ist und dessen Abstand zu jedem der Eckpunkte gleich ist (grün). S – der Schwerpunkt, welcher der Schnittpunkt der Schwerlinien (rot) ist und die gewichtete Mitte des Dreiecks repräsentiert. F – der Fermat-Punkt, welcher durch Aufsetzen von gleichseitigen Dreiecken (ACG, BAI und CBK) auf die Seiten des ursprünglichen Dreiecks (ABC) und anschließender Verbindung der drei neuen Punkte (G, I und K) mit den gegenüberliegenden Eckpunkten des Dreiecks ABC (blau) konstruiert wird. Er ergibt sich als Schnittpunkt dieser Verbindungslinien und minimiert die Summe der Entfernungen zu den drei Eckpunkten (Anm: ist ein Winkel mindestens 120° groß, so liegt der Fermat-Punkt im Scheitel eben dieses Winkels).

Als Abschluss der Überlegungen in Punkt 6 wird verlangt, die Aufgabe auch an einer Punktwolke durchzuführen, wobei es hier im Allgemeinen schwieriger ist, einen Mittelpunkt beziehungsweise Schwerpunkt zu finden. Am besten möglich wäre es, die Punkte in ein Koordinatensystem zu übertragen und so den Schwerpunkt als

$$S = (\bar{x} | \bar{y}), \text{ mit } \bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \text{ und } \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

zu ermitteln. Alternativ können immer jeweils drei Punkte aus der Punktwolke zu einem Dreieck verbunden werden und dann für jedes dieser Dreiecke der Schwerpunkt ermittelt werden, wobei dann mit den Dreieck-Schwerpunkten ebenso weiter verfahren

wird, bis man schlussendlich auf einen Schwerpunkt für alle Punkte kommt. Zu beachten wäre bei dieser Vorgehensweise aber, dass es sich in dem Beispiel um 16 Punkte handelt, was dazu führt, dass man nicht einfach in Dreiergruppen zusammenfassen kann, sondern die Punkte entsprechend gewichten muss. Man könnte also beispielsweise aus 15 Punkten zunächst fünf Schwerpunkte ermitteln, dann aus drei dieser Schwerpunkte deren Schwerpunkt „zweiten Grades“. Aus den verbleibenden zwei Schwerpunkten mit dem übrigen (sechzehnten) Punkt bildet man auch einen Schwerpunkt, wobei der „normale“ Punkt nur zu einem Sechzehntel der gesamten Gewichtung, beziehungsweise zu einem Drittel verglichen mit den anderen beiden Schwerpunkten, an deren Konstruktion ursprünglich auch je drei Punkte beteiligt waren, in die Ermittlung einfließen darf. Anschließend kann man dann den Mittelpunkt der zwei Schwerpunkts-Schwerpunkte bestimmen, wobei man wieder auf eine adäquate Gewichtung (9 zu 7) achten muss. Das Ganze ist aber eine recht mühselige Konstruktion und nicht unbedingt empfehlenswert. Aus diesem Grund ist die Vorgehensweise mit der Übertragung in ein Koordinatensystem zur Schwerpunktermittlung vorzuziehen.

Nach der Auseinandersetzung mit den verschiedenen Bereichen mit unterschiedlichem Bedarf an einem Rettungshubschrauber und der abstrakten Überlegung eines optimalen Zentralpunktes bei einer Punktwolke sollen nun (7) diese zwei Konzepte vereint werden. Für jeden auf der Karte markierten Bereich soll ein diesen Bereich repräsentierender Punkt gefunden werden und die dadurch entstandene Punktwolke soll anschließend wie in Aufgabe 6c bearbeitet werden, um den optimalen Ort für den Hubschrauberlandeplatz zu finden.

Nun wurde bisher aber nicht die Gewichtung der Bereiche bezüglich der – vermeintlichen – Unfallhäufigkeiten miteinbezogen. Im weiteren Verlauf soll zunächst (8) wieder am Beispiel mit zwei Unfallorten mit gegebenen Unfallhäufigkeiten der optimale Standort auf der sie verbindenden Strecke markiert werden. Es handelt sich hierbei um einen Ort mit 30 Unfällen pro Jahr (A) und einen mit 45 Unfällen pro Jahr (B). Wenn man der Überlegung zur Ermittlung des Schwerpunktes nun weiter folgt, ergibt sich, dass der optimale Standort sich auf 60% der Strecke an A nach B befindet. Würde

man lieber die gesamte Flugstrecke minimieren, entsprechend dem Fermat-Punkt bei 6b, so würde man den Landeplatz direkt in Ort B bauen.

Im letzten Punkt (9) sollen die Schüler dann schlussendlich auch ihre Gebiete mit geeigneten Gewichtungen, je nach Farbe und Größe des Gebietes, versehen und so eine verbesserte Version der Punktwolke erstellen, um den optimalen Landeplatz zu finden. Zu beachten wäre hierbei jedoch, dass es sich bei dem so ermittelten Punkt, wie eingangs erwähnt, nur um einen hinsichtlich der Lage und damit für die Geschwindigkeit der Erstversorgung optimierten Ort handelt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieser theoretisch ermittelte Standort sich dann mitten in einem Ort oder direkt auf einem unerreichbaren oder stark geneigten Gipfel befindet. Sollte dies der Fall sein, müsste man einen Ort suchen, der möglichst nahe am gefundenen optimalen Standort liegt, aber auch alle weiteren zuvor definierten Kriterien erfüllt.

Abschließend (10) gibt es noch Raum für die Überlegung, wie sich die Situation ändern würde, wenn man nicht einen, sondern sogar drei Hubschrauberlandeplätze bauen würde. Auf Grund von Zeitmangel, konnte sich aber keine der angeleitet arbeitenden Gruppen mit dieser Frage beschäftigen. Würde man der Aufgabe mehr Zeit und Raum geben, so wäre es vermutlich vernünftig zu versuchen, das Skigebiet in drei Bereiche zu teilen und für jeden Bereich seinen eigenen Landeplatz zu modellieren, oder ausgehend vom gefundenen Landeplatz aus in drei Richtungen aufzuspalten. Jedenfalls wäre es nicht zielführend, zu dem gefundenen einfach zwei weitere Standorte dazu zu bauen.

4.5 Reflexion aufgetretener Schwierigkeiten

Da die verschiedenen Gruppen leider keine aussagekräftigen Unterschiede aufweisen, habe ich mir rückblickend Gedanken gemacht, was zum einen der Grund für diesen Umstand sein könnte und zum anderen, wie man so ein Dilemma in Zukunft vermeiden könnte – würde man eine ähnliche Untersuchung erneut durchführen.

4.5.1 Vorerfahrung

Aus den Rückmeldungen über die Fragebögen war bald zu erkennen, was ein nicht zu ignorierendes Problem darstellte, und zwar, dass selbst die achten Klassen eigentlich noch keine Vorerfahrungen zum Thema Modellieren und Modellierungsaufgaben hatten. So gesehen ist es wenig verwunderlich, dass bei einer Studie, die die Unterschiede zwischen den Altersgruppen beleuchten möchte, keine großen Unterschiede zu finden waren, da sich die untersuchten Gruppen bezüglich der Erfahrung mit der zu bewältigenden Aufgabe auf demselben Stand befanden. Wünschenswert – und auch im Vorfeld von mir angenommen – wäre es gewesen, wenn nur die zweiten Klassen noch keine Erfahrung gehabt hätten, die fünften Klassen schon ein wenig und die achten Klassen relativ viel. In einem solchen Fall wäre es vorstellbar, dass fünfte Klassen prinzipiell ein gewisses Grundwissen über Modellbildung besitzen und dadurch auch Ideen haben könnten, wie man eine komplexe reale Situation in ein einfacheres mathematisches Modell überführt und dieses dann bearbeitet und optimiert. Noch überraschender war das fehlende Maß an Vorerfahrung der achten Klassen, die zum Zeitpunkt der Durchführung der Modellierung kurz vor der Matura standen. Laut Lehrplan müssten die Schüler zumindest in der vierten Klasse schon einmal mit mathematischen Modellen konfrontiert worden sein, aber wie gesagt, das war leider nicht der Fall.

Hätte ich zuvor gewusst, dass in keiner der teilnehmenden Klassen Vorerfahrung bestand, auf die sich die Schüler berufen konnten, wäre es meines Erachtens sinnvoll gewesen, in jeder Klasse eine einführende Einheit zum Thema Modellierungsaufgaben zu halten. Eine solche Vorbereitung hätte hoffentlich auch der teilweise sehr „unmathematischen“ Herangehensweise einiger Schüler entgegengewirkt. Mit dieser Aussage meine ich, dass beim Feedbackfragebogen auf die Frage, ob tiefergehende mathematische Kenntnisse bei auftretenden Problemen geholfen hätten, der Bedarf an Mathematik als sehr gering eingeschätzt wurde.

Interessant in diesem Zusammenhang ist auch, dass sich die jüngeren Schüler eher so einschätzen, dass sie mehr Vorerfahrung besitzen als die älteren. Es könnte sein, dass

ihnen nicht wirklich bewusst war, dass Modellierungsaufgaben wie diese etwas anderes sind als Textaufgaben, die sie aus den Schulbüchern und dem Unterricht her kennen. Vielleicht haben die älteren Schüler diesen Unterschied eher erkannt und damit folgerichtig ihre Erfahrung mit solchen Aufgaben als geringer eingestuft.

4.5.2 Gruppengröße und Betreuung

Da ich zum Zeitpunkt der Studie schon selbst als Lehrer unterrichtete und aus diesem Grund nicht zu viele Stunden ausfallen, bzw. supplieren lassen konnte, hatte ich mich dazu entschieden, jeweils eine Altersgruppe an einem Vormittag (vier Unterrichtsstunden) arbeiten zu lassen. Das bedeutet, dass immer zwei ganze Klassen gleichzeitig arbeiten konnten, was im Falle der zweiten Klassen fast 60 Schüler waren. Die Schüler wurden zwar auf zwei Computersäle aufgeteilt, womit jeder Raum immer nur von Schülerzahlen in Klassenstärke besetzt war. Es gab dennoch nicht ausreichend Möglichkeit, sich in Ruhe zu besprechen, ohne die Gespräche der anderen Gruppen ungewollt mitzubekommen. Aus diesem Grund wurden die unterschiedlichen Gruppen – angeleitet und unterstützt – schon im Vorfeld nicht in demselben Raum untergebracht. Während des Arbeitens hielt ich mich vermehrt im Raum der angeleitet arbeitenden Gruppen auf, da diese meine Hilfe erwartungsgemäß vermehrt suchen würden. Leider entstand durch meine Abwesenheit im anderen Raum das Problem, dass die Arbeitshaltung verändert wurde, da die Schüler erstens mich bei Problemen nicht immer sofort fragen konnten und durch diese Wartezeit immer wieder „Stillstand“ einkehrte und zum anderen wurden in meiner Abwesenheit vermehrt andere Dinge gemacht, die nichts mit der aufgetragenen Arbeit zu tun hatten. So stellte sich zum Beispiel im Nachhinein heraus, dass sehr viel Zeit verloren gegangen war, als die Achtklässler beim „Surfen“ im Internet auf die Fotos vom Schulball stießen, der in der Woche davor stattgefunden hatte und diese anscheinend just an diesem Vormittag veröffentlicht wurden. Auch die jüngeren Schüler wussten, wie man Zeit besonders „effizient totschiessen“ kann, und so wurden unter anderem Spiele gespielt oder andere für die Aufgabe nicht relevanten Seiten besucht. Ich behaupte nicht, dass ich alle diese

unproduktiven Tätigkeiten verhindern hätte können, aber ich denke, dass meine Anwesenheit derartige Ablenkungen zumindest ein wenig verringert hätte.

Die Auswertung der Fragebögen zeigte auch, dass sich keine Gruppe weniger Betreuung, aber einige der Gruppen mehr Unterstützung gewünscht hätten. Bezüglich der Schulstufe waren es vor allem Zweitklässler, die sich mehr Input gewünscht hätten. Auffallend war hier das Feedback einiger Gruppen, dass sie zwar relativ viel Unterstützung hatten (zwei Gruppen gaben sogar das Maximum an), sich dennoch mehr Hilfe gewünscht hätten. Vor allem in der Gruppe der angeleitet Arbeitenden gab es die meisten Rückmeldungen, dass die Schüler trotz schriftlicher Anleitung oft nicht genau wussten, was zu tun war. Dieser Umstand schien für viele Schüler besonders frustrierend, da sie ja schon absichtlich jene Version gewählt hatten, bei der sie am meisten Hilfe bekommen würden. Im Gespräch mit einer Schülerin im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung stellte sich zum Beispiel heraus, dass sie sich selbst als mathematisch nicht begabt und sehr stark hilfebedürftig einschätzte, weswegen sie sehr froh über die Möglichkeit der angeleiteten Variante war. Im Laufe der Arbeit stellte sich aber für sie heraus, dass es besser gewesen wäre, die unterstützte – also freier zu bearbeitende Version – zu wählen. Diese Aussage begründete sie damit, dass sie „die Angabe nicht wirklich versteht, weil diese so mathematisch klingt“ und dass sie „in der anderen Gruppe besser zurecht gekommen wäre, weil man dort keine schwierigen Berechnungen durchführen, sondern einfach nur logisch denken muss“ und außerdem „frei wählen kann, wie man an die Aufgabe herangeht und sich nicht an eine strikte Vorgabe halten muss“.

Die Oberstufenschüler – die Fünftklässler großteils und die Achtklässler fast ausschließlich – waren ihren Rückmeldungen nach mit dem Grad der Betreuung zufrieden. Die Schüler, die die unterstützte oder offene Version gewählt hatten, sahen es als besonders interessant, auf sich selbst gestellt zu sein und bei der Bearbeitung der Aufgabe freie Wahl im Sinne der Herangehensweise zu haben.

4.5.3 Modellierungsaufgabe

Obwohl ich mir im Vorfeld eingehend Gedanken zur Wahl der bestmöglichen Modellierungsaufgabe gemacht hatte (siehe 2.1.1), glaube ich nun zu wissen, dass es deutlich besser geeignete Aufgaben geben würde. Die (meiner Meinung nach wichtige) Auseinandersetzung mit einem realen Problem ist in der gestellten Aufgabe zwar gegeben, diese sollte aber – vor allem bei fehlender Vorerfahrung – leichter auf ein abstraktes Modell zurückzuführen sein. In der von mir gewählten Aufgabe gibt es sehr viele Variablen, unter denen die relevanten herauszufiltern, die Schüler schon vor eine große Herausforderung gestellt hat. In dem begrenzten Zeitrahmen von vier Unterrichtsstunden ist es dann zusätzlich schwieriger, all das umzusetzen, was man sich anfangs vielleicht vorgenommen hat, beispielsweise wenn man in seiner Modellierung auf zu viele Faktoren eingehen möchte (siehe 3.2). Auf der anderen Seite kann die Aufgabe wiederum sehr schnell beendet werden, insbesondere wenn man seine Entscheidungen gar nicht mathematisch begründet, sei es, weil man dazu nicht in der Lage oder schlichtweg nicht motiviert ist.

Ein weiteres Problem ist, dass genau ein optimaler Standort für einen Hubschrauberlandeplatz nicht unbedingt objektiv definiert werden kann. Auch wenn dieses Kriterium generell oft auf Modellierungsaufgaben zutrifft, wäre es in einer solch vergleichenden Studie wie der hier vorliegenden besser gewesen, ein eher einfaches, für alle nachvollziehbares Gütekriterium zu haben.

Ich habe testweise in einer vierten Klasse eine Modellierung zum Thema „optimale Routenplanung bei der Müllabfuhr“ (Ortlieb et al., 2013) durchgeführt, wobei ich den Kindern das Modellieren erleichterte, indem ich ihnen den auch in der Arbeit angeführten „Ausschnitt eines Stadtplans“ zur Verfügung stellte. Zusätzlich versuchte ich den Ehrgeiz der Schüler zu wecken, indem ich dem Team mit der kürzesten Route eine kleine Belohnung versprach. In diesem Beispiel ist die kürzeste Route ein objektiv eindeutiges Ergebnis und für andere Gruppen auch leicht nachvollziehbar, im Gegensatz zum Hubschrauberlandeplatz, für den mehrere Gütekriterien gelten (können). Von fünf Teams hat es ein Team eigenständig geschafft, die optimale Route zu ermitteln, zwei

weitere haben die Originalarbeit im Internet gefunden und sind somit auf die optimale Lösung gekommen. Obwohl man dem eigenständigen Lösen der Aufgabe einen viel höheren Stellenwert zusprechen muss, war diese Umgehung in diesem Zusammenhang gar nicht tragisch. Zum einen haben die Schüler es zugegeben (sie haben mich im Vorfeld schon gefragt, ob sie das Internet durchforsten dürfen, um zu sehen, ob sie die Aufgabe – und deren Lösung – finden) und zum anderen konnten sie mir auch schlüssig erklären, wie man bei der Ermittlung der optimalen Lösung vorzugehen hat. Die Schüler haben die Lösung also nicht einfach nur abgeschrieben, sondern sich intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt, wodurch das Modell anschließend auf einen realen Stadtplan übertragen werden konnte. Um genau diese Umsetzung soll es letztendlich auch bei einer solchen Aufgabenstellung gehen. Die Optimierung der Route war als einführende Aufgabe in das Thema Modellieren gedacht, an Hand derer der Modellierungskreislauf besprochen werden konnte.

Zusammenfassend kann man sagen, dass diese Aufgabe mehrere Vorteile gegenüber der von mir gewählten gehabt hätte. Erstens die objektiv bewertbare Güte der ermittelten Ergebnisse – ist eine Route länger, ist sie einfach schlechter, da gibt es keine Diskussion. Zweitens kann man dadurch den Ehrgeiz der Schüler besser wecken – nicht nur durch einen versprochenen Preis für das Siegerteam. Oft ist es schon Belohnung genug, dass man besser als die anderen ist. Drittens ist sie auch einfacher auf eine reale Situation überzuführen. Umstände, die die Aufgabe erschweren, sind dann beispielsweise Fahrtzeit an Stelle von Weg zu optimieren, oder einplanen, dass der volle Wagen zwischendurch auf die Deponie fahren muss, um geleert zu werden. Dies wären dann aber weiterführende Probleme, mit denen sich Gruppen auseinandersetzen könnten, die schon eine sehr gute oder sogar die optimale Route gefunden haben.

4.6 Reflexion des Feedbackbogens

In diesem Abschnitt möchte ich auf die in den Ergebnissen erwähnten Unterschiede eingehen und versuchen, eine Erklärung für ebendiese zu finden.

4.6.1 Vorerfahrung

Wie schon in 4.5.1 diskutiert, gaben die Schüler einen höheren Grad der Vorerfahrung an, je jünger sie waren, was wahrscheinlich nur auf deren subjektive Selbsteinschätzung zurückzuführen ist und nicht auf ihre tatsächliche Vorerfahrung.

4.6.2 Zufriedenheit mit dem Ergebnis

Allgemein waren die Schüler zufriedener mit ihrem Ergebnis, je älter sie waren, auch wenn dieser Unterschied nur sehr gering ausgeprägt ist. Besonders auffallend war hingegen die Zufriedenheit der Achtklässler, die komplett frei arbeiten konnten. Mit einem Mittelwert von 3,27 auf einer Skala von 0 bis 4 gaben sie eine sehr hohe Zufriedenheit mit dem von ihnen gefundenen Hubschrauberlandeplatz an. Dieses Ergebnis ist deutlich höher als bei allen anderen Gruppen und ist eventuell dadurch zu erklären, dass die Schüler ihre Arbeit als komplett selbstständig betrachteten und nicht das Gefühl hatten, in eine Richtung geleitet worden zu sein, der sie nicht folgen wollten. So sahen sie ihr selbst erarbeitetes Ergebnis vielleicht mit anderen Augen und betrachteten es mit einer gewissen Art von Stolz.

In einer Studie der Harvard Business School mit dem Titel „The „IKEA Effect“: When Labor Leads to Love“ (Norton et al., 2011) wurden Teilnehmer gebeten, Origami zu falten und anschließend ihr Produkt mit einem Preis bis zu einem Dollar zu bewerten. Ihnen wurde gesagt, dass anschließend eine zufällige Zahl von 0 bis 100 gezogen würde und mit dem von ihnen veranschlagten Preis verglichen. Sollte ihr Preis in Cent höher sein, würden sie ihn zahlen und das Origami behalten dürfen, andernfalls würden sie leer ausgehen. Davor wurden sie aber weggeschickt und eine andere Gruppe von

Testpersonen hereingebeten, die nicht in der Produktion der Origami involviert waren. Ihnen wurden ebenfalls die zuvor gefalteten Kraniche und Frösche angeboten und zusätzlich einige von Experten produzierte. Es stellte sich heraus, dass zum einen die Nicht-Falter die Origami der Studenten größtenteils als wertlos ansahen, zum anderen die Falter für ihre Kreationen etwa so viel zahlen würden wie die Nicht-Bauer für die von Experten gefertigten Origami. Zusammenfassend kann man sagen, dass der Ikea Effekt besagt, dass selbst gebautes bzw. etwas, in das man eigene Energie gesteckt hat, als besser empfunden wird.

Ähnlich kann es auch bei den Schülern zu einer Form des sogenannten „sunk cost effect“ (Arkes & Blumer, 1985) gekommen sein, wobei Dinge als wertvoller erscheinen, wenn man schon viel Geld oder Arbeit hineingesteckt hat. Dieser Effekt könnte eben die frei arbeitenden Schüler stärker beeinflusst haben, da sie ihre Arbeit auch wirklich als ihre ansahen und die angeleiteten Gruppen sozusagen für jemand anderen arbeiteten und dadurch möglicherweise auch nicht in gleichem Maße in das Projekt involviert waren.

4.6.3 Motivation

Wie in den Ergebnissen (3.3.3) dargestellt, gab es bei den beiden jüngeren Altersgruppen – zweite und fünfte Klasse – wenige Unterschiede hinsichtlich der Motivation, mehr über erforderliche mathematische Inhalte zu erfahren. Im Gegensatz dazu wichen die Meinungen der Achtklässler in Bezug auf das Motivationskriterium relativ stark voneinander ab, je nachdem, ob die angeleitete Version oder die offene Variante bearbeitet wurde. Ein Grund dafür könnte sein, dass das unbekannte offene Format die Neugierde der Schüler weckte.

Der Unterschied zu den jüngeren Schülern könnte dadurch zu begründen sein, dass in die Frage, ob man nach Konfrontation mit der Aufgabe mehr Motivation hat sich mit mathematischen Inhalten auseinanderzusetzen, die generelle mathematische Begeisterung des Befragten hineinprojiziert wurde. Es könnte demnach angenommen worden sein, dass die erforderlichen mathematischen Kenntnisse zum Beispiel Stoff der

nächsten Jahre wären und man nur allgemein geantwortet hatte, ob man sich darauf freue. Die Achtklässler hatten zu dem Zeitpunkt schon mit dem Schulstoff abgeschlossen, wodurch sie sehr gut wussten, was sie gelernt hatten und was planweise nicht im Unterricht vorkommt.

Eventuell könnte ein weiterer beeinflussender Faktor sein, dass sich Achtklässler sehr gut selbst einschätzen können und schon im Vorfeld eher die freieren Varianten gewählt hatten, wenn ihre Grundeinstellung der Mathematik gegenüber eine eher positive war. So könnte sich in der Gruppe der angeleitet Arbeitenden der Frust breitgemacht haben, wenn sie die Aufgabe mit ihrem strengen Rahmen nur als „weitere Aufgabe, die man halt macht und Gelerntes anwendet“ ansehen, wie auch von einem Schüler so beschrieben. Für ihn und andere auch, war der Unterschied zu klassischen Textaufgaben nicht klar ersichtlich. Schlimmer noch, nach seinem Empfinden musste man wenig im Vorfeld über die Aufgabe nachdenken und einfach nur die Punkte Schritt für Schritt abarbeiten. Laut den Aussagen des Schülers hätten sich er und einige Kollegen im Nachhinein gewünscht, doch an der offenen Version gearbeitet zu haben, da es auch vermehrt ein Erfolgserlebnis vermitteln würde, wenn man „so eine umfassende Aufgabe ohne Hilfestellung bewältigen kann“. Dem gegenübergestellt wäre aber auch der Frust, wenn man sich ohne Unterstützung verloren fühlt und nicht weiß, wie man an die Sache herangehen soll. Davon berichteten aber von allen Gruppen kein einziger Schüler im Feedbackbogen, wenngleich während der Arbeit schon ab und zu Unmut geäußert wurde.

4.6.4 Unterstützung

Wenig überraschend schätzten die Schüler den Grad der Hilfestellung höher ein, wenn sie sich mit der angeleiteten Version befassten, als jene, die die freieren Versionen bearbeiteten. Interessant ist hierbei der Wert der ganz frei arbeitenden Gruppen (achte Klassen, offene Version), welcher höher als jener der unterstützten Variante ist. Das hohe Ergebnis kommt vor allem dadurch zustande, dass ein Schüler auf der Skala von 0

bis 4 mit 3 geantwortet hat und zwei weitere sogar mit 4. Ich könnte mir vorstellen, dass dies drei Schüler derselben Gruppe waren, die besonders motiviert waren, komplett eigenständig zu einem Ergebnis gekommen zu sein und möglicherweise unzufrieden darüber waren, auch nur den kleinsten Input zu bekommen, sei es durch andere Gruppen, deren Diskussionen in dem kleinen Raum unweigerlich mitgehört wurden, oder durch mich, wenn ich mich über den aktuellen Stand informierte und Dinge zielgerichtet hinterfragte. Interessanterweise, wurde aber von keinem einzigen Schüler rückgemeldet, dass weniger Unterstützung gewünscht gewesen wäre. Vielleicht hat ihnen der Austausch mit anderen Gruppen doch auch geholfen zu einem besseren Ergebnis zu gelangen, zumindest waren diese drei Schüler mit ihrem gefundenen Standort sehr zufrieden.

Die allgemein hohe Zufriedenheit in allen Gruppen und den nur leicht aufkommenden Wunsch nach mehr Unterstützung würde ich so interpretieren, dass die Schüler vielleicht erstens nicht genau abschätzen können, ob ihnen diese vermehrte Unterstützung geholfen hätte und zweitens nicht gewohnt sind, sich darüber allzu viele Gedanken zu machen und Hilfe annehmen, wenn sie vorhanden ist, aber nur relativ selten einfordern. Meine persönliche Erfahrung im Unterricht ist jene, dass es in jeder Klasse ein paar wenige Schüler gibt, die aktiv Unterstützung einfordern, während sich die meisten anderen passiv „berieseln“ lassen oder sich nicht trauen, fehlendes Wissen kundzutun.

Aus einer Studie der George Mason University Florida (Kitsantas & Chow, 2007), die sich mit dem Fragenstellen von High-School-Schülern beschäftigt, geht hervor, dass diese es bevorzugen, den Lehrer (oder auch andere Schüler) auf elektronischem Weg um Hilfe zu bitten und nicht im Klassenzimmer. Außerdem sei es ihnen angenehmer, wenn dieser Nachrichtenverkehr privat ablaufe und nicht über einen Gruppenchat. Über alle Kommunikationswege hinweg wurde der Emailverkehr an erster Stelle genannt. Zusätzlich zur verringerten Blöße nannten die Schüler als weitere Vorteile, dass man jederzeit fragen könne und dass man sich sehr genau überlegen könne, wie man die Frage formuliert.

4.6.5 Vergleich mit anderen Gruppen

Für mich persönlich war es sehr überraschend, dass es nur ein Viertel der teilnehmenden Schüler interessiert hat, was bei den anderen Gruppen als Standort für den Helikopterlandeplatz herausgekommen war. Hätte ich an so einer Aufgabe teilgenommen, hätte ich im Anschluss sofort bei anderen Gruppen nachgefragt, die Ergebnisse verglichen und wahrscheinlich auch über die Vorgehensweise diskutiert. Es könnte sein, dass die Schüler der unteren Schulstufen dazu noch nicht die Reife haben und die Aufgabe einfach als abgehakt ansehen und sich nicht weiter damit beschäftigen wollen. Leider ist dieses Verhalten meiner Erfahrung nach im Schulalltag sehr weit verbreitet und entspricht eher der Norm, als dass Schüler (wenn sie nicht dazu aufgefordert wurden) bereits erledigte Aufgaben noch einmal durchgehen und untereinander vergleichen. Unter den Achtklässlern war die Quote jener, die verglichen haben, um einiges höher, was darauf hindeutet, dass zumindest Interesse geweckt wurde, wie es hätte anders gehen können, und sich in dem Alter schon eine gewisse Reife hinsichtlich des Hinterfragens erledigter Aufgaben zeigt.

Unter den Achtklässlern war es eben auch so, dass sich ein paar hätten vorstellen können, eine andere Version zu bearbeiten. Dies betraf vor allem jene, die unterstützt gearbeitet hatten. Ein Teil dieser Schüler hätte gerne an der offenen Version gearbeitet, also noch weniger Input bekommen, um zu sehen, ob er dann auch auf ein ebenso gutes Ergebnis gekommen wäre.

Über alle anderen Klassen- und Versionenkombinationen hinweg war die gängige Meinung, dass die Schüler mit der von ihnen gewählten Version grundsätzlich zufrieden waren. Nun ist es aber so, dass der Großteil ohnehin nicht mit anderen Gruppen verglichen hat, also gar nicht weiß, wie es in einem anderen Kontext abgelaufen wäre. Dazu kommt noch, dass einige zweifelhafte Motive angaben, warum sie ungern Version gewechselt hätten. Da gibt es zum einen Schüler, die mit den freieren Versionen arbeiteten und sich vom Umfang der Anleitung einschüchtern ließen. Für einige Schüler war es so, dass sie von der angeleiteten Version eher abgeschreckt waren, da es bei dieser Form sehr detaillierte Anweisungen gab, die mitunter auch etwas komplexer

formuliert waren als die Überlegungen, die die Schüler in den freier arbeitenden Gruppen anstellten. Aus diesem Grund gab es viele Rückmeldungen, dass die angeleitete Version vielleicht interessant gewesen wäre, aber „nachdem ich gehört hatte, dass sie vier Seiten hatte, nicht mehr“ (siehe Abb. 4.7) oder dass es „interessant gewesen [wäre], es ohne die genaue Anleitung zu machen und wahrscheinlich auch etwas weniger frustrierend, auch wenn ich wahrscheinlich keine Ahnung gehabt hätte wie [ich] anfangen [sollte].“ Für manche Schüler lag es schlichtweg an der Formulierung der Aufgabenstellung, so schrieb eine Person auf die Frage, ob sie lieber in der offenen Version gearbeitet hätte: „ja, weil man ohne Anleitung irgendwas machen kann und jetzt nicht das Problem hat eine Aufgabenstellung nicht lösen zu können, weil man die Anleitpunkte nicht versteht“.

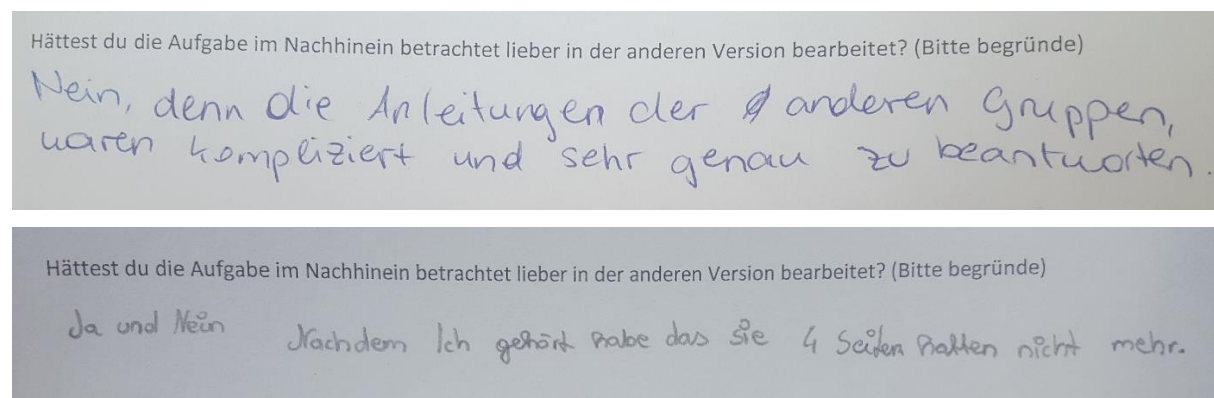


Abb. 4.7: Antwort zweier Schüler auf die Frage, ob sie lieber an der anderen Version (in dem Fall an der angeleiteten Variante) gearbeitet hätten.

Zum anderen gab es auch Schüler, die die Frage anscheinend komplett falsch verstanden haben und aus diesem Grund mit „Nein“ antworteten (Abb. 4.8). Hier kann man nur spekulieren, was ihre eigentliche Antwort wäre, aus diesem Grund wurden solche Antworten aus dem Datensatz entfernt.

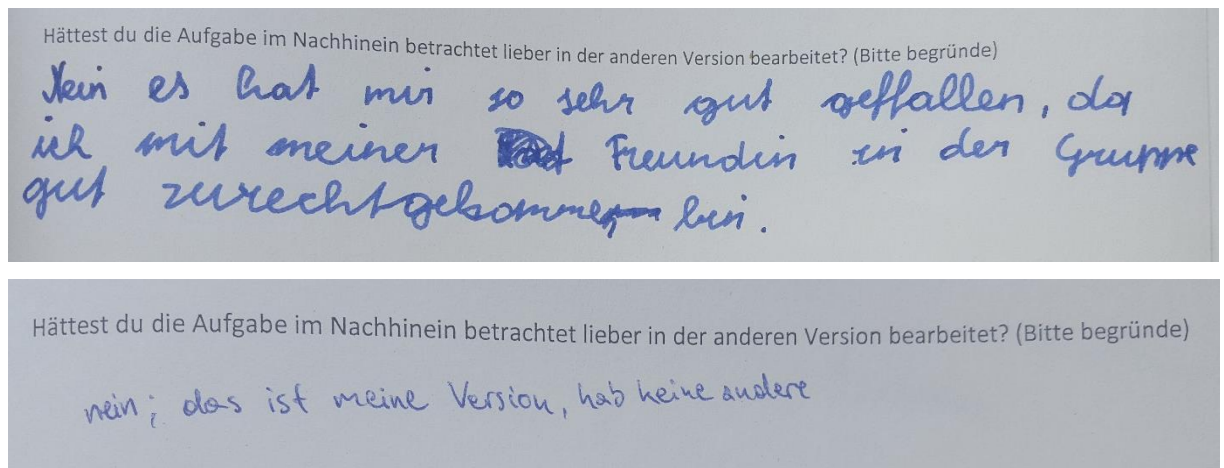


Abb. 4.8: Antworten von Schülern, die darauf hindeuten, dass die Frage nicht verstanden wurde und deswegen nicht sinnvoll verwendet werden konnten.

4.6.6 Realitätsnähe und persönlicher Bezug

Es ist ein erfreuliches Ergebnis, dass die meisten Schüler der Meinung waren, dass die Aufgabenstellung realistisch gewesen sei. Nur ein einziger gab an, dass der Bezug zur Realität absolut nicht gegeben sei. Rund zwei Drittel sahen die Aufgabe als realitätsnah oder sehr realitätsnah an. Dies soll auch der Anspruch an eine Modellierungsaufgabe sein, eine reale Situation mit einem realen Problem darzustellen, das vereinfacht und mathematisiert wird, um dann daran zu arbeiten. Schade, dass der vorhandene Realitätsbezug im Gegenzug nicht ausreichend dazu beisteuerte, dementsprechend motivierter an die Aufgabe heranzugehen. Ich kann mir vorstellen, dass bei einigen Schülern die Grundmotivation schon relativ gering war, sich vier Stunden mit der Bearbeitung einer Mathematikaufgabe auseinanderzusetzen, sodass sie dem Ganzen gar nicht die Chance gaben, etwas Anderes als eine gewohnte eingekleidete Aufgabe zu sein. Eine Schülerin gab dies sogar als ihren Bezug an, nämlich solche Aufgabe aus dem regulären Unterricht zu kennen (Abb. 4.9). Spannenderweise beschäftigte sich diese Schülerin aber mit der offenen Version, also mit jener, die eigentlich am weitesten von aus dem Unterricht bekannten Schemata abweicht.

Hattest du einen persönlichen Bezug zu der Aufgabe? Wenn ja beschreibe diesen kurz und reflektiere, ob dir dieser geholfen hat, dich intensiver mit der Aufgabe auseinanderzusetzen!

Ich hatte nicht wirklich einen persönlichen Bezug zur Aufgabe, aber da wir in Mathe ähnliche Aufgaben (mit mehr Angaben natürlich) bekommen, war sie mir nicht so fremd. Da aus diesem Grund war es schon einfacher, sich mit dieser Aufgabe auseinanderzusetzen, weil wir als Gruppe einem bestimmten Schema gefolgt, nämlich der, den wir von der Schule vorgelegt bekommen. (→ also eine bestimmte Herangehensweise)

Abb. 4.9: Antwort einer frei arbeitenden Schülerin der achten Klasse, auf die Frage, ob sie einen persönlichen Bezug zum Thema der Aufgabe hat. Ihr Kontext ist die Ähnlichkeit zu bearbeiteten Aufgaben des Unterrichts, die nach einem gewissen Schema zu lösen sind.

Ich kann mir nicht vorstellen, was für ein bereits bekanntes Schema bei dieser Modellierungsaufgabe anzuwenden wäre, womit diese Aufgabe schnell und einfach, ohne kreative Lösungsansätze, zu bewältigen wäre.

4.6.7 Arbeiten in der Gruppe

Es ist meiner Meinung nach nicht besonders verwunderlich, dass die meisten Schüler es bevorzugten, in Kleingruppen zu arbeiten, anstatt die Aufgabe allein bewältigen zu müssen. Interessant ist es, dass zwar fast alle den Informationsaustausch und die gegenseitige Unterstützung ansprachen, aber nur die Zweitklässler in ihren Antworten zugaben, dass sie es sind, die die Unterstützung brauchen können. Oberstufenschüler gaben verallgemeinert an, dass es sinnvoll sei in der Gruppe zu arbeiten, denn wenn jemand Unterstützung brauche, könne er sie so schneller bekommen. Zweitklässler hingegen formulierten das Problem aus ihrer Sicht und schrieben zum Beispiel: „Als ich Probleme hatte, konnte mir meine Freundin helfen und dann haben wir weitergemacht“. Anscheinend gestehen sie sich Fehler ein und beantworten prinzipiell

freier heraus, was sich auch darin widerspiegelte, dass sie meinten, in der Gruppe nicht nur zielführend zu arbeiten, sondern sich auch gut mit den anderen zu unterhalten und prinzipiell weniger Arbeitslast zu haben. Es ist anzunehmen, dass die Schüler der Oberstufe ähnlich dachten, dies aber nicht zu Papier brachten. Dies würde darauf hindeuten, dass sozial erwünschtes Antwortverhalten (Edwards 1953) bei jüngeren Schülern noch nicht so stark ausgeprägt ist wie bei den älteren.

4.6.8 Nicht bearbeitete Faktoren

Anscheinend erkannten die Schüler der achten Klassen am ehesten die Tragweite der Aufgabenstellung und das Problem, dass man mit dem engen Zeitrahmen von nur vier Schulstunden klarerweise nicht alle Faktoren im Detail berücksichtigen. Für die Zweitklässler war das Thema nach der Bearbeitung größtenteils sehr schnell abgehakt und man schien sich sicher, dass man sowieso alles berücksichtigte, während die Achtklässler einige fehlende Faktoren aufzuzählen wussten. Ich kann mir vorstellen, dass die allgemeine Konzentration in den höheren Klassen besser ausgeprägt war, einerseits, weil diese es eher gewohnt sind, sich über einen längeren Zeitraum mit derselben Aufgabenstellung auseinanderzusetzen, wie zum Beispiel bei mehrstündigen Schularbeiten. Andererseits auch, weil es ihnen allgemein leichter fällt, sich auf ein Thema zu konzentrieren, während die Unterstufenschüler sich schnell ablenken lassen. Dies ist vor allem schnell möglich in einem Computerraum, wo einem die unendlichen Möglichkeiten des Internet offenstehen und es sehr verlockend sein kann, sich beispielsweise gegenseitig diverse Internetseiten zu zeigen oder Browserspiele zu spielen. Eine Gruppe Zweitklässler hat sogar in ihrem Feedbackbogen offen zugegeben, sich eine Zeitlang mit Google Earth abgelenkt und sich diverse Orte auf der Welt angeschaut zu haben, anstatt sich mit der Aufgabe zu beschäftigen.

4.6.9 Aufgetretene Probleme und frustrierende Momente

Es ist meiner Meinung nach wenig überraschend, dass die Schüler der zweiten Klassen vermehrt über Probleme im Umgang mit dem Computer oder einzelnen Programmen klagten. Auch wenn sich die Jugend mittlerweile immer früher mit digitalen Medien auseinandersetzt, wird oft auch von Lehrkräften zu viel an Kenntnissen vorausgesetzt (Bennett et al., 2008). Unter Berücksichtigung dieser Schwierigkeiten wäre es bestimmt sinnvoll gewesen, den Schülern eine ausgedruckte Karte des Skigebietes zur Verfügung zu stellen und ihnen noch einmal zu sagen, dass sie das Protokoll nicht auf dem Computer verfassen müssen (was sie ohnehin nicht mussten).

Interessant war die Tatsache, dass sich die Fünftklässler viel mehr mit ihren Mitschülern verglichen als die Zweit- beziehungsweise Achtklässler. Während des Arbeitens gingen die Schüler von Gruppe zu Gruppe und beobachteten, was die anderen jeweils gerade machten. Nicht etwa, um Tipps zu geben, oder sich Informationen zu holen, sondern allein zu dem Zweck, sich mit den anderen zu vergleichen. Nun gaben dann auch ein paar Schüler im Feedback an, es als frustrierend erlebt zu haben, dass andere Gruppen in der Bearbeitung der Aufgabenstellung schon weiter fortgeschritten waren. Dies betraf jedoch nur die Gruppen der angeleiteten Version, bei der es ersichtlich ist, wo man sich im Vergleich zu den anderen Gruppen gerade befindet.

Am reflektiertesten beantworteten die Achtklässler die Fragen zu aufgetretenen Problemen und frustrierenden Momenten. Von den beiden anderen Schulstufen wurden hier keine inhaltlichen Probleme rückgemeldet, sondern eher organisatorische. Den Feedbackbögen zu entnehmen war, dass die Schüler der achten Klassen hingegen ihre Arbeit hinterfragten und dann auch teilweise zu der Erkenntnis kamen, dass manche eingeschlagenen Wege Sackgassen waren und die Arbeit umsonst gewesen war. Verständlicherweise wurde dies dann als besonders frustrierend erlebt. Meiner Meinung nach zeugt eine solche Vorgangsweise aber davon, dass sich die Schüler viel intensiver mit der Aufgabe auseinandersetzten und nicht einfach weitermachten, wenn Ungereimtheiten auftraten. Verglichen damit gab es auch Schüler (der jüngeren Klassen), die aufgetretene Probleme einfach ignorierten und Bedingungen verwarfen,

auch wenn sie selbst wussten, dass diese wichtig gewesen wären. Abb. 4.10 zeigt dies beispielhaft an Hand der Antworten einer Schülerin der fünften Klasse.

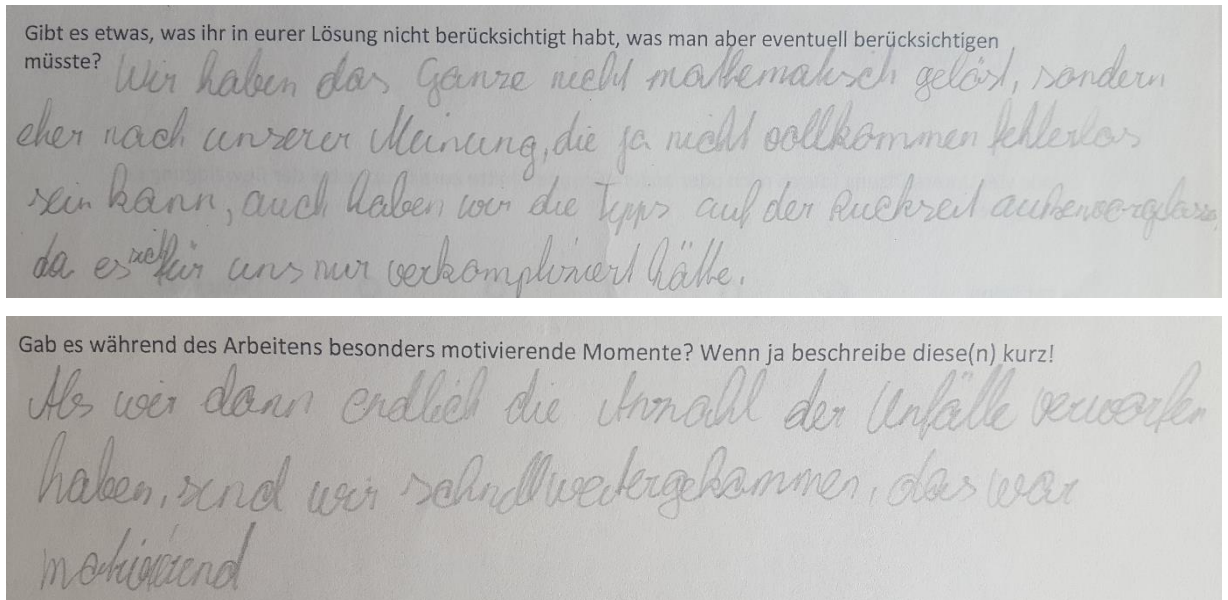


Abb. 4.10: Eine Schülerin der fünften Klasse weist darauf hin, dass ihre Gruppe relevante Dinge „unter den Tisch fallen ließ“, um schneller voranzukommen, wissentlich, dass diese wichtig gewesen wären.

4.6.10 Mathematische Kenntnisse

In den Antworten der Schüler zu dieser Frage wurde viel zu häufig die Ansicht vermittelt, dass „sowieso gar keine Mathematik gebraucht wurde, sondern nur logisches Denken“, wie beispielhaft in Abb. 4.11 zu sehen.

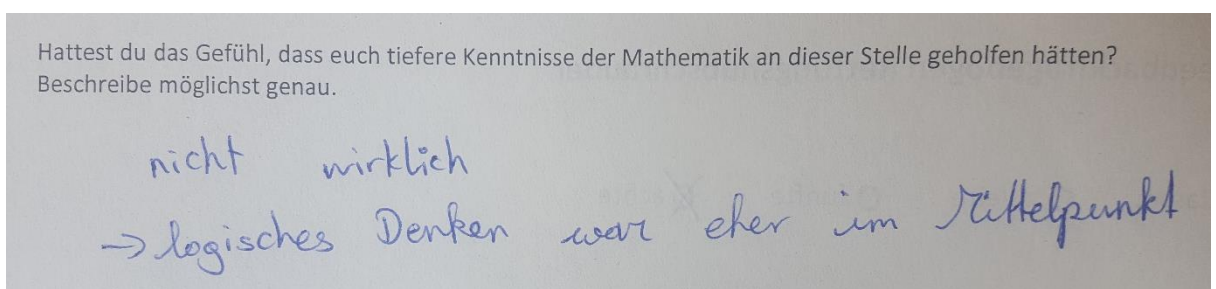


Abb. 4.11: Antwort eines Schülers auf die Frage, ob seiner Meinung nach tiefergehende mathematische Kenntnisse in der Bewältigung der Aufgabe geholfen hätten.

Eine weitere häufige Antwort war die Aussage, dass zwar nicht Mathematik erforderlich gewesen sei, wohl aber Physik, da man verschiedene Dinge mit einer Formel (in den meisten Fällen $v = \frac{s}{t}$) berechnen könne (Abb. 4.12). Interessanterweise gaben zwei Schüler der achten Klassen an, mit der Anwendung ebendieser Formel Probleme gehabt zu haben (Abb. 4.13). Dies stellte für mich eine ziemlich erschreckende Erkenntnis dar, da es für Achtklässler absolut kein Hindernis darstellen sollte, eine relativ einfache Formel umzuformen.

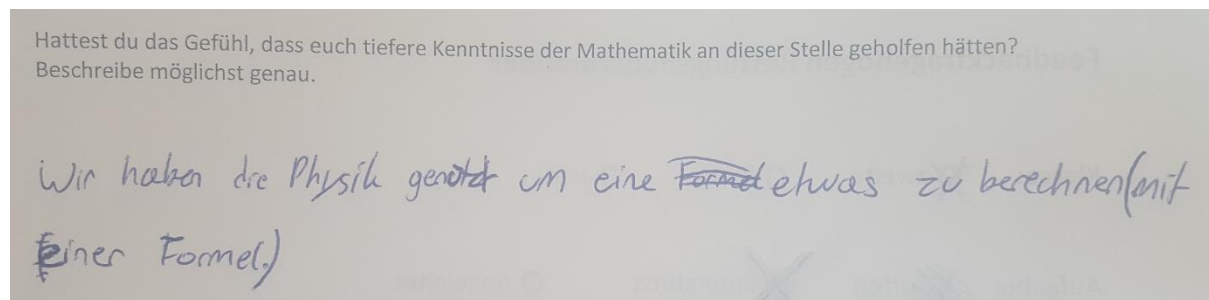


Abb. 4.12: Nach Aussage einer Schülerin braucht man keine Mathematik, um sich bei der Aufgabe etwas zu berechnen, wohl aber die Physik – diese liefert benötigte Formeln.

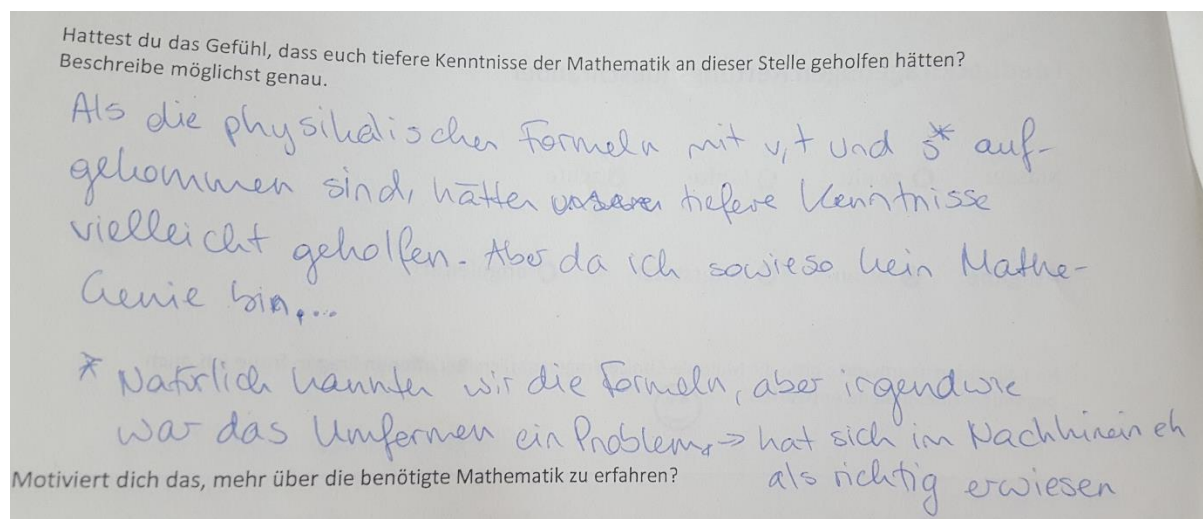


Abb. 4.13: „Geständnis“ einer Schülerin, dass es bei der Anwendung der physikalischen Formeln zur Berechnung der benötigten Zeit Probleme beim Umformen gab. Ihrer Meinung nach hätten tiefere mathematische Kenntnisse an dieser Stelle geholfen.

Andere wiederum waren der Ansicht, dass es sich bei der Aufgabe um ein praktisch relevantes Beispiel handelte und, wäre es theoretischer gewesen, dann hätte man

Mathematik anwenden können. Diese Überlegung zeigt, dass die Schüler in ihrem bisherigen Kontakt mit Mathematik sehr wahrscheinlich wenig bis gar keine wirklich praxisrelevanten Beispiele bearbeitet haben, sondern nur eingekleidete Aufgaben, die die Kenntnis des Erlernten überprüfen sollen. Dasselbe zeigt sich auch darin, dass die Schüler laut Feedbackbogen der Meinung sind, dass andere Fächer eine höhere Relevanz für die Bearbeitung der Aufgabe haben, anstatt zu erkennen, dass es ein Zusammenspiel verschiedenster Fachrichtungen benötigt. Erfahrungen mit fächerübergreifendem bzw. interdisziplinärem Unterricht zu sammeln ist meiner Erfahrung nach für die Schüler allgemein schwierig, weil dieser viel zu selten angeboten wird, da sich dafür diverse organisatorische Komplikationen in den Weg stellen. Allein schon sich mit anderen Lehrpersonen auf eine geeignete Dauer im Rahmen eines starren Stundenplanes zu einigen oder andere Kollegen zu fragen, ob Stunden getauscht werden können, ist oft eine sehr große Herausforderung, und die Organisation ist auf die intrinsische Motivation der Lehrer angewiesen (Häsing, 2009).

4.6.11 Motivierende Momente

Es ist schade, dass es für die Schüler während des Arbeitens in Bezug zur Aufgabe keine motivierenden Momente gab und erst das Abschließen der Aufgabe befriedigend war. Es ist natürlich verständlich, dass man sich freut, wenn eine große Aufgabe abgeschlossen ist, aber gerade bei einer Modellierungsaufgabe sollte es im Idealfall auch zwischendurch immer wieder Momente geben, in denen man seine bisherige Arbeit betrachtet und mit seinen Überlegungen zufrieden sein kann und sich dadurch für die weitere Verfeinerung des Modells motivieren kann.

Es ist erfreulich, dass die Schüler Spaß dabei hatten, die Übersichtskarte zu bemalen, um sie in die verschiedenen Bereiche zu gliedern. Das zeigt andererseits aber leider auch, dass es für die Schüler am angenehmsten war, als sie sich nicht besonders anstrengen mussten, aber dennoch eine Aufgabe zu erledigen hatten und auf diese Weise das Projekt weiterbrachten.

„Psychologische Studien haben gezeigt, dass Menschen das Nichtstun eher scheuen. Doch dieselben Studien zeigen auch, dass Menschen, wenn sie nicht gerade gute Gründe dafür haben, geschäftig zu sein, im Durchschnitt lieber untätig wären. Einerseits scheuen wir uns, untätig zu sein, andererseits würden wir gleichzeitig lieber faulenzten. [...] gibt man Menschen auch nur den leisesten, ja fadenscheinigsten Grund etwas zu tun, werden sie geschäftig.“ (Smart, 2014)

Dies könnte in diesem Fall auch auf die Schüler zutreffen. Im Allgemeinen ist es mühsam, sich mit einer komplexen Sache für mehrere Stunden auseinanderzusetzen und kann zu Frustration führen. Da kann es als gelegene Abwechslung kommen, wenn man sich mit einer nicht ganz so anspruchsvollen Tätigkeit beschäftigen und das Gehirn quasi „auf Autopilot schalten“ kann und trotzdem etwas Sinnvolles zur Erledigung der Ziele beiträgt.

5 Fazit

Unerfreulicherweise ist mein persönliches Fazit, das sich nicht die erwarteten Ergebnisse gezeigt haben; nicht aber weil die Hypothese, dass ältere Schüler eine andere Herangehensweise an Modellierungsaufgaben zeigen, weil diese für sie schon etwas Gewohntes darstellen, verworfen werden muss, sondern weil die Grundvoraussetzungen schon nicht eingetreten waren. Der Kernpunkt der Studie – der Vergleich der Modellierung zwischen den Altersgruppen – konnte nur unzureichend bis gar nicht bearbeitet werden, da allein schon die Annahme, dass die älteren Schüler bereits mehr Berührungspunkte mit Modellierungsaufgaben während ihrer Schullaufbahn hatten, leider nicht stimmte.

Zusätzlich kam erschwerend hinzu, dass die Aufgabe vor allem von den freier arbeitenden Gruppen nur sehr oberflächlich behandelt wurde und es nicht als notwendig erachtet wurde, gewisse Aussagen auch mathematisch zu begründen. Da kann es sein, dass es besser gewesen wäre, eine Aufgabe zu wählen, bei der es offensichtlicher ist, wo und wie man seine mathematischen Kenntnisse einfließen lassen kann. So eine Aufgabe wäre dann aber weniger geeignet, die Unterschiede in der Herangehensweise zu beleuchten, worum es ja in dieser Arbeit hätte gehen sollen.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren eben weniger in einem mathematischen Kontext zu sehen, sondern eher auf einer Metaebene zu beobachten. Da waren es zum Beispiel die Gruppenprotokolle, die bei den Achtklässlern weitaus ausführlicher geführt wurden als bei den jüngeren Schülern. Zusätzlich waren sie nicht nur sehr umfangreich, sondern auch um einiges strukturierter und nachvollziehbarer und im Allgemeinen brauchbarer, wenn man sich nach längerer Zeit noch einmal mit seiner Arbeit auseinandersetzen wollte. Man konnte also feststellen, dass die allgemeine Organisiertheit und Arbeitsgenauigkeit der Schüler mit dem Alter zunahmen.

Auf der anderen Seite war die Offenheit, Probleme zu kommunizieren, bei den jüngeren Schülern weitaus höher gegeben. Diese machten sich quasi sofort bemerkbar, wenn sie

Hilfe brauchten, während die älteren tendenziell zuwarteten. Ein möglicher Grund dafür könnte auf jeden Fall auch sein, dass vor allem die Zweitklässler schlichtweg mehr Probleme hatten und nur die hilfebedürftigsten sich schnell meldeten. Dies würde durch die Tatsache unterstützt werden, dass die aufgetretenen Schwierigkeiten oftmals technischer Natur waren, sei es, dass die Schüler nicht wussten, wie man druckt oder wie man eine Karte im Internet sucht.

Was auch beobachtet werden konnte, war, dass die Konzentration, mit der die Schüler arbeiteten, bei den Jüngeren weitaus schneller nachließ als bei den Älteren. Das hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die Älteren – vor allem die Achtklässler – es schon eher gewohnt sind, sich länger intensiv mit einem Thema auseinanderzusetzen, da sie unter anderem auch schon mehrstündige Schularbeiten gewohnt sind. Es ist auch allgemein bekannt, dass die Aufmerksamkeitsspanne und Konzentrationsfähigkeit mit dem Alter zunimmt (Schaefer&Millman, 1994).

Als Gemeinsamkeit über alle Altersgruppen hinweg konnte festgestellt werden, dass die Schüler eine viel größere Motivation verspürten, an den offeneren Fragestellungen zu arbeiten als an der angeleiteten Version. Laut Rückmeldungen einzelner Schüler war der Hauptgrund, dass die angeleitete Variante viel zu sehr den bekannten Aufgaben aus dem Unterricht ähnelte, während die freieren Versionen die Alltagsrelevanz viel stärker vermittelten. Als Konsequenz waren die Schüler motiviert, die gegebene Aufgabe nicht als Übung und Mittel zum Zweck anzusehen, sondern als Möglichkeit, diese zu „ihrem Projekt“ zu machen und sich kreativ am Bewältigungsprozess beteiligen zu können. Meines Erachtens wäre es wichtig, diese realitätsbezogene Mathematik in den Schulen zu forcieren und zum Beispiel jährlich einen „Modellierungstag“ durchzuführen, an dem an unterschiedlichen Projekten gearbeitet werden kann. Dies könnte dann sogar Schulstufen übergreifend stattfinden, in der Form, dass verschiedene Projekte ausgehängt werden und sich Spezialistenteams dazu finden sollen, unabhängig davon, in welcher Altersstufe sie sich gerade befinden. Dadurch kann ein vernetzteres Denken, nicht nur im mathematischen Kontext, sondern auch in anderen schulischen und

außerschulischen Bereichen erzielt werden und der Ablauf einer Modellbildung zu etwas Alltäglichem werden.

Da Modellierung aber noch nicht so im Lehrplan gefestigt ist, wäre es wahrscheinlich sinnvoll, die Studie in ein paar Jahren zu wiederholen, und vor allem im Vorfeld zu überprüfen, ob die älteren Schüler in ihrer Schullaufbahn schon ein paar Mal mit einer Modellierungsaufgabe zu tun hatten. Ich denke immer noch, dass sich dann in der Herangehensweise an die Aufgabe Unterschiede zwischen den Altersgruppen zeigen, die hier nur auf Grund der nicht vorhandenen Vorkenntnisse ausblieben.

6 Quellenverzeichnis

- Arkes, H.R.; Blumer, C. (1985): The Psychology of Sunk Cost. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 35, 124-140 (1985)
- Bennet, S.; Maton, K.; Kervin, L. (2008): The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence. *British Journal of Educational Technology* Vol 39 No 5 2008 775–786 doi:10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x
- Blum, W.; Leiss, D. (2005): „Filling Up “-the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. In *CERME 4–Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1623-1633).
- Castellani, C.; Singer, G.; Petnehazy, T.; Wernitznigg, D.; Till, H. (2018): Verletzungsmuster von Kindern und Jugendlichen auf steirischen Skipisten. *Paediatr Paedolog* 2018 · 53:226–230
- Düwell, K. (2015): Verletzungsmuster und Verletzungsrisiko im alpinen Wintersport am Beispiel der Skiregion Oberstdorf. *Dissertation Aus der Orthopädisch-Chirurgischen Gemeinschaftspraxis im Medizinischen Versorgungszentrum am Nordbad*
- Edwards, A. (1953). "The relationship between the judged desirability of a trait and the probability that the trait will be endorsed". *Journal of Applied Psychology*. 37 (2): 90–93. doi:10.1037/h0058073.
- Fast, M.; Gerber, A.; Koth, M.; Langer, R.; Meließnig, C.; Nösterer, F.; Platzgummer, F.; Straka, C. (2012): Themenheft Mathematik „Modellieren“. Volksschule Grundstufe I + II BIFIE (Hrsg.), Graz: Leykam, 2012 ISBN 978-3-7011-7801-8
- Harris, C.M. (1991): Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control. New York: McGraw-Hill
- Häsing, P. (2009): Fächerübergreifender Unterricht in der gymnasialen Oberstufe aus Sicht der Lehrenden. Eine qualitative Studie. Kassel: kassel university Press 2009, 88 S. urn:nbn:de:0111-opus-33405
- Henn, H.-W.; Meyer, J. (2014): Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 1. *ISTRON-Schriftenreihe, Springer Fachmedien Wiesbaden* 2014
- Humenberger, H.; Bracke, M. (2017): Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 1. *ISTRON-Schriftenreihe, Springer Fachmedien Wiesbaden* 2017
- Huth, M. & Schröder, C. J. (1992): Was Schüler lernen wollen. *Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage.-Pädagogik*, 44, 7-8.
- Kitsantas, A.; Chow, A. (2007): College students perceived threat and preference for seeking help in traditional, distributed, and distance learning environments. *Computers & Education* 48 (2007) 383–395

Lucangeli, D.; Tressoldi, P.; Cendron, M. (1998): Cognitive and Metacognitive Abilities Involved in the Solution of Mathematical Word Problems: Validation of a Comprehensive Model. *Contemporary Educational Psychology Volume 23, Issue 3, July 1998, Pages 257-275*

Maaß, J.; Siller, H.-S. (2014): Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 2. *ISTRON-Schriftenreihe, Springer Fachmedien Wiesbaden 2014*

Norton, M.I.; Mochon, D.; Ariely, D. (2011): The “IKEA Effect”: When Labor Leads to Love. *Working Paper 11-091 – not published*

Ortlieb, C.P.; v. Dresky, C.; Gasser, I.; Günzel, S. (2013): Mathematische Modellierung – Eine Einführung in zwölf Fallstudien. *Springer Fachmedien Wiesbaden 2013*

Salzger, B.; Bachmann, J.; Germ, A.; Riedler, B.; Singer, K.; Ulovec, A. (2017): Mathematik verstehen 4. *Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien 2017*

Schaefer, C.; Millman, H.L. (1994): How to help children with common problems. *Jason Aronson, Incorporated, 1994*

Schukajlow, S.; Blum, W.; Messner, R.; Pekrun, R.; Leiss, D.; Müller, M. (2009): Unterrichtsformen, erlebte Selbständigkeit, Emotionen und Anstrengung als Prädiktoren von Schülerleistungen bei anspruchsvollen mathematischen Modellierungsaufgaben. *Unterrichtswissenschaft, 37 (2), 164-186*

Smart, A. (2014): Öfter mal auf Autopilot: Warum Nichtstun so wichtig ist. *Goldmann Verlag.*

Van der Giet, S.; Jansing, P.; Schöffl, V.; Küpper, T. (2013): Reduzieren moderne Helikopterkonstruktionen die Lärmexposition bei Luftrettungseinsätzen? *ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 2013; 48: 330–337*

Internetquellen

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000268>

<https://prezi.com/p/1qc5m3ml9vnp/>

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01&ShowPrintPreview=True>

https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_m4_themenheft_modellieren_2012-02-08.pdf

Kartenmaterial

<https://www.google.at/maps>

7 Anhang

7.1 Modellierungsaufgaben

Stationierung von Rettungshubschraubern in der Skiregion Saalbach-Hinterglemm

Offen

Jährlich ereignen sich über 20.000 Unfälle auf Österreichs Skipisten. Oftmals ist eine schnelle Bergung wichtig, um Verletzte vor Folgeschäden zu bewahren. Die beliebte Wintersportregion Saalbach-Hinterglemm (1,5 Mio. Nächtigungen pro Wintersaison!) plant aus diesem Grund einen eigenen Helikopterlandeplatz für verunfallte Wintersportler/-innen anzulegen.



Versucht, den eurer Meinung nach am besten geeigneten Standpunkt zu ermitteln.

Wie würde sich die Situation ändern, wenn die Gemeinde genug Geld zur Verfügung hätte, sogar drei Helikopterlandeplätze zu bauen und zu unterhalten?

Stationierung von Rettungshubschraubern in der Skiregion Saalbach-Hinterglemm

Unterstützt

Jährlich ereignen sich über 20.000 Unfälle auf Österreichs Skipisten. Oftmals ist eine schnelle Bergung wichtig, um Verletzte vor Folgeschäden zu bewahren. Die beliebte Wintersportregion Saalbach-Hinterglemm (1,5 Mio. Nächtigungen pro Wintersaison!) plant aus diesem Grund einen eigenen Helikopterlandeplatz für verunfallte Wintersportler/-innen anzulegen.



Überlegt dabei, welche der folgenden Informationen euch weiterhelfen könnten, bzw. worauf man bei der Planung achten muss:

- o) Lage des Krankenhauses / der Krankenhäuser
- o) Verteilung der Pisten
- o) Schwierigkeit der Pisten – Unfallhäufigkeiten
- o) geeignete Landeplätze (Hangneigung, Erreichbarkeit, Entfernung zu Hotels, ...)
- o) wirkliche Flugzeit (Berücksichtigung von Gipfeln, Erhebung)

Wie würde sich die Situation ändern, wenn die Gemeinde genug Geld zur Verfügung hätte, sogar drei Helikopterlandeplätze zu bauen und zu unterhalten?

Hinweis: Vereinfacht zunächst das Problem

- a) Wie sieht die Situation mit nur zwei möglichen Unfallorten aus, an denen die Unfallhäufigkeit gleich hoch ist?
- b) Wie sieht es aus, wenn an diesen zwei Standorten die Unfallhäufigkeit verschieden ist?
- c) Was muss man sich überlegen, wenn nun drei Unfallorte berücksichtigt werden.
Zunächst mit gleichen Unfallhäufigkeiten, dann mit unterschiedlichen.
- d) Wie kann man auf beliebig viele Unfallorte verallgemeinern?

Stationierung von Rettungshubschraubern in der Skiregion Saalbach-Hinterglemm

Angeleitet

Jährlich ereignen sich über 20.000 Unfälle auf Österreichs Skipisten. Oftmals ist eine schnelle Bergung wichtig, um Verletzte vor Folgeschäden zu bewahren. Die beliebte Wintersportregion Saalbach-Hinterglemm (1,5 Mio. Nächtigungen pro Wintersaison!) plant aus diesem Grund einen eigenen Helikopterlandeplatz für verunfallte Wintersportler/-innen anzulegen.

1) Verschafft euch einen Überblick über das Skigebiet.

Hilfreiche Links: <https://www.bergfex.at/fieberbrunn/panorama/>

<https://www.google.at/maps>

2) Findet heraus, welche Lifte zum Skigebiet dazugehören. Entscheidet, ob Lifte aus benachbarten Skiregionen, die sich sehr nahe bei Saalbach-Hinterglemm befinden, auch von dem Helikopter angefliegen werden sollen.

3) Helikopterlandeplätze können nicht einfach überall gebaut werden. Zum Beispiel muss der Untergrund einigermaßen flach sein, damit der Helikopter gut landen kann. Außerdem sollte der Landeplatz nicht zu nahe an Hotels oder Wohnhäusern gebaut sein, da sich die Bewohner vielleicht durch den Lärm gestört fühlen könnten. Auf der folgenden Karte wurden Bereiche markiert, die für einen Landeplatz in Frage kämen.



Diese Bereiche stellen nur Beispiele dar. Manche erfüllen gewisse Kriterien besser, andere dafür schlechter. Versucht noch 3 andere Standorte zu finden, die euch geeignet erscheinen, weil sie

- o) dem Helikopter ermöglichen, schnell an jedem Ort des Skigebietes sein zu können,
- o) sich auf ebenem Untergrund befinden,
- o) gut erreichbar sind (auch mit dem Auto oder einem Lift),
- o) möglichst keine Anrainer stören.

Überlegt, welche Kriterien euch persönlich am wichtigsten erscheinen und erstellt eine Reihung.

4) Nicht in jedem Teil des Skigebietes wird der Helikopter gleich häufig gebraucht. In den Orten zum Beispiel sehr wahrscheinlich gar nicht, andererseits an mit Fahrzeugen schwer erreichbaren Stellen umso häufiger. Erstellt eine Karte, aus der hervorgeht, in welchen Bereichen des Skigebietes ein höherer Bedarf an Rettungseinsätzen mit dem Helikopter besteht. Der folgende Ausschnitt soll dabei als Beispiel dienen.



Grün stellt dabei wenig Bedarf dar, zum Beispiel im Ort oder an nicht über Lifte erreichbaren Wäldern. Gelb stellt einen mittleren Bedarf dar, an moderat erreichbaren Orten und weniger gefährlichen Pisten. Rot stellt schwer erreichbare Orte nahe den Gipfeln und gefährliche Orte wie den Funpark dar.

Recherchiert hierzu im Internet, in welchen Bereichen eines Skigebietes sich Unfälle häufen können.

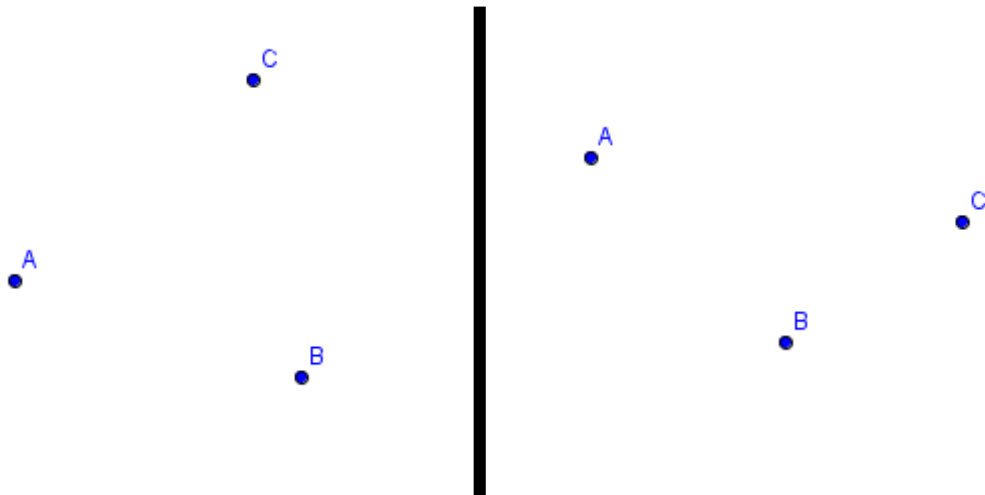
5) Überlegt euch, inwieweit verschiedenfarbige Bereiche in eure Planung miteinbezogen werden sollen.

- Wie wichtig ist eine gute Erreichbarkeit für rote Bereiche?
- Werden grüne Bereiche überhaupt berücksichtigt?
- Welche Rolle nehmen gelbe Bereiche ein?

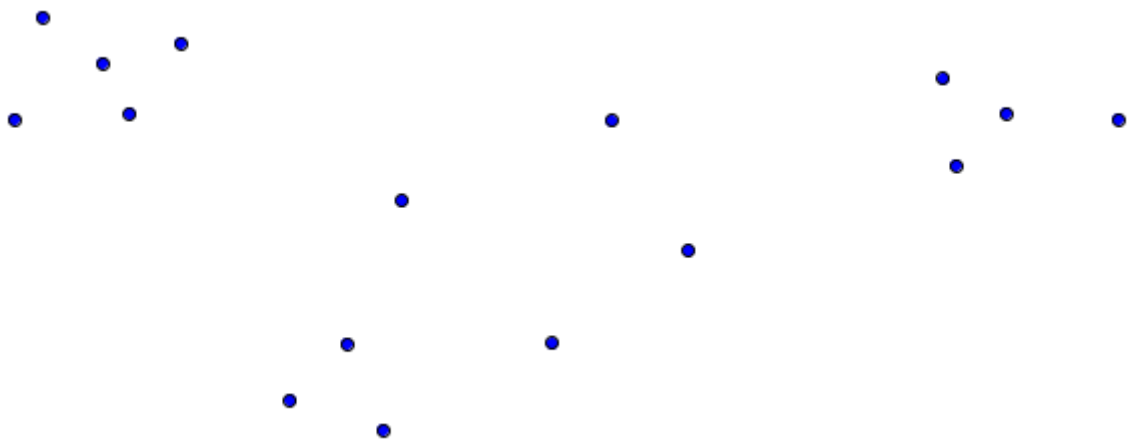
6) a) Angenommen, nur zwei Unfallorte kämen in Frage, wo wäre der geeignete Ort, einen Helikopterlandeplatz zu errichten? WARUM ist das der am besten geeignete Ort? Wie lässt sich diese Position genau ermitteln? Markiert die Position in der folgenden Grafik!



6) b) Wo würde sich der optimale Standort bei drei Unfallorten befinden? Beschreibt zunächst theoretisch und ermittelt anschließend die Position in den beiden Grafiken!



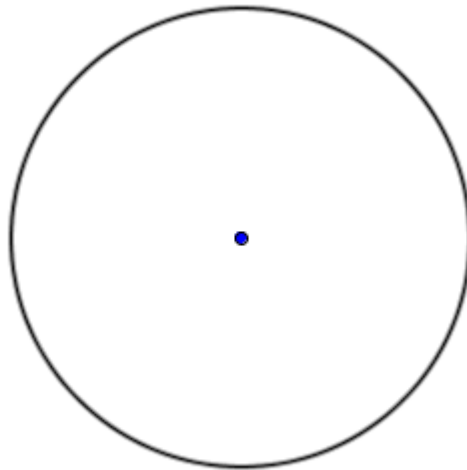
6) c) Versucht, eine optimale Position für die Rettungshubschrauberstation zu bestimmen, wenn es mehrere potentielle Unfallorte gibt, die über einen größeren Bereich verstreut liegen. Verschriftlicht eure Überlegungen (WARUM habt ihr euch für die jeweilige Lösung entschieden?) und versucht eine geeignete Position in der folgenden Grafik zu ermitteln!



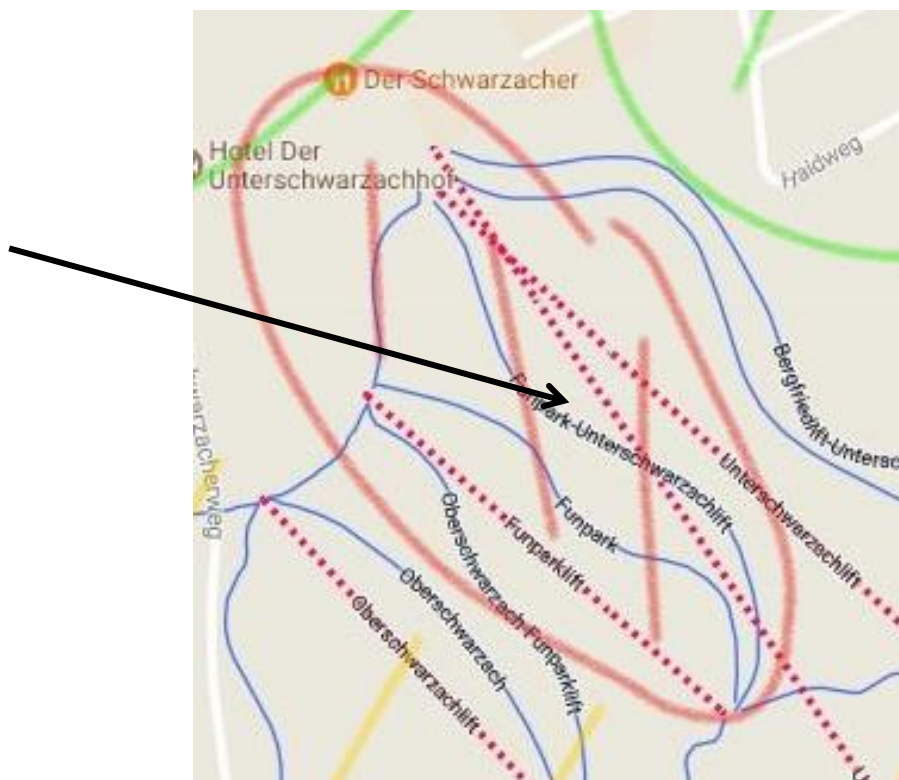
Könnt ihr dabei eure Kriterien von 6)a) und 6)b) verwenden, oder kommt es hierbei zu Widersprüchen, oder kann man eure Kriterien in der Form hier nicht mehr anwenden? Stellt gegebenenfalls neue Überlegungen für 6)b) an!

7) In dem realen Skigebiet sind die potenziellen Unfallorte über weitere Bereiche verstreut, die ihr zuvor in drei Kategorien, je nach Wichtigkeit für einen Helikoptereinsatz, eingeteilt habt. Überlegt euch, wie man so einen Bereich am besten durch nur einen Punkt beschreiben kann, sodass die verschiedenen Bereiche anschließend ähnlich wie in 6)c) durch eine Punktwolke beschrieben werden können.

Bei einem kreisförmigen Bereich würde man beispielsweise den Mittelpunkt wählen.



Im untenstehenden Kartenausschnitt ist der Punkt, der seinen Bereich repräsentieren soll, markiert.



8) Die verschiedenen Bereiche haben unterschiedliche Wichtigkeit auf Grund der in 4) von euch gewählten Farbe. Nun wäre es sinnvoll, einen Landeplatz näher an einem roten Bereich, als an einem grünen Bereich anzulegen, damit der Helikopter insgesamt weniger Strecke zurücklegen muss, da er den roten Bereich öfter anfliegen muss. Überlegt euch zunächst im folgenden einfachen Beispiel bei nur zwei möglichen Unfallorten den passenden Standort für den Landeplatz!

Unfallrate an Position A: 30 Unfälle pro Jahr

Unfallrate an Position B: 45 Unfälle pro Jahr



9) Überlegt, wie ihr eine geeignete Gewichtung bei den von euch markierten Bereichen vornehmen würdet! Berücksichtigt dabei die Farbe und die Größe des Gebietes! Erstellt so eine verbesserte Version eurer Punktwolke und ermittelt die Position, die euch schlussendlich am besten geeignet erscheint!

10) Wie würde sich die Situation ändern, wenn die Gemeinde genug Geld zur Verfügung hätte, sogar drei Helikopterlandeplätze zu bauen und zu unterhalten?

7.2 Fragebogen

Feedbackfragebogen Rettungshubschrauber

Klasse: ☐ zweite ☐ fünfte ☐ achte

Aufgabe: ☐ offen ☐ unterstützt ☐ angeleitet

Im Folgenden beantworte bitte die Multiple-Choice-Fragen ehrlich. Bei offenen Fragen freue ich mich besonders über genaue Antworten!



Wie umfangreich war deine Vorerfahrung mit dieser Art von Aufgaben (Modellierungsaufgaben)?

gar keine Erfahrung ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr viel Erfahrung

Fandest du das Arbeiten in der Gruppe hilfreich/zielführend oder hättest du lieber allein gearbeitet? (Bitte begründe)

Wie zufrieden bist du mit dem Ergebnis, das ihr erreicht habt?

gar nicht zufrieden ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr zufrieden

Gibt es etwas, was ihr in eurer Lösung nicht berücksichtigt habt, was man aber eventuell berücksichtigen müsste?

Wobei seid ihr während des Arbeitens angestanden? Welche Probleme ergaben sich?

Hattest du das Gefühl, dass euch tiefere Kenntnisse der Mathematik an dieser Stelle geholfen hätten?
Beschreibe möglichst genau.

Motiviert dich das, mehr über die benötigte Mathematik zu erfahren?

☐ ja ☐ nein

Gab es während des Arbeitens besonders frustrierende Momente? Wenn ja beschreibe diese(n) kurz!

Gab es während des Arbeitens besonders motivierende Momente? Wenn ja beschreibe diese(n) kurz!

Wie viel Unterstützung (durch mich oder andere Gruppen) hatte eure Gruppe bei der Bewältigung der Aufgabe?

gar keine ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr viel

Hättest du dir mehr/weniger Unterstützung gewünscht?

☐ weniger ☐ hat gepasst ☐ mehr

Habt ihr im Nachhinein eure Ergebnisse mit anderen Gruppen verglichen?

☐ ja ☐ nein

Hättest du die Aufgabe im Nachhinein betrachtet lieber in der anderen Version bearbeitet? (Bitte begründe)

Als wie realitätsnah empfandest du die Aufgabe?

gar nicht realitätsnah ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr realitätsnah

Inwiefern half der Realitätsbezug bei der Motivation sich mit dem Problem auseinanderzusetzen?

gar nicht ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr

Hattest du einen persönlichen Bezug zu der Aufgabe? Wenn ja beschreibe diesen kurz und reflektiere, ob dir dieser geholfen hat, dich intensiver mit der Aufgabe auseinanderzusetzen!

Vielen Dank fürs Ausfüllen!