

Reihe „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“

Herausgegeben von der
Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“

des Instituts für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung
der Universität Klagenfurt

Christoph Kimbacher

Einige Anwendungen der Differentialrechnung im Stationenbetrieb

PFL-Mathematik

IFF, Klagenfurt, 2002

Betreuung:
Bernhard Kröpfel

Die Universitätslehrgänge „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“ (PFL) sind interdisziplinäre Lehrerfortbildungsprogramme der Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“ des IFF. Die Durchführung der Lehrgänge erfolgt mit Unterstützung des BMBWK.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation	1
2	Klassensituation	3
3	Der Stationenbetrieb „Folgen und Reihen“	3
4	Didaktische Analyse zu „Anwendungen der Differenzialrechnung“	4
4.1	Funktionsuntersuchungen	4
4.2	Extremwertaufgaben	4
4.3	Fehlerrechnung	4
5	Aufbau des Stationenbetriebs „Anwendungen der Differenzialrechnung“	5
	Übersichtsplan	6
6	Beschreibung und Auswertung der Stationen	7
6.1	Beschreibung der Station 1	7
6.2	Beschreibung der Station 9	12
6.3	Der Stationenbetrieb aus inhaltlicher Sicht	14
7	Klassenbefragung und Schülerinterviews	14
7.1	Inhalte und Organisation der Klassenbefragung	14
7.2	Ablauf und Ergebnisse der Klassenbefragung	15
7.3	Schülerinterviews	19
7.4	Beurteilung der motivationalen Aspekte des Stationenbetriebs	21
8	Ausblick	22

Anhang

A1	Auswertung der Pflichtstationen	16
A2	Arbeitsbericht	21
A3	Auswertung der freiwilligen Stationen	28
A4	Stationenbetrieb	32

Einige Anwendungen der Differenzialrechnung im Stationenbetrieb

(Abstract / Kurzfassung)

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Frage, inwieweit ein Stationenbetrieb zu Anwendungen der Differenzialrechnung einen Beitrag zur Motivationssteigerung, beobachtbar in Schülerengagement und Interesse der Schüler für die Aufgabenstellungen und deren Bearbeitung, leisten kann, ohne Abstriche in den Schülerleistungen hinsichtlich der Erreichung von Lehrzielen machen zu müssen. Der Stationenbetrieb selbst besteht aus vier Pflichtstationen und acht freiwilligen Stationen. Die Erreichung von Lernzielen überprüfe ich bei den Pflichtstationen durch Auswertung von Arbeitsblättern; die freiwilligen Stationen durch Auswertung von Arbeitsberichten. Aspekte der Motivation versuche ich durch Klassenbefragung und Schülerinterviews zu erforschen. Ein Unterschied in den Leistungen lässt sich nach Auswertung der Stationen im Vergleich zu meinem bisherigen Unterricht nicht feststellen. Als zentral für Schüler erweisen sich Abwechslung im Unterrichtsalltag und die Möglichkeit, verschiedene Sozialformen im Unterricht in Anspruch zu nehmen. Diese Bedürfnisse scheinen von diesem Stationenbetrieb besser als in meinem konventionellen Mathematikunterricht befriedigt zu werden. Aufgrund der aus Schülersicht großen Bedeutung dieser Aspekte sehe ich diesen Stationenbetrieb als gelungen an, und ich werde ihn in mehr oder weniger modifizierter Form auch wieder einsetzen.

Christoph Kimbacher

HTBLA-Steyr

Schlüsselhofgasse 63, 4400 Steyr

chrisiekim@gmx.at

1 Ausgangssituation

Die Anwendungen der Differenzialrechnung bilden einen Schwerpunkt in meinem Mathematikunterricht des 3. Jahrgangs in der HTBLA. Nach meinen bisherigen Erfahrungen scheint mir die Differenzialrechnung selbst inklusive Ableitungsregeln und Bedeutung der verschiedenen Ableitungsregeln im lehrerzentrierten Unterricht keine größeren Verständnisschwierigkeiten zu verursachen, es ergibt sich für mich allerdings bei den Anwendungen der Differenzialrechnung in meinem bisherigen Unterricht dieser Schulstufe ein eher unbefriedigendes Bild.

Bisheriger Unterricht bedeutet hier folgendes: Zuerst führe ich über Folgen und Reihen die Differenzialrechnung ein. Die Ableitungsregeln werden besprochen und eingeübt. Die Deutungen der Ableitungen und der Zusammenhang zwischen Funktion und Ableitungsfunktionen werden besprochen. Der Unterricht ist lehrerzentriert - zum Teil fragend-entwickelnd. Eine erste größere Leistungsfeststellung zu diesen Themen in Form einer Schularbeit bringt üblicherweise zufriedenstellende Ergebnisse.

An diese Grundlagen der Differenzialrechnung schließen die Anwendungen der Differenzialrechnung an. Darunter verstehe ich vor allem die Untersuchung von Funktionen mit Hilfe der Differenzialrechnung, Extremwertaufgaben sowie lineare Fehlerrechnung. Die Erarbeitung dieser Gebiete erfolgt zunächst durch Demonstrationsbeispiele im Lehrervortrag und in weiterer Folge durch Übungsaufgaben, die von Schülern an der Tafel vorgerechnet werden, Hausübungsbeispiele und Übungsbeispiele in Partnerarbeit, eventuell noch Referate.

Dieser Anwendungsteil birgt einige unbefriedigende Situationen in sich. Zum einen erscheint mir das Interesse und die Motivation der Schüler sehr gering, was die Ursache im lehrerzentrierten Unterricht haben könnte. Unter Motivation verstehe ich hier Engagement und Interesse der Schüler im Unterricht. Ein Grund könnte natürlich auch die Art der Anwendungsaufgaben sein. Referate interessieren zwar die daran beteiligten Schüler, nicht unbedingt aber die zuhörenden Schüler.

Zum anderen zeigen die Leistungsfeststellungen zu diesem Thema zum Teil erschreckende Ergebnisse. Die von den Schülern an der Tafel gerechneten Aufgaben werden von mir üblicherweise im Rahmen der Mitarbeit bewertet. Es zeigen sich dabei gravierende Verständnismängel. Eine Schularbeit zu diesem Thema steht meistens haarscharf an der Grenze zur Wiederholung. Dieser Umstand wirft für mich die Frage auf, ob hier eine Verbesserung hinsichtlich der Leistungsbereitschaft der Schüler bei zumindest nicht schlechteren Ergebnissen in der Leistung durch andere Unterrichtsformen möglich ist. Idealerweise sollte auch eine Verbesserung in den Ergebnissen bei Leistungsfeststellungen möglich sein.

Als erster Versuch interessiert mich hier die Idee eines Stationenbetriebs zu den Anwendungen der Differenzialrechnung, weil ich diese Unterrichtsform sowohl im Hinblick auf Erreichung von Zielen kennen lernen möchte als auch in Richtung Interesse von Schülern für die Anwendungen der Differenzialrechnung und Freude beim Arbeiten mit der Differenzialrechnung.

Somit interessiert mich an diesem Stationenbetrieb die folgende Forschungsfrage:

Können durch meinen Stationenbetrieb zu Anwendungen der Differenzialrechnung Engagement und Interesse der Schüler gesteigert werden, ohne Abstriche in den Leistungen und Ergebnissen hinnehmen zu müssen?

Auf den ersten Blick sollte eine gute Vergleichbarkeit aufgrund der Ergebnisse aus früherer Unterrichtstätigkeit gegeben sein, aber an dieser Stelle möchte ich gleich auf Einschränkungen dieser Vergleichbarkeit hinweisen, die sich aus einer didaktischen Analyse der Anwendungsaufgaben ergibt.

Eine tiefere Reflexion über den lehrerzentrierten Unterricht zu Anwendungen der Differenzialrechnung nach altem Muster und die sich daraus ergebenden – um es positiv zu formulieren – mäßigen Erfolge bei Leistungsfeststellungen aller Art, haben mich die Frage nach dem Warum stellen lassen. Als eine mögliche Antwort ist mir dabei eingefallen, dass bei den „Anwendungsbeispielen“ konventioneller Art die Bedeutung der Differenzialrechnung für diese Aufgaben, falls überhaupt, nur ganz am Rande steht, auf keinen Fall aber im Mittelpunkt. Um dies zu verdeutlichen, sei folgendes Beispiel angeführt:

Welchen Neigungswinkel muss die Seitenlinie eines kegelförmigen Turmdaches haben, damit bei gegebenem Dachraum die zu deckende Fläche möglichst klein ist?

Es handelt sich um ein klassisches Extremwertbeispiel. Wird die Aufgabe so stehen gelassen, dann wird sicher nicht in erster Linie eine Anwendung der Differenzialrechnung ins Auge gefasst. Bis es zu dieser Anwendung schließlich kommt, ist der Großteil der Arbeit für anderes aufgewendet worden. Zunächst müssen die Formeln für Kegel gewusst werden bzw. mit Formelsammlungen beschafft werden. Der richtige Symmetrieschnitt im Kegel muss angewendet werden, um schließlich ein Dreieck zu erhalten, aus dem unter Zuhilfenahme von Winkelfunktionen Zusammenhänge erkannt und ausgenutzt werden können. Es muss fundiertes Wissen über Funktionen bereitstehen, das eine richtige Handhabung von Konstanten, Formvariablen, Variablen und abhängigen Variablen beinhaltet. Zielfunktion und Nebenbedingungen müssen aufgestellt und in richtige Zusammenhänge gebracht werden. Es ist natürlich legitim, das von einem Schüler im dritten Jahrgang zu verlangen, die Frage ist nur, ob ein Beispiel dieser Art geeignet ist, das Verständnis für die Differenzialrechnung als Mittel zur Lösung dieses Beispiels zu überprüfen. Schlechte Ergebnisse bei solchen Aufgabenstellungen könnten natürlich auch in dieser Vielfalt an Anforderungen an den Schüler begründet liegen. Andererseits kann für mich die Lösung auch nicht so aussehen, dass zu obiger Aufgabenstellung die fertige Zielfunktion geliefert wird, die dann nur mehr abgeleitet werden muss. Hier würde mir die Lösungstätigkeit zu sehr in Richtung „Ableitungsroboter“ gehen und gleichzeitig das Gefühl für Funktionen, funktionale Zusammenhänge, Variablen und Konstanten verloren gehen. Als Mittelweg habe ich daher bei den Stationen versucht, Tipps und/oder Hilfestellungen in Form von Ansatzhilfen oder nur Gedankenblitzlichter zum Thema bereitzustellen. Für die beiden anderen Anwendungsthemen trifft Ähnliches zu. Dadurch versuche ich, die angesprochenen Probleme zu entschärfen, obgleich ich im nachhinein glaube, dass das nur in bescheidenem Ausmaß gelungen ist.

Eine unbedingte Vergleichbarkeit mit meinem bisherigen Unterricht ist daher nicht unmittelbar gegeben, da mich diese didaktische Analyse im Vorfeld des Stationenbetriebs zu einer Neustrukturierung der Anwendungsaufgaben bewogen hat, um wirklich die oben formulierten Lernziele erreichen zu können.

Weiters sehe ich auch Einschränkungen in der Vergleichbarkeit bedingt durch eine spezielle Klassensituation, auf die ich im folgenden noch näher eingehen werde.

2 Klassensituation

3 AHE (höhere Abteilung für Elektronik)

23 Schüler

Jeder Schüler ist im Besitz eines TI-92.

Ich selbst bin Jahrgangsvorstand in dieser Klasse.

Zur Klassensituation im laufenden Schuljahr ist noch einiges hinzuzufügen:

Nach meiner Einschätzung ist die Bereitschaft der Schüler zum selbständigen Erarbeiten von Inhalten kaum bis gar nicht gegeben. Indiz dafür ist, dass in Mathematik Übungsphasen zum Einüben von Stoffgebieten, die von mir in Partnerarbeit organisiert werden, nicht besonders geschätzt werden. Das liegt zum einen an einer sehr schlechten Selbstorganisation bezüglich des Zeitaufwands und der Zeiteinteilung, zum anderen werden eigene Verständnismängel nicht oder erst zu spät erkannt. Die Fähigkeit oder auch die Bereitschaft, diese Verständnismängel bei der Besprechung von Übungsphasen durch Fragen zu beheben, ist nicht vorhanden.

Am Anfang des dritten Jahrgangs behandelte ich das Thema Folgen und Reihen als notwendiges Werkzeug zum Verständnis der Differenzialrechnung. Um die Schüler und auch mich auf den Stationenbetrieb zu Anwendungen der Differenzialrechnung vorzubereiten, wurde von mir ein kurzer Stationenbetrieb mit Beispielen zu Folgen und Reihen entwickelt. Den Schülern sollte ein kurzes Kennenlernen dieser Unterrichtsmethode ermöglicht werden.

3 Der Stationenbetrieb „Folgen und Reihen“

Ich wollte durch Führen eines Tagebuchs vor allem Einsichten in organisatorische Probleme im Stationenbetrieb erlangen. Zweck dieses kurzen Stationenbetriebs war es, auch den nächsten Stationenbetrieb zu Anwendungen der Differenzialrechnung ohne große Start- und Organisationsschwierigkeiten durchführen zu können, um auch wirklich die Aspekte von Engagement, Interesse und erreichten Zielen erforschen zu können.

Beim Stationenbetrieb „Folgen und Reihen“ war die Schülerbesetzungszahl bei jeder Station identisch. Das führte zu einer Gruppenbildung. Es wechselte immer nur die ganze (in diesem Fall Dreier-) Gruppe. Dies versuchte ich durch unterschiedliche Besetzungszahlen zu vermeiden.

Die Zeitvorgabe war bei diesem Stationenbetrieb viel zu knapp bemessen. Das lag auch daran, dass die Schüler nicht immer berücksichtigten, dass die Pflichtstationen auf jeden Fall bewältigt werden müssen. Die Schüler mussten darauf aufmerksam gemacht werden, nicht die ganze Zeit bei einer einzigen Station zu verbrauchen.

Die Stationen müssen ausreichend beschildert werden, um ein Chaos zu vermeiden.

Die Überprüfung von Stationen durch die Schüler selbst mit Hilfe einer Lösungsmappe schien gut zu funktionieren.

Am Anfang wurde ein Informationsblatt über Sinn und Zweck des Stationenbetriebs ausgegeben.

Weiters erhielt jeder Schüler einen Übersichtsplan über den gesamten Stationenbetrieb, in

dem Pflichtstationen und freiwillige Stationen verzeichnet waren, grob das Thema der Station umrissen wurde, die benötigten Materialien für die Station aufgeführt wurden und die Art der Kontrolle angegeben wurde. Das wurde auch für den Stationenbetrieb zu „Anwendungen der Differenzialrechnung“ übernommen.

4 Didaktische Analyse zu „Anwendungen der Differenzialrechnung“

4.1 Funktionsuntersuchungen

Der Schüler soll die Möglichkeiten der Untersuchung von Funktionen, des Funktionsverlaufs, und der Eigenschaften von Funktionen mit Hilfe der Differenzialrechnung an ausgesuchten Anwendungsbeispielen verstehen und üben. Der Anwendungsaspekt ist mir zum einen wichtig, um die Differenzialrechnung in einem Realitätsbezug zu sehen und in diesen einordnen zu können, zum anderen soll für mich nicht das Ziel der Anwendungen der Differenzialrechnung ein rezepthaftes Wiederholen von Bearbeitungsschritten sein. Gelernte mathematische Begriffe sollen auf Anwendungssituationen übertragen und in diesem neuen Kontext verstanden werden. Dabei sollen auch gelernte Sätze und Definitionen durch eigenes Tun vertieft und verstanden werden.

4.2 Extremwertaufgaben

Der Schüler soll erkennen, dass Anwendungsprobleme aus verschiedensten Gebieten oft auf das Auffinden von Extremstellen, das heißt von maximalen oder minimalen Anforderungen hinausläuft. Weiters soll er die Differenzialrechnung als ein brauchbares Mittel zur Lösung dieser Probleme verstehen und anwenden können.

4.3 Fehlerrechnung

Der Schüler soll verstehen, dass jedes Messergebnis von beschränkter Genauigkeit ist und damit auch die mit Messergebnissen durchgeführten Berechnungen Ungenauigkeiten unterliegen. Der Schüler soll diesbezüglich ein Gefühl für sinnvolle Genauigkeiten entwickeln und die Differenzialrechnung als ein Mittel verstehen lernen, die sich durch Messungenauigkeiten ergebende Fehlerfortpflanzung abschätzen können.

5 Aufbau des Stationenbetriebs „Anwendungen der Differenzialrechnung“

Allgemeine Informationen

Die folgenden allgemeinen Informationen zum Warum eines Stationenbetriebs erhielten alle Schüler.

Allgemeine Informationen zum Stationenbetrieb

Was ist ein Stationenbetrieb?

- Ein Stationenbetrieb ist aufgebaut aus verschiedenen Stationen, an denen unterschiedliche Aufgabenstellungen zu erledigen sind.
- Die Stationen unterteilen sich in Pflichtstationen, die unbedingt bewältigt werden müssen und Stationen, die je nach Interesse und verfügbarer Zeit bearbeitet werden können.
- Die Anzahl der Personen, die an einer Station gleichzeitig arbeiten können, ist beschränkt. Es können daher nur freie Plätze eingenommen werden.
- Für den gesamten Stationenbetrieb steht eine Gesamtbearbeitungsdauer zur Verfügung.
- Für den Stationenbetrieb gibt es eine Gesamtübersicht, aus der Kurzinformationen zu den einzelnen Stationen bezüglich Arbeitsmaterialien, max. Personenanzahl, Titel und Inhalt entnommen werden können.

Warum Stationenbetrieb?

- Ein Stationenbetrieb ist eine Unterrichtsform, die auf das selbständige Erarbeiten von Inhalten abzielt.
- Das Arbeitstempo kann den persönlichen Bedürfnissen angepasst werden.

Richtlinien

- Um ein angenehmes Arbeitsklima zu ermöglichen, sollte ein geringer Lärmpegel eingehalten werden.
- Die Vorgaben bzgl. Arbeitsmaterialien und max. Personenanzahl müssen unbedingt eingehalten werden.
- Stationen, die begonnen werden, müssen auch beendet werden.

Übersichtsplan

Station	Inhalt	Max. Personenzahl	Materialien	Kontrolle
1 Pflichtstation	Reisegeschwindigkeit eines Passagierschiffs	3	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Arbeitsblatt
2 Pflichtstation	Wirtschaftlichkeit einer Maschine	4	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Arbeitsblatt
3 Pflichtstation	Biegelinie eines Freitragers	3	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Arbeitsblatt
4 Pflichtstation	Elektrischer Widerstand eines Heizkörpers	2	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Arbeitsblatt
5 freiwillig	Auftreffgeschwindigkeit eines Körpers	1	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe
6 freiwillig	Flächeninhalt eines Dreiecks	1	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe
7 freiwillig	Messunsicherheit	2	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe
8 freiwillig	Kohlenrutsche	3	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe
9 freiwillig	Abstand zweier sich bewegender Körper	2	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe
10 freiwillig	Wärmedämmung	2	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe
11 freiwillig	Kurvenuntersuchung	1	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe
12 freiwillig	Leistungskurve eines Wechselstromkreises	2	Arbeitsanweisung TI-92 (ist mitzubringen)	Selbstkontrolle mit Hilfe der Lösungsmappe

Die Gesamtbearbeitungsdauer für diesen Stationenbetrieb beträgt ca. 10 Unterrichtseinheiten.

Pflichtstationen

Die Stationen 1 – 4 sind Pflichtstationen. Bei diesen Pflichtstationen wollte ich jede Aufgabensorte (Extremwertaufgabe, Kurvenuntersuchung, Fehlerrechnung) vertreten wissen. Die Pflichtstation 1 – Reisegeschwindigkeit eines Passagierschiffs – gehört für mich zu den gelungensten Beispielen zum Thema Extremwerte. Obwohl ich dieses Beispiel in meinem bisherigen Unterricht eingehend besprochen habe, gab es bei Schularbeiten immer katastrophale Ergebnisse. Hier war ich auf die Ergebnisse aus dem Stationenbetrieb sehr gespannt. Pflichtstation 2 ist ebenfalls eine Extremwertaufgabe und wurde von mir deshalb gewählt, weil ich glaube, dass gerade Aufgabenstellungen aus der Wirtschaft sehr gut verständlich sind und der Kern der Aufgabe rasch erfasst werden kann. Pflichtstation 3 ist ein Beispiel einer Kurvenuntersuchung. Pflichtstation 4 bildet den Beitrag zur Fehlerrechnung und eine Aufgabe, die mehr aus der elektrotechnischen Erfahrungswelt der Schüler entnommen ist.

Die Auswertung dieser Pflichtstationen soll in Form von Arbeitsblättern erfolgen. Die Schüler müssen das zu einer Pflichtstation gehörige Arbeitsblatt nach Beendigung dieser Station beim Lehrer abgeben. Sie erhalten diese Arbeitsblätter nach Beendigung des Stationenbetriebs korrigiert zurück. Die Schüler wissen, dass die Arbeitsblätter in die Mitarbeit einbezogen und dementsprechend bewertet werden.

Freiwillige Stationen

Die Stationen 5 – 12 sind freiwillig zu bewältigende Stationen. Für diese Stationen erhält jeder Schüler einen Arbeitsbericht (siehe im Anhang).

6 Beschreibung und Auswertung der Stationen

In diesem Kapitel beschreibe ich exemplarisch eine Pflichtstation und eine freiwillige Station inklusive Auswertung. Die detaillierte Beschreibung der Stationen inklusive Arbeitsblättern und Lösungen, die Beschreibung und Auswertung der restlichen Stationen finden sich im Anhang.

6.1 Beschreibung der Station 1

Bei den Auswertungen der vier Pflichtstationen steht ohne Zweifel der inhaltliche Aspekt des Stationenbetriebs in Form der Arbeitsblätter im Vordergrund. Motivationale Aspekte bleiben dabei eher unberücksichtigt.

Das Thema dieser Station ist die Differenzialrechnung als Hilfsmittel zur Lösung von Extremwertaufgaben. Besonders diese Aufgabenstellung ist mir wichtig, weil hier eigentlich der Focus nur auf den folgenden Fragestellungen liegt:

- Was soll maximal werden?
- Von welcher Variablen soll die gesuchte Funktion abhängen?
- Wie kann die Funktion in diese Form gebracht werden?
- Wie sieht die Ableitung aus, und wie muss das Ergebnis interpretiert werden?

- Was bedeutet die ursprüngliche Funktion, und was heißt es, wenn diese Funktion abgeleitet und das Minimum bzw. Maximum gesucht wird?

Diese Fragestellungen sind für mich zentral für Extremwertaufgaben. Die Suche nach einer geeigneten Funktion wird hier nicht dadurch erschwert, dass zunächst mühsam ein Ansatz und entsprechende Nebenbedingungen gesucht werden müssen, sondern, dass im Prinzip alle erforderlichen Funktionen entweder gegeben oder in den Tipps angesprochen werden. Erfahrungsgemäß machte aber genau diese Aufgabenstellung den Schülern in der Vergangenheit die größten Schwierigkeiten. Um das Erreichen der Ziele bei dieser Station überprüfen zu können, diente ein Arbeitsblatt, das von den Schülern nach Beendigung der Station abzugeben war.

Station 1

Reisegeschwindigkeit eines Passagierschiffs

Ausgangssituation

Der Ölverbrauch E eines Passagierschiffes ist von seiner Geschwindigkeit v abhängig:

$$E(v) = a \cdot v^3 + b$$

E in t/h

v in km/h

Die Terme in der Funktionsgleichung $E(v)$ haben folgende Bedeutung:

$a \cdot v^3$... Brennstoffverbrauch der Schiffsmotoren

b ... Konstanter Verbrauch (Heizung, Licht, Pumpen, Klimaanlage)

Welche Geschwindigkeit v hat der Schiffskapitän anzuordnen, um mit einem gegebenen Ölvorrat m möglichst weit zu gelangen?

Wie lang ist der maximale Reiseweg s für $m = 1000$ t Vorrat? Wie lange dauert die Reise?

Arbeitsanweisung

Bei dieser Station geht es darum, das beiliegende Arbeitsblatt sorgfältig durchzuarbeiten. Achten Sie darauf, dass die Ergebnisse und Berechnungen nachvollziehbar sind. Verwenden Sie vollständige Sätze! Bevor Sie die Station wechseln, geben Sie bitte das Arbeitsblatt beim Lehrer ab. Sie erhalten es im Anschluss an den Stationenbetrieb korrigiert zurück.

Arbeitsmaterialien

Eigener TI-92, Schreibgerät, Schulübungsheft, Arbeitsblatt.

Arbeitsblatt Station 1

Name:

- (1) Erstellen Sie eine Skizze der Funktion $E(v)$ für: $a = 10^{-3} \cdot t \cdot h^2 \cdot \text{km}^{-3}$, $b = 2 \cdot t \cdot h^{-1}$

Vergessen sie nicht auf Achsenbeschriftung und Maßstab!

- (2) Was ist das Minimum dieser Funktion und was bedeutet es in Worten?

$V_{\min} = \dots$

- (3) Welche Größe soll bei dieser Aufgabenstellung einen Extremwert annehmen?
- (4) Von welcher Variablen soll diese Größe abhängen?
- (5) Leiten Sie eine Funktion für diese Größe her!
- (6) Wie lautet die Ableitung dieser Funktion?
- (7) Skizze der Funktion mit Maßstab:
- (8) Anzuordnende Geschwindigkeit v mit Berechnung:
- (9) Reiseweg s in km für $m = 1000 \text{ t}$ mit Berechnung:
- (10) Dauer der Reise in Tagen mit Berechnung:

6.1.1 Auswertung der Station 1

Abgegebene Arbeitsblätter: 22

Bei der Auswertung wurde von mir zwischen richtig, fehlerhaft und falsch unterschieden. Bei fehlerhaften Antworten wurden im Gegensatz zu falschen Antworten wesentliche Teile der Aufgabenstellung erfüllt, wobei jedoch Mängel auftraten. Bei falschen Antworten konnten nicht einmal teilweise die geforderten Aufgabestellungen bewältigt werden.

Frage (1)

Richtig: 5 Fehlerhaft: 16 Falsch: 1

Die Fehler:

Die Funktion beginnt bei 0: 15x

Maßstab und Beschriftung fehlen: 2x

Frage (2)

Richtig: 15 Fehlerhaft: 4 Falsch: 3

Die Fehler:

Bei den vier fehlerhaften Antworten wurde nicht erkannt, dass das Schiff stillsteht.

Bei den falschen Antworten konnte ich den Sinn der Antwort nicht verstehen.

Bemerkenswertes:

Eine richtige Erklärung, nämlich dass das Schiff bei $v = 0$ trotzdem Öl verbraucht für

Heizung, Licht usw. wurde von 10 Schülern ergänzt.

Frage (3)

Richtig: 13 Falsch: 9

Die Fehler:

Die Geschwindigkeit: 3

Der Ölverbrauch: 3

$S = v \cdot t$: 3

Frage (4)

Richtig: 5 Fehlerhaft: 6 Falsch: 11

Die Fehler:

Bei den 6 fehlerhaften Antworten wurde zusätzlich zur Geschwindigkeit der Treibstoffvorrat angegeben.

a, b, s, x, m: 2x

Ölverbrauch: 3x

$v = s/t$: 3x

Variable a: 2x

Vom Weg: 1x

Frage (5)

Richtig: 8 Fehlerhaft: 5 Falsch: 7 Nicht bearbeitet: 2

Die Fehler:

Keine oder nur teilweise Herleitung: 9x

In der Funktionsgleichung für v kommt die Funktion E selbst noch einmal vor: 2x

Die Funktion wurde in die Variable x umgeschrieben: 1x

Frage (6)

Richtig: 13 Falsch: 7 Nicht beantwortet 2

Die Fehler:

Die falschen Antworten ergaben sich durch falsche Funktionen aus Punkt (5).

Frage (7)

Richtig: 10 Fehlerhaft: 1 Falsch: 6 Nicht beantwortet: 6

Die Fehler:

Die fehlerhafte Antwort beruht auf fehlendem Maßstab und fehlender Achsenbeschriftung.

Vier falsche Antworten ergaben sich durch falsche Funktionen aus Punkt (5).

Bei zwei falschen Skizzen konnte ich keinen Zusammenhang mit der in Punkt (5) richtig ermittelten Funktion sehen.

Frage (8)

Richtig: 13 Nicht beantwortet: 9

Frage (9)

Richtig: 11 Falsch: 2 Nicht beantwortet: 9

Die Fehler:

Die falschen Antworten waren zwar zahlenmäßig korrekt, es fehlte aber die Berechnung.

Frage (10)

Richtig: 11 Falsch: 2

Nicht beantwortet: 9

Die Fehler:

Die falschen Antworten waren zwar zahlenmäßig korrekt, es fehlte aber die Berechnung.

6.1.2 Kommentar zu Station 1

Die Fragen (1) und (2) sollen als Hinführung auf den Kern der Aufgabe zunächst ein wenig die gegebene Funktion beleuchten. Die Anzahl der falschen Antworten ist noch gering, da die Funktionsdarstellung mit Hilfe des TI-92 gut gelingt. Wichtig für das Verständnis von Extremwertaufgaben ist zunächst einmal Frage (3). Es fehlt hier das Verständnis vieler Schüler für die zu findende Funktion. Dieses Verständnis gilt es für mich in Zukunft bei den Schülern stärker zu schulen, d. h. gezielte Aufgabenstellungen, bei denen es vor allem um eine verbale Formulierung der Zielfunktion gehen soll mit vorhergehender genauer Aufgabenanalyse. Eng damit verbunden ist Frage (4), die weitergehend nach den Variablen und Konstanten fragt, die in der Zielfunktion vorkommen sollen. Diese beiden Fragen bilden schließlich die Vorbereitung für Frage (5), die das funktionale Ergebnis der Fragen (3) und (4) darstellen soll. Da diese drei Fragen insgesamt sehr eng verbunden sind, kann die Anzahl der richtigen Antworten bei Frage (5) nicht größer als bei Frage (3) sein.

Die Frage (6) behandelt nun den operationalen Aspekt der Ableitung, der bei richtiger Zielfunktion und Verwendung des Taschenrechners zur Ableitungsberechnung keine Probleme bereitet. Bei Frage (7) findet man zwei richtige Antworten weniger als bei Frage (6), da die skizzierte Funktion nicht mit der Funktion in Frage (6) übereinstimmt, was für mich darauf hindeutet, dass diese zwei Ergebnisse vermutlich durch Abzeichnen zustande gekommen sind, ohne näheres Hinterfragen der Zusammenhänge.

Die Frage (8) soll schließlich die Bedeutung der Ableitung für das Auffinden der Extremstellen vor Augen führen. Wobei die Fragen (9) und (10) für mich insofern ebenso wichtig sind, als sie das Weiterarbeiten mit einer gefundenen Extremstelle und die Erarbeitung der weiterer Fragestellungen vor Augen führen sollen. Diese Punkte stellten für die Schüler, die die Fragen (5) und (6) richtig bearbeitet hatten kein Problem mehr dar.

Insgesamt ergeben sich für mich aus dieser Pflichtstation zwei wesentliche Ansatzpunkte für Verbesserungen im Verständnis der Differenzialrechnung bei Extremwertaufgaben. Eine Schulung von Funktionen mit verschiedensten Variablenbezeichnungen ist eine wichtige Grundlage. Die Unterscheidung zwischen Variablen und konstanten, zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen muss im Vorfeld der Differenzialrechnung eingehend geübt werden.

Der zweite Punkt betrifft die Analyse der Fragestellungen bei Extremwertaufgaben, die nicht unabhängig vom ersten Punkt gesehen werden kann. Wichtig ist hier eine Schulung in verbaler Hinsicht, das heißt, die Fragestellung muss sprachlich zunächst begriffen, die Zielfunktion verbal erkannt werden. Aus diesem Erkennen der gesuchten Funktion muss schließlich die richtige Wahl von Variablen resultieren.

Ich glaube, wenn ich diese beiden Punkte im Vorfeld der tatsächlichen Mathematisierung einer Extremwertaufgabe hinlänglich behandle und einübe, kann ich die Ergebnisse in diesem Stoffgebiet verbessern.

6.2 Beschreibung der Station 9

Die Auswertung der freiwilligen Stationen in Form der Arbeitsberichte zielt sowohl auf die Inhalte als auch auf die Qualität der Lösungshilfen ab, obwohl hier bereits Aspekte von Interesse bzw. Desinteresse angesprochen werden.

Station 9

Ausgangssituation

Vom Punkt P (-35; -22) bewegt sich ein Körper I mit dem Geschwindigkeitsvektor $\mathbf{v}_I = (8; 6)$. Mit zwei Sekunden Verspätung setzt sich der Körper II vom Punkt Q (80; 140) mit dem Geschwindigkeitsvektor $\mathbf{v}_{II} = (5, -12)$ in Bewegung. Die Angaben verstehen sich in m bzw. m/s.

- Stellen Sie die Ausgangssituation graphisch in einem Koordinatensystem dar.
- Geben Sie eine Funktion für die Position des Körpers I zum Zeitpunkt t an. Ebenso für Körper II.
- Wie groß ist der Abstand der beiden Körper zum Zeitpunkt t ?
- Skizzieren Sie die Abstandsfunktion! Zu welchem Zeitpunkt ist der gegenseitige Abstand der beiden Körper I und II minimal. Wie groß ist dieser Abstand? Wo sind die beiden Körper zu diesem Zeitpunkt?

Tipps zur Skizze

Für Aufgabenstellungen dieser Art ist eine Skizze unbedingt notwendig. Dabei sollten gewisse Kriterien beachtet werden.

- Die Größe der Skizze sollte großzügig gewählt werden, um wichtige Zusammenhänge direkt in der Skizze einzeichnen zu können.
- Wichtig wäre es, wenn Sie die Skizze zu diesem Beispiel selbständig erstellen könnten. Lassen Sie sich Zeit und geben sie nicht gleich auf. Sollte eine Skizze überhaupt nicht gelingen, verwenden Sie als Hilfestellung die Skizze in der Lösungsmappe.

Tipps zum Ansatz

- Überlegen Sie sich genau, welche Zusammenhänge und Formeln Sie brauchen. Überprüfen Sie, ob Sie diese Formeln wirklich wissen, oder ob Sie im Taschenrechner abrufbar sind. Andernfalls tragen Sie sich diese Formeln im Rechner nach.
- Hier werden folgende Formeln benötigt:

Geradengleichung in Parameterform: $g: (x; y) = (x_1; y_1) + \lambda \cdot (a_x; a_y)$
bzw. $\mathbf{x} = \mathbf{x}_1 + \lambda \cdot \mathbf{a}$

\mathbf{x}_1 ... Ortsvektor eines
Geradenpunktes
 \mathbf{a} ... Richtungsvektor der
Geraden

Abstand zweier Punkte: Ist die Länge des Vektors zwischen diesen beiden Punkten. Die Berechnung erfolgt mit Hilfe des Satzes von Pythagoras.

Lösung

Führen Sie das Beispiel sehr sorgfältig durch. Versuchen Sie eine ausführliche Dokumentation, aus der alle Ansätze und Bezeichnungen klar erkennbar sind. Vergessen Sie nicht auf eine Antwort bzw. eine Interpretation der Ergebnisse. Zur Kontrolle ihrer Arbeit vergleichen Sie ihre Lösung mit dem Lösungsvorschlag in der Lösungsmappe.

Nach Beendigung der Station bitte Arbeitsbericht ausfüllen!

Diese Station stellt eine für Elektrotechniker wichtige Extremwertaufgabe dar, die Beschreibung von Bewegungen in einem Koordinatensystem durch Vektoren. Steuerungen von Robotern können sinnvollerweise durch solche Vektor- oder Parameterdarstellungen programmiert werden. Alle für das Beispiel notwendigen Zusammenhänge werden in den Tipps zum Ansatz angeführt und sollten zumindest ungefähr aus dem Mathematikunterricht bekannt sein, inklusive der Parameterdarstellung von Geraden (wurde von mir am Ende des 2. Jahrgangs behandelt.) Auch hier ist eine Skizze zum Verständnis der Aufgabenstellung notwendig. Ein Kriterium stellt auch hier die Sinnhaftigkeit von Lösungen dar.

6.2.1 Auswertung der Station 9

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	8										
bearbeitet	11										
(a) Lösung ohne Lösungsmappe	10	9	1								
(a) Lösung mit Lösungsmappe	1			1	1						
(b) Lösung ohne Lösungsmappe	8	8									
(b) Lösung mit Lösungsmappe	3			1	2						
(c) Lösung ohne Lösungsmappe	8	6	2								
(c) Lösung mit Lösungsmappe	3			1	4						
(d) Lösung ohne Lösungsmappe	9	4	5								
(d) Lösung mit Lösungsmappe	2			3	4						
Leistungsnachweis						7	3				
Hat mir gefallen								7	4		
Für mich schwierig										5	6

Bearbeitungszeiten in min.: 50, 30, 60, 40, 40, 30, 40, 50, 20, 45, 60

6.3 Der Stationenbetrieb aus inhaltlicher Sicht

Die Fehlerauswertung der Pflichtstationen zeigt für mich, dass bzgl. der vermittelten Inhalte aus rein mathematischer Sicht keine wirklichen Verbesserungen zu meinem herkömmlichen Unterricht festzustellen sind. Die Hauptfehler treten auch bei diesem Stationenbetrieb in etwa der selben Häufigkeit und Zusammensetzung auf. Hier wäre für mich ein Schularbeitenergebnis von großem Interesse, um festzustellen, ob mein Eindruck, dass der Stationenbetrieb keinesfalls eine Verbesserung hinsichtlich der Erreichung von Lehrzielen brachte, zutrifft. Allerdings kann ich auch keine Verschlechterung aus den auftretenden Fehlern und den erbrachten Leistungen erkennen. Im Hinblick auf die Forschungsfrage bleibt dieser Stationenbetrieb zunächst eine Alternative zu meinem herkömmlichen Unterricht, da zumindest keine Verschlechterung der Leistungen feststellbar ist.

Die Auswertung der freiwilligen Stationen mit Hilfe des Arbeitsberichts ermöglicht eine Beurteilung der Aufgabenstellungen bzgl. Interesse bzw. Desinteresse und Schwierigkeitsgrad seitens der Schüler sowie der Verständlichkeit der Arbeitsmaterialien und Lösungshilfen. Die Bearbeitungszeiten ermöglichen eine genauere zeitliche Planung bei nachfolgenden Einsätzen des Stationenbetriebs. Das Ausfüllen des Arbeitsberichts stellte für die Schüler keine Schwierigkeit dar. Verbesserungswürdig ist die Verständlichkeit der Lösungen in den Lösungsmappen. Manche Lösungen wurden von den Schülern als zu knapp und nicht besonders gut lesbar beurteilt. Ob den Schülern eine bestimmte Aufgabenstellung gefällt oder nicht, hängt in starkem Maße damit zusammen, ob eine Aufgabe richtig gelöst oder zumindest verstanden wurde. *„Stationen, die ich zusammengebracht habe, haben mir auch nachträglich gefallen. Wo ich mich nicht ausgekannt habe, die haben mir nicht gefallen.“* (Interview Schüler 1) Der Aufbau des Arbeitsberichtes erscheint mir gut gelungen, weil auch über Teilaufgaben und einzelne Fragestellungen Informationen gewonnen werden können.

7 Klassenbefragung und Schülerinterviews

Durch die direkt im Anschluss an die letzte Einheit des Stationenbetriebs durchgeführte Klassenbefragung sollte der Stationenbetrieb als alternative Unterrichtsform besser beleuchtet werden, wobei Organisation und Schülermotivation im Vordergrund stehen sollten. Wichtiger als die Inhalte war mir bei dieser Diskussion die Qualität der Unterrichtsmaterialien. Im folgenden sollen zunächst die Struktur und der Ablauf dieser Diskussion dargelegt werden.

7.1 Inhalte und Organisation der Klassenbefragung

Bewährt hatte es sich bereits bei der letzten von mir durchgeführten Klassenbefragung, die Leitung einem Kollegen zu übertragen. Dadurch konnte ich mich vollständig der Protokollierung widmen und wichtige Details dokumentieren. In diesem Fall übernahm die Aufgabe der in dieser Klasse unterrichtende Religionslehrer. Er bekam eine Übersicht über die zu erfragenden und zu diskutierenden Inhalte, die ich für meine Auswertung geplant hatte. Als Information zu diesem Stationenbetrieb erhielt er im Vorfeld die auch den Schülern vorliegenden allgemeinen Richtlinien zum Stationenbetrieb und den Übersichtsplan über den gesamten Stationenbetrieb. Meine Aufgabe beschränkte sich darauf, die Diskussion zu protokollieren und eventuelle Unklarheiten für den Diskussionsleiter zu klären.

Leitfaden der Diskussion:

Folgende Inhalte hätte ich gerne in dieser Diskussion besprochen und erarbeitet:

1. Fragen, die auf Motivation und Interesse bei den Schülern abzielen:

- Wie gefällt den Schülern diese Unterrichtsform?
- Welche positiven Aspekte gibt es zu erwähnen?
- Welche negativen Aspekte?
- Wie sehen die Schüler den Vergleich mit herkömmlichen Unterrichtsformen?
- Kommt der Stationenbetrieb dem Lernstil der Schüler entgegen?

2. Fragen, die die Organisation und den Ablauf des Stationenbetriebs betreffen:

- Wie sehen die Schüler das Verhältnis zwischen Pflichtstationen und freiwilligen Stationen?
- Wie wird der vorgegebene Zeitrahmen beurteilt?
- Was halten die Schüler von der Gestaltung der Arbeitsblätter?
- Was halten die Schüler von den Arbeitsberichten?
- Was ist gut gelungen?
- Was könnte verbessert werden?
- Was fördert die Motivation für den Gegenstand „Angewandte Mathematik“?*

3. Fragen, die die Inhalte des Stationenbetriebs betreffen:

- Ist klar geworden, welche Inhalte mit diesem Stationenbetrieb vermittelt wurden?
- Waren die Hilfestellungen bei den Aufgaben brauchbar?
- Waren die Fragestellungen klar oder unklar?
- Haben die Schüler den vermittelten Lehrstoff verstanden?

4. Ausblick:

- Soll wieder bei Gelegenheit ein Stationenbetrieb durchgeführt werden? Warum ja? Warum nein?
- Welche Unterrichtsform wäre den Schülern am liebsten? Begründung?

Natürlich sollen und können zusätzliche Fragen vom Diskussionsleiter gestellt werden, die sich spontan aus der Diskussion ergeben, oder die dem Diskussionsleiter als wichtig erscheinen, aber in obiger Aufzählung fehlen.

* Diese Frage wurde vom Diskussionsleiter angeregt.

7.2 Ablauf und Ergebnisse der Klassenbefragung

Geführte Befragung

Am Anfang der Diskussion stand eine von mir gegebene Einleitung. Darin wurde den Schülern der Sinn dieser Befragung erklärt. Es wurde erklärt, dass beim Einsatz einer neuen Unterrichtsmethode dies mit den verschiedensten Mitteln genau untersucht werden muss; untersucht sowohl hinsichtlich der Inhalte und erreichten Lernziele, als auch der Beurteilung

aus der Sicht der Schüler. Für eine Beurteilung aus der Sicht der Schüler sollte unter anderem diese Klassenbefragung dienen. 17 Schüler nahmen an der Befragung teil.

Motivation und Interesse

Wie gefällt den Schülern diese Unterrichtsform?

Sehr: 0

Mittelmäßig: 15

Nicht: 2

Positive Aspekte

Man kann sich Inhalte selbst erarbeiten.

Wenn man bei einer Aufgabenstellung hängt, ist Zusammenarbeit möglich.

Die Tipps sind sehr hilfreich bei der Lösung.

Eine intensive Beschäftigung mit dem TI-92 ist notwendig; dadurch lernt man den Taschenrechner erst wirklich kennen.

Negative Aspekte

Wenn mehrere Personen an einer Station arbeiten, schauen die anderen nur zu und einer arbeitet.

Die Besetzungszahl bei den Stationen ist limitiert. Man wartet nur auf freie Plätze, vor allem bei den Pflichtstationen.

Wenn man alleine arbeitet, kommt man kaum auf Fehler drauf.

Vergleich mit herkömmlichen Unterrichtsformen

Beim Stationenbetrieb steht die Anwendung des Lehrstoffs im Vordergrund, ohne dass neuer Stoff hinzukommt.

Im herkömmlichen Unterricht kommt immer wieder neuer Lehrstoff dazu.

Man hat mehr Zeit, um ein Beispiel zu verstehen.

Der Unterricht sollte ausgeglichen sein. Ungefähr gleich viel Zeit für den lehrerzentrierten Unterricht und gleich viel Zeit im Stationenbetrieb.

Kommt der Stationenbetrieb meinem eigenen Lernstil entgegen?

Kommt meinem Lernstil entgegen: 9

Eher nicht: 8

Was fördert die Motivation im Gegenstand „Angewandte Mathematik“? Gelingt es mir, mich für AM zu motivieren?

Diese Frage sollte von jedem Schüler persönlich beantwortet werden.

Im herkömmlichen Unterricht ist die Stofffülle zu groß. Durch den Stationenbetrieb kann man den Stoff besser durchdenken und man kommt nicht ins Stolpern.

Man muss sich auch außerhalb des Stationenbetriebs zu Hause zum Lernen überwinden.

Für einen Schüler ist die Motivation gleich geblieben.

Der Stationenbetrieb hat auf den Lernaufwand keine Auswirkung und dadurch kommt es zu keiner Motivationssteigerung.

Mathematik interessiert mich so wie die anderen Fächer. (Gleiche Motivation)

Der Stationenbetrieb war zu lang. Vor dem Stationenbetrieb hätten noch zwei bis drei Einführungsbeispiele besprochen werden sollen.

Durch den Stationenbetrieb gibt es keinen Unterschied in der Motivation.

Die Motivation ist gleich zum herkömmlichen Unterricht, es gab keinen Motivationsschub.

Es kam zu einer Motivationssteigerung durch gemeinsames Erarbeiten.

Die Motivation ist gestiegen, der Anwendungsaspekt ist sehr wichtig, dadurch versteht man erst den Sinn und Zweck des Stoffgebiets.

Ich habe sowieso große Motivation für den Mathematikunterricht ob mit oder ohne Stationenbetrieb.

Die Motivation ist gestiegen. Ich habe zwar nur die Pflichtstationen absolviert, die aber verstanden.

Was kann die Motivation fördern?

Geringe Motivation im Mathematikunterricht durch zuviel Stoff und zuwenig Beispiele.

Der Stoff sollte langsamer behandelt werden.

Mehr Einführungsbeispiele.

Es sollte eine andere Aufteilung der drei Wochenstunden erfolgen: eine Stunde Theorie, zwei Stunden Beispiele Rechnen.

Man muss sowieso lernen; Mathematik ist eher trocken.

Es geht um einen selbst, der Lehrer kann nichts dazu beitragen.

Organisation und Ablauf

Wie wird das Verhältnis zwischen freiwilligen Stationen und Pflichtstationen gesehen?

Das Verhältnis passt.

Das Verhältnis passt; wenn man krank ist, ist man hinten.

Ohne Pflichtstationen arbeitet niemand etwas.

Es sollte keine fixen Pflichtstationen geben, es sollte nur eine gewisse Anzahl von Stationen als Pflichtstationen abgegeben werden.

Zeitraumen

Der Zeitrahmen passt, aber es waren zu viele Stationen.

Es sollte eine Zeitvorgabe für die Stationen geben.

Was halten die Schüler von der Gestaltung der Arbeitsblätter?

Die Tipps sind gut und wichtig.

Die Gestaltung ist in Ordnung.

Was halten die Schüler von den Arbeitsberichten?

Die Frage, ob ein Leistungsnachweis erbracht wird, ist positiv.

Was ist gut gelungen?

Selbständiges Arbeiten.

Mit anderen zusammenarbeiten.

Verwendung des Taschenrechners.

Eigene Zeiteinteilung und eigenes Arbeitstempo.

Verbesserungsvorschläge

Die Arbeitsanweisungen sollten ausgeteilt werden, damit man sie auch mit nach Hause nehmen kann.

Die Anzahl der möglichen Personen pro Station sollte erhöht werden, vor allem bei den Pflichtstationen.

Inhalte

Welche Inhalte sollten vermittelt werden?

Ein besprochenes Stoffgebiet soll angewendet werden.

Beispiele aus dem Alltag.

Man soll sehen, dass man das Stoffgebiet brauchen kann.

Waren die Hilfestellungen bei den Aufgaben brauchbar?

Die Tipps waren gut.

Waren die Fragestellungen klar oder unklar?

Manches wurde erst beim zweitenmal Lesen klar. Zum Teil wurde die Aufgabenstellung erst im Zusammenhang mit dem Arbeitsblatt verstanden.

Verständnis der Inhalte

Wirklich verstanden: 4

Überhaupt nicht verstanden: 0

Ausblick

Soll wieder einmal ein Stationenbetrieb durchgeführt werden?

Alle 17 Schüler waren dafür.

Es bringt Abwechslung.

Es ist eine Auflockerung des Schulalltags.

Welche Unterrichtsform wäre den Schülern am liebsten?

Am besten wäre ein Teil Theorie und zwei Teile Anwendung.

Die Unterrichtsformen Stationenbetrieb und lehrerzentrierter Unterricht sollten gemischt zum Einsatz kommen.

Lehrerzentrierter Unterricht ist notwendig, um den Stoff näher zu bringen.

Negativ ist beim Stationenbetrieb der große Zeitbedarf.

Es besteht die Angst, dass die Zeit für den Stoff zu knapp wird.

Die Befragung dauerte 45 Minuten. Die Klassenbefragung ist eher geeignet, die Klassenmeinung und die Klassensituation verstärkt zum Ausdruck zu bringen. Die Schüler beeinflussen sich gegenseitig, sowohl in ihren Wortmeldungen und Meinungen, als auch in ihrem Verhalten. Von großem Interesse ist für mich auch die Sicht einzelner Schüler. Zu diesem Zwecke wurden direkt anschließend an die Klassenbefragung vier Schüler hintereinander in Interviews befragt.

7.3 Schülerinterviews

Vier Schüler interviewte ich zum Stationenbetrieb. Die Interviews wurden auf Kassetten aufgenommen. Die Inhalte der Interviewfragen sollten ähnlich den Fragen bei der Klassenbefragung sein, da mich auch hier mehr der motivationale Aspekt, die Qualität der Arbeitsmaterialien und die Organisation des Stationenbetriebs interessierten und eher nur am Rande die inhaltliche Sicht. Für diese Interviews habe ich mir vorher einen Leitfaden zurechtgelegt, um die Ergebnisse besser vergleichen zu können.

Struktur der Interviews

Einführung

Am Beginn jedes Interviews steht eine Information des Schülers bezüglich des Zwecks des Interviews. Dem Schüler wird dabei erklärt, dass bei Verwendung einer neuen Unterrichtsform, diese hinsichtlich der zu erreichenden Lernziele, der Effizienz auf dem Weg dorthin und der Akzeptanz bzw. der Wirkung bei den Schülern untersucht werden sollte. Zudem wird dem Schüler der Aufbau des Interviews erklärt, d. h. die drei zu beantwortenden Fragenkomplexe kurz vorgestellt.

Wie sind Sie mit dieser Arbeitsweise zurechtgekommen?

- Zeitbedarf
- Passt diese Unterrichtsform zu Ihrem Arbeitsstil?
- Was halten Sie von den Pflichtstationen?
- Was halten Sie von den freiwilligen Stationen?
- Haben Sie mit Kollegen zusammengearbeitet oder eher alleine?
- Haben Sie immer mit dem/den gleichen Kollegen zusammengearbeitet?

Wie beurteilen Sie den Stationenbetrieb bezüglich des vermittelten Inhalts?

- Was waren Ihrer Meinung nach die Themen dieses Stationenbetriebs?
- Haben Sie die Arbeitsanweisungen und Aufgabenstellungen als klar oder als unklar empfunden?
- Haben Sie die bearbeiteten Stationen verstanden?
- Gibt es Stationen, die Sie überhaupt nicht verstanden haben? Welche?
- Haben Sie die Lösungsvorschläge in den Lösungsmappen nachvollziehen können?
- Gibt es Stationen, die Ihnen besonders gut oder besonders schlecht gefallen haben?

Wie sehen Sie den Stationenbetrieb im Vergleich zu anderen Unterrichtsformen?

- Hat Ihnen diese Arbeitsweise insgesamt gefallen?
- War für Sie diese Unterrichtssituation eher motivierend oder demotivierend?
- Hat Ihnen diese Unterrichtsform besser oder schlechter als der herkömmliche Unterricht gefallen?
- Was war besser, was schlechter?
- Was ist für Sie verbesserungswürdig an diesem Stationenbetrieb?
- Würden Sie gerne wieder einmal in einem Stationenbetrieb arbeiten oder eher nicht?

7.3.1 Auswahl der Schüler

Die Auswahl der Schüler erfolgte nicht zufällig, sondern ich hatte dabei ganz bestimmte Voraussetzungen im Auge. Mich interessierten die Einstellungen eines volljährigen, durchschnittlichen Schülers, eines besonders begabten, eines durchschnittlichen sowie eines äußerst lernschwachen Schülers zum Stationenbetrieb.

Schüler 1

Im dritten Jahrgang ist der Altersunterschied zwischen den Schülern zum Teil gravierend. Deshalb wollte ich auch einen bereits volljährigen Schüler interviewen, um hier eventuell altersbedingte Unterschiede in den Haltungen und Einstellungen erkennen zu können. Der Schüler ist Klassensprecher, durchschnittlich begabt. Er erscheint mir im Normalfall konzentriert bei der Arbeit und auch lernwillig zu sein.

Schüler 2

Der Schüler ist hochbegabt, es besteht in Mathematik ein großer Unterschied zum Rest der Klasse hinsichtlich Auffassungsgabe und der Fähigkeit zum logischen Denken. Die Note in Mathematik bewegt sich zwischen „Gut“ und „Befriedigend“, vor allem deshalb, weil der Schüler keine Bereitschaft zur Dokumentation von Beispielen und Rechengang zeigt. Mir scheint der Schüler nur schwer zu motivieren. Er leistet im Regelunterricht nur das Notwendigste und gibt sich zum Teil überheblich.

Schüler 3

Dieser Schüler ist durchschnittlich begabt. Er ist im Unterricht sehr bemüht und lernwillig. Von der Persönlichkeitsstruktur ist er ein sehr zurückhaltender und schüchterner Schüler. Dieser Eindruck wird auch durch diesbezügliche Gespräche mit der Mutter an Elternsprechtagen bestätigt.

Schüler 4

Der Schüler ist ein sehr schwacher Schüler, der im normalen Unterricht große Verständnismängel hat. Bei drei Mathematikschularbeiten in diesem Semester würde nicht einmal die Summe der jeweils erreichten Punkte aus allen drei Schularbeiten für eine positive Schularbeitsnote reichen. Auch mündlich hat der Schüler im laufenden Schuljahr noch keine positive Eintragung.

7.4 Beurteilung der motivationalen Aspekte des Stationenbetriebs

Der zweite und für mich wichtigste Gesichtspunkt der Forschungsfrage soll die Möglichkeiten der Motivationssteigerung in meinem Mathematikunterricht durch den vorliegenden Stationenbetrieb erforschen. Für mich ist ein wichtiger Bestandteil des Unterrichts, die Schüler für ein mathematisches Thema zu interessieren und zu motivieren. Motivation ist dabei ein schwer zu fassender Begriff, der sicher auch für den Schüler selbst ein eher diffuser ist: *„Der Stationenbetrieb hat auf den Lernaufwand keine Auswirkung und dadurch kommt es zu keiner Motivationssteigerung.“* (Klassenbefragung) *„Es geht um einen selbst (bei der Motivation, Anm. d. V.), der Lehrer kann nichts dazu beitragen.“* Es muss zunächst für mich klargemacht werden, was ich unter Motivation im Mathematikunterricht verstehe. Wie in der Forschungsfrage festgelegt, möchte ich hier vor allem Aspekte des Engagements und des Interesses als Parameter für Motivation festlegen. Wie empfindet der Schüler aus persönlicher Sicht, wie im Klassenverband den Stationenbetrieb? Dabei soll auch die Auswahl der Schüler bei den Interviews eine weitere Differenzierung bezüglich verschiedener Schülertypen ermöglichen.

Besonders wichtig für Schüler war die Abwechslung zum herkömmlichen Unterricht, die Abwechslung im Schulalltag. Dieser Punkt war immer wieder zentral sowohl in der Klassenbefragung als auch in den Interviews. *„Es bringt Abwechslung.“* (Klassenbefragung) *„Es ist eine Auflockerung des Schulalltags.“* (Klassenbefragung) *„Mehr Abwechslung im Schulalltag. Mehr Bewegung.“* (Interview Schüler 1) *„Ist gute Abwechslung.“* (Interview Schüler 2) *„Die Unterrichtsform war ganz super, weil es einmal etwas anderes ist, als drinnen sitzen und zuhören.“* (Interview Schüler 3) *„Der Stationenbetrieb ist abwechslungsreicher als vorher, ...“* (Interview Schüler 4) Aus diesen Aussagen schließe ich, dass für Schüler eine Abwechslung im Unterrichtsgeschehen einen sehr wesentlichen Beitrag zum Interesse an einer Aufgabenstellung und auch zum Arbeitseinsatz sprich Engagement liefert. Genauso bot der Stationenbetrieb für mich als Lehrer eine Abwechslung im Unterrichtsgeschehen. So aufwendig die Vorbereitung und die Auswertung auch waren, so spannend war der Ablauf selbst. Wichtig war für mich vor allem auch, Schüler genauer bei der Arbeit beobachten zu können und einen Einblick in die Herangehensweise von Schülern an Aufgaben zu gewinnen und die damit verbundenen Probleme verstehen zu lernen.

Schüler/innen sind eher bereit, etwas zu leisten, wenn sie die Inhalte selbständig und im persönlichen Arbeitstempo erarbeiten können, aber auch die Gelegenheit zur sozialen Interaktion, zur Zusammenarbeit und Diskussion gegeben ist. Dazu einige Belege: *„Man kann sich Inhalte selbst erarbeiten.“* (Klassenbefragung) Was ist gelungen? (Klassenbefragung): *„Selbständiges Arbeiten.“* *„Mit anderen Zusammenarbeiten.“* *„Eigene Zeiteinteilung und eigenes Arbeitstempo.“* *„Es kam zu einer Motivationssteigerung durch gemeinsames Erarbeiten“* *„Die Unterrichtsform kommt mir entgegen. Man kann sich wirklich Zeit lassen; man versteht es auch; man kann es probieren, bis man es versteht. Im Unterricht kann sich der Lehrer nicht jedem Schüler anpassen, wie lange er braucht, bis er es versteht. Das normale Unterrichtstempo passt nicht jedem Schüler.“* (Interview Schüler 1) *„Die Unterrichtsform ist mir eigentlich entgegengekommen, weil ich gern mit anderen Leuten zusammenarbeite, vor allem dann, wenn ich mir selbst nicht so sicher bin. Andererseits kann ich mich auch ganz gut allein wo dazusetzen und schauen, dass etwas weitergeht, wenn es notwendig ist.“* (Interview Schüler 3) *„Der Stationenbetrieb passt mir wegen der Gruppenarbeit, weil man sich von anderen Leuten helfen lassen kann, wenn man schwächer ist, das hat schon Vorteile. (Zusammenarbeit, Anm. d. Verf.) Meistens mit Kollegen, ab und zu mit den gleichen: Man tut sich einfacher, wenn man mit anderen zusammenarbeitet, weil*

man sich etwas erklären lassen kann, wenn man sich nicht auskennt.“ (Interview Schüler 4) Allerdings lassen sich gerade im Bereich des persönlichen Engagements Schwächen des Stationenbetriebs orten, die auch von den Schülern angesprochen werden: „Wenn mehrere Personen an einer Station arbeiten, schauen die anderen nur zu und einer arbeitet. Wenn man alleine arbeitet kommt man kaum auf Fehler drauf.“ (Klassenbefragung) „Ein Nachteil des Stationenbetriebs ist vielleicht, wenn schon jemand die vier Pflichtstationen gemacht hat, dass er dann die anderen nicht mehr macht.“ (Interview Schüler 2) „Schlechter als beim Lehrervortrag ist, wenn bei einer Station drei Leute sind und nur einer kennt sich aus, dann schreiben die anderen mehr oder weniger ab.“ (Interview Schüler 3)

Aufgrund dieser Aussagen lässt sich als erstes Ergebnis festhalten, dass für Schüler Abwechslung alleine und unterschiedliche Möglichkeiten in der Erarbeitung von Inhalten (sei es alleine oder in Zusammenarbeit mit anderen) sehr entscheidende Eckpunkt für Interesse, Engagement und damit letztendlich Motivation sind, die im herkömmlichen lehrerzentrierten Unterricht nicht geboten werden. Einen weiteren Gesichtspunkt stellt die Auswahl der Beispiele dar, die die Schüler interessieren sollen. Dieser Motivationsaspekt ist zwar auch vorhanden, steht meiner Meinung nach aber für die Schüler weit hinter den Faktoren Abwechslung und Sozialformen zurück. *„Die Motivation ist gestiegen, der Anwendungsaspekt ist sehr wichtig, dadurch versteht man erst den Sinn und Zweck des Stoffgebiets.“* (Klassenbefragung) Hierzu muss man allerdings sagen, dass das kein Spezifikum des Stationenbetriebs ist. Weitere Hinweise auf die Bedeutung des Anwendungsaspekts, die Beispielzusammenstellung oder die Wahlmöglichkeiten zwischen verschiedenen Aufgabenstellungen konnte ich nicht finden.

Zusammenfassend halte ich mit Focus auf die Forschungsfrage folgende Punkte fest:

- Nach meinem derzeitigen Wissensstand lässt sich bezüglich der Erreichung von Lernzielen kein Unterschied zum herkömmlichen Unterschied zu diesem Thema feststellen. Endgültige Klarheit darüber kann jedoch nur eine Leistungsfeststellung zum Thema „Anwendungen der Differenzialrechnung liefern“. Die Feststellung, dass es zumindest zu keiner Verschlechterung in den Leistungen gekommen ist, gründet sich auf die Auswertung der Arbeitsblätter und Arbeitsberichte.
- Für meine Schüler gehörten zur Motivation im Mathematikunterricht die Abwechslung im Unterrichtsalltag und die Möglichkeit, in der Erarbeitung von Aufgabenstellungen verschiedene Varianten der Zusammenarbeit angeboten zu bekommen. Beides kann der Stationenbetrieb basierend auf Schüleraussagen leisten und trägt daher auf jeden Fall zur Motivationssteigerung im Mathematikunterricht bei. Das persönliche Arbeitstempo bei der Bewältigung der Aufgaben stellt auch für sehr viele Schüler einen entscheidenden Motivationsaspekt dar, der eben besonders gut in einem Stationenbetrieb erfüllt wird.

8 Ausblick

Um den Ablauf des Stationenbetriebs dokumentieren zu können führte ich ein Tagebuch. Ich fasse die wichtigsten Mängel und Erkenntnisse zusammen:

- Es dauert einige Zeit, die Stationen einzurichten und zu besetzen. In Zukunft wird hier die Vorbereitung an die Schüler delegiert.
- Es müssen zumindest einige Freiplätze vorhanden sein, um einen Stationenwechsel

reibungslos verlaufen zu lassen.

- Anfänglich sind die Lösungsmappen am Lehrertisch und können bei Bedarf eingesehen werden. Es spricht aber nichts dagegen, die Lösungsmappen gleich auf die Pflichtstationen zu verteilen, damit werden Unruhe und Leerlauf bei der Kontrolle der Lösungen vermieden.
- Es sollte vielleicht in der Einführung gesagt werden, dass bei den Arbeitsblättern nicht um jeden Preis jede Frage beantwortet werden muss.
- Manche Schüler warten nur, bis eine Pflichtstation frei wird und arbeiten eher zum Schein an einer freiwilligen Station.
- Schüler beginnen offensichtlich wegen Zeitdrucks zu schummeln, indem sie beliebige Pflichtstationen beginnen, unabhängig davon, ob ein Platz bei der entsprechenden Station gerade frei ist.

Die Stärken des Stationenbetriebs „Anwendungen zur Differenzialrechnung“ bestehen darin, einiges auf dem Gebiet der Motivation im Mathematikunterricht leisten zu können, dadurch dass er Schülern ein selbständiges Erarbeiten von Inhalten bei eigenem Arbeitstempo ermöglicht. Was er nicht leistet, ist ein besseres Verständnis für die Anwendungen der Differenzialrechnung oder eine Vermeidung von häufigen Schülerfehlern im Vergleich zum bisherigen Mathematikunterricht. Dass er das nicht tut, lässt mich zunächst nach dem Warum fragen. Eine Ursache könnte sein, dass sich das Themengebiet nicht unbedingt dazu eignet, Inhalt eines Stationenbetriebs zu sein. Wenn ich aber die Ergebnisse der Arbeitsblätter aus den Pflichtstationen näher betrachte, scheint mir eher ein Mangel in der Vorbereitung der Differenzialrechnung zu bestehen. Die Hauptschwierigkeiten liegen in einem umfassenden Funktionen- und Variablenverständnis. Weiters zeigten die Schüler große Probleme in der sprachlichen Erfassung der Aufgabenstellung und der Transformation des Textes in einen funktionalen Zusammenhang. Will ich die Hauptschwierigkeiten bei den Anwendungen der Differenzialrechnung entschärfen, muss ich frühzeitig in diese Richtung hin arbeiten. Mit der Unterrichtsform des Stationenbetriebs können diese Defizite im Umgang mit Funktionen nicht behoben werden, wodurch sich sicher ähnliche Ergebnisse im Vergleich zum lehrerzentrierten Unterricht erklären lassen. Diese Erfahrungen habe ich heuer bereits im ersten Jahrgang eingebaut. Mit einem geschulteren Verständnis im funktionalen Denken glaube ich jetzt, mit diesem Stationenbetrieb zu „Anwendungen der Differenzialrechnung“ das nächste Mal bessere Ergebnisse zu erzielen.

Bei näherer Betrachtung von Klassenbefragung und Schülerinterviews zeigte sich, dass die motivationalen Aspekte des Unterrichts für Schüler sehr wichtig sind und genau in dieser Hinsicht der Stationenbetrieb seine Stärken aufweist. Weiters wurde mir durch verschiedene Schüleraussagen klar, dass dieser Stationenbetrieb durchaus inhaltlich sehr viel zu leisten vermag, wenn es um eine intensive Beschäftigung mit dem Taschenrechner geht: *„Eine intensive Beschäftigung mit dem TI-92 ist notwendig; dadurch lernt man den Taschenrechner erst wirklich kennen.“* (Klassenbefragung) Das heißt, gerade in diesem Punkt, der im Unterricht entweder sehr viel Zeit beansprucht oder aber vernachlässigt wird, kann der Stationenbetrieb einen wichtigen Beitrag leisten, durch Übung das Verständnis im Umgang mit dem Taschenrechner TI-92 zu verbessern. Wenn man das berücksichtigt, den Stationenbetrieb unter diesem Gesichtspunkt betrachtet und den Unterricht im Vorfeld des Stationenbetriebs dahingehend gestaltet, kann er auch aus inhaltlicher Sicht eine wesentliche Bereicherung zum Regelunterricht in Mathematik darstellen. Das bedeutet aber für mich, dass

zum lehrerzentrierten Unterricht kleinere Stationenbetriebe einerseits eine wichtige Bereicherung für die Schüler darstellen und andererseits bei dieser Gelegenheit zum Teil sehr mühsame Unterrichtssequenzen, in denen der Taschenrechner erklärt und geübt wird, durch eine spannendere Unterrichtsform ersetzt werden kann.

Für meinen künftigen Unterricht bietet das konkrete Ansatzpunkte. Ich werde diesen Stationenbetrieb sicher wieder einsetzen, weil ich weiß, dass er Schülern Spaß macht. Mein lehrerzentrierter Unterricht wird sich dahingehend ändern, dass ich jetzt die Ursachen der Probleme bei den Anwendungen der Differenzialrechnung klarer sehe und ich damit lehrerzentrierten Unterricht effizienter gestalten kann. Gespannt bin ich auf die Ergebnisse und Erfahrungen beim nächsten Einsatz.

Anhang

A1 Auswertung der Pflichtstationen

Beschreibung der Station 2

Das Thema der Station 2 bildet ebenfalls eine Extremwertaufgabe, bei der der Modellbildungsprozess auch eine gewisse Rolle spielt. Wichtig ist mir hier der Anwendungsaspekt einer wirtschaftlichen Fragestellung, die für einen HTL-Schüler Bedeutung haben sollte. Dass das Hauptaugenmerk nicht auf den Modellbildungsprozess gelenkt wird, soll durch die entsprechenden Tipps gewährleistet werden und durch die Tatsache, dass die hier benötigten Folgen und Reihen das der Differenzialrechnung vorangehende Stoffgebiet bildeten. Auch hier sollen die bereits bei Station 1 besprochenen Fragestellungen im Vordergrund stehen.

Auswertung der Station 2

Abgegebene Arbeitsblätter: 22

Frage (1)

Richtig: 6 Fehlerhaft: 2 Falsch: 14

Die Fehler:

Die fehlerhaften Antworten beruhen auf Form- und /oder Schlampigkeitsfehlern.

Es wurde eine Exponentialfunktion verwendet: 8x

Es wurde die Funktion $80000 \cdot (n - 1) \cdot 8000$ verwendet: 5x

Es wurde ein falscher Zahlenwert verwendet: 1x

Frage (2)

Richtig: 14 Fehlerhaft: 4 Falsch: 4

Die Fehler:

Bei den fehlerhaften Antworten wurde statt der Variablen t die Variable n verwendet. Zum Teil fehlt die Berechnung für das dritte Jahr, außerdem einige Rechenfehler.

Statt t wurde in der Funktion $(t - 1)$ verwendet: 2x

Statt der Folge wurde die Reihe verwendet: 1x

Frage (3)

Richtig: 16 Fehlerhaft: 6

Die Fehler:

Bei den fehlerhaften Antworten war zweimal derselbe Rechenfehler die Ursache.

Zweimal wurde statt der Variablen t die Variable n verwendet.

Zweimal war die Antwort zu allgemein ohne Vereinfachungen.

Frage (4)

Richtig: 7 Falsch: 13 Nicht beantwortet: 2

Die Fehler:

6 mal wurde auf den Verkaufserlös vergessen.

Die übrigen Antworten stellten zum Teil sehr individuelle und zum Teil abenteuerliche Konstruktionen dar mit deutlichen Mängeln in der Sprachbeherrschung.

Frage (5)

Richtig: 4 Falsch: 17 Nicht bearbeitet: 1

Die Fehler:

Bei 10 falschen Antworten lag die Ursache in der falschen Funktion für den Verkaufserlös. Als falsch wurden auch Antworten gewertet, bei denen sich die Variable t in eine andere Variable verwandelt hatte und zusätzlich die Gewinnfunktion nicht auf eine vereinfachte Funktion gebracht wurde.

Bei vier Gewinnfunktionen war die additive Konstante falsch.

Frage (6)

Richtig: 9 Fehlerhaft: 3 Falsch: 9 Nicht beantwortet 1

Die Fehler:

Bei den fehlerhaften Antworten wurde in der Ableitung die Variable t durch x ersetzt. Die falschen Antworten beruhen auf einer falschen Gewinnfunktion.

Frage (7)

Richtig: 5 Fehlerhaft: 7 Falsch: 9 Nicht beantwortet: 1

Die Fehler:

Bei den sieben fehlerhaften Antworten stimmt zwar das Ergebnis, es fehlt aber die Berechnung.

Die falschen Antworten beruhen auf einer falschen Gewinnfunktion; zusätzlich fehlt großteils die Berechnung.

Frage (8)

Richtig: 4 Fehlerhaft: 5 Falsch: 12 Nicht beantwortet: 1

Die Fehler:

Bei den fünf fehlerhaften Antworten stimmt das Ergebnis zumindest mit der Skizze in Frage (9) überein.

Bei den falschen Antworten liegt die Ursache in der falschen Gewinnfunktion. Das Ergebnis stimmt aber außerdem nicht mit dem Funktionsgraphen überein.

Frage (9)

Richtig: 8 Fehlerhaft: 1 Falsch: 12 Nicht beantwortet: 1

Die Fehler:

Bei der fehlerhaften Antwort beginnt der Funktionsgraph fälschlicherweise im Nullpunkt. Es wurden Graphen auch als richtig bewertet, wenn nur die additive Konstante in der Gewinnfunktion falsch war und der Graph zumindest mit der falschen Gewinnfunktion übereinstimmte. Das war in vier Fällen der Fall.

Bei den falschen Antworten war zum einen die Gewinnfunktion selbst in wesentlichen Punkten falsch; außerdem stimmte in diesen Fällen der Graph auch nicht mit der falschen Gewinnfunktion überein.

Beschreibung der Station 3

Bei Station 3 soll die Differenzialrechnung im Lichte von Funktionsuntersuchungen betrachtet werden. Die zu untersuchende Funktion ist bereits gegeben. Es geht zunächst darum, einen Zusammenhang zwischen der Skizze des Freitragers und der Gleichung der Biegelinie zu sehen. Weiters soll die erste Ableitung als Möglichkeit gesehen werden, Tangenten an eine Kurve zu bestimmen, insbesondere soll die erste Ableitung als Steigung der Tangente verstanden und daraus ein Neigungswinkel berechnet werden. Als Zusatzaufgabe soll hier die Änderung einer Funktionsgleichung bei Änderung der Lage des

Koordinatensystems untersucht werden.

Auswertung der Station 3

Abgegebene Arbeitsblätter: 22

Frage (1)

Richtig: 9 Fehlerhaft: 9 Falsch: 4

Die Fehler:

Bei den fehlerhaften Skizzen war die Beschriftung der Achsen mangelhaft, d. h. vor allem die Einheiten auf der y -Achse machten Schwierigkeiten. Statt cm oder mm wurde Nm^2 als Einheit angenommen.

Bei drei falschen Antworten wurde einfach die Skizze des Freitragers aus der Angabe abgezeichnet. Es wurde nicht der Unterschied zwischen dem gebogenen Freitragler und der Biegelinie erkannt.

Bei einer falschen Antwort fehlten Maßstab und Einheiten.

Frage (2)

Richtig: 19 Fehlerhaft: 2 Falsch: 1

Die Fehler:

Als fehlerhaft wurden von mir zwei Antworten bezeichnet, bei denen die Bezeichnung der Konstanten und Variablen nicht mehr mit der ursprünglichen Funktion übereinstimmten. Statt der Großbuchstaben wurden Kleinbuchstaben verwendet, vor allem deswegen, weil der TI-92 keine Großbuchstaben kennt.

Bei der falschen Antwort ist aus der Ableitung L verschwunden, weil durch die Taschenrechner-Ableitung aus L 1 geworden war, was dann als 1 abgeschrieben wurde.

Frage (3)

Richtig: 20 Falsch: 2

Die Fehler:

Bei den beiden falschen Antworten stimmt der konstante Faktor nicht.

Frage (4)

Richtig: 9 Fehlerhaft: 1 Falsch: 8 Nicht bearbeitet: 4

Die Fehler:

Bei der fehlerhaften Antwort stimmen die Bezeichnungen nicht mehr mit der ursprünglichen Funktion überein.

Statt $y(0)$ wurde $y'(0)$ berechnet: $8x$

Frage (5)

Richtig: 11 Falsch: 4 Nicht bearbeitet: 7

Die Fehler:

Bei den falschen Antworten wurde der Winkel über den Differenzenquotienten berechnet.

Frage (6)

Richtig: 0 Fehlerhaft: 13 Falsch: 6 Nicht beantwortet: 3

Die Fehler:

Bei allen fehlerhaften Antworten wurde die Funktion nicht vereinfacht.

Bei den falschen Antworten wurden in der Funktionsgleichung einfach die Vorzeichen vertauscht und nicht x durch $(L - x)$ ersetzt.

Frage (7)

Richtig: 4 Falsch: 15 Nicht beantwortet: 3

Die Fehler:

Acht der bei Frage 6 nur fehlerhaften Antworten sind nach dem Einsetzen der angegebenen Größen deshalb falsch, da im Ergebnis eine Größe aufscheint, die sich wahrscheinlich auf Grund der Rechnergenauigkeit ergeben hat, die aber mit 0 zu bewerten ist.

Bei einer vorhin fehlerhaften Antwort stimmen die Größen überhaupt nicht mit dem richtigen Ergebnis überein.

Die restlichen falschen Antworten ergeben sich auf Grund einer falschen Funktion bei Frage 6.

Beschreibung der Station 4

Bei dieser Station geht es darum, die bereits im Unterricht besprochene Bedeutung des Differenzials auch im Zusammenhang mit der Berechnung des Maximalfehlers in linearer Näherung zu vertiefen, die auftretenden Begriffe zu wiederholen und selbst den Zusammenhang zwischen exakter Fehlerberechnung und näherungsweise Fehlerberechnung zu untersuchen. Als Beispiel dient eine Anwendung aus der Elektrotechnik, bei der ebenfalls alle benötigten Funktionen und Zusammenhänge bereits gegeben sind. Die Tipps sollen es dem Schüler zudem ermöglichen, sein Denken in die richtige Bahn zu lenken.

Auswertung der Station 4

Abgegebene Arbeitsblätter: 22

Frage (1)

Richtig: 3 Fehlerhaft: 14 Falsch: 5

Die Fehler:

Die fehlerhaften Antworten ergeben sich ausschließlich daraus, dass die dem Betrag nach richtige Änderung nicht als negative Änderung, d. h. als Abnahme bezeichnet wurde, obwohl in den Tipps explizit darauf hingewiesen wird.

Berechnung mit Hilfe des Differenzials: 4x

$dy = \Delta x$: 1x

Frage (2)

Richtig: 3 Fehlerhaft: 11 Falsch: 8

Die Fehler:

Die fehlerhaften Antworten ergeben sich ausschließlich daraus, dass die dem Betrag nach richtige Änderung nicht als negative Änderung, d. h. als Abnahme bezeichnet wurde, obwohl in den Tipps explizit darauf hingewiesen wird.

Falscher Zahlenwert und das Vorzeichen der Änderung nicht berücksichtigt: 3x

Berechnung über das Differenzial: 4x

$dy = \Delta x$, und $\Delta y = 4.3\%$: 1x

Frage (3)

Richtig: 2 Fehlerhaft: 7 Falsch: 9 Nicht beantwortet: 4

Die Fehler:

Bei den fehlerhaften Antworten fehlt das Vorzeichen der Änderung.

Bei drei falschen Antworten wurden die Begriffe „exakt“ und „näherungsweise“ verwechselt.

Bei zwei Antworten stimmt der Ansatz, das Ergebnis ist aber falsch.

Bei einer Antwort wird im Ansatz statt $f'(x_0)$ $f(x_0)$ verwendet. Außerdem fehlt das Vorzeichen für die negative Änderung im Ergebnis.

Bei zwei Antworten fehlt die Berechnung der ersten Ableitung; zudem fehlt das Vorzeichen im Ergebnis und außerdem wird dy mit 2.174% bezeichnet.

Bei einer Antwort wird die Änderung mit $|\Delta x/x_0|$ bezeichnet.

Frage (4)

Richtig: 3 Fehlerhaft: 10 Falsch: 5 Nicht bearbeitet: 4

Die Fehler:

Bei den fehlerhaften Antworten fehlt das Vorzeichen der Änderung.

Bei zwei falschen Antworten wurden die Begriffe „exakt“ und „näherungsweise“ verwechselt.

Bei einer Antwort wird im Ansatz statt $f'(x_0)$ $f(x_0)$ verwendet. Außerdem fehlt das Vorzeichen für die negative Änderung im Ergebnis.

Bei zwei Antworten fehlt die Berechnung der ersten Ableitung; zudem fehlt das Vorzeichen im Ergebnis und außerdem wird dy mit 4.34% bezeichnet.

Station	bearbeitet	Selbständige Lösung ohne Lösungsmappe	Lösung mit Hilfe der Lösungsmappe	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden.	Die Station hat mir gefallen.	Die Station war für mich schwierig.
5	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Zeit ...min	(a) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein (b) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden <input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
6	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Zeit ...min	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
7	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Zeit ...min	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja

Station	bearbeitet	Selbständige Lösung ohne Lösungsmappe	Lösung mit Hilfe der Lösungsmappe	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden.	Die Station hat mir gefallen.	Die Station war für mich schwierig.
8	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Zeit ...min	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
9	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Zeit ...min	(a) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein (c) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden <input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden <input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja

Station	bearbeitet	Selbständige Lösung ohne Lösungsmappe	Lösung mit Hilfe der Lösungsmappe	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden.	Die Station hat mir gefallen.	Die Station war für mich schwierig.
9		<p>(d) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p>	<p><input type="checkbox"/> verstanden</p> <p><input type="checkbox"/> nicht verstanden</p>	<p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>	<p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>	<p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>
10	<p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p> <p>Zeit</p> <p>...min</p>	<p>(a) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p> <p>(b) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p> <p>(c) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p>	<p><input type="checkbox"/> verstanden</p> <p><input type="checkbox"/> nicht verstanden</p> <p><input type="checkbox"/> verstanden</p> <p><input type="checkbox"/> nicht verstanden</p> <p><input type="checkbox"/> verstanden</p> <p><input type="checkbox"/> nicht verstanden</p>	<p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>	<p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>	<p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>

Station	bearbeitet	Selbständige Lösung ohne Lösungsmappe	Lösung mit Hilfe der Lösungsmappe	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden.	Die Station hat mir gefallen.	Die Station war für mich schwierig.
11	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Zeit ...min	<p>(a) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(b) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(c) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(d) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(e) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>	<input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden <input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden <input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden <input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja

Station	bearbeitet	Selbständige Lösung ohne Lösungsmappe	Lösung mit Hilfe der Lösungsmappe	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden.	Die Station hat mir gefallen.	Die Station war für mich schwierig.
12	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Zeit ...min	<p>(a) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(b) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(c) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(d) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>(e) <input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> nicht richtig <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>	<input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden <input type="checkbox"/> verstanden <input type="checkbox"/> nicht verstanden	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja

A3 Auswertung der freiwilligen Stationen

Beschreibung der Station 5

Diese Station behandelt ebenfalls den Differenzialquotienten, allerdings im Gegensatz zu Station 4 soll der Maximalfehler mit Hilfe des Differenzials berechnet werden. Auch soll der Schüler den Unterschied zwischen relativem und absolutem Maximalfehler verstehen. Auch hier stehen die benötigten Zusammenhänge in den Tipps zum Ansatz zur Verfügung. Ab dieser Station sollen die Schüler ihre Ergebnisse mit einer Lösungsmappe vergleichen. Diese ist derart gestaltet, dass pro Fragestellung ein Lösungsblatt aufliegt, um dem Schüler die Möglichkeit zu geben, tatsächlich nur die gerade von ihm gewünschte Frage oder Teilfrage kontrollieren zu können.

Auswertung der Station 5

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	8										
bearbeitet	11										
(a) Lösung ohne Lösungsmappe	7	6	1								
(a) Lösung mit Lösungsmappe	4			3	2						
(b) Lösung ohne Lösungsmappe	9	5	4								
(b) Lösung mit Lösungsmappe	1			2	3						
Leistungsnachweis						6	4				
Hat mir gefallen								1	10		
Für mich schwierig										8	2

Bearbeitungszeiten in min.: 20, 17, 30, 20, 5, 15, 35, 15, -, 20, 40

Beschreibung der Station 6

Hier handelt es sich ähnlich wie bei Station 5 um die Berechnung eines Maximalfehlers. Ein wichtiger Punkt, der hier thematisiert wird, ist, dass der Winkel und vor allem der mögliche Messfehler des Winkels unbedingt in Radiant umgerechnet werden muss, um ein richtiges oder sogar überhaupt plausibles Ergebnis zu erhalten. Das ist vor allem für Techniker ein immens wichtiger Aspekt, dass Ableitungen und Ableitungsregeln von Winkelfunktionen nur bei Verwendung des Bogenmaßes Gültigkeit besitzen.

Auswertung der Station 6

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	13										
bearbeitet	6										
Lösung ohne Lösungsmappe	2	2	0								
Lösung mit Lösungsmappe	4			2	2						
Leistungsnachweis						2	4				
Hat mir gefallen								3	2		
Für mich schwierig										4	2

Bearbeitungszeiten in min.: 50, 5, 40, 20, -, 35

Beschreibung der Station 7

Bei Station 7 wird die Fragestellung der Stationen 5 und 6 umgedreht. Hier steht am Anfang die Forderung nach einer Ergebnisgenauigkeit, die nach einem höchstzulässigen Messfehler verlangt und damit die Wahl eines geeigneten Messmittels erforderlich macht. Auch diese Aufgabenstellung hat die Verwendung des Differenzials zum Inhalt und ist für angehende Techniker deswegen besonders wichtig, weil hier wesentliche Überlegungen zu Iso-Normen und Qualitätssicherung eine Rolle spielen.

Auswertung der Station 7

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	4										
bearbeitet	15										
Lösung ohne Lösungsmappe	13	4	9								
Lösung mit Lösungsmappe	2			11	0						
Leistungsnachweis						5	10				
Hat mir gefallen								4	11		
Für mich schwierig										13	2

Bearbeitungszeiten in min.: -, 10, 40, 7, 10, 30, 30, 30, 30, 7, 20, 20, 6, -, 15

Beschreibung der Station 8

Diese Station hat eine geometrische Aufgabenstellung zum Inhalt. Der Schüler soll verstehen, dass für viele Anwendungsaufgaben eine Skizze zu deren Verständnis unumgänglich ist. Als

Hilfestellung dienen einige allgemeine Tipps zu Skizzen, die sehr häufig auftretende Fehler vermeiden helfen sollen. Natürlich soll das Kriterium dieses Beispiels nicht die Skizze alleine sein, daher kann auch nur die Lösungsskizze alleine in der Lösungsmappe eingesehen werden. Die benötigten trigonometrischen Zusammenhänge werden wieder zur Verfügung gestellt. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass die Fragestellung allgemein gehalten wird. Dabei ist mir wichtig, dass der Schüler Konstante und Variable und deren Bedeutung zu unterscheiden lernt, und dementsprechend beim Ableiten von Funktionen ein Verständnis dafür entwickelt. Weiters ist die Frage nach sinnvollen Lösungen ein Thema und warum Lösungen ausgeschlossen werden dürfen oder müssen.

Auswertung der Station 8

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	8										
bearbeitet	11										
Lösung ohne Lösungsmappe	8	3	6								
Lösung mit Lösungsmappe	3			3	6						
Leistungsnachweis						9	2				
Hat mir gefallen								6	5		
Für mich schwierig										2	9

Bearbeitungszeiten in min.: 40, 60, -, 10, 45, 45, 65, 65, 40, 10, 78

Beschreibung der Station 10

Das Thema dieser Station ist eine Extremwertaufgabe und die Differenzialrechnung zu deren Lösung. Wichtig in Punkt (a) ist mir, dass der Schüler seine Lösung auf Richtigkeit überprüfen kann, da die Lösung aufgrund des sehr allgemeinen Ansatzes entsprechend kompliziert ist und das Lösungsformat bzw. das Aussehen der Lösung in der Lösungsmappe (mit Mathcad erstellt) von der Lösung des Schülers (Lösung mit TI-92) auf den ersten Blick stark differieren kann. Wichtig ist mir hier auch wieder ein Gefühl für sinnvolle und auszuschließende Lösungen. Bei (b) soll schließlich ein spezieller Ausgangszustand optimiert werden, der mit einer Funktionsskizze verglichen werden soll.

Auswertung der Station 10

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	10										
bearbeitet	9										
(a) Lösung ohne Lösungsmappe	6	2	4								
(a) Lösung mit Lösungsmappe	3			1	6						
(b) Lösung ohne Lösungsmappe	4	3	1								
(b) Lösung mit Lösungsmappe	4				4						
(c) Lösung ohne Lösungsmappe	4	3	1								
(c) Lösung mit Lösungsmappe	4			0	5						
Leistungsnachweis						7	2				
Hat mir gefallen								6	3		
Für mich schwierig										3	6

Bearbeitungszeiten in min.: -, -, 35, 30, 25, 25, 35, 30, 15

Beschreibung der Station 11

Hier soll die Differenzialrechnung als Mittel gesehen werden, spezielle Eigenschaften und Punkte von Funktionen zu erkennen. Über die Graphen von Funktion, erster Ableitung und zweiter Ableitung sollen Zusammenhänge zwischen Funktion und Ableitungen der Funktion sowie zwischen den Ableitungen selbst erkannt werden, ohne vorheriges Wissen von diesen Zusammenhängen. Anhand der Graphik soll eine erste Idee für die Existenz eines Maximums oder eines Minimums entstehen, sowie die Möglichkeit, aufgrund der zweiten Ableitung zwischen Maximum und Minimum zu unterscheiden. Auch soll das Verständnis für die Eigenschaften eines Wendepunkts geschaffen sowie Hilfsmittel zu dessen Berechnung erkannt werden.

Auswertung der Station 11

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	13										
bearbeitet	6										
(a) Lösung ohne Lösungsmappe	6	5	1								
(a) Lösung mit Lösungsmappe	0			1	0						
(b) Lösung ohne Lösungsmappe	5	5									
(b) Lösung mit Lösungsmappe	0			0	0						
(c) Lösung ohne Lösungsmappe	4	2	2								
(c) Lösung mit Lösungsmappe	1			1	2						
(d) Lösung ohne Lösungsmappe	3	2	1								
(d) Lösung mit Lösungsmappe	2			1	2						
(e) Lösung ohne Lösungsmappe	3	2	1								
(e) Lösung mit Lösungsmappe	2			1	2						
Leistungsnachweis						3	2				
Hat mir gefallen								1	4		
Für mich schwierig										2	2

Bearbeitungszeiten in min.: 20, 35, 20, 40, 5, 50

Beschreibung der Station 12

Der Unterschied zu Station 11 liegt hier vor allem darin, dass es sich um eine für Elektrotechniker spezifische Aufgabenstellung handelt, die im Gegensatz zu Station 11 trigonometrische Funktionen zur Diskussion stellt. Insofern ist diese Station für Schüler aber auch schwieriger zu verstehen, da hier viele verschiedene Größen und Parameter auftreten, die dem Schüler zwar bekannt sind, aber wiederum ein Verständnis für den Unterschied zwischen Konstanten und Variablen verlangt. Station 11 ist hier einfacher, da die Funktion von jeder Bedeutung losgelöst ist und damit die Konzentration auf der alleinigen Betrachtung der Funktion liegen kann.

Auswertung der Station 12

		richtig	Nicht richtig	verstanden	Nicht verstanden	Ich möchte über diese Station als Leistungsnachweis befragt werden		Die Station hat mir gefallen		Die Station war für mich schwierig	
						nein	ja	nein	ja	nein	ja
Nicht bearbeitet	13										
bearbeitet	6										
(a) Lösung ohne Lösungsmappe	6	6	0								
(a) Lösung mit Lösungsmappe	0			0	0						
(b) Lösung ohne Lösungsmappe	6	6									
(b) Lösung mit Lösungsmappe	0			0	0						
(c) Lösung ohne Lösungsmappe	4	4									
(c) Lösung mit Lösungsmappe	1			1							
(d) Lösung ohne Lösungsmappe	5	3	2								
(d) Lösung mit Lösungsmappe	0			1	1						
(e) Lösung ohne Lösungsmappe	3	2	1								
(e) Lösung mit Lösungsmappe	2			0	3						
Leistungsnachweis						3	3				
Hat mir gefallen								0	6		
Für mich schwierig										4	2

Bearbeitungszeiten in min.: 50, 60, -, 50, 60, 60

A4 Stationenbetrieb

Dieser Teil des Anhangs beinhaltet den gesamten Stationenbetrieb inklusive Arbeitsblättern und Lösungen in Form eines MathCad-Dokuments.