

Reihe „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“

Herausgegeben von der

Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“

des Interuniversitären Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung

Wolfgang Schrampf

Kinder erarbeiten den Begriff Geschwindigkeit

PFL-Naturwissenschaften, Nr. 69

IFF, Klagenfurt 1999

Redaktion:
Helmut Kühnelt

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 BMUKA und des BMWV.

Kinder erarbeiten den Begriff Geschwindigkeit

(Kurzfassung/Abstract)

Wie Kinder in der 6. Schulstufe zu Beginn des Physikunterrichts in der Lage sind, durch Überlegung, Gedanken- und Realexperiment einen abstrakten Begriff, in diesem Fall Geschwindigkeit, selbständig zu erarbeiten, war Ziel meiner Untersuchung. Dazu wurde aus fünf Schülerinnen und Schülern eine "Forschergruppe" gebildet, die sich mit "Geschwindigkeit" befaßte und ihre Überlegungen der ganzen Klasse präsentierte. Gleichzeitig konnte ich beobachten, wie diese Präsentationen zu lebhaften Diskussionen Anlaß gab.

Ein für mich überraschendes Ergebnis war der hohe Abstraktionsgrad, den die Schüler dabei erreichten.

Mag. Wolfgang Schrampf
HTL Mödling
Höhere technische Bundeslehr- u. Versuchsanstalt Mödling, Technikerstr. 1-5
2340 Mödling
E-mail Wolfgang.Schrampf@htl.minic.ac.at

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung/Abstract	2
Inhaltsverzeichnis	3
1. Einleitung	4
2. Dokumentation des Ablaufs der Erarbeitungsphasen	4
2.1. Erste Arbeitssitzung	4
2.2. Forschergruppe berichtet der Klasse. Tätigkeiten aller Schüler	7
2.3. Forschergruppe erarbeitet Geschwindigkeits-Weg-Diagramme	7
3. Interpretationen zur Diskussion	11
3.1. Bilden des Begriffes der ‘Geschwindigkeit’	11
3.2. Präzisierung des Geschwindigkeitsbegriffes	12
3.3. Praktische Messungen mit ferngesteuerten Autos und Berechnungen der mittleren Geschwindigkeiten für die einzelnen Teilabschnitte	12
3.4. Graphische Darstellungen (Modellbildungen) des Bewegungsablaufes .	12
3.5. Gedanken des Teams über den Begriff der Momentangeschwindigkeit .	13
4. Kurze Zusammenfassung und Erkenntnisse	13

1. Einleitung

Ziele und Fragestellungen für die Fallstudie wählte ich mir aus der Praxis des Unterrichts von Kindern, die das Fach Physik erstmals kennenlernen. Es interessierte mich:

- Wie gehen Kinder an ein noch unbekanntes Problem heran?
- Wie bilden sie Begriffe durch bereits bekanntes Wissen?
- Welche Methoden der Darstellung wenden sie an?

Das Thema Geschwindigkeit war im Unterricht noch nicht besprochen worden.

Ich wählte aus meiner 2. Klasse, die ich auch als Klassenvorstand hatte, 5 Schüler (Patric, Markus, Caroline, Alexander und Claudia) aus, die ein sog. "Forschungsteam" bildeten. Wir trafen uns außerhalb der Unterrichtszeit an drei Nachmittagen für dieses Projekt. Die Ergebnisse wurden dann von diesen fünf der gesamten Klasse mitgeteilt und diskutiert.

Angewandte Methode:

Diskussionsform in der Fünfergruppe, sowie Fragestellungen des Lehrers und der Schüler. Aufzeichnungen in meinem Forschungstagebuch, Berechnungen und Darstellungen von Zeichnungen und Diagrammen der Kindern.

2. Dokumentation des Ablaufs der Erarbeitungsphasen

Ich möchte nun den Ablauf des Prozesses dieser 3 Nachmittage gerüsthaft darstellen.

Unter gerüsthaft meine ich, daß emotionale Komponenten (Heftigkeit der Diskussion, Dynamik in der Gruppe, Wechselwirkung des Forschungsteams mit dem Rest der Klasse) außer acht gelassen werden. Dies würde den Rahmen der Miniatur sprengen. Außerdem hätten andere Methoden angewandt werden müssen, um eine klare Darstellung zu erzielen (Tonbandaufnahmen, Video, weitere Beobachter).

Abkürzungen:

L Lehrer

P Patric

C Caroline

Cl Claudia

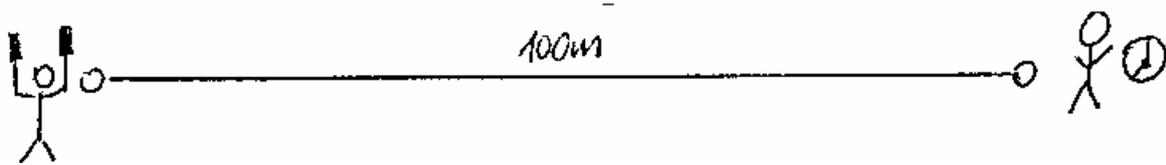
A Alexander

M Markus

2.1 Erste Arbeitssitzung

L: Wie könnte man ermitteln, wie schnell sich ein Rennauto, Läufer oder Tiger bewegen?

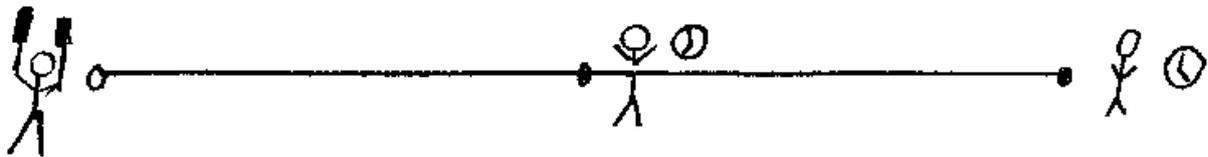
P: Ich stoppe z.B. einen 100 m - Läufer.



Auf Achtung- Fertig- Los (Klappen werden zusammengeschlagen) beginnt das Maxi die Zeit zu stoppen, bis der Läufer bei ihm vorbeiläuft. Dann weiß man, wie schnell der Läufer auf 100 m war. Auf 100 m z. B. 16 s.

L: Nun will man zusätzlich wissen, wie lange der Läufer bei diesem 100 m- Lauf für 50 m gebraucht hat.

A: Man läßt bei 50 m ein zweites Maxi stoppen.



U: Dann weiß man, wie schnell der Läufer auf 50m ist, z.B. 7s und auf 100 m 16s.

L: Wie kann man feststellen, ob ein Läufer auf 60m oder auf 100m schneller ist?

Cl: Der Läufer läuft 100m durch und 2 Maxi stoppen bei 60m und bei 100m. Er braucht für 60m z.B. 8s und für 100m 16s.

L: Ist er nun auf 60m oder auf 100m schneller?

C: So kann man das nicht machen. Es ist ja ein Unterschied, ob man 100m durchläuft oder nur 60m. Der Läufer kann sich seine Kraft ja ganz anders einteilen, wenn er nur 60m laufen muß. Man muß die Läufe extra stoppen. Zuerst z.B. den 60m- Lauf und später, wenn sich der Läufer erholt hat, den 100m- Lauf.

L: Bei welchem der beiden Läufe ist er schneller?

Cl: Bei 60m ist er schneller, da er nur 8s braucht. Für die 100m braucht er aber 16s.

A: Das ist ja klar, daß er für 100m länger braucht, weil ja die Laufstrecke länger ist.

L: Ist er auf 60m nun schneller als auf 100m?

C: Was meinen Sie mit schneller?

A: Er meint die ' kmh '.

L: Was bedeutet eigentlich ' kmh '?

M: Zum Beispiel ein Flugzeug fliegt 800 'kmh'.

L: Was heißt 800 'kmh'?

M: Na, daß das Flugzeug in einer Stunde 800 km fliegt.

L: Ja, man sagt 800 km pro Stunde und nicht 800 'kmh' und schreibt 800 km/h. So, zurück zum Läufer. Für 60m braucht er 8s und für 100m 16s. Wie könnte man die beiden Ergebnisse vergleichen?

A: Beim 60m- Lauf braucht er 8s. Beim 100m- Lauf 16s,d.h. für 50m würde er 8s brauchen. Er ist daher beim 60m- Lauf schneller, weil er die 60m in 8s und beim 100m-Lauf schon für 50m 8s braucht.

L: Wenn er für 60m beim 60m- Lauf 8s braucht, wie lange braucht er dann für 30m?

C: Vier Sekunden.

L: Und für 15m?

C: Zwei Sekunden.

L: Und für 7,5m?

C: Eine Sekunde.

L: Wie schaut das beim 100m- Lauf aus?

M: Für 100m braucht er 16s, für 50m 8s, für 25m 4s, für 12,5m 2s und für 6,25m 1s .

L: Was sieht man dabei heraus?

A: Beim 60m- Lauf läuft er in 1s 7,5m, beim 100m- Lauf in 1s 6,25m. Das heißt, er ist beim 60m- Lauf schneller.

L: Wieviel Meter pro Sekunde läuft er daher jeweils?

M: Beim 60m- Lauf 7,5 m/s und beim 100m- Lauf 6,25 m/s.

L: Welche physikalische Größe mißt man eigentlich in m/s bzw. km/h?

C: Die Schnelligkeit.

A: Die Geschwindigkeit.

L: Wie ist das nun? Legt der Läufer beim 60m- Lauf tatsächlich in jeder Sekunde 7,5m zurück?

Cl: Nein, das gibt' s ja gar nicht. Der ist am Anfang sicher schneller und wird dann langsamer.

M: Oder umgekehrt. Wenn er ins Ziel sprintet, dann ist er am Ende schneller.

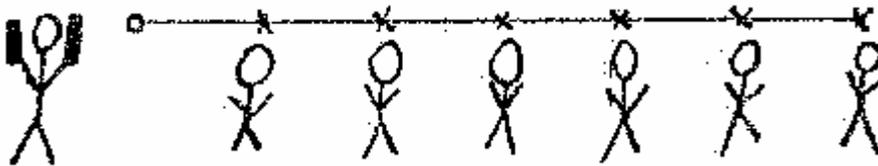
L: Stimmt unsere Rechnung nicht?

A: Oh ja, wenn er gleichmäßig läuft. Aber das tut er in Wirklichkeit nicht.

L: Wie könnte man den wirklichen Bewegungsablauf ermitteln?

A: Mit einer Videocamera.

M: Oder mit mehr Maxis mit Stoppuhren. Dann kann man Zwischenzeiten stoppen, wie beim Schifahren. Beim 60m- Lauf z.B. alle 10m ein Maxi mit Stoppuhr.



L: Gut, das könnten wir uns ja in der übernächsten Ph-Stunde mit ferngesteuerten Autos anschauen.

2.2 Forschergruppe berichtet der Klasse. Tätigkeiten aller Schüler

In der folgenden Ph- Stunde erklärten diese fünf Schüler der gesamten Klasse, was sie bis jetzt erarbeitet hatten. Weiters mußte die Klasse in Gruppen Tabellen für die Messungen, die in der nächsten Ph-Stunde geplant waren, anlegen. Am Ende dieser Stunde führte ich dann, aufbauend auf die Überlegungen des 'Forschungsteams' die Formel zur Berechnung der mittleren Geschwindigkeit ein.

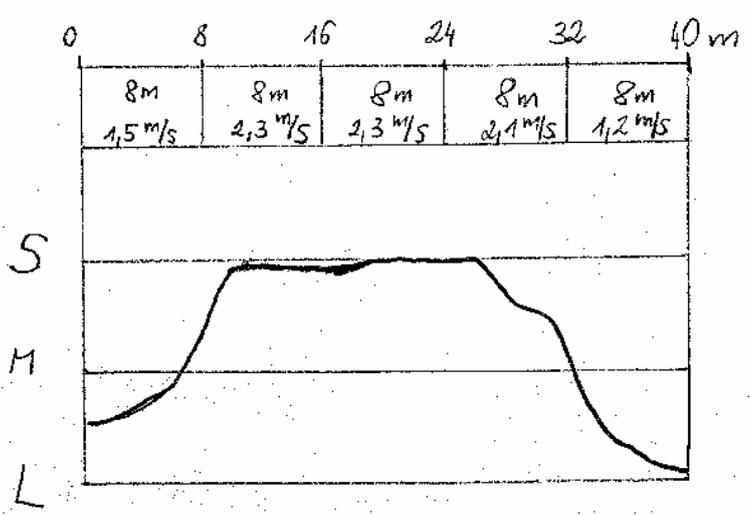
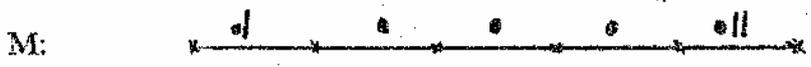
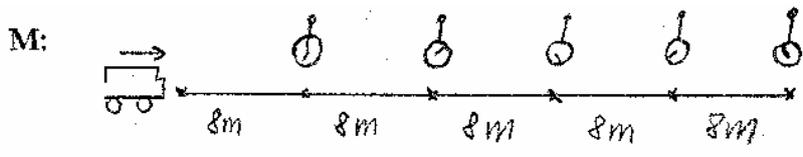
In der nächsten Ph- Stunde wurde im Kellergang des Gymnasiums eine 40m lange Strecke in 8m lange Teilabschnitte abgesteckt. Vier ferngesteuerte Autos wurden jeweils alle 8m gestoppt. Ein Hauptproblem für die 'Fahrer' war, die Autos auf 40m geradlinig zu steuern. Dieses Problem wirkte sich natürlich auf die einzelnen Zwischenzeiten aus.

Nun mußten die einzelnen Gruppen ordentliche Meßtabelle mit den Ergebnissen anlegen und die Durchschnittsgeschwindigkeiten für die Teilabschnitte mit der Geschwindigkeitsformel berechnen. Jetzt konnten sie nachvollziehen, auf welchen Abschnitten die einzelnen Autos schnell bzw. langsam waren.

2.3 Forschergruppe erarbeitet Geschwindigkeits-Weg-Diagramme

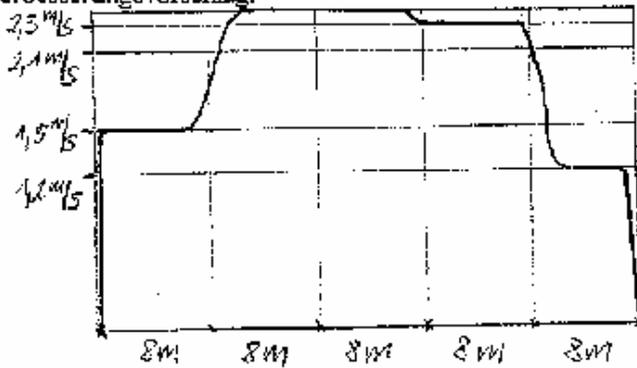
Die nächste Aufgabenstellung für das 'Forschungsteam' war die graphische Darstellung des Bewegungsablaufes eines der vier Autos. Die Frage lautete also: 'Wie kann ein Fremder, der das Experiment nicht gesehen hat und keine Meßtabelle zur Verfügung hat, aus einer Zeichnung den Bewegungsablauf der Autos nachvollziehen?'

Im folgenden ist die stufenweise Erarbeitung der graphischen Darstellung nachvollziehbar.

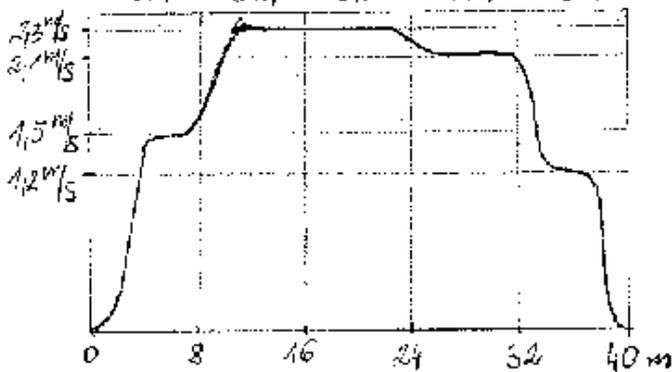


S... schnell
M... mittel
L... langsam

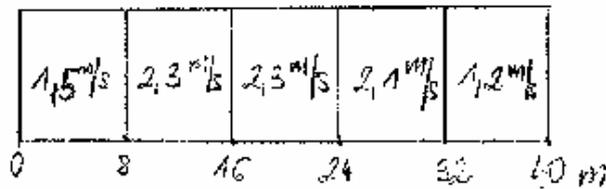
M: Verbesserungsvorschlag:



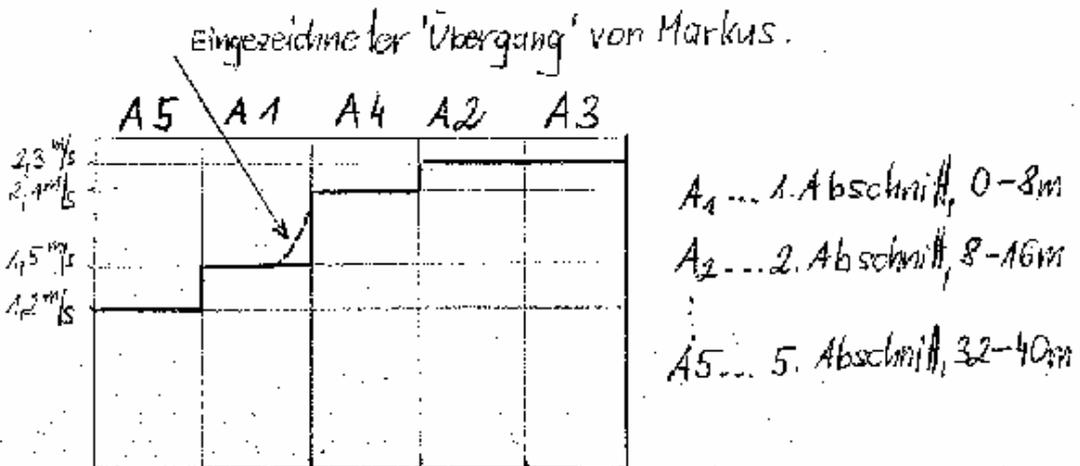
CL:



C:



P:



Markus zeichnet im Diagramm von Patric einen 'Übergang' ein.

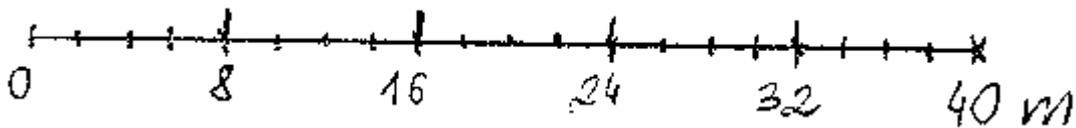
P: Dieser Übergang ist unnötig.

M: Übergänge sind doch wichtig, weil das Auto muß langsam raufbeschleunigen. Außerdem kennt das Auto die Begrenzungen der Abschnitte nicht.

Cl: Du kannst ja nicht irgendwie deine Übergänge einzeichnen.

M: Aber das Eckige kann auch nicht stimmen, weil das Auto nicht sofort von z.B. 1,2 m/s auf 1,5 m/s raufbeschleunigen kann.

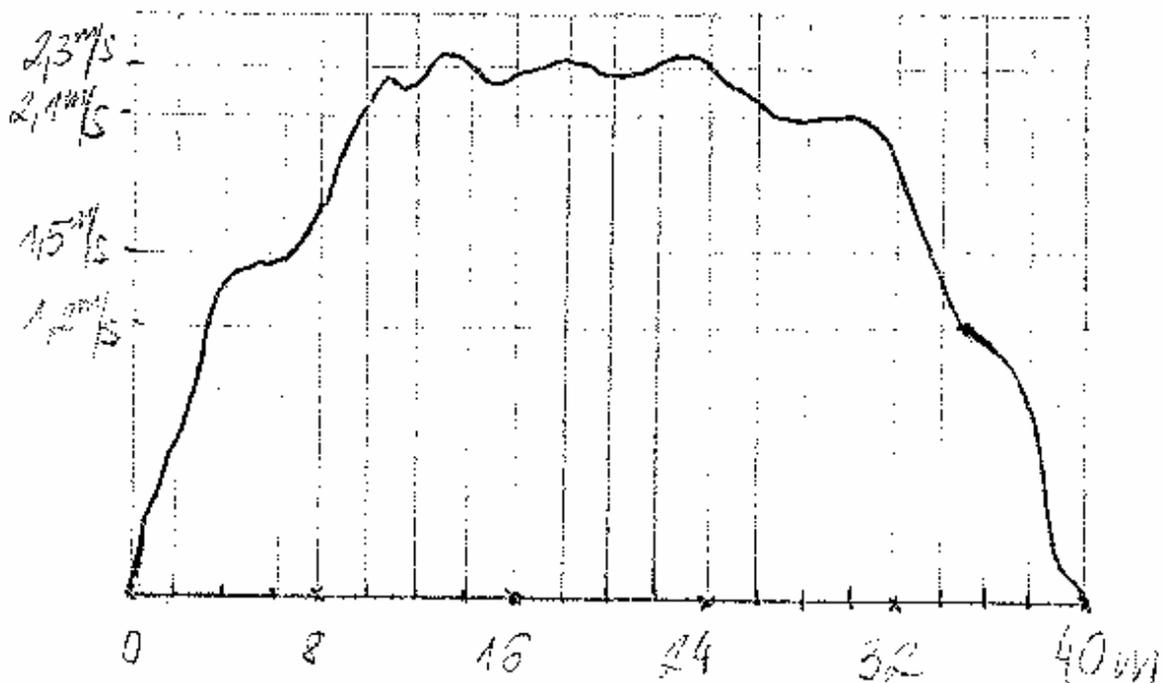
A: Dann machen wir einfach noch mehr Abschnitte. Machen wir Miniabschnitte.



Cl.: Von den Miniabschnitten haben wir keine Zeiten.

A: Dann mußt du halt mehr Stoppuhren nehmen. Dann habe ich das Ganze genau.

Alexander skizziert folgendes Diagramm:



CL: Du kannst aber deine kleinen Abschnitte nicht bis ins Unendliche unterteilen.

M: Du würdest jeden Millimeter eine Stoppuhr brauchen und das geht nicht. Außerdem kann man nicht so schnell stoppen.

A: Wenn das theoretisch möglich wäre, dann könnte man den Bewegungsablauf sehr genau darstellen.

M: Das Auto alleine ist ja schon 30cm lang. Es müßte so klein sein wie ein Atom.

L: Gibt es dann eigentlich für jeden Moment eine Geschwindigkeit des Autos?

A: Muß es ja geben, sonst würde das Auto nicht fahren. Aber ich kann sie nicht messen, weil ich nicht so schnell stoppen kann.

L: Was versteht's ihr unter dem 'Moment'?

Cl: Ein Moment ist ganz, ganz kurz.

M: Ein furchtbarer Moment, oder wenn der Blitz einschlägt.

Cl: Ein Moment ist einfach die Gegenwart.

L: Was ist für dich die Gegenwart?

Cl: Die Gegenwart liegt zwischen Vergangenheit und Zukunft. Ganz kurz nach der Vergangenheit und ganz kurz vor der Zukunft.

Man kann in einem Moment nicht die Geschwindigkeit messen, weil ja das Auto weiterfährt, während man abdrückt. Kann sie auch nicht berechnen.

M: Wenn es immer gleich schnell fährt, dann geht es schon.

P: Ich könnte jede Sekunde ein Photo des Tachos machen, dann habe ich den Moment festgehalten.

3. Interpretationen zur Diskussion

3.1 Bilden des Begriffes der 'Geschwindigkeit'

Bei konstant gehaltener Strecke (z.B. 100m) genügten den Kindern die jeweiligen Zeiten, die die Läufer dafür benötigten, um zu vergleichen, wer schneller war.

Erst beim Vergleich zweier Läufer auf verschiedenen Distanzen (60m und 100m) war es anfänglich nicht klar, zu sagen, welcher der beiden schneller war. Es wurden die unterschiedlichen Distanzen nicht berücksichtigt und für Claudia war einfach die Laufzeit ein Maß für die Schnelligkeit des Läufers und somit konnte sie keine richtige Aussage machen, welcher schneller lief.

Erst über die Einheit der Geschwindigkeit tasteten sich Alex und Markus langsam vor.

Mit der nicht ausgesprochenen Voraussetzung einer konstant gehaltenen Geschwindigkeit des Läufers verglich dann Alex ohne Verwendung einer Formel (die er ja noch nicht kannte) die beiden Läufe folgendermaßen:

‘Beim 60m-Lauf braucht er 8s.

Beim 100m-Lauf 16s, d.h. für 50m würde er 8s brauchen.

Er ist daher beim 60m-Lauf schneller, weil er die 60m in 8s und beim 100m-Lauf schon für 50 m 8s braucht’.

Alex macht hier eine Vereinfachung des Bewegungsablaufes (lineares Vorgehen), um einen Vergleich herstellen zu können.

Der Gedankengang von Alex wurde aufgegriffen und für beide Läufe (60m, 100m) wurde mit einer Schlußrechnung die jeweilige zurückgelegte Strecke pro Sekunde berechnet, um so einen noch klareren Vergleich zu schaffen.

3.2 Präzisierung des Geschwindigkeitsbegriffes

Claudia wurde bewußt, daß der Läufer keine konstante Geschwindigkeit einhalten kann: ‘Der ist am Anfang sicher schneller und wird dann langsamer’.

Oder Markus: ‘Wenn er ins Ziel sprintet, ist er am Ende schneller’.

Nun folgten zwei interessante Vorschläge, um den tatsächlichen Bewegungsablauf zu ermitteln:

a) Alex: Mit einer Videocamera. (Hier wird der kontinuierliche Bewegungsablauf dynamisch veranschaulicht).

b) Markus: Durch eine weitere Unterteilung der Strecke und Einsatz mehrerer Stoppuhren, durch Messung von Zwischenzeiten. (Markus bediente sich hier bereits analytischer Methoden aus der ‘Höheren Mathematik’).

3.3 Praktische Messungen mit ferngesteuerten Autos und Berechnungen der mittleren Geschwindigkeiten für die einzelnen Teilabschnitte

Diese wurden von allen Schülern ohne prinzipielle Schwierigkeiten durchgeführt.

3.4 Graphische Darstellungen (Modellbildungen) des Bewegungsablaufes

Die ersten Darstellungen von Markus und Claudia sind sehr stark an den ‘Versuchsaufbau’ angelehnt. Markus zeichnete die einzelnen Stoppuhren mit den entsprechenden Zeiten ein. Claudia bediente sich einer Codierung für die Geschwindigkeiten in den einzelnen Abschnitten. Markus zeichnete dann erstmals ein Diagramm und löste sich von der Versuchsanordnung.

Es folgten Verbesserungsvorschläge von Markus und Claudia, wobei sie intuitiv durch stetige Übergänge an den Intervallgrenzen versuchten, einen realistischen Ablauf darzustellen.

‘Das Auto kann nicht sprunghaft die Geschwindigkeit ändern!’ Diese Diagramme sind Geschwindigkeits-Weg-Diagramme.

Interessanterweise zeichnete keiner der Gruppe ein Weg-Zeit- bzw. Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm.

Patric entwickelte ein Diagramm, indem er die Teilabschnitte nach Geschwindigkeiten ordnete (Abschnitt mit der kleinsten Geschwindigkeit ganz links,....., Abschnitt mit der

größten Geschwindigkeit ganz rechts). Er zeichnete dann stufenförmig den Bewegungsablauf ein.

Markus zeichnete sofort in Patric's Diagramm 'Übergänge' ein, um zu zeigen, daß das Auto 'raufbeschleunigen' muß und nicht sprunghaft die Geschwindigkeit ändern kann. Dieser kontinuierliche Übergang der Geschwindigkeit wurde nun erstmals ausgesprochen und diskutiert.

Claudia machte jedoch sofort einen Einspruch, indem sie die willkürliche Einzeichnung der 'Übergänge' kritisierte.

Alex's Lösungsvorschlag war dann eine weitere Unterteilung der Intervalle in sogenannte Miniabschnitte, um diese 'Übergänge' nicht mehr beliebig einzeichnen zu müssen.

Claudia verfolgte den Gedankengang von Alex weiter und stieß erstmals an die Grenzen der Durchführbarkeit der praktischen Messung.

'Du kannst deine Abschnitte nicht bis ins Unendliche unterteilen'.

Markus: 'Außerdem kann man nicht so schnell stoppen'.

Die Gruppe begnügte sich daher mit einer gewissen Genauigkeit bei der Darstellung eines Diagrammes und erkannte, daß es nicht ganz möglich ist, mit dieser Methode eine exakte Wiedergabe des Bewegungsablaufes zu erzielen.

Ein schönes Diagramm von Alex ist im Anhang ersichtlich.

3.5 Gedanken des Teams über den Begriff der Momentangeschwindigkeit

Die Existenz einer Momentangeschwindigkeit wurde nicht bezweifelt: 'Muß es ja geben, sonst würde das Auto ja nicht fahren'.

Hingegen messen bzw. berechnen kann man sie laut Claudia nicht: 'Ich kann nicht so schnell stoppen.'

Eine interessante Idee hatte Claudia bei der Frage nach dem Begriff 'Moment'. Für sie war der Moment die Gegenwart. Diese wird begrenzt durch Vergangenheit und Zukunft. Diese Begrenzung ist beliebig genau.

In diesen Überlegungen steckt schon das Prinzip der 'Unbegrenzten Einschränkung einer reellen Zahl' bzw. die Idee des 'Grenzüberganges'.

4. Kurze Zusammenfassung und Erkenntnisse

Die Kinder gingen mit Freude an das Problem heran und waren stolz darauf, daß sie für die 'Forschungsgruppe' ausgewählt worden waren.

Indem sie selber Begriffe und Modelle entwickelten und diskutierten, kam nie ein 'Ich kenn' mich nicht mehr aus' vor.

Interessant fand ich die angewandten Methoden und Prinzipien aus der Mathematik (Schlußrechnung, Diagramme mit starkem Funktionscharakter, Stetigkeitsüberlegungen, Grenzwertüberlegungen), die von den Kindern ganz natürlich formuliert wurden.

Da das 'Forschungsteam' die Ergebnisse mit eigenen Worten der ganzen Klasse mitteilte, stieg das Interesse der gesamten Klasse an der Thematik stark an. Ich konnte auch beobachten, wie in Pausen weiterdiskutiert wurde.

Will man allerdings jedes Thema in der Physik so intensiv behandeln, reicht meiner Meinung die verfügbare Zeit von zwei Wochenstunden nicht aus.

Außerdem ist diese Art zu unterrichten auch beim Lehrer mit einem enormen Arbeitsaufwand verbunden.

Andererseits stellt sich die Frage, ob es nicht besser wäre, exemplarisch zu unterrichten und dabei mehr 'in die Tiefe zu gehen'. Wie an dieser Fallstudie gezeigt wird, entwickeln die Schüler Gedankengänge, die durchwegs erst in der Oberstufe unterrichtet werden.