



# Formative Assessment while Pupils study Circular Motion

SMEC-Conference 2014

Dr. Michael A. Wunder

KGS-Sehnde, Germany

# Overview

- A Project for Grade 10 Pupils (Age 15)
- Timeline
- Milestones and Formative Assessment
- Examples of Pupils Work
- Reduction to a 90 Minutes Lesson
- Future Work
- Conclusions

# A Project for grade 10 Pupils (Age 15)



Physics class 2013

August 2013

## Circular-Motion

Traditionally we start our physics class with a project. Until now pupils did mouse-trap-cars, submarines, rockets, bridges, ships, rubber-band-planes, catapult, marble-tracks and water-rockets.

### **1. Your Task**

Compare the forces that appear at a vertical circular motion with gravity.

Fix a M6-nut at the front wheel of a bicycle, leaving 5cm free space for the nut to swing. Observe the nut at the highest point i) moving the wheel slowly (nut always hanging down) and ii) moving the wheel rapidly (nut will remain outwards). Measure for at least the three radii (distance centre of wheel – screw)  $R=10\text{cm}$ ,  $15\text{cm}$  and  $25\text{cm}$  the lowest turn rates, i.e. frequencies, at which the screw just remains outwards. Improve the quality of the measurement by taking an average over at least three measurements. For calculation of the turn rates use the speedometer of the bicycle. Note the displayed numbers of the instrument and do all calculation afterwards.

### **2. Report:**

For your project we expect you to write a report, 8 pages maximum, including:

- table of contents
- a digital picture of your experimental setup (important it proves you worked on your own!!)
- a drawing of your experimental setup including values of all length
- description of what you did
- your measurements (raw data) as a table
- two diagrams of your data that show the laws of circular motion, i.g.: 1.)  $r - v^2$  and 2.)  $1/r - \omega^2$  as x- and y- axes.
- Explain the major physical phenomena, at least balance of forces at the highest point.
- Explain the relation of  $g=9,81\text{m/s}^2$  to that diagrams above and how  $g$  could be determined from those diagrams. Discuss the result.
- list the cost you had and the time you invested for the project (at least an estimations).
- discuss the project critically including conclusions and aspects to improve.
- List literature used
- City, Date and signature of the authors.

The evaluation of your report will also take correctness of language, written style, formal aspects and correct citations into account

**The report is not supposed to be a diary or a builders tuition!**

**3. Working Conditions:** Cooperate in small groups of 2-3 pupils that you arrange yourself.

### **4. Hand-in:**

Each group has to hand in a printed and a digital version of the report. Both will be returned after evaluation. The digital version will be archived at school.

Handing in has to happen in the last physics lesson before autumn holidays. A later hand in will not be accepted. In case nothing was handed in evaluation will be lame.

If you wish to show your experiment at school, let the teacher know in advance. This will improve your evaluation.

### **5. Evaluation:**

Most important for the evaluation of the project is the report. The project contributes to your verbal evaluation of the first half year.

Good luck, your Physics teacher Dr. Wunder

Copy available at  
Poster Presentation:

P39

# A Project for grade 10 Pupils (Age 15)

## 1. Your Task

Compare the forces that appear at a vertical circular motion with gravity. (...)

## 2. Report:

Write a report, 8 pages maximum including (...)

- description of what you did
- your measurements (raw data) as a table
- xy-diagram with x: radius, y:  $v^2$  (...)
- List cost and time you invested
- critical review of the whole project

## 3. Working Conditions: 2-3 pupils per group

## 4. Hand-in: Printed and a digital version

## 5. Evaluation:

contribution to pupils verbal evaluation of 1<sup>st</sup> half year

# Timeline

| CW33                                         | CW34 | CW35 | CW36 | CW37 | CW38 | CW39 | CW40                |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| Intro.<br>join group<br>discuss<br>exp.setup |      |      |      |      |      |      | hand over<br>report |

... not just summative assessment!

# Milestones and Formative Assessment

| CW33                                         | CW34                                | CW35                                   | CW36                                          | CW37                      | CW38                     | CW39                                     | CW40                |
|----------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------------|---------------------|
| Intro.<br>join group<br>discuss<br>exp.setup | Get Material<br>setup<br>experiment | Experiment<br>get data<br>create table | Analyse<br>data:<br>diagram,<br>lin. regress. | Write report:<br>diagrams | Write report:<br>physics | Write report:<br>critics,<br>cost + time | hand over<br>report |

## Example Groups

|                                        |                                                      |                                       |                                     |                                          |                                                   |                                                    |                         |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|
| meet next<br>weekend                   | use disk<br>instead of<br>bike; set up<br>takes time | experiments<br>done got<br>fotos+data | Analyse<br>data ?                   | Analyse<br>data!<br>g?<br>start writing; | No time:<br>other exams                           | Write report,<br>reflection;<br>cost+time<br>print | Hand over<br>the report |
| Don't know<br>anybody; a<br>lot to do; | Don't know<br>who to ask                             | meet next<br>weekend                  | nut is the<br>data take<br>web-sear | Need to<br>hurry data<br>analysis        | Rush some<br>diagrams;<br>see report<br>of others | Hurry up:<br>write report                          | Hand over<br>the report |

## Impact on Physics Lessons

|                                    |                                         |                                                      |                                                 |                                          |                                                 |                                           |                                                |
|------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Introduction<br>of project<br>work | Force some<br>pupils to get<br>together | Change<br>curriculum:<br>CM-<br>fundamental<br>terms | Compare<br>forces at<br>highest<br>point in CM. | Example<br>sheet for<br>data<br>analysis | Discussion:<br>elongation<br>not<br>acceptable; | How to<br>handle bad<br>data:<br>be fair! | collect<br>reports<br>see film /<br>experiment |
|------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|

# Examples of Pupils Work

KGS Sehnde

Physik E- Phase Schulhalbjahr

Projekt Kreisbewegung

## Inhaltsverzeichnis

### Inhaltsverzeichnis:

Seite 2. Beschreibung Versuchsaufbau.

Seite 3. Fotodokumentation Versuchsaufbau.

Seite 4. Zeichnung des Versuchsaufbaus mit Maßen.

Seite 5. Tabellarische Darstellung der Messergebnisse ( Rohdaten).

Seite 6+ 7. Diagramme mit Daten zu den Gesetzmäßigkeiten der Kreisbewegung

Seite 8. Material und Kostenaufstellung. Schlussfolgerung und Analyse.

| Seite | Inhalt                                     | Datum    |
|-------|--------------------------------------------|----------|
| 1     | Foto des Versuchsaufbaus                   | 25.09.13 |
| 2     | Skizze des Versuchs                        | 25.09.13 |
| 3     | Beschreibung des Vorgehens/Werte Tabelle   | 25.09.13 |
| 4     | Diagramme                                  | 26.09.13 |
| 5     | Ortsfaktor $g$ und Physikalische Phänomene | 26.09.13 |
| 6     | Auflistung der Kosten, Quellen etc.        | 26.09.13 |
|       |                                            |          |
|       |                                            |          |
|       |                                            |          |
|       |                                            |          |
|       |                                            |          |
|       |                                            |          |

Sehnde, 01.10.2013

---

---

# Examples of Pupils Work

## 1.2 Versuchsaufbau



Auf dem folgenden Foto sieht man einen Ausschnitt des verwendeten Fahrrads. Außerdem folgt unten eine maßstabsgetreue Zeichnung, die den Versuchsaufbau verdeutlicht.

Auf dem Foto kann man deutlich die an einem Faden befestigte M6-Mutter erkennen. Weiterhin ist der Tacho, von dem die Geschwindigkeit abgelesen wird, zu sehen. Zudem bemerkt man die abgeklebten Speichen.

## Foto des Versuchsaufbaues





# Examples of Pupils Work

| $R_2$ in m | $v_1$ in km/h       | $v_1$ in m/s                 |
|------------|---------------------|------------------------------|
| 0,15       | 9                   | 2,5                          |
| 0,15       | 10                  | $\approx 2,7778$             |
| 0,15       | 10                  | $\approx 2,7778$             |
| 0,15       | 12                  | $\approx 3,3333$             |
|            | $\varnothing 10,25$ | $\varnothing \approx 2,8472$ |

| $R_3$ in m | $v_1$ in km/h      | $v_1$ in m/s                 |
|------------|--------------------|------------------------------|
| 0,25       | 8                  | $\approx 2,2222$             |
| 0,25       | 8                  | $\approx 2,2222$             |
| 0,25       | 7                  | $\approx 1,9444$             |
| 0,25       | 8                  | $\approx 2,2222$             |
|            | $\varnothing 7,75$ | $\varnothing \approx 2,1528$ |

## 2. Auswertung

### 2.1 Auswertung der Messergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die Radien  $R$ , die Bahngeschwindigkeit des Rades  $v_1$ , die Umlaufzeit  $T$ , die Frequenz  $f$ , die Bahngeschwindigkeit der Mutter  $v_2$ , dessen Quadrat, der Kehrwert der Radien, die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  und dessen Quadrat dargelegt.

| $R$<br>in m   | $v_1$<br>in m/s  | $T=U/v_1$<br>in s | $f=1/T$<br>in Hz | $v_2=R/r \cdot v_1$<br>in m/s | $(v_2)^2$<br>in $m^2/s^2$ | $1/R$           | $\omega=v_1/r$<br>in $1/s$ | $\omega^2$<br>in $1/s^2$ |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| 0,1           | $\approx 3,6111$ | $\approx 0,5745$  | $\approx 1,7406$ | $\approx 1,0936$              | $\approx 1,1960$          | 10              | $\approx 10,9361$          | $\approx 119,5983$       |
| 0,1           | $\approx 3,3333$ | $\approx 0,6224$  | $\approx 1,6067$ | $\approx 1,0095$              | $\approx 1,0191$          | 10              | $\approx 10,0948$          | $\approx 101,9050$       |
| 0,1           | $\approx 3,0556$ | $\approx 0,6790$  | $\approx 1,4728$ | $\approx 0,9254$              | $\approx 0,8564$          | 10              | $\approx 9,2538$           | $\approx 85,6328$        |
| 0,1           | $\approx 3,3333$ | $\approx 0,6224$  | $\approx 1,6067$ | $\approx 1,0095$              | $\approx 1,0191$          | 10              | $\approx 10,0948$          | $\approx 101,9050$       |
| $\varnothing$ | $\approx 3,3333$ | $\approx 0,6224$  | $\approx 1,6067$ | $\approx 1,0095$              | $\approx 1,0191$          | 10              | $\approx 10,0948$          | $\approx 101,9050$       |
| 0,15          | 2,5              | $\approx 0,8299$  | $\approx 1,2090$ | $\approx 1,1357$              | $\approx 1,2898$          | $\approx 6,667$ | $\approx 7,5712$           | $\approx 57,3231$        |
| 0,15          | $\approx 2,7778$ | $\approx 0,7469$  | $\approx 1,3389$ | $\approx 1,2619$              | $\approx 1,5924$          | $\approx 6,667$ | $\approx 8,4125$           | $\approx 70,7702$        |
| 0,15          | $\approx 2,778$  | $\approx 0,7469$  | $\approx 1,3389$ | $\approx 1,2619$              | $\approx 1,5924$          | $\approx 6,667$ | $\approx 8,4125$           | $\approx 70,7702$        |
| 0,15          | $\approx 3,3333$ | $\approx 0,6224$  | $\approx 1,6067$ | $\approx 1,5142$              | $\approx 2,2928$          | $\approx 6,667$ | $\approx 10,0948$          | $\approx 101,9050$       |
| $\varnothing$ | $\approx 2,8472$ | $\approx 0,7287$  | $\approx 1,3723$ | $\approx 1,2934$              | $\approx 1,6729$          | $\approx 6,667$ | $\approx 8,6227$           | $\approx 74,3510$        |
| 0,25          | $\approx 2,2222$ | $\approx 0,9336$  | $\approx 1,0711$ | $\approx 1,6825$              | $\approx 2,8308$          | 4               | $\approx 6,7299$           | $\approx 45,2916$        |
| 0,25          | $\approx 2,2222$ | $\approx 0,9336$  | $\approx 1,0711$ | $\approx 1,6825$              | $\approx 2,8308$          | 4               | $\approx 6,7299$           | $\approx 45,2916$        |
| 0,25          | $\approx 1,9444$ | $\approx 1,0670$  | $\approx 0,9372$ | $\approx 1,4721$              | $\approx 2,1671$          | 4               | $\approx 5,8886$           | $\approx 34,6756$        |
| 0,25          | $\approx 2,2222$ | $\approx 0,9336$  | $\approx 1,0711$ | $\approx 1,6825$              | $\approx 2,8308$          | 4               | $\approx 6,7299$           | $\approx 45,2916$        |
| $\varnothing$ | $\approx 2,1528$ | $\approx 0,9637$  | $\approx 1,0377$ | $\approx 1,6299$              | $\approx 2,6566$          | 4               | $\approx 6,5192$           | $\approx 42,5065$        |

## Beschreibung meines Vorgehens

Zuerst habe ich eine M6 Mutter an einem Faden befestigt der etwas länger war als vorgeben 5 cm weil ich ihn ja noch an die Speiche Knoten musste so kamen am Ende genau 5cm zwischen Knoten und Mutter heraus. Dann Befestigte ich an den Stellen wo die Knoten waren Papier damit die Mutter sich nicht um die Speiche wickelte. (Im Foto sehr gut zusehen). Dann verschob ich den Knoten auf der Speiche. Bei der ersten Messung war der Knoten von dem Faden an der Speiche 10cm von der Drehachse des Reifens entfernt. Bei der zweiten Messung verschob ich den Knoten um 5 cm also 15cm von Drehachse bis Knoten. Bei letzten Durchgang verschob ich den Knoten um 10 cm es war dann ein Abstand vom Knoten bis zur Drehachse von 25cm. Für jeden Abstand führte ich 3 Versuche durch und nahm den Mittelwert den die 3 Versuche ergaben. Während der Reifen stand hing die Mutter einfach Runter wenn man den Reifen allerdings jetzt beschleunigte flog die Mutter durch die Fliehkraft nach oben weil sie immer nach außen gedrückt wird.

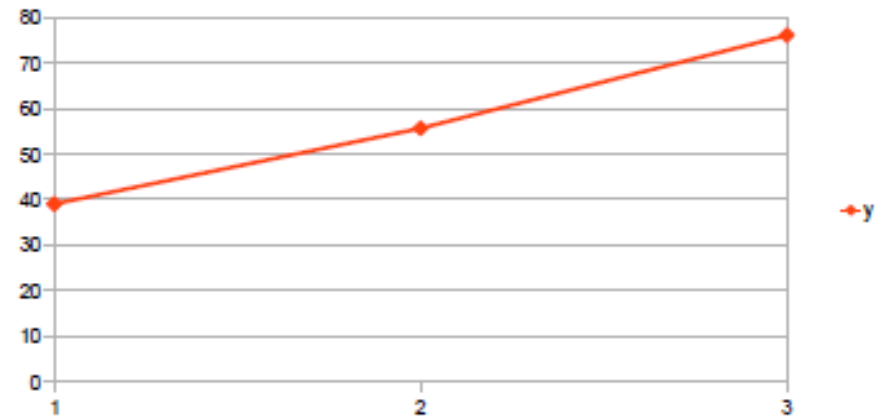
## Messungen

| Abstand Mutter-Drehachse | Geschwindigkeit wo Mutter noch oben |
|--------------------------|-------------------------------------|
| <u>15cm</u>              | ca. 11Km/H                          |
|                          | 10,9 Km/H                           |
|                          | 11,3 Km/H                           |
|                          | 11 Km/H                             |
| <u>20cm</u>              | ca. 9,5 Km/H                        |
|                          | 9,3 Km/H                            |
|                          | 9,7 Km/H                            |
|                          | 9,6 Km/h                            |
| <u>30cm</u>              | ca. 8 Km/H                          |
|                          | 7,9 Km/H                            |
|                          | 8,4 Km/H                            |
|                          | 8,2 Km/H                            |

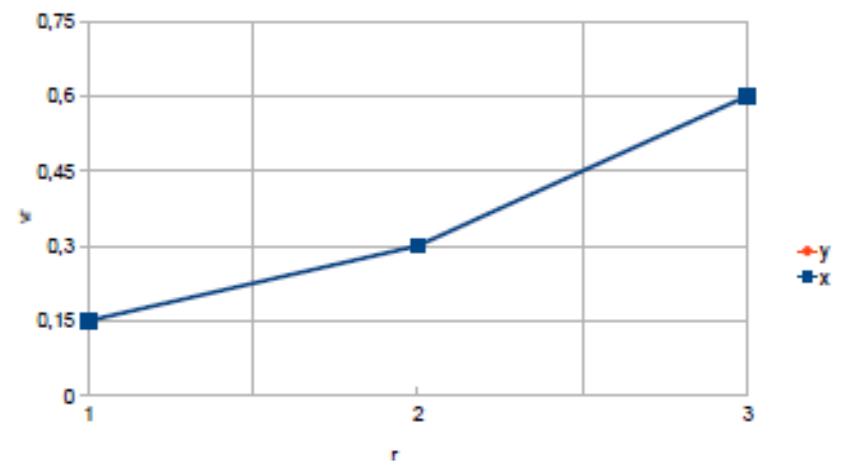
# Examples of Pupils Work

## Diagramme

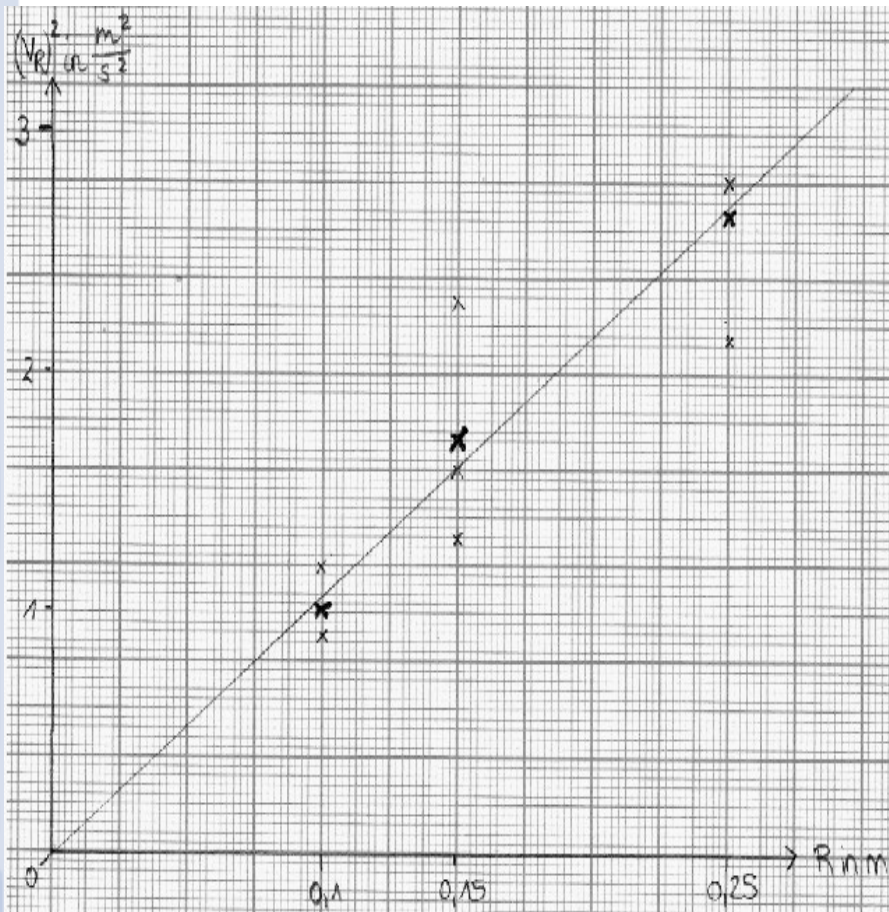
Das ist der Graph zu der Rechnung  $v^2-r$



Das ist der Graph zu  $w^2-1/r$



Gesetzmäßigkeit einer Kreisbewegung wird als Gerade detlich



# Examples of Pupils Work

## 3.1 Aufstellung der Kosten

Für das Projekt mussten die aufgeführten Kosten getätigt werden.

- eine M6-Mutter 0,22€
- einen Tacho 12,5€ (bei der Anschaffung vor 5 Jahren)
- Faden 0,06€
- Klebeband 0,23€
- Entwicklung des Fotos 0,6€
- Papierkosten 0,06€
- Druckertinte 0,24€

Es ergibt sich eine Gesamtsumme von 13,91€

## 3.2 Aufstellung der Arbeitszeit

Hier folgt eine Auflistung der Tage, an denen für das Projekt gearbeitet wurde. Diese enthält auch die jeweilige Arbeitszeit.

- 07.09.13 (Versuchsdurchführung) 2,5 h
- 14.09.13 (Berechnungen) 1,5 h
- 18.09.13 (Vertretungsunterricht) 1,5 h
- 21, 28, 29.09.13 (Projektbericht) 13 h

Es ergibt sich eine Gesamtarbeitszeit von 18,5 h

## Auflistung der Kosten und Arbeitszeit

### Kosten:

| Gegenstand  | Betrag    |
|-------------|-----------|
| Tacho       | 10 Euro   |
| Mutter (M6) | 0,11 Euro |

### Arbeitszeit:

Insgesamt haben wir an diesem Projekt ungefähr 9 Arbeitsstunden gearbeitet dazu kommt die Zeit Tacho kaufen etc.

### Projekreflexion:

Das Projekt war spannend und man wurde bei dem Versuchsaufbau gefordert und musste ein bisschen Geschicklichkeit in Handwerk und Computerkünsten zeigen (Diagramme) Alles in allem hat das Projekt viel Spaß gemacht und einiges gelehrt.

### Quellen:

- Physik Buch
- Nachhilfelehrerin

Das ist die Mappe zu unserem Projekt erstellt und erarbeitet von

Haimar den 26.09.13

# Reduction to a 90Min. Lesson

## Task:

Inquire the movement of a front-wheel quantitatively

## Material:

stop-watch, screw-nut, yarn, paper, pen, measure-tape



# Impressions 1



# Impressions 2



# Impressions 3



# Future Work

## In 90 Minutes Lesson

- A description of experimental setup;
- Prepare a worksheet for data + analysis

## For Future Projects

- Introducing regular status reports
- Peer assessment, i.e. group partnerships
- Define milestones



# Conclusion

- + getting familiar with inquiry skills in practice;
- + having a common goal stimulates physics lessons;
- + improving pupil - teacher relations
- individual marks are difficult to give:
  - weaker pupils are covered by better pupils
- extent of influence by others (parents...) can't be judged
  - accepting help + discussion => learning

# Conclusion

Walt Disney:

„I believe that parents and children both can have fun“

„I believe that teachers and pupils both can have fun and it is fun to learn.“