Chapter 6

Data selection and discussion

Introduction.

This chapter delineates a detailed overview of the data analysis and the findings regarding the students' samples in Bammental Gymnasium and Linkenheim Realschule. Besides presenting the data results, I will show what were the leading thoughts emerged from the preliminary study and what made me crystallize my vision of realizing Humboldt in a different way at the end at Linkenheim.

23 Launching the research: A preliminary study at Bammental Gymnasium.

This preliminary study seeks to collect data about students' development of their understanding of science and this by using 2 questionnaires before starting and at the end of the investigations. The first questionnaire was administered to know "what students have in mind" about natural phenomena and most of all to know what are their interests and alternative conceptions. The second questionnaire was used to record students' acquired knowledge as well as their comments and suggestions concerning the experiments and the way they were implemented. Students answered to both questionnaires anonymously.

All the sessions were video taped. The second method for collecting data on students' understanding of science was a retrospective semi-structured interview.

Due to the restricted time allowed, this study was an exploratory one, realized in 5 sessions and a field trip between June and July 2002.

The objectives of this study were:

- To introduce some of natural phenomena observed by Humboldt and consistent with students' interests.
- To involve students in observing realistic natural phenomena and collecting hands-on quantitative measurements in the nature with simple and accurate measuring instruments.
- To collect their conceptions about the chosen theme.
- To advocate Humboldt's philosophy about the "Einheit in der Vielfalt" and this by making pupils aware of factors that affect measurements.
- To work like scientists and this by doing authentic investigations, starting by performing measurements, collecting and sharing data, discussing findings and reaching conclusions.

23. 1 Data collected from the pre-questionnaire.

The questionnaire aimed to (a) know "what students have in mind" about natural phenomena, as well as their pre- and misconceptions relevant to this theme and (b) to know what interests them the most in order to work with them later.

On the whole, the collected data from the pre-questionnaire proved that students of the Grade 6 at Bammental Gymnasium showed a high interest in natural phenomena related to natural catastrophes regardless of gender. On the other hand, they liked to learn about

phenomena observed by Humboldt, e.g. volcanoes and earthquakes, were the most popular themes by students.

Moreover, when asked, which natural phenomena they want to learn more about, most of them gave examples of natural catastrophes. On the other hand, the majority of students showed an important interest in doing outside-schools-activities in groups. In addition, despite that students knew already about some phenomena, they showed an obvious interest in learning more about them (e.g. Bestandteile der Luft, Pflanzen und Tiere in verschiedenen Regionen). On the whole, girls' interests were very diverse and different from that's of boys. For some questions (Question no. 4), girls did not reply or they wrote clearly that they did not know or did not understand some terms (such as Schneegrenze in Gebirge, Strahlungsintensität …), unlike boys.

23. 1. 1 Analysis and discussion of data.

The pre-questionnaire consisted of 8 questions, covering students' interests and understanding of natural phenomena, their comments about the current natural phenomena curriculum and the present teaching method. In addition, students were asked to write down what they know about selected natural phenomena relevant to Humboldt's scientific observations during his voyage to Latin America (e.g., volcanology, measurements of air pressure, water and air temperatures), as well as to indicate what natural phenomena they want to know more about. At the end, students were asked their opinions about the learning place where they want to learn about them. The questionnaire was applied on a sample of 30 students (18 girls and 12 boys).

Before filling-in the questionnaire, a brief introduction about Humboldt's life, his discoveries and some of the instruments he used, was made. Students showed a great interest in hearing about history. No hints were given about the mentioned natural phenomena (no. 4) in the questionnaire, which were observed by Humboldt. Students were given enough time to answer and their science teachers clarified them some questions, when they asked for help. Students wrote down many responses for one question. It was obvious during the filling-in, which some students were working in groups, for this reason, some of their answers were similar.

Students answered anonymously to the questionnaire and their answers were grouped according to gender.

<u>Question 1:</u> Über welche Naturphänomene möchtest du im Unterricht gerne etwas erfahren?

The intention of asking this question was first to know students' understanding of natural phenomena by asking them to give examples. Both girls and boys' answers were diverse and different; 10 boys have more interest in space (Asteroiden, Planeten, Schwarze Löcher …) while only 1 girl showed interest in the sun and the moon eclipses. On the other hand, both genders were interested (18 answers for girls and 13 for boys) in learning more about "Vulkanismus, heiße Quellen und Erdbeben". Three boys liked to learn how to make an atomic bomb while a girl wanted to learn how a thermometer is made.

Twelve boys presented an interest in "Wirbelstürme, Tornados, Flutwellen und Orkane", while 6 girls showed the same interest. Two girls and 1 boy showed clearly their interest in learning more about "Naturkatastrophen".

On the whole, students' answers showed that students understand natural phenomena as natural catastrophes.

<u>Question 2:</u> Bist du mit dem Naturphänomene- Unterricht zufrieden?

- **Related to the current natural phenomena-themes:**

The Lickert scale here was: "sehr, gut, einigermaßen, nicht so sehr, gar nicht". Three girls and 6 boys were "sehr" satisfied, whereas 15 girls and 6 boys were "gut" satisfied.

- **Related to teaching:**

Ten and 8 girls were each "sehr" and "gut" satisfied respectively, in comparison with 8 and 7 boys. One boy was "einigermaßen" satisfied. Only 1 boy gave so answer.

When asked their opinions about what they do like in the natural phenomena session and what they do not like, some of their responses were the following:

Ten girls liked "Freiheit und selbst experimentieren" in comparison with 5 boys. 9 girls and 3 boys stressed on the "viele und interessante Experimente". Two girls and 2 boys mentioned "Spaß und lustig bei der Arbeit".

Three boys complained from "viel Theorie und wenig Experimente" in the actual teaching, while 8 girls complained of "Dass wir nur 1 Stunde haben". Four boys gave no answer.

<u>Question 3:</u> Hilft dir das, was du im Naturphänomene-Unterricht lernst, im täglichen Leben?

Eleven boys and 8 girls said no, while 5 boys and 1 girl said yes. Two girls gave no answers.

Falls ja, nenne bitte ein Beispiel:

Three boys said that they learned „das Fahrrad zu reparieren", 4 girls said that they learned "wie man einen Wasserzähler liest", while 9 girls and 4 boys learned more about "der Strom". Finally, 7 girls and 3 boys gave no answer.

<u>Question 4:</u> Die folgenden Themen gehören alle zum Begriff Naturphänomene. Was verstehst du unter diesen Themen? Bitte schreibe zu jedem Thema 1 oder 2 Stichworte.

Bestimmung der Zeit.

Ten girls and 3 boys mentioned the „Sanduhr, Wecker, Satelliten". One boy and 1girl related this theme to "Erdumdrehung", while 4 girls and 4 boys answered "Tag und Nacht". Seven girls gave the division of time. Finally, 1 girl and 3 boys did not reply.

Mondfinsternis und Sonnenfinsternis.

Four girls did not define the sun eclipse and 1 boy the moon eclipse, while 4 boys gave no answers for both terms. On the other hand, it is remarked that pupils mixed up the sun and moon positions during eclipses regardless of gender; their answers were various, such as: „Verdeckung der Sonne mit dem Mond" (3 boys), „Erde zwischen Sonne und Mond" (1 boy),"Mond tritt zwischen Sonne und Erde" (1 girl), „Wenn der Mond schiebt sich vor Sonne" etc.. One boy mentioned the „Sonnenfinstersbrillen gegen Strahlung im Jahre

1999“, 3 girls said that during eclipses „Alles wird dunkel, manche Tiere schlafen ein“ and 1 girl said „Beide kommen nicht sehr häufig“. Finally, 1 girl defined both eclipses as „Da schlafe ich immer“.

Elektrizität in der Natur.

Seven girls and 5 boys mentioned „Blitz”, 6 girls and 7 boys talked about the generated energy of the sun, wind and water. Finally, only 1 boy and 5 girls did not reply to this question.

Magnetismus in der Natur.

One girl said simply „ich weiß leider nicht was Nord- und Südpol“ sind. In addition, 7 girls and 5 boys did not give any answer. 5 girls and 4 boys mentioned the “Erdanziehungskraft”, 8 students (3 girls and 6 boys) talked about the poles and 5 pupils (2 girls and 3 boys) mentioned magnets and iron. Finally, 1 girl mentioned the impact of the moon on the seawater and 1 girl explained how a magnet works.

Vulkanismus und Erdbeben.

All students answered this question; 3 girls and 4 boys considered these natural phenomena as „Naturkatastrophen“. They wrote:“Beide richten immer Unglück an“, but only 1 girl said that „Gefährliches passiert nicht so oft“. 4 girls and 1 boy related both natural phenomena to the „Erdinnere“. Moreover, 1 boy described these natural phenomena as „schlimm“ while another as „interessant“. Students wrote that earthquakes are caused by the „Erschütterung der Erde (5 girls), or by the „Verschiebung der Erde (Erdplatten)“ (4 girls and 3 boys). For volcanoes, 7 girls talked about „Lava aus dem Berg“, 5 girls and 1 boy mentioned the „Magma, Lava und Goma“. Finally, some pupils could give the geographic locations of such phenomena, like „Erdbeben in der Türkei vor 2 Jahren (2 girls and 3 boys), der Vulkan Ätna“ (2 girls) and „Magma und Lava in Japan und Goma in den USA“ (1 boy).

Feuchtigkeit der Luft.

Five girls and 4 boys did not respond to this question, while 2 girls said “ich weiß nicht”. Three girls and 6 boys mentioned the “Verdunstung und Minitropfen”. Five girls and 4 boys defined it as “Luftfeuchtigkeit”. Three girls mentioned “Terrarien und Treibhausklima”, while 1 boy explained it as “Die Luft nimmt das Wasser auf”. Finally, 1 boy talked about “Gewitter”.

Temperatur der Luft.

Four girls and 2 boys did not respond to this question. Three girls gave the unit of temperature, while 3 girls and 1 boy gave the name of the measuring instrument of temperature. Girls’ answers were more relevant to environment; 3 girls mentioned the change in climate caused by humans, 2 girls and 3 girls stressed each more on the seasons and wind motion respectively. On the other hand, 1 boy talked about the equator, 3 boys mentioned the golf stream in Mexico and 1 boy talked about the “Ozonschicht”. Both girls and boys mentioned “Sonne, Wind, Wolken”.

Luftdruck.

Eleven girls and 4 boys did not reply. 2 girls wrote clearly “ich weiß leider nicht”. Two girls mentioned the apparatus for measuring air pressure too. Two girls said each respectively that “in höheren Gebieten ist mehr Luftdruck als in normalen Gebieten”, “In Weltraum platzt jemandem der Kopf ohne Helm”, 2 boys wrote each respectively “Sonne gepresst” and “Luftgewehr/Pistole”. One boy said it is related to “Atome, die zusammengedrückt werden”, while 1 boy and 1 girl mentioned the “Sauerstoffflasche zum Tauchen”. Finally, 4 boys talked about the air pressure zones “hoch-tief”.

Bestandteile der Luft.

Students could give correctly the name of the air constituents (15 girls and 12 boys). On the other hand, 5 boys mentioned the tiny constituents of air gas as “Atome und Moleküle”, while 4 girls stressed more on air pollution such as, “Staub, Dreck und Schmutz”. Finally, 5 girls and 1 boy gave no answer.

Eigenschaften des Wassers.

Two girls and 1 boy did not reply. Five girls’ answers were „Ebbe und Flut“ and 3 boys’answers were “Wellen”. The majority of answers were about the physical and chemical properties of water; 15 girls and 5 boys said directly “Physikalische Eigenschaften des Wassers”, 2 girls said that water is “lebensnotwendig”, 1 girl mentioned the “Oberflächenspannung”, 2 girls the “Wasserdruck”. On the other hand, 4 boys’ answers were respectively “Sauerstoff”, “Wasserinhalte”, ”Wolken” and “leichtes oder schweres Wasser”. Finally, 1 girl and 1 boy talked about the “Wasserenergie”.

Licht und Strahlungsintensität.

Fourteen boys mentioned the different rays of light, while, 11 girls and 7 boys answered the sun. One boy’s answer was the “Mikrozelle”. Two girls did not know what is “Strahlungsintensität” and “Intensität”. One boy and 7 girls gave no answer.

Himmelsbeobachtung.

Only 1 boy gave no response. 11 mentioned the „Wetter“, 3 boys talked about the astronomical instruments, such as „Fernglas, Teleskop“, while most of students mentioned the „Planeten, Asteroiden, Himmelskörper (UFO) etc..

Siedetemperatur des Wassers in verschiedenen Höhen.

Most of students didn’t have any idea about how the boiling point of water changed with the altitude; 10 girls and 5 boys gave no answer. Five girls and 1boy said “ich weiß nicht, was Siedetemperatur ist”. 4 girls mentioned the „kalten und tiefen Luftdruck“. One girl and 3 boys said it is 100 °C and 1 boy said it is 200 °C. Two girls mentioned the “heiße Quellen”

Pflanzen und Tiere in verschiedenen Regionen der Erde.

Five girls and only 1 boy did not reply. 7 girls and 4 boys knew that “in jeder Region leben andere Tiere”, 1 girl mentioned the relationship with the “Nahrung”, while 2 girls and 4

boys that of the temperature and Region. On the other hand, 2 girls and 3 boys said that „in verschiedenen Ländern gibt es verschiedene Pflanzen“.

Bestimmung einer Ortslage, einer Entfernung und einer Höhe.

Twelve girls and 4 boys did not reply. It was amazing some pupils' awareness regarding the relevant instruments (4 girls and 12 boys), such as “Tachometer, Kompass und GPS”. On the other hand, 3 boys mentioned the “Landkarte”, while 2 girls gave the metric unit and the “m über Meeresspiegel”. Finally, 12 girls and 4 boys gave no answers.

Zusammensetzung der Erdkruste.

Two girls asked „was ist Erdkruste?“, while 12 girls and 2 boys did not answer this question. 4 boys and 4 girls numbered the different types of the land “Erde, Steine, Gras, Lehm, Sand und Bodenschätze”, while 1 girl and 2 boys mentioned the composition of the earth as “Heißer Erdkern, Lava, Kruste und Wasser”. Moreover, 1 girl and 1 boy said that “die Erde hat eine Kruste aus verschiedene Schichten”.

Schneegrenze in Gebirge.

Eleven girls and 4 boys did not reply to this question.1 boy mentioned the freezing point of water, 2 boys gave each a definite altitude, 1500 m and 2000 m. Four boys' answers were: “viel Schnee wenn hoch, weil es kalt ist“. On the other hand, girls' answers were: „Wenn es kalt genug ist, kann Schnee fallen“ (2 girls),“Schnee schmilzt, wenn die Sonne scheint“ (3 girls),“Kälte auf bestimmter Höhe“ (1 girl) and „Auf höheren Bergen liegt das ganze Jahr Schnee“ (1 girl). Finally, 1 girl and 1 boy mentioned „Gletscher und Geröll“.

It is obvious that some girls, unlike boys, wrote clearly, that they don't know or they did not understand some terms.

The following tables (Tables 7 and 8) showed the number of students who did not answer the 17 precedent themes with regard to gender (by decrease order of unanswered questions):

Reihe	Thema	Mädchen
1	Bestimmung einer Ortslage/ Zusammensetzung der Erdkruste	12
2	Schneegrenze im Gebirge/Luftdruck	11
3	Siedetemperatur des Wassers in verschiedenen Höhen	10
4	Licht und Strahlungsintensität/ Magnetismus in der Natur	7
5	Mond- und Sonnenfinsternis/ Elektrizität in der Natur/ Feuchtigkeit der Luft/ Bestandteile der Luft/ Pflanzen und Tiere in verschiedenen Regionen/	5
6	Temperatur der Luft	4
7	Eigenschaften des Wassers	2
8	Schneegrenze im Gebirge	1
9	Vulkanismus und Erdbeben/ Himmelsbeobachtung	0

Table 7: represents the unanswered themes by girls by a decrease order. Note that for the last 2 themes all girls wrote about them.

Reihe	Thema	Jungen
1	Magnetismus in der Natur/ Siedetemperatur des Wassers in verschiedenen Höhen/	5
2	Feuchtigkeit der Luft/ Luftdruck/ Bestimmung einer Ortslage/ Schneegrenze im Gebirge	4
3	Schneegrenze im Gebirge	3
4	Temperatur der Luft/ Zusammensetzung der Erdkruste	2
5	Mond- und Sonnenfinsternis/ Elektrizität in der Natur/ Bestandteile der Luft/Pflanzen und Tiere in verschiedenen Regionen/ Licht und Strahlungsintensität/ Eigenschaften des Wassers/ Himmelsbeobachtung	1
6	Vulkanismus und Erdbeben	0

Table 8: represents the unanswered themes by boys by a decrease order. Note that for the last theme all boys wrote about it.

Question 5:

N.B: for this question, students' answers were collected with respect to Humboldt's observed natural phenomena without the theme „Himmelsbeobachtung".

- **Das Thema ist schon bekannt:**

All students replied to this part of Question 5. Thirteen girls knew already about "Geographie der Pflanzen und Tiere" compared to 7 boys. On the other hand, 11 boys and 11 girls knew about the "Mondfinsternis und Sonnenfinsternis". The theme "Siedetemperatur in verschiedenen Höhen" was known only to 1 girl and 3 boys. Eight girls and 9 boys knew about "Vulkanismus und Erdbeben".

- **Das Thema ist neu für mich:**

Fourteen girls and 6 boys agreed that the „Siedetemperatur in verschiedenen Höhen" is a new theme for them. While 8 girls and boys don't know anything about "Magnetismus in der Natur". Equal number of boys (6 boys) lacked knowledge about „Feuchtigkeit der Luft" and „Zusammensetzung der Erdkruste" compared to 6 and 7 girls respectively.
All girls replied to this part of Question 5, whereas boys did not filled in the blanks of "Mond- und Sonnenfinsternis", "Vulkanismus und Erdbeben" and "Pflanzen und Tiere in verschiedenen Regionen".

- **Darüber möchte ich im Unterricht mehr erfahren**

All replied to this part of Question 5. Fourteen girls and 9 boys presented interest in learning more about „Vulkanismus und Erdbeben". Twelve girls wanted to learn about "Zusammensetzung der Erdkruste" and "Mond- und Sonnenfinsternis" compared to 6 and 9 boys respectively. Eleven girls are interested to learn about "Elektrizität und Magnetismus in der Natur", compared to 9 and 7 boys for each theme respectively. The theme that the maximum number of students (10) wanted to learn about for this part of Question 5 was

“Bestandteile der Luft” compared to 6 girls. 2 girls and 4 boys are willing to learn about “Bestimmung einer Ortslage, einer Entfernung und einer Höhe”.

<u>Question 6:</u> Folgende weitere Themen würden mich im Natuphänomene-Unterricht interessieren:

This question showed clearly how students differed in their interests with respect to gender. Girls choose most of their themes from the mentioned ones in Question no 4; 4 girls interested in “Tiere und Pflanzen”, 2 in “Bestimmung einer Ortslage ..”, 2 in „Luftdruck“, 3 in “Magnetismus in der Natur”, 1 in „Bestimmung der Zeit“. 9 boys and 5 girls showed interest in „Weltraum“, 7 girls showed interest in “Zusammensetzung der Erdkruste” compared to 4 boys, 2 girls and 4 boys in “”Eigenschaften des Wassers”. Boys’ interests were “Atomare Strahlung” (4 boys), “Energieerzeugung” (4 boys) and “Regenbogen” (1 boy). Finally, 7 girls did not reply to this question. It is noticed that one boy is interested in designing a website of natural phenomena (a good suggestion!).

<u>Question 7:</u> Wo und wie möchtest du zu diesen Themen, die du schon in Frage 5 ausgewählt hast, unterrichtet werden?

Fifteen girls and 7 boys chose to do outside-school-activities, while 9 girls and boys chose to learn about the chosen topics in “Fachraum”. Only 2 girls chose the “Klassenzimmer”.

No one chose to work with his parents, 1 boy to work alone and 2 girls chose to work with computer, compared to 7 boys. Finally, the highest score was registered for working in group (15 girls and 7 boys), followed by working in a group of 2 (12 girls and 6 boys); it is remarked for this last range of students’ answers, that 10 girls and 5 boys liked to work with a girlfriend. Moreover, no one chose to work with a boyfriend!

<u>Question 8:</u> Wie können wir den Fragebogen verbessern?

Five girls and 8 boys gave no answers. Five girls remarked that “Die Fragen verständlicher schreiben”. Two boys commented that „Fragen 1 and 6 sind gleich“, 1 boy wrote „nicht so viele Fachbegriffe einfügen“, while 1 girl wanted „keine Fremdwörter“. Two girls and 1 boy proposed “nicht viel zu schreiben und mehr zum ankreuzen”.

On the whole, students showed a good understanding of the terms cited in Question no 4, but when it came to write down “their natural phenomena”, both answers were about natural disasters. Girls stuck more to the mentioned natural phenomena in the questionnaire, while boys interested more in “the outer space”. Students showed also interest in learning more about phenomena, that they learned or knew already about. On the whole, girls had a more practical and realistic thinking, unlike boys who were thinking all the time about the outer space and atomic bombs. It is obvious too, that girls are more interested in the every-day-life and they gave relevant examples (Question 3).

23. 1. 2 Comparison between students’ interests and Humboldt’s observed natural phenomena

Interestingly, the findings from the pre-questionnaire showed students’ natural interest in phenomena that happened to be observed and described by Humboldt.

The following table presents the popular phenomena by students compared to that of Humboldt' observed ones, with respect with pupils' gender, after collecting their responses from Questions 1 and 6.

Note that some students, especially boys, presented the same interests as in Question no 1, while some girls changed their interests, by choosing phenomena from the list (Question no 5), as far as they were filling in the questionnaire:

Thema	**Mädchen**	**Jungen**
Vulkan, Erdbeben, heiße Quellen	**17**	**13**
Orkane, Tornados, Flutwellen, Wirbelstürme	**6**	**12**
Weltraum (Meteoriten, Wurm- und schwarze Löcher usw	**5**	**10**
Verschiedene	**7**	**4**
Zusammensetzung der Erdkruste	**6**	**4**
Energieerzeugung	**4**	**4**
Eigenschaften des Wassers	**2**	**4**
Luftdruck	**2**	**2**
Bestandteile der Luft	**1**	**2**
Naturkatastrophen	**1**	**2**
Magnetismus	**4**	**-**
Tiere und Pflanzen	**3**	**-**
Wasser und Meer	**2**	**-**
Entstehung von Tropfstein	**2**	**-**
Mond- und Sonnenfinsternis/ Erdanziehungskraft/ Elektrizität/ Bestimmung der Zeit/ Bestimmung einer Ortstage, einer Höhe	**1**	**-**
Atomare Strahlung, Aufbau einer Atombombe	**-**	**4**
Wüsten, Urwälder	**-**	**2**
Regenbogen/ Alle von no 4	**-**	**1**

Table 9: summarizes students' interests in natural phenomena compared to those observed by Humboldt. The shaded themes in blue are those observed by Humboldt.

23. 2 The first visit to Bammental (11.04.02): a brainstorming session.

The whole class constituted of 30 students (18 girls and 12 boys) participated to the project. I could not make a classroom observation, but I kept a field notes book, where I recorded my reflections for every session. Therefore, ever since the first session, I started with telling students a short story about the life and travelling of Alexander von Humboldt. After I showed them where my country is, I talked about Humboldt, where he was born, who he was and where he travelled ... and I was all the time asking them like: do you know, where is Latin America? Or where is Lebanon? The atmosphere was very engaging and most of all, students understood me very well. All were looking at me with their eyes wide-open and they were hearing every word with big interest. It is a typical reaction; students everywhere like to hear about history, as I knew from my teaching experience. I was enhancing my story telling with some of Humboldt's instruments (Anthrakometer) and some of the old astronomical instruments made of carton (Sternuhr, Astrolabium, Jakobstab, Sextant are available from AstroMedia, Hünig).

Students were then asked to choose one theme of the proposed following themes, which were investigated by Humboldt during his trip. Note here, that these themes were chosen according to 2 factors (a) the possibility to realizing them in Heidelberg or around the school and (b) fitting students' cognitive level:

- Siedetemperatur des Wassers in verschiedenen Höhen.
- Luftdruck/Luftfeuchtigkeit .
- Luft- und Wassertemperatur.
- Erdmagnetismus.
- Zusammensetzung der Luft.
- Ortsbestimmung.
- Dichte des Wassers.
- Ansicht des Himmels.

Students were also asked to write down their questions related to their chosen theme (Tables 10 and 11). In this way, students were divided automatically in groups according to their interests: 5 girls in "Luft-und Wassertemperatur" group, 5 girls and 6 boys in "Erdmagnetismus" group, 2 girls and 1 boy in "Zusammensetzung der Luft" group, 1 girl and 4 boys in "Ortsbestimmung" group, 4 girls and 1 boy in "Luftfeuchtigkeit/Luftdruck" group and 1 girl choose 2 themes; "Dichte des Wassers" and "Erdmagnetismus". At the end of the session, they were asked to record what they thought about the planned activities. Some of their thoughts were: "Toll ist, dass man die Versuche von Alexander von Humboldt nachmachen kann", "Es ist interessant, über interessante Themen zu sprechen, aber es wird bestimmt interessanter, wenn wir Versuche machen" or "Ich bin gespannt, was wir nächste Woche machen". Note that students could write multiple questions.

Ortsbestimmung	Mädchen
Wie misst genau man die Berge?	1
Erdmagnetismus	
Warum sind Metalle magnetisch?	1
Woher kommt das Magnetfeld überhaupt?	1
Warum bewegt es sich?	1
Wie ist der Erdmagnetismus "entstanden"?	1
Kann es sein, dass der Erdmagnetismus irgendwann nachlässt?	1
Was ist genau Erdmagnetismus?	2
Hat der Mond etwas damit zu tun?	1
Hat es etwas damit zu tun, dass die Erde um die Sonne kreist?	1
Ist der Erdmagnetismus in Berlin anders als in Heidelberg, oder in der Türkei anders als in Deutschland, oder in Asien anders als in Australien?	1
Kann man den Erdmagnetismus genau messen?	1
Zusammensetzung der Luft	
Wie kann man messen, wie sauber die Luft ist?	1
Was sind die chemischen Abkürzungen für Sauerstoff und Kohlendioxid?	1
Was ist in Luft noch enthalten?	1
Was ist an Stelle von Luft auf dem Mond?	1
Hat Luft ein Gewicht?	1
Luftdruck/Luftfeuchtigkeit	
Was ist Luftdruck bzw. Luftfeuchtigkeit?	3
Wie entsteht Luftdruck und Luftfeuchtigkeit?	3
Wo entsteht Luftdruck und Luftfeuchtigkeit?	1
Luft- und Wassertemperatur	
Wie warm kann ein Meer/Ozean höchstens sein?	1
Wieso ist die Luft auf einem Berg eigentlich kälter? Es steigt doch immer die warme Luft nach oben!	1

Ortsbestimmung	Jungen
Wie kann man die Höhe bestimmen?	3
Wie kann man sich (genau) an den Sternen orientieren?	3
Wie heißt das Gerät, mit dem man sich an den Sternen orientieren kann?	1
Erdmagnetismus	
Warum sind Metalle magnetisch?	3
Warum funktioniert der Kompass?	2
Warum ist der Nordpol magnetisch?	2
Gibt es einen Magnet, der einen Gegenstand aus 1 km Entfernung anzieht?	2
Wie viele Anziehungsstellen gibt es?	1
Wie stark ist der stärkste Magnet?	1
Zusammensetzung der Luft	
Wie entsteht Sauerstoff bzw. Kohlendioxid?	1
Aus was besteht die Luft noch?	1
Warum sieht man Luft nicht?	1
Warum sieht man keine Luft "flackern"?	1
Luftdruck/Luftfeuchtigkeit	
Wie stark kann der Druck werden (z.B. in der Flasche)?	1

Tables 10 and 11: show students' questions according to the gender. Note that the questions in bold are common for both genders.

At the end of the first session, students got an article about Alexander von Humboldt (Appendix R).

23. 3 Presenting students' results of the questionnaire and getting used to the instruments and collecting data (20.06.02).

In this session, I presented to students the results from the questionnaire, as well as the themes of their interests that I compared with the investigative areas of Humboldt's (Figure 7). This strategy made them very motivated!

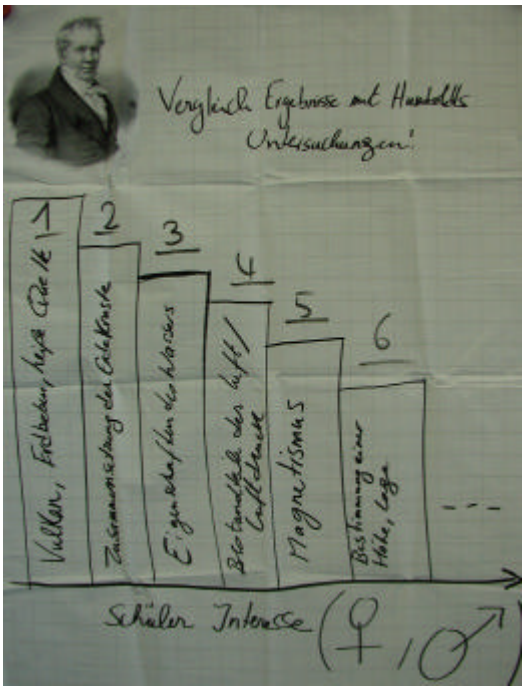


Figure 7: Comparison of students' natural phenomena of their interests that happened to have been investigated by Humboldt.

This is what I said to students:"Ich habe eure Antworten gesammelt und es war sehr interessant. Ich wollte nicht wissen, was falsch oder richtig war, was ihr über Naturphänomene denkt". Students were then relieved and in this way, I gained their confidence and I wanted them to learn and enjoy the project at the same time!

From the pre-questionnaire data, I learned this:

- Students wanted to work in mixed groups, especially the boys, quite unlike to what their science teacher believed that girls should work alone, because they have different technical skills! Students were even sitting divided in the classroom: girls on one side and boys on the other side.
- Students wanted to do experiments on phenomena that they knew already about.
  Four boy students wanted to learn how to prepare an atomic bomb! This made me define clearly the aim of the project: "Wir machen realistische Experimente in der Natur!"

Every group got the relevant instruments and they started to getting used to them. They asked how the physical instruments function and they did a first probing measurement in the classroom and outdoors (Figures 2 and 3). The groups remained the same, only one girl (who chose 2 themes) changed the "Luftdruck/Luftfeuchtigkeit" group and they were redistributed as follow: 5 girls in "Luft-und Wassertemperatur" group, 5 girls and 6 boys in "Erdmagnetismus" group, 2 girls and 1 boy in "Zusammensetzung der Luft" group, 1 girl and 4 boys in "Ortsbestimmung" group, 5 girls and 1 boy in "Luftdruck/Luftfeuchtigkeit" group (Table 12).

Finally, I drew their attention on "Denkt daran, dass wir mit sehr genauen Instrumenten arbeiten werden, wie **Wissenschaftler**, aber mit Spaß!".

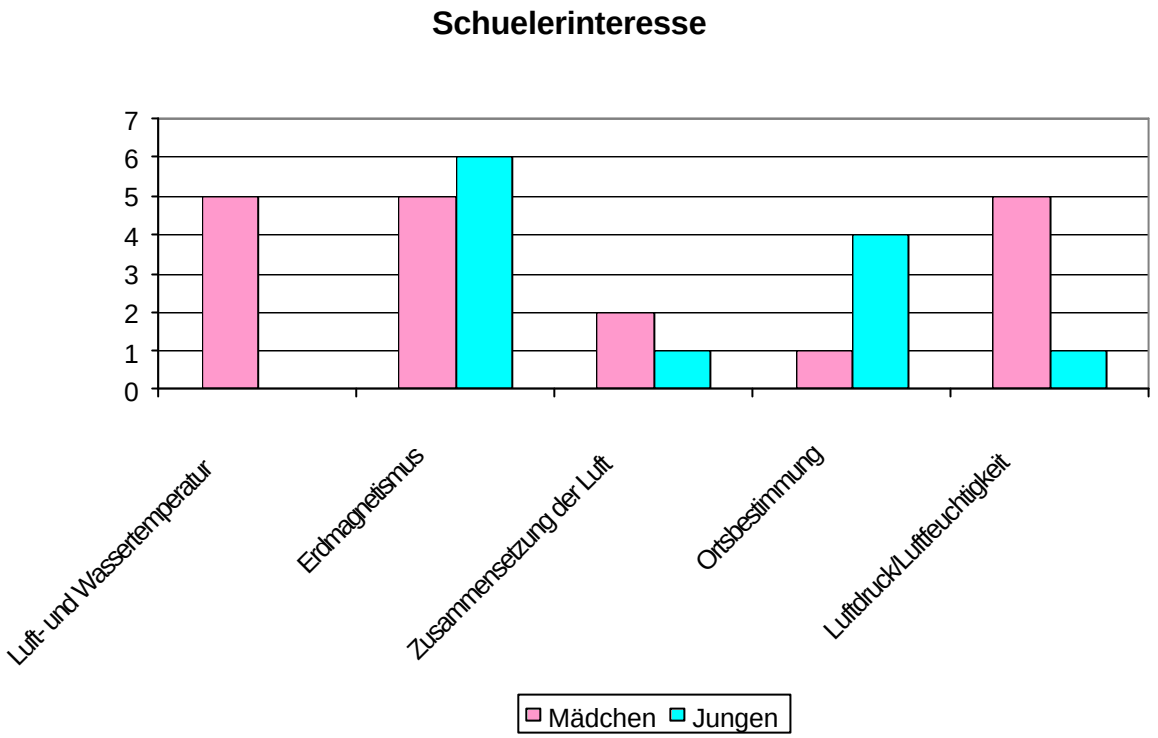
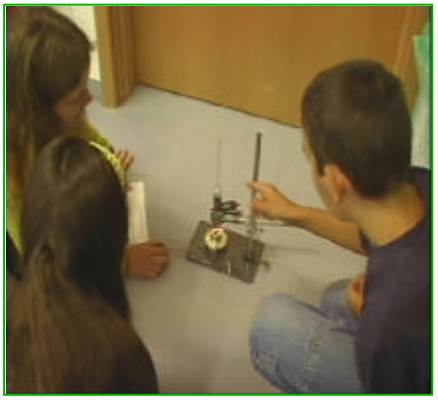


Table 12: shows the students' sample (N=30) distribution according to their interests.



Figures 8 and 9: showed the "Siedetemperatur des Wassers in verschiedenen Höhen" group, the "Erdmagnetismus" group and the "Zusammensetzung der Luft" group probing measurement in the classroom.

23. 4 We are ready for the trip! (27.06.02).

The third session was a field trip to Katzenbuckel, the highest mountain in the Odenwald, where students collected their data in different places and altitudes (Figure 10). The place is not far from the school and it happened that the hill, Katzenbuckel, is a volcanic rest.

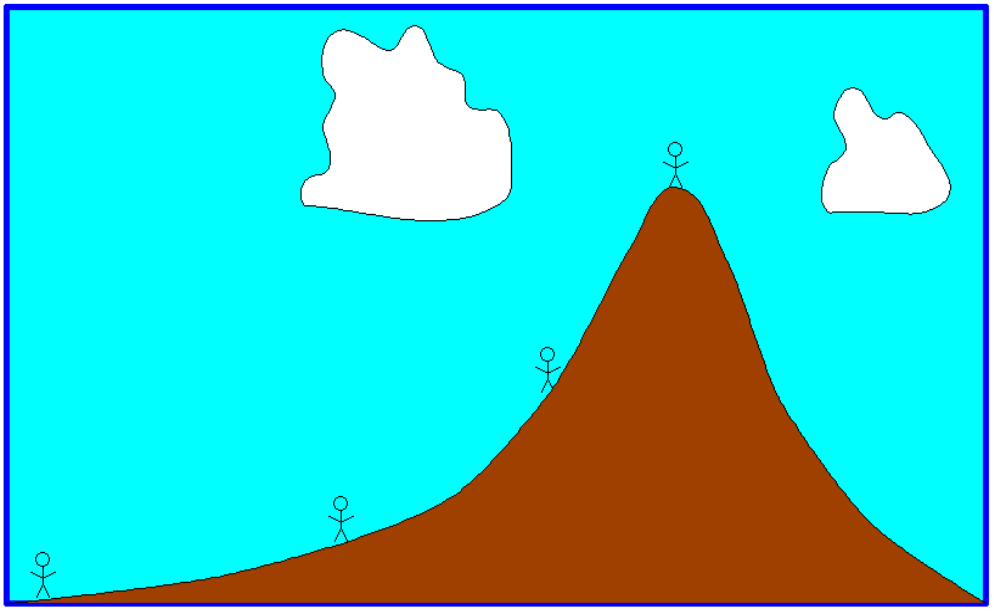


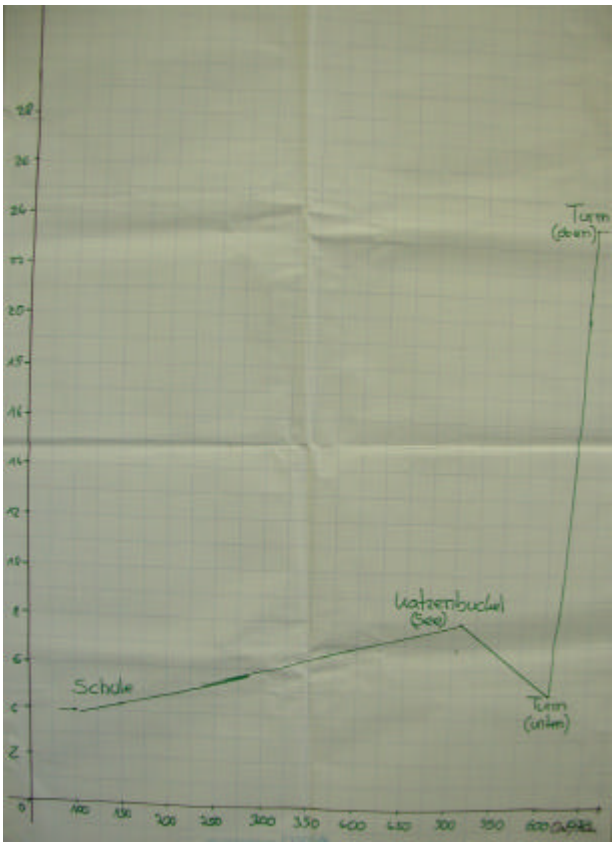
Figure 10: Every group, with his instrument was collecting systematically physical data relative to his domain at different altitudes in Katzenbuckel.

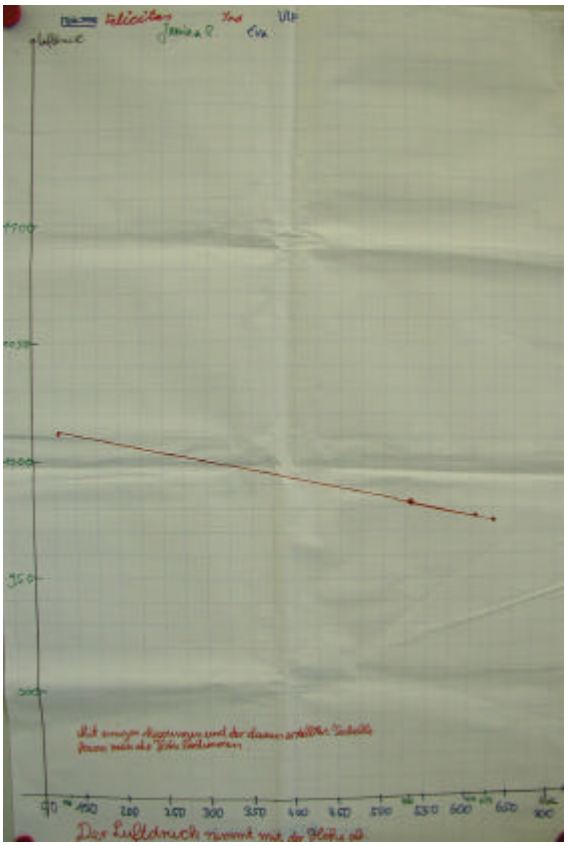
23. 5 Plotting the graphs and drawing conclusions (2.07.02).

This session happened to be in the last school day. Students in the 4th and 5th sessions plotted graphs with their findings (Appendix S) and they could interpret and draw conclusions. e.g., the "Luftdruck/Luftfeuchtigkeit" group had a crucial misconception about the air pressure variation with altitude. They could notice from their graph how air pressure decreased as we went up in altitude. Moreover, they realized that there is a linear relationship between air pressure and altitude. When asked if one can know from the graph the altitude having the air pressure, they could deduce it easily.

Unfortunately, every group worked alone and there was not sufficient time for students to exchange information about their findings, as it ought to be. For example, students could only exchange the physical measurements with each others, like the altitude or air temperatures.

In the figures 11 and 12 below, students could know tangibly how the declination is changing. As for the air pressure, students drew the conclusion that 'Der Luftdruck nimmt mit der Höhe ab'. They could also deduce that 'mit einigen Messungen und der daraus erstellten Tabelle kann man die Höhe bestimmen'.



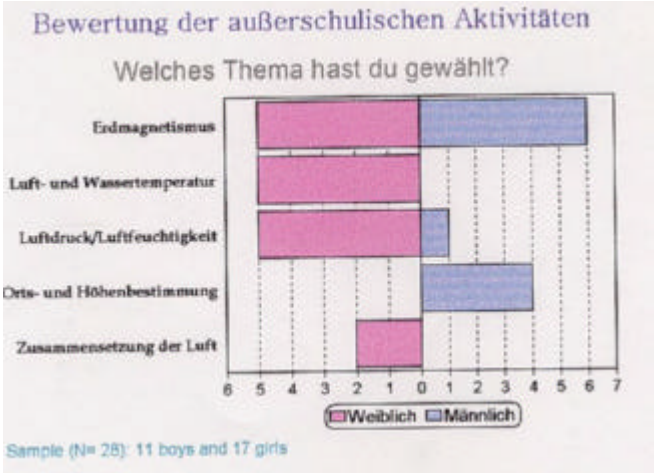


Figures 11 and 12: depict the graphs plotted by the 'Erdmagnetismus' group and the 'Luftdruck' group.

23. 7 Data analysis from the post-questionnaire.

Because of the lack of time, students did not present a final report. Instead, a post-questionnaire was administered to collect their comments and opinions about the realizations of the experiments.

The questionnaire consisted of 16 open-ended and closed-ended questions. Twenty seven students (11 boys and 16 girls) filled in it in the last session and l girl took it at home. Four students were absent. At the end, the final sample was divided as follow:



The questions covered students' acquired knowledge, if they used their prior knowledge, the teamwork and whether they like to learn science in this way.
Finally, the students' responses were grouped according to gender and the nature of the activity, using the software package Harvard Graphics 98.

Note that some questions needed to be re-worded to encourage students to elicit a more reflective response; a large number of students responded with "no" or "yes" when it was required from them to give a detailed answer.

On the whole, a large number of girls choose a theme because it interested them, while boys wanted to work with his friend(s). When asked if they liked working in the team, 5 girls said yes compared to 6 boys, while 9 girls liked it "partly" compared to 1 boy. Six girls and 3 boys said that they had fun with the experiments, 6 girls and 7 boys had partly 'Spaß' and 4 girls did not have 'Spaß'. Seven girls and 3 boys said their questions were answered compared to 6 girls and 3 boys who said that they were partly answered to their questions. Finally, 2 girls and 5 boys did not get answers at all.

When asked about their expectations, 12 girls and 7 boys had their expectations fulfilled, 1 boy had them partly fulfilled and 5 girls and 2 boys said no. Finally, 1 boy gave no answer.

Whether what they learned is useful to their every-day-life, 2 girls and 1 boy said yes compared to 15 girls and 10 boys who said no. This showed that students learned factual knowledge, which is irrelevant to their daily knowledge.

Eleven girls and 8 boys said that they learned something new, 1 girl learned partly something new while 3 boys and 5 girls did not learn anything. On the other hand, 7 girls and 2 boys used their previous knowledge, 1 boy used partly his knowledge, while 10 girls and 7 boys did not. Finally, 1 boy did not answer this question.

All girls and boys understood how the instruments function. Moreover, 14 girls and 10 boys understood the experiments explanations, while 3 girls and 1 boy did not.

When asked if they liked the way experiments were done, 10 girls and 7 boys said yes, 2 girls liked it partly, while 5 girls and 4 boys said no. 1 boy gave no answer. For dealing with the collected data (e.g., analyze, interpret and draw conclusions), 6 girls and 3 boys liked it, 1 girl liked it partly compared to 9 girls 7 boys who said no. Finally, 1 boy gave no answer and 1 girl did not know whether she liked it or not.

Moreover, 9 girls and 7 boys liked to learn about natural phenomena in this way, 1 girl liked that partly, while 4 girls and 4 boys did not like to learn about natural phenomena in this way, 3 girls gave no answer.

Finally, 11 girls and 8 boys liked the field trip, 4 girls liked it partly, 1 boy and 1 girl did nit like it and 1 girl and 1 boy gave no answer.

Indeed, it noticed that the 'Erdmagnetismus' group was influencing the sample as a whole, because it is the largest group in the sample.

Note that the second questionnaire replaced the final report because of the lack of time, but some questions have to be reformulated to avoid students' short responses.

23. 6. 1 Analyzing Data for every group.

- **Erdmagnetismus:** the sample consisted of 5 girls and 6 boys and all of them submitted the questionnaire. It is remarkable that this is the largest group.

For *Question 2: Wieso hast du dieses Thema gewählt?*

Some students crossed 2 answers at the same time. Three girls and 5 boys wanted to work with his/her friend, while 2 girls and 2 boys had no idea about it before. Finally, 1 girl and 3 boys had interest to learn about.

For *Question 3: Was war(en) deine Frage(n) am Anfang des Unterrichts?*

Two girls and 2 boys asked „warum ist der Nordpol magnetisch?", 1 girl and 3 boys asked "Warum reagiert der Kompass auf den Nordpol?". One boy questioned "wie funktioniert der Kompass?". 2 girls asked each „was ist Erdmagnetismus?" and „ist der Erdmagnetismus überall auf der Erde gleich?". Note that this last question was one of Humboldt's. On the other hand, 2 boys have the following question "was sind Inklination und Deklination?" And this question was generated after the field trip. Finally, 1 girl and 1 boy did not reply.

When compared to students' questions in the first session, 11 students remembered their first questions, 2 have a new question compared to 22 questions made by the same group at the beginning.

For *Question 4: Welche Geräte hast du für deine Versuche benutzt?*

The majority stated the used instruments correctly; 3 girls and 4 boys mentioned the "Winkelmesser", 1 girl mentioned the "Deklination- und Inklinationsmesser", 2 girls and 6 boys wrote down the "Kompass" and 2 gave no answer.

For *Question 5:*

- *Hat dir die Gruppenarbeit gefallen?*

Two girls and 4 boys said yes and 3 girls and 2 boys liked it partly.

- *Hat dir das Experimentieren Spaß gemacht?*

When asked about having fun with experiments, 1 girl said yes, while 3 girls and 5 boys had fun partly and 1 girl said no.

- *Wurde(n) deine Frage(n) beantwortet?*

If they got answers to their questions, 1 girl and 1 boy agreed, 1 girl and 1 boy partly agreed, while 1 girl and 4 boys said no. Finally, 1 girl gave no answer.
On the whole, a considerable part of students liked the activity and they had fun, but 5 boys did not found answers to their questions and some girls did not like the teamwork.

For *Question 6: Haben die Experimente deine Erwartungen erfüllt?*
Four girls and 4 boys have their expectations fulfilled, while 1 girl and 2 boys said no.

For *Question 7: Hast du etwas gelernt, was für dein tägliches Leben wichtig erscheint?*
Only one girl agreed to this question. 5 girls and 6 boys said no.

For *Question 8: Hast du etwas Neues gelernt?*

Three girls and 4 boys said yes, 1 girl learned partly something new, while 1 girl and 2 boys said no. When asked what did they learned? Four girls and 4 boys replied to this question. 2 girls and 3 boys said "wie man Inklination und Deklination misst", 1 girl wrote "dass es einen magnetischen und geographischen Pol gibt", 1 girl said „Das Umgehen mit den Geräten" and 1 boy said simply „vieles".

For *Question 9: Hast du dein Vorwissen bei deinem Experiment anwenden können?*
Only one boy agreed to this question, while 5 girls and 5 boys said no.

For Question 10: *Hast du verstanden, wie die Geräte funktionieren?*
All students replied by yes to this question.

For *Question 11: Hast du die Erklärungen für die Versuche verstanden?*
Four girls and 5 boys said yes, while 1 girl and 1 boy said no; it remained unclear for him "wie man die Geräte macht".

For *Question 12: Gefällt dir die Art der Experimente?*
Three girls and 4 boys liked it, compared to 2 girls and 2 boys who said no.

For *Question 13: Gefällt dir das Verarbeiten von Messungen?*
One girl and all the boys replied yes, while 4 girls said no.

For *Question 14: Möchtest du weiterhin NP auf diese Weise lernen?*
Four girls and 2 boys agreed to this question, 1 girl and 4 boys said no.

For *Question 15: Gefiel dir die Exkursion zum Katzenbuckel?*
Three girls and all the boys liked the field trip, while 2 girls liked it partly.

For *Question 16: Möchtest du mir noch etwas mitteilen?*
No one replied to this question.

On the whole, the majority of students, boys and girls liked the field trip, as well as how and where data were collected. Moreover, they understood the experiment and how to use the instruments, but they did not use their prior-knowledge. It is true that they did not learn anything that seems important for their daily knowledge, but they acquired new knowledge. Most of all, their expectations about the out-school activity were fulfilled.

- **<u>Orts- und Höhenbestimmung:</u>** the sample consisted of 1 girl and 4 boys, but 4 boys submitted the questionnaire.

For *Question 2: Wieso hast du dieses Thema gewählt?*

3 boys wanted to work with their friends, while one boy interested him the topic.

For *Question 3: Was war(en) deine Frage(n) am Anfang des Unterrichts?*

At the beginning of the activity, 7 questions were raised, but now, only 1 boy remembered his question "Wie man Ort und Höhe mit Sternen bestimmen kann", while 1 boy had forgotten what he asked in the first place. Two boys gave no answer.

For *Question 4: Welche Geräte hast du für deine Versuche benutzt?*

One boy did not reply to this question, 2 boys wrote each a „Höhenmesser" and a „Thermometer" and 1 boy did not remember what instruments he used.

For *Question 5:*

- *Hat dir die Gruppenarbeit gefallen?*

Two boys liked the teamwork and 2 boys liked it partly.

- *Hat dir das Experimentieren Spaß gemacht?*

Two boys had fun with the activity, while another 2 had it partly.

- *Wurde(n) deine Frage(n) beantwortet?*

One boy said yes, another one wrote that it got answered partly, while 1 boy gave no answer and 1 boy said no.

For *Question 6: Haben die Experimente deine Erwartungen erfüllt?*

Two boys agreed, 1 boy agreed partly and 1 boy gave no reply.

For *Question 7: Hast du etwas gelernt, was für dein tägliches Leben wichtig erscheint?*

One boy said he got important information for his every-day-life, and this was "Höhe bestimmen durch Siedetemperatur", while 3 boys said no.

For *Question 8: Hast du etwas Neues gelernt?*

Two boys said yes and this was "Höhe bestimmen durch Siedetemperatur". It means that one boy considers this as a new acquiring knowledge but not important for his daily knowledge, while the other thinks the opposite. Finally, 2 boys said that they did not learn something new.

For *Question 9: Hast du dein Vorwissen bei deinem Experiment anwenden können?*

3 boys said no while 1 boy agreed partly.

For *Question 10: Hast du verstanden, wie die Geräte funktionieren?*

All boys said yes.

For *Question 11: Hast du die Erklärungen für die Versuche verstanden?*

All said yes.

For *Question 12: Gefällt dir die Art der Experimente?*

Two boys liked the way the activity was done, while 1 boy did not like it. One boy did not reply to this question.

For *Question 13: Gefällt dir das Verarbeiten von Messungen?*

The same distribution of boys had the same answer as in question 12.

For *Question 14: Möchtest du weiterhin NP auf diese Weise lernen?*

All the boys said yes.

For *Question 15: Gefiel dir die Exkursion zum Katzenbuckel?*

Two boys liked the field trip, 1 boy did not like it and 1 boy gave no reply.

For *Question 16: Möchtest du mir noch etwas mitteilen?*

No one answered to this question.

- **Luft- und Wassertemperatur:** the sample consisted originally of 5 girls, they all submitted the questionnaire.

For *Question 2: Wieso hast du dieses Thema gewählt?*

Three girls interested in the topic, 2 girls knew already a little, while 2 girls knew the most about it and 1 girl chose it because it is simply easy.

For *Question 3: Was war(en) deine Frage(n) am Anfang des Unterrichts?*

Two girls did not remember their first questions, 2 others did not reply, while 2 girls wrote each respectively: "Warum ist die Luft in höheren Lagen kälter?", "Ob es schnellen Temperaturwechsel gab?" Oder „Ob es draußen oder drin wärmer oder kälter ist?". It is noticed that the first questions of the girls were also 2.

For *Question 4: Welche Geräte hast du für deine Versuche benutzt?*

All girls mentioned the thermometer.

For *Question 5:*

- *Hat die Gruppenarbeit gefallen?*

All the 5 girls liked the teamwork partly.

- *Hat dir das Experimentieren Spaß gemacht?*

Only 1 girl had fun with the activity, while 1 girl had it partly. On the other hand, 3 girls said no.

- *Wurde(n) deine Frage(n) beantwortet?*

Three girls said yes, another one wrote that it was answered partly, and 1 girl said no.

For *Question 6: Haben die Experimente deine Erwartungen erfüllt?*

One girl agreed to this question, 4 girls said no. When asked "Falls ja, was hast du dir anderes vorgestellt?" 3 girls out of 4 did not reply, while one girl said "Die Gruppe hat nicht gut miteinander gearbeitet".

For *Question 7: Hast du etwas gelernt, was für dein tägliches Leben wichtig erscheint?*

All the 5 girls said no.

For *Question 8: Hast du etwas Neues gelernt?*

One girl learned something new and this was “Dass auf dem Katzenbuckel schlechtes Wetter ist”! While the other 4 girls said that they did not learn anything new.

For *Question 9: Hast du dein Vorwissen bei deinem Experiment anwenden können?*

Three girls said yes and one of them replied as “ Wie man mit einem Thermometer umgeht”. 2 girls did not use their prior knowledge.

For *Question 10: Hast du verstanden, wie die Geräte funktionieren?*

All girls said yes.

For *Question 11: Hast du die Erklärungen für die Versuche verstanden?*

Three girls said yes and 2 girls understood partly the explanations.

For *Question 12: Gefällt dir die Art der Experimente?*

Two girls liked the way the activity was realized, while 3 girls disagreed.

For *Question 13: Gefällt dir das Verarbeiten von Messungen?*

Four girls said no, while 1 girl did not know if she liked it.

For *Question 14: Möchtest du weiterhin NP auf diese Weise lernen?*

Three girls did not like to learn science in this way, while 2 girls gave no answer.

For *Question 15: Gefiel dir die Exkursion zum Katzenbuckel?*

Three girls liked it, while 2 girls liked it partly.

For *Question 16: Möchtest du mir noch etwas mitteilen?*

No one answered this question.

- **Zusammensetzung der Luft:** the sample consisted originally of 2 girls and 1 boy, but only 2 girls submitted the questionnaire.

For *Question 2: Wieso hast du dieses Thema gewählt?*

The 2 girls wrote that they were interested in the theme.

For *Question 3: Was war(en) deine Frage(n) am Anfang des Unterrichts?*

One girl gave no answer, while one girl rememebred her first question, and this was „Aus was besteht die Luft? Außer Sauerstoff und Kohlendioxid”.

For *Question 4: Welche Geräte hast du für deine Versuche benutzt?*

One girl mentioned correctly the used instruments, while the other girl gave no answer.

For *Question 5:*

- *Hat dir die Gruppenarbeit gefallen?*

One girl said yes, while the other likes it partly.

- *Hat dir das Experimentieren Spaß gemacht?*

Both girls agreed.

- *Wurde(n) deine Frage(n) beantwortet?*

One girl said yes, while the other girl question was partly answered.

For *Question 6: Haben die Experimente deine Erwartungen erfüllt?*
Both girls said yes.

For *Question 7: Hast du etwas gelernt, was für dein tägliches Leben wichtig erscheint?*
Both girls agreed.

For *Question 8: Hast du etwas Neues gelernt?*
One said no, while the other learned the chemical formula of oxygen and carbon dioxide.

For *Question 9: Hast du dein Vorwissen bei deinem Experiment anwenden können?*

For *Question 10: Hast du verstanden, wie die Geräte funktionieren?*
Both girls agreed.

For *Question 11: Hast du die Erklärungen für die Versuche verstanden?*
Both said yes.

For *Question 12: Gefällt dir die Art der Experimente?*
Both liked it.

For *Question 13: Gefällt dir das Verarbeiten von Messungen?*
Both said yes.

For *Question 14: Möchtest du weiterhin NP auf diese Weise lernen?*
Both said yes.

For *Question 15: Gefiel dir die Exkursion zum Katzenbuckel?*
Both gave no reply.

For *Question 16: Möchtest du mir noch etwas mitteilen?*
Both gave no reply.

- **Luftdruck/Luftfeuchtigkeit (LD/LF):** the sample consisted originally of 5 girls and 1 boy, they all submitted the post-questionnaire.

For *Question 2: Wieso hast du dieses Thema gewählt?*
Four girls and the boy were interested in the theme, 3 girls had no previous knowledge about it, and 2 girls wanted to work with their friends. Finally, one girl thought that it would be fun.

For *Question 3: Was war(en) deine Frage(n) am Anfang des Unterrichts?*
One girl and one boy gave no answer, 4 girls remembered their initial questions, such as „Was ist Luftdruck?“, “Was bewirken LD und LF?”.

For *Question 4: Welche Geräte hast du für deine Versuche benutzt?*
All students gave correctly the names of the used instruments.

For *Question 5:*

- *Hat dir die Gruppenarbeit gefallen?*

Four girls said yes, while the boy gave no answer.

- *Hat dir das Experimentieren Spaß gemacht?*

Two girls and the boy had fun and 2 girls had partly fun.

- *Wurde(n) deine Frage(n) beantwortet?*

Two girls and the boy said yes, while 2 girls said that they got their questions partly answered.

For *Question 6: Haben die Experimente deine Erwartungen erfüllt?*

All students agreed.

For *Question 7: Hast du etwas gelernt, was für dein tägliches Leben wichtig erscheint?*

All said no.

For *Question 8: Hast du etwas Neues gelernt?*

All learned something new, like „mit Messgeräten umzugehen und mit den Werten etwas anfangen zu können“, „auf einem Berg ist der Luftdruck niedriger“ or „welche Messgeräte für was nützlich sind“.

For *Question 9: Hast du dein Vorwissen bei deinem Experiment anwenden können?*

Three girls said yes, and this was by, e.g., „wie ein Barometer/Hygrometer funktioniert; die Luftdruck/Luftfeuchtigkeit verändert sich mit Wetter und Höhe”. Two girls said no and the boy wrote no answer.

For *Question 10: Hast du verstanden, wie die Geräte funktionieren?*

All said yes.

For *Question 11: Hast du die Erklärungen für die Versuche verstanden?*

All said yes.

For *Question 12: Gefällt dir die Art der Experimente?*

Three girls and the boy said yes, and 2 girls liked it partly.

For *Question 13: Gefällt dir das Verarbeiten von Messungen?*

Three girls and the boy said yes, 1 girl said that she liked it partly and 1 girl said no.

For *Question 14: Möchtest du weiterhin NP auf diese Weise lernen?*

The boy and 3 girls wanted to learn science in this way, 1 girl gave no reply, while 1 girl said she would learn it partly in this way.

For *Question 15: Gefiel dir die Exkursion zum Katzenbuckel?*

The boy and 3 girls said yes, one girl said no and 1 girl gave no answer.

For *Question 16: Möchtest du mir noch etwas mitteilen?*

No one replied.

23. 7 Impressions about the interview realization (Mon, 3 to Wed, 5. 02.03).

In this paragraph, I will mention my impressions during the realization of the interviews.

Due to administrative difficulties, I had to interview the students only after 9 months. On the other hand, because students were freely involved in the project, I could realize the interviews with 10 students (7 girls and 3 boys). The sample was distributed as follow: 'Erdmagnetismus' (2 girls and 2 boys), 'Luftdruck/Luftfeuchtigkeit' (2 girls), 'Orts- und Höhenbestimmung' (1 girl and 1 boy), 'Luft- und Wassertemperatur' (2 girls). No student from the group 'Zusammensetzung der Luft' participated in the semi- structured interview.

Many students asked me at the beginning if I will ask about "Fachwissen". When I answered with no, they were relieved! Remarkably, during the first interviews, students were not talkative and not feeling comfortable because of their science teacher's presence. They worried about saying something wrong and they avoided saying some critics about the project, because they did not want to offend their teacher! For these reasons, I continued to make the interviews alone.

Note also that all students used the term 'Spaß' when describing their activity. That's why I asked them about the meaning of this term.

On the whole, students still remembered their activities, they stressed on the use of the instruments and they liked most of all collecting measurements in the nature. Most of all, they liked working in mixed groups. All students had a positive impression about the project and most of all; they liked to do experiments in the nature. For instance, Mattias suggested to make similar measurements in Königstuhl and to compare them with results at Katzenbuckel.

Finally, many students were not used to being questioned about their opinions, thus they were replying the traditional I-don't-know expression.

23. 7. 1 Luft- und Wassertemperatur.

- **Evita' case:**

She wanted to know in advance the different steps before realizing an activity; she said that the method was not really "professional", because she did not know beforehand what would be the results! This type of comment is very consistent with the classical method that it is used in natural phenomena class (based on the classroom observation). The following is an excerpt of the interview:

Int: Denkst du, dass du wie ein Wissenschaftler gearbeitet hast und warum?

Evita: Ähm, also vielleicht nicht ganz so professionell, weil wir manche Sachen noch gar nicht wussten, aber wenn wir das dann gefragt haben, wie es geht, dann hat es schon ganz gut geklappt und, ja.

For this student, doing an experiment is like 'shooting in the dark' and wait what it will happen:

Int: Was verstehst du unter „Experimentieren"?

Evita: Etwas herausfinden und kucken, wie irgendwas darauf reagiert oder so. Ähm, ja.

Finally, she could still remember the results of her activity: water temperature was higher than air temperature and that air temperature was changing with the altitude and the mean temperature at Katzenbuckel that day was 10°C!

23. 7. 2 Erdmagnetismus.

- **Julia's case:**

Some of her answers were not clear; she found that the activity was good and interesting and she had fun but she cannot remember it anymore:

Int: Du hast gesagt, es macht Spaß und du würdest es auch gerne wieder machen?

Julia: Ja.

Int: Und du hast auch gesagt, du hast was gelernt, aber es fällt dir jetzt ganz schwer, dich dran zu erinnern, was gemacht wurde?

Julia: Ja.

Int: Das, ähm ja, wirft für mich so ein Fragezeichen auf. Wie passt das zusammen?

Julia: Ja, also, ich hab das jetzt halt nur vergessen, weil das so eine Zeitspanne halt war jetzt auch und also Spaß gemacht hat es, weiß ich halt noch, weil ich hab' das halt, also nach dem Projekt hab ich halt, also weiß ich halt noch, dass es gut war.

For Julia, it seems not important to learn about 'Erdmagnetismus' since it is not affecting our life and since it is still changing:

Int: Ich habe nach der Bewertung der Fragebögen herausgefunden, dass die meisten Schüler etwas Neues gelernt haben, aber es erschien ihnen für ihr tägliches Leben unwichtig. Was denkst du darüber?

Julia: Ja, also ich weiß ja nicht, ob man das jetzt im weiteren Leben noch gebrauchen kann. Also was man da gelernt hat. Vielleicht so in der Schule halt noch. Aber sonst im normalen Leben, wenn man dann erwachsen ist, glaube ich nicht, dass man es dann halt noch braucht.

Int: Du brauchst nicht mehr, kein Fachwissen über Erdmagnetismus zum Beispiel?

Julia: Ich glaube nicht. Vielleicht ändert es sich ja noch.

- **Lucas case:**

Lucas liked the project „Weil man rumlaufen konnte und selber irgendwas ausprobieren konnte. Also nicht nur, was der Lehrer vorne macht und wir müssen aufschreiben". Furthermore, he believed that one can learn more when having fun:" Ja, macht sicher mehr Spaß wie äh man lernt sicher mehr, wenn man Spaß hat, wie keinen. Dann denkt man, ach, sowieso egal weiterzulernen... Dass es einfach mal was anderes war, einfach mal, ja, was anders mal, man konnte mal selber rumexperimentieren und so".

Finally, Lucas point of view about working in mixed groups was interesting:

Int: Ich habe nach der Bewertung der Fragebögen herausgefunden, dass die Jungen mit ihren Freunden zusammenarbeiten wollten und die Mädchen am Thema selbst interessiert waren. Was glaubst du, warum das so ist?

Lucas: Oh Gott, ich denke, vielleicht sind Mädchen erstmal intelligenter und die Jungs, die meisten Jungs denken einfach, Mädchen die hassen sie einfach ab und zu, die wollen halt nicht mit ihnen arbeiten, sondern nur mit ihren also männlichen Freunden.

23. 7. 3 Luftdruck/Luftfeuchtigkeit.

- **Ina's case:**

Ina suggested making students find out by themselves the relevant instruments for each activity. Moreover, she liked the project because she could make authentic measurements like scientists outside unlike the 'normal' teaching:

Int: Was war für dich anders als im normalen Unterricht?

Ina: Ja, im normalen Unterricht, da kriegt man vielleicht so eine kleine Aufgabe aus dem Buch oder so, man darf jetzt nicht rausgehen, um was zu messen oder so was.

Int: Denkst du, dass die Schüler selbst ein Experiment entwerfen und selbst durchführen können?

Ina: Ich denke schon.

Int: Wieso?

Ina: Na ja, das ist dann noch interessanter, wenn man es selber entwirft.

Int: Was wären die Vorteile von einem solchen Vorgehen? Ich meine, selbst experimentieren, selbst ein Experiment entwerfen.

Ina: Ja, dass man dann auch genauer weiß, was man mit diesem Experiment bezweckt und was man herausfinden will.

For Ina, what made her having fun was the field trip and most of all the opportunity to pose a question at the beginning:

Int: Was meinst du mit Spaß? Was verstehst du unter Spaß?

Ina: Ähm, na ja, dass es halt Spaß macht. Ähm, es war halt interessant und hat auch Spaß gemacht, das rauszufinden und so.

Int: Ähm, was hat dir besonders Spaß gemacht?

Ina: Die Exkursion zum Katzenbuckel.

Int: Hat dir das Experimentieren gefallen?

Ina: Ja.

Int: Wieso?

Ina: Ja, weil man, ich experimentiere gerne und das war halt mal was anderes, was man so von sich selbst aus nicht machen kann.

Int: Hat Dir die Projektmethode gefallen?

Ina: Ja, eigentlich schon.

Int: Was?

Ina: Hm.

Int: Ich meine z.B. Fragestellung und Sammlungen von Messungen in der Natur.

Ina: Ja, eigentlich schon.

23. 7. 4 Orts- und Höhenbestimmung.

- **Ellinor's case:**

This student believed that ‚Experimentieren' is important in 'Naturphänomene',

because “Weil dann kann man, also wenn man das alles nur theoretisch macht, dann kann es sein, dass man es viel weniger versteht, als wenn man es selber ausprobieren kann und auch rausfindet, wie das geht und weshalb das so ist“.

Moreover, for Ellinor, ‘Spaß’ means: „Also, wenn man auch mal was macht halt, nicht immer nur dasitzt und dem Lehrer zuhört und aufschreibt, sondern dass man auch was selber machen kann und nicht immer nur drinnen, sondern auch mal draußen ist“.

Finally, according to this student, the benefits from such a project were the following: „Also, da würde man eigentlich auch mehr merken, dass man jetzt eigentlich selber was machen muss und wenn man das nicht macht, dass dann nicht, ach, ist ja egal, das war sowieso nur das von den anderen, sondern eigentlich ist es, hat man dann ja sein eigenes Interesse hat man dann irgendwie. Ja, ich weiß auch nicht. Dann hat man, ist man eigentlich selber Schuld, dass man dann da nix rausbekommen hat. Ich denke, da kriegt man auch mehr Selbstvertrauen und weiß dann auch, später im Leben muss man ja dann eigentlich auch alles selber machen“.

23. 8 What changed and what stayed for the main study?

- Students stressed in the interviews that they learned about the chosen natural phenomena with ‘Spaß’. Remarkably, this factor is very important for this age group of students. It means that students are motivated when they have fun and they learn better, when they choose a topic of their interest. I will consider this affective factor in the main study.
- I noticed that students liked the idea to pose one or more questions about a theme of their interest at the beginning of the teaching. Moreover, they are encouraged to do so, when they are told a story about the life of a scientist from the history. This arouses their imagination and gave them the motivation to follow their thoughts till the end.
- Faced to the reality with the many administrative difficulties, I knew that I have to manage my teaching approach according to the given allowed time. This had many negative impacts, such as, I have to forget about making students understand Humboldt’ philosophy of the ‘Einheit in der Vielfalt’, which requires much time to spend on discussing the collected data with students. The preliminary study in Bammental proved this. Moreover, Humboldt worked in the nature, so I needed to take into account the possibility to take students outside the school and finding a place near the school with different altitudes.
- The multi-faced character of Humboldt is difficult to implement *alone* for 12-14 years olds: I need to work in an interdisciplinarity group of geography, physics and biology teachers. Moreover, during my visit to the ‘Hochschuldidaktik und Wissenschaftsgeschichte des Fachbereichsphysik’ of Professor Riess- Group, at the Carl von Ossietzky Oldenburg, where at least 12 members in the History of instruments group are working on the historical replication, made me realize my incapacity to realize Humboldt activities alone.
- For the Bammental sample, because of the lack of time, students choice in realizing an activity was limited in the proposed 8 themes, e.g., Erdmagnetismus, Ortsbestimmung, etc..
- I used the anthracometer developed by Humboldt as a part of the story at the beginning of the project. In fact, this device was not at all useful, since I spent around 2 months trying to adjust the concentration of the basic solution used to absorb carbon dioxide of the air. Because, this requires a group of experts in history of instruments,

which lacks the group where I work and because my aims was not to use instruments approach to develop students' understanding of science, I dropped it at the end and I was using it as a historical model. Students liked it and all wanted to see how it worked, and I was explaining then the principle of measuring the CO_2 with it, omitting to explain the chemical reaction, because for this level, they were not yet initiated to chemical reactions.

- During the whole teaching setting, students were asked about their factual knowledge, e.g., the pre-questionnaire. Although students were free in choosing their themes and collecting physical data, but in some way the approach was still embracing the traditional teaching: students had not the opportunity to reflect on their work.
- Because I had collected only students' views about natural phenomena by using questionnaires, I have in the next study to realize interviews in order to get in-depth view about students' epistemologies related to science and scientists.

4. The main study at Linkenheim Realschule.

This part sheds the light on students' views about their actual nature of science aspects that were characterized and coded using a framework drawing on the following areas: characteristics of scientists, history of science and the epistemology about science and scientists. These students views were collected using the current trends in science education research: pre- and post-questionnaires, classroom observation, pre- and post-interviews, the Draw-A-Scientist-Test and portfolio work. This intervention study was realized in 26 school sessions, between May till July 2003. It was not possible to make an out-of-school field trip for administrative reasons. This is why, we had to limit the experiments within the school.

Table 13: gives the schedule plan for the realization of Humboldt- activities at Linkenheim. Note that for Thursdays, the class was divided in 2 groups.

Date	Activities	Objectives and remarks	Needed time
25. 04, 2 and 9.05	**Initiating students with the portfolio work**	Students set questions about Locusts	6 sessions
24. 04	**10 students (5 girls and 5 boys) participated to DAST**	To collect their mental images of a scientist at work	1 session
7.05.03	**Introducing Humboldt: a power point presentation about his life and scientific discoveries**	Putting students in the same situation as Humboldt, by exposing to them some of the problems he faced in his trip.	2 sessions
14 and 15.05	**Pre-interviews**	The students' pictures as well as the drawing representing Humboldt and Bonpland are used in the interviews	20 minutes per interview
22.5	**1. Tricky Tracks!** **2. Starting with the 2nd portfolio: students are asked to write down their questions to be investigated**	1. A nature of science activity aimed to initiate students to the expected mental thinking to develop for the Humboldt activities 2. Students are free to develop questions inspired from Humboldt presentation or an NWA-theme of their interest	1. 1 session 2. 1 session
23.05	**Discussing in the class all the questions**		2 sessions
20 06	**1. Filling-in the paper-and-pencil sheet** **2. Student-teacher discussion**	1. To collect students' needs for designing their experiments 2. To discuss with students their research strategy	1.1 session 2. 1 session
22.06	**Fieldtrip to the botanical garden**	The animal and plant groups participated to this outdoor activity	
26, 27. 06 and 3.07	**1. designing experiments and working with data** **2. Making sense of and discussing the data in groups**		1. 2 sessions 2. 4 sessions
4.7	**Set-up the portfolio assessment criteria in a class discussion**		2 sessions
10.7	**1. Collecting the students' portfolios** **2. Making posters of their findings** **3. students assess portfolios**		2 sessions
17.07	**Making the final touch in their posters and experimental models and communicating their findings to others**		2 sessions
18.07	**1. A wrap-up lesson** **2. Presenting and discussing the portfolio notes with students**	1.The teacher T. E tells explicitly students about the process of investigating as well as his experience and feelings during his trip to Etna in Italy. 2. Students get individually detailed feedback about their achievements	1. 1 session 2. 1 session
17 and 18.07	**Post-interview (extra time)**	To collect students' comments about the project and to see if there was improvement in their understandings of the nature of science	20 min/interview

24. 1 Learning and teaching arrangement from the classroom observation.

Between March and April, I made 7 class observations in order to collect information about the teaching practice and to get acquainted with students. At the end, I could choose with the accord of the science teacher a focus group of 10 students (5 males and 5 females) with different performance in NWA.

- **Conclusions related to the learning environment.**

a. The school lacks a library. It means that I have to bring books later during the realization of the project.
b. The school lacks also the access to the internet. Later, I knew that almost all students had such access at home.
c. Students were able to plot graphs.
d. The class is formed of 31 students and they have 4 sessions NWA per week. They are divided Thursdays as 18 (12 girls and 6 boys) and 13 students (12 girls and 1 boy) for 2 sessions respectively and for the other 2 sessions on Fridays, they learned together in one class in a building in another district from that of the school buildings. Students came from the region and all were Germans.
e. As in Bammental, students sat on Thursdays in non-mixed groups and on Fridays, because of the desks distribution and the longitudinal form of the classroom, students sat in groups of 3 or 4 students in mixed and non-mixed groups.
e. I have the impression that students have their own rules with doing science, even if they are told at the beginning of the objectives of their lab work, and even they have worksheets and with "**wir untersuchen saure Dinge"** written in big letters at the top of the activity, they will not pay attention to it till they will understand by themselves and get used to the materials in their hands! In addition, it seemed that students were just playing, mixing and making colors and many of them I asked what was the idea behind their work, they could not answer. But as long as they were inventing colors, they found out that one thing is sure: with acid, the red cabbage was turning red! And the girls were working also without any fear from some explosion! And of course, they must taste their products! But one thing was not clear: Are all really pay attention to the fact that they study now acids and not the 'Rotkohlsaft'? And what was the main role of the 'Lila' solution?
f. Although the teacher gave space for students' free work and he enhanced the diversity in learning, he did not make a wrap-up discussion about their findings and **reflections** in order that they could fix their new acquired knowledge.
g. Students expected to get a ready answer from their teacher.
h. Students do experiments without taking into account weighing or measuring volumes.
i. It was early for this students' age to learn in depth about chemical reactions. In fact, the outcomes of the classroom observations with respect to the acid theme are very consistent to the findings of the research of Kuhn and Phelps (1982, cited in Carey, 1988), who studied 10- and 11-year olds attempting to identify the ingredients critical to producing a chemical reaction (i.e., a color change) when mixed together. The children's 'experimentation' was unsystematic. The researchers commented that subjects commonly behaved as if their goal was not to find the cause of the color change, but rather to produce the color change.

- **Conclusions related to the teaching practice.**

a. The science teacher is a young and freshly graduated one year ago. He is an engaging person, very open to suggestions in teaching practice and very interested in implementing the portfolio in his class. For this reason, he was willing to receive us in his class. Moreover, the teacher-student relationship is very interactive and it is obvious that students like and feel comfortable with their teacher. Furthermore, he liked also that his students would learn about documenting by writing a protocol.
b. During the class observations, the teacher was explaining about the salt-theme as a **whole**, starting from tasting salt with the tongue to filtration. But, he would also stress on the history of salt: for instance, how it was discovered, when and which people used it in the past, how and when it was introduced in people's food etc..
c. The teacher is used to begin the first 10 minutes in explaining and showing to students what they will experiment during the session, then he distributed to the class the procedures work-sheet and where students, while doing the experiments can write down their results. In this way, students worked independently from the teacher and with a partner. For example, in the 'Wir untersuchen Saure Dinge', the teacher brought various consumed products containing acid, such as: citron, cola, vinegar, different sorts of pickles, a detergent, sugar, salt and a red cabbage. After a short discussion of what is common between these products and the distribution of the discovery-oriented worksheet activity, students started to look for the relevant instruments. They worked in groups of 3 and as usual, girls and boys were working in non- mixed groups. At the beginning, students were working unsure and following the activity procedure as if it was a **recipe**. Girls were working slowly and properly. The atmosphere was easy going and all were working freely and without time pressure.

- **Conclusions related to students' assessment.**

a. Students are used to assess other students' work. In reality, students usually present their work in a poster, showing their creativity in drawing, that are assessed by the class, but the criteria items a set by the teacher and the last decision in scoring is the teacher task.
b. Students can present individually their knowledge with the poster in a short presentation before the class but which is unnoted.
c. For the final note, the teacher is used to show to students with the OHP the students' final notes while making comments for every student. This activity is popular among students, who were hearing attentively and clapping with their hands when the teacher is announcing a high score.

24. 2 Data from students' opinions about Alexander von Humboldt.

- **The first session: presenting the biography of Alexander von Humboldt.**

The class was divided in 2 groups on Thursday, so I made a power point presentation about the life and scientific discoveries of Humboldt. I took care to start with his childhood, by telling an event of meeting with the Prussian king. Three students played it before the class and apparently the class enjoyed this session. The play was the following (cited in Hielscher and Hücking, 2002, pp. 46-47):

„Im Jahre 1777 hat Friedrich der Große die Familie Humboldt auf ihrem Schloss in Tegel besucht. Der Monarch hat die beiden Humboldt-Söhne getroffen und mit ihnen folgendes Gespräch geführt.

Zuerst fragt Friedrich den Älteren:

- **Wie heißt du?**
+ Wilhelm von Humboldt, Sire.
- **Alter?**
+ 10 Jahre, Sire.
- **Ein gutes Alter für eine Kadettenanstalt! Du schüttelst den Kopf? Du möchtest kein Soldat werden?**
+ Nein, Sire, ich möchte Karriere in Literatur machen.

Der König wendet sich an den Achtjährigen:

- **Name?**
+ Alexander von Humboldt, Sire.
- **Alexander.** (Friedrich der Große schürzt die Lippen).**Alexander, das ist ein schöner Name. Ich glaube, ich kenne einen Eroberer mit diesem Namen. Möchtest du ein Eroberer sein?**
+ Ja, Sire, aber mit meinem Kopf“.

The students heard every information with clear attention and interest. The teacher made questions about the functioning of the instruments. I was surprised that a boy could recognize that the hair used in the hygrometer was a horse air. Moreover, there was a discussion about how Humboldt could fill air from the Chimborazo in bottles! Here is what students wrote in their papers about Humboldt at the end of this presentation, answering the 2 questions: ‘Was denkst du über Humboldts Leben’ and ‘Was war wichtig für dich’. Note that, the first group wrote down their comments in the class while the second group had their task as homework:

Group I	Was denkst du über Humboldts Leben?
Mattias	Dass es sehr anstrengend war.
Rene	Er war ein großer Weltreisender, Geograph, Astrologe. Er wollte der Menschheit helfen mit seiner Forschung.
Pascal	Es war wahrscheinlich sehr aufregend.
Florian	Es war bestimmt sehr lustig so viele Forschritte für die Menschheit zu machen. Aber auch auf Berge zu steigen.
Oliver	Es hatte ihm Spaß gemacht, dass er helfen kann und dass er die Wissenschaft erweitern kannte.
Dennis	Er war ein großer Wissenschaftler und Erfinder.
Manuel	Ich finde es toll, dass man so viele Reisen machen kann.
Niklas	Er war mutig und viel beschäftigt.
Alex, David. S	Es war sehr gefährlich und sehr lehrreich.
Lukas	Es war wahrscheinlich ziemlich aufregend.
David.B	Er war ein guter Mann. Er hat die Wissenschaft ein ganzes Stück weitergebracht. Er war sehr intelligent. Er war auch ein sehr mutiger Mann, wenn man sich das anhört, sein Leben.
Franziska	Sein Leben war sehr arbeitsreich. Er hat viel Spaß gehabt, Briefe zu schreiben. Er hat Bergsteiger-Touren unternommen. Er hat auch so viele Reisen unternommen. Sehr früh hat er seinen Vater verloren.
Sylva	Sein Leben war sehr arbeitsreich. Er hat sehr viele Briefe geschrieben und vielleicht Spaß daran gehabt. Ich finde es gut, dass er die Welt kennen lernen wollte.

Isabel	Er hat in seinem Leben viel erlebt. Denn er war in Mexiko und unternahm viele Bergsteigertouren. Aber er fuhr auch mit dem Booten auf Flüssen. Er hat auch viel Spaß am Briefe Schreiben gehabt. Ich finde auch gut, dass er viele verschiedene Pflanzenarten und Muscheln gefunden hat.
Angelina	Es war eine sehr große Entdeckung. Was er entdeckt hat, war gut; gut heißt für mich, er hat auch wieder nach Berlin seltene Blumen, Gräser… mitgebracht.
Alina	Es ist stressig und anstrengend, aber auch interessant und spannend.
Laura	Es war anstrengend, aber auch interessant und spannend.

Group II	Was denkst du über Humboldts Leben?
Janina	Sein Leben war interessant; er hat Tiere, Pflanzen beobachtet, das Klima, Wetter Zusammenhänge und Sprachen und Eisen in verschiedenen Ländern.
Xenia	Es war sehr interessant und sehr aufregend.
Julia	Er hat seine Chance ausgenutzt und hat sie erfüllt. Er hat der Welt geholfen.
Diana	Er wusste schon sehr früh, was er einmal werden wollte. Er war sehr selbstbewusst (er hat sogar schon mit dem König von Preußen gesprochen. Er reiste und forschte in vielen süd- und mittelamerikanischen Staaten. Dabei entdeckte er viele Tier- und Pflanzenarten und brachte sie nach Europa. Für seine Reisen baute er viele nützliche Geräte.
Geraldine	Es muss bestimmt ein sehr aufregendes, interessantes aber auch gefährliches Leben gewesen sein. Besonders faszinierend finde ich, dass seine Reisen oft mehrere Jahre dauerten. Er muss ein besonders mutiger, weitsichtiger und gebildeter Mensch gewesen sein. Es gab nur einfachste Instrumente, die er zu Hilfe hatte.
Aline	Er hat viele Berufe erlernt, das war ja auch bestimmt schwer. Er war ja Weltreisender, dann hat er ja nicht so viel Zeit für seine Familie. Naja, aber er war sehr berühmt und reich.
Philipp	Er war sehr schlau und hat sehr viel in der Welt verändert.

Tables 14 and 15: show students' comments on Alexander von Humboldt's life.

Group I	Was war wichtig für dich?
Mattias	Alles was er herausgefunden hat.
Rene	Er war sehr reich und ein mutiger Mann. Er gab Forschern, die nicht so viel Geld hatten, einen Teil für ihr Forschungsprojekt ab. Weil er die Geräte für seine Expedition nie gleich wegschmeißen konnte. Er wollte viele gute Forschungen für die Menschheit aufschreiben.
Pascal	Alles, weil ich über Herrn Humboldt nichts wusste.
Florian	Dass er uns geholfen hatte.
Oliver, Niklas	Alles.
Dennis	Dass er viele Fortschritte in kurzer Zeit gemacht hat.
Manuel	-
Alex David. S	Mal zu wissen, wie das Leben eins Forschers ist.
Lukas	Die Messinstrumente.
David. B	Seine Daten und alles andere.
Franziska	Dass er relativ alt wurde und dass sein Leben sehr arbeitsreich war.
Sylva	Geräte. z.B., Taschenchronometer oder Hypsometer. Er war Naturwissenschaftler, Forscher, Entdecker und Humanist.
Isabel	-
Angelina	Das Leben, Entdeckung, Geräte: z.B., Taschenchronometer, Hypsometer, usw. Das Leben war aufregend. Wohin er gereist ist.
Alina	Dass ich etwas über sein Leben erfahren habe und dass ich Genaueres weiß, dass er um die Welt gefahren ist und dass er in Europa war.
Laura	Dass ich etwas über ihn und sein Leben gelernt habe. Es ist fast unglaublich dass er fast auf der ganzen Welt war und 50.000 Briefe geschrieben hat.

Group II	Was war wichtig für dich?
Janina	Er hat sein Wissen an Menschen weitergegeben durch viele Briefe.
Xenia	Er hat viele nützliche Geräte benutzt und erfunden und er hat viel sehr über unsere "Erde" rausgefunden.
Julia	Er konnte etwas für unser Leben verbessern (neue Pflanzen usw.). Und für die Menschheit.
Diana	Er erklärte die Zusammenhänge der Natur. Er setzte sich für die Menschenrechte ein. Seine Vorbilder waren Goethe, Schiller und Forster.
Geraldine	Ich finde es besonders toll, dass er auf seinen Reisen so viele Pflanzen und Tiere entdeckt hat, die zuvor so gut wie niemand kannte. Total begeistert haben mich seine vielseitigen Fähigkeiten: er sprach viele Sprachen, er kletterte auf Berge, befuhr riesige Flussläufe und bereiste gigantische Länder.
Aline	Stets trat er gegen jede Form der Ausbeutung auf. (Er wollte nicht, dass andere Leute sich gegenseitig ausnutzen!
Philipp	Alles, z.B., seine Geräte.

Tables 16 and 17: summarize students' comments on what caught their attention about Alexander von Humboldt.

All these comments showed clearly that students got the message of the presentation: Humboldt, the multi-lingual scientist communicated his findings with others. Both males and females noticed the use of instrument, and above all, they remarked that he had pleasure in his work! Remarkably, some females stressed on the humanistic side of his life: "Er konnte etwas für unser Leben verbessern" (Julia). This student belief about the heroic task of scientists is also outlined in the interviews.

24. 3 Students' questions (22 and 23. 05. 03).

The teaching setting started with a power-point presentation about the life and discoveries of Alexander von Humboldt. There was focus on his childhood and his later trip to Latin America between the years 1799- 1804. Students responded actively to this session. At the end, they were asked to set their questions within the context of NWA and they could freely choose a question related to Humboldt discoveries or any science theme of their interest.

Figure 13: shows the many questions formulated by the second group of students.

I asked the Group I (N= 15; 6 girls and 9 boys) to set one or more questions of their interest related to scientific themes in NWA. The list below showed students' specific questions:

1. Wann wurde der Quadrant erfunden? (Angelina)
2. Seit wann gibt es den Reisebarometer? (Isabel)
3. Wie kann man ein Barometer herstellen oder bauen? (Dennis)
4. Wie baut man ein Barometer? (Florian)
5. Wie kann man einen Höhenmesser bauen? (Niklas)
6. Instrumente (David)
7. Tauchgangausrüstung, Polizeiausrüstung (Pascal)
8. Exotische Pflanzen und Tiere und ihr Leben(Caroline S.)
9. Seltene Tiere (Delfine) und exotische Pflanzen (Fransiska)
10. Tierwelt (Manuel and Oliver)
11. Rund um den Strom (Mattias and Alex)
12. SARS (Laura M. and Alina): - Was kann man dagegen machen? (Laura)
    - Wie kann man die Krankheit besiegen? (Laura)
    - Wie kann man die Krankheit bekämpfen? (Alina)
    - Wie kann man sich vor ihr schützen? (Alina)

The Group II (N= 12; 1 boy and 12 girls) were urged by their students to formulate one or many questions, without specifying the investigation context. The list below depict their questions, where some are related to AVH and others were philosophical ones:

1. Was machte er auf seiner Reise? (Julia)
2. Wieso wollte Alexander Wissenschaftler werden? (Tanja and Lena)
3. Wieso wollte er Wissenschaft studieren? (Jennifer)
4. Warum reiste er? (Diana)
5. Warum wollte er erforschen? (Janina and Alexandria)
6. Wie entstand die Erde? (Janina)
7. Woraus besteht unsere Erde? (Julia)
8. Ist die Welt unendlich groß? (Jennifer)
9. Warum haben Menschen Haare? (Aline)
10. Wieso gibt es nicht Käfer, die so groß sind wie wir? (Aline)
11. Wieso gibt es Mensch und Tier? (Tanja)
12. Wieso haben Katzen einen Schnurrbart? (Caroline)
13. Warum wird New York in der Zukunft überschämt? (Philipp)
14. Warum können Menschen frieren oder schwitzen? (Caroline)
15. Wie viele Menschen gibt es? (Susen)
16. Wieso gibt es Nacht und Tag? (Tanja)
17. Was macht der Baum mit den schlechten Abgasen? (Janina)
18. Wie heißen die Götter der alten Ägypter?
19. Wer hat die Wörter der Sprache erfunden? (Caroline and Lena)
20. Warum haben Menschen das Alphabet gemacht? (Susen)
21. Wieso gibt es giftige Stoffe? (Tanja)
22. Wieso haben Zebras Streifen? (Jennifer)
23. Warum sind Leoparden so schnell? (Lena)
24. Warum haben wir Unkraut im Garten? (Julia)

25. Warum reisen die Bienen von Blume zu Blume? (Julia)
25. Wie entstanden die Tiere? (Lena)
26. Warum können Hunde besser riechen? (Janina)
27. Sind Planeten in oder am Himmel? (Geraldine)
28. Warum heißt Rotkohl, Rotkohl? (Susen)
29. Wie erzeugt der Baum Luft? (Geraldine and Xenia)
30. Wie macht der Baum aus Abgasen wieder gute Luft? (Caroline)
31. Warum gehen Abends bei den Blumen die Blüte zu? (Caroline)
32. Wie entstehen Sterne? (Aline)
33. Wie kommt der Mond in den Himmel? (Janina)
34. Warum gibt es Krieg? (Susen)
35. Aus was bestehen Sterne? (Jennifer)
36. Aus was besteht die Sonne? (Janina)
37. Wieso will ich erfinden? (Tanja)
38. Was kann ich erfinden? (Tanja)
39. Warum kommt man nach dem Tod in den Himmel?
40. Warum stürzen Sterne nicht ab? (Caroline)
41. Wieso gibt es Geld? (Tanja)
42. Wer erfand die Zeit? (Xenia and Geraldine)
43. Aus was besteht Lava? (Xenia and Geraldine)
44. Aus was besteht der Mond?
45. Was war die erste Insel auf der Welt? (Aline)
46. Wer oder was war das erste Lebewesen? (Aline)
47. Kann ich alles überhaupt verstehen? (Aline)
48. Warum gibt es etwas wie Jahreszeiten? (Jennifer)
49. Wieso geht die Erde nicht unter? (Lena)
50. Warum fliegen die Wolken in der Luft? (Lena)
51. Wie wachsen wir? (Caroline)
52. Warum gibt es Unterschiede wie Säugetierreptil? (Tanja)
53. Warum gibt es schlechte und gute Menschen? (Janina)
54. Wieso gibt es die Schule? (Tanja)
55. Warum ist die Banane krumm? (Susen)
56. Warum stürzen Lemminge sich von Klippen?
57. Fragen, Fragen, nichts als Fragen liegen leider schwer im Magen!

Before leaving, I asked students to think again about their questions in order to discuss them in the class the following day.

The following day, all the class was regrouped. Students were told to work in a gender mixed group, and to formulate their final question within the context of NWA (biology, physics and biology with doing an experiment), that one does not know already the answer!

Here are the final group set. Unfortunately, students chose to work in non-mixed groups and others chose to work alone:

<u>Luft-Thema</u>

1. Woraus besteht die Erdatmosphäre? (Susen, Julia and Lena)
2. Wie macht der Baum aus Abgasen frische Luft? (Alexandra, Caroline. B and Janina)

<u>Pflanzen-Thema</u>

3. Wie kreuzt man Blumen? (Philipp and Dennis)
4. Was „essen“ Pflanzen? (Diana)

Die Pyramiden-Thema

5. Wie sind die Pyramiden gebaut? (Geraldine and Xenia)
6. Wer fand das berühmteste Grab in Ägypten? (Geraldine and Xenia)

Vulkanbau-Thema

7. Wieso bricht ein Vulkan aus und wie? (Aline, Tanja and Jennifer)

Tiere-Thema

8. Warum haben Zebras Streichen? (Isabel)
9. Wie leben wilde Tiere? (Franziska and Caroline. S)
10. Wie lebten Dinosaurier früher? (Sylva and Alex)

Instrumente-Thema

11. Rund um den Blitz und Motor (Gleichstom Motor) (Mattias and Alex)
12. Wie baut man ein Handy? (Ren?)
13. Wie stellt man ein Barometer her? (Niklas, David. B and Lukas)
14. Wie baut man ein Teleskop? (Florian and David. S)
15. Wie funktioniert eine Taucherflasche. Warum gibt es unter Wasser eine Druckluft? (Pascal)

The questions were then discussed in the class. While discussing each question with the science teacher and the science educator, some students changed their questions: for instance, René knew that within the class material disposition and for the class level, he cannot build up a handy, he had the idea to search for the historical development of telecommunication!

24. 4 A nature of science activity: Tricky Tracks!

24. 4. 1 Students' conceptions about observation and inference from the paper-and-pencil sheet.

In the second session of the project, students were initiated to a nature of science aspect: "difference between observation and inference" as an activity taken from Lederman et al (1998) study. Students participated in an active way, showing creative thinking and imaginative mind, by presenting numerous stories about the 3 pictures (the students' stories about every picture are present in Appendix T). During the class discussion, students were asked to write down their stories and comments in paper-and-pencil sheets. Students' comments about observation 'Beobachtung' and inference 'Schlussfolgerung' were tabulated below:

Students' Answers	Was hast du heute Neues über das wissenschaftliche Denken gelernt?
Dass nicht alles richtig/falsch ist	1
Dass nicht alles immer 100% gelöst werden kann	1
Vieles/ Viele neue Dinge	7
Dass man mit denken und überlegen herausfinden kann	4
Dass auch Wissenschaftler Fehler machen können	3
Es ist sehr kompliziert!	2
Spuren zu lesen und Schlussfolgerungen daraus zu stellen	2

Table 18: summarizes the comments of the 20 students of the sample (N= 31) about the tricky tracks activity.

At the end of the activity, I explained explicitly the aim of the activity, which is the meaning of 'observation and inference' and the 'difference between them' and that these skills are important factors in science and that scientific knowledge is before all a human inference or a mental work, and that inferences are consensual observations accepted by the scientific community. But apparently, many students did not understand the difference between the terms. They insisted in defining them, by telling their stories about the animals.

Table 18 shows that many students believed that scientists do not commit errors and they think that science is like what they learn at school: right or wrong answers!

In addition, based on their stories (Appendix T), it showed how much students can present very creative interpretations of the same set of figures!

24. 4. 2 Students' answers about this activity from the post-interview.

After 2 months (at the end of the project), the 10 students of the focus group were interviewed again about these pictures, such as, "Was hast du aus dieser Geschichte gelernt?", "Was ist für dich Schlussfolgerung und eine Beobachtung?", "Wenn Du jetzt die Geschichte hier ansiehst, was hat das für Dich mit wissenschaftlichem Denken zu tun oder mit Wissenschaft zu tun? ".

Furthermore, to be sure that students understood these terms, some of them were asked about their observations and inferences related to their themes (Caroline, David and Dennis).

Students' answers related to this activity showed an apparent understanding of the terms observation and inference, but they still confuse the difference between both of them. When asked, what is here "Beobachtung"? Many students mentioned the "Tierspuren". Students related their stories about what would happen, when asked about their "Schlussfolgerung". But when it came to differentiate between these terms, they mixed up everything; they presented their multiple explanations for the same pictures as 'Beobachtung' and 'Schlussfolgerung', which were both in reality, their inferences. Within the context of

their activities, Caroline, David and Dennis could cite their observations and inferences drawn from their experiences.

To the question „Hat diese Geschichte mit den drei Bildern mit wissenschaftlichem Denken zu tun?“ students were divided equally; 5 said no, while 5 said yes. Only Mattias and Rene could justify plausibly why; „Dass man sich vorstellen muss, was da jetzt passiert ... Das muss sich dann überlegen“ (Mattias) and „Also dass es mehrere Wege gibt, also für diese Bilder“ (Rene). Remarkably, students' responses to this activity differ largely from their initial answers at the time of its implementation in the class.

The followings are the 10 students' responses to this activity:

- Caroline:

Int: Und was hast du denn aus dieser Geschichte gelernt?
Caro: Hm, dass nicht alle Tiere Freunde sein können und dass die Tiere, die müssen immer entscheiden, wer der Herr ist oder wer regieren darf oder so.
Int: Ah ja. Und du bist ja im NWA-Unterricht und du weißt, da geht es ja auch um wissenschaftliches Arbeiten und um wissenschaftliches Denken.
Caro: Ja.
Int: Das war ja auch das Thema im ersten Interview. Und wenn ich dich jetzt frage, was ist für dich wissenschaftliches Denken, wenn du die drei Bilder ankuckst, hat das was damit zu tun für dich?
Caro: Ein bisschen.
Int: Sag mal inwiefern.
Caro: Oh, hm, dass Tiere, dass man sieht, dass Tiere sich eigentlich auch nicht vertragen.
Int: Mhm. Und ich geb dir jetzt mal zwei Worte, ja, und du probierst mal, den Unterschied der zwei Worte zu sagen.
Caro: Ja.
Int: Das eine wäre Beobachtung, ja, und das andere wäre Schlussfolgerung. Kuck noch mal die Geschichte an hier. Kannst du sagen, was ist der Unterschied zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung? Oder hat das überhaupt was da mit der Geschichte zu tun, die beiden Worte, für dich?
Caro: Doch, Beobachtung, das beobachtet man ja grade, was die Tiere machen.
Int: Ja. Und die Schlussfolgerung?
Caro: Schlussfolgerung, hm, dass man sieht jetzt, wie es ausgegangen ist.
Int: Ah ja. Okay. Gut. du erinnerst dich an das Projekt, das Ihr zusammen gemacht habt mit dem Herrn Buck auch?
Caro: Ja.
Int: Ja. du hast in deinem Poster, erinnerst du noch an dein Poster?
Caro: Ja.
Int: Du hast mit Jana und Alexandra geschrieben über dieses Experiment, dass wir haben eine große Schüssel mit einer Natronlauge gefüllt und in eine kleine Schüssel und die mit Wasser gefüllt. Nun haben wir noch eine Glasglocke drüber. Nach einer Woche langem Warten ist die Kresse geschimmelt und die Natronlauge gelb. Und dann du hast geschrieben, Merke: Pflanzen können ohne Kohlendioxid nicht leben. Die Natronlauge hat sie entfernt. Also für dieses Experiment, welche ist für dich Beobachtung und welche ist Schlussfolgerung?
Caro: Die Beobachtung, das war mit der Natronlauge. Das fand ich auch sehr interessant.
Int: Aber hier, das ist diese hier, die Merke und hier. Welche ist Schlussfolgerung? Was war deine Beobachtung und was war deine Schlussfolgerung?
Caro: Die Beobachtung war, oh, wie die Pflanzen, wie die leben, ja, das war die Beobachtung. Und Schlussfolge war, da wusste ich dann genau, wie die Pflanzen das jetzt machen.
Int: Also du denkst, dass die Pflanzen können ohne Kohlendioxid leben, nicht leben? Das ist deine, was, Beobachtung oder Schlussfolgerung?
Caro: Ja, äh, Beobachtung.
Int: Das war deine Beobachtung?
Caro: Ja.
Int: Wenn du einem erklären müsstest, was ist das, das wissenschaftliche Arbeiten, was würdest du da dann sagen? Was macht man da?
Caro: Was Neues herausfinden.
Int: Hat das was mit den zwei Worten von vorher zu tun, Beobachtung und Schlussfolgerung? Oder eher nicht?

Caro: Ein bisschen vielleicht.
Int: Was wäre das bisschen?
Caro Hm.

- David:

Int: Du weißt, das erste Interview, das wir geführt haben, da hab ich dich nach wissenschaftlichem Denken und was du unter Wissenschaft verstehst und die Dinge gefragt, ja?
David: Ja.
Int: Und was hat denn diese Geschichte mit den drei Bildern jetzt eigentlich mit wissenschaftlichem Denken zu tun, für dich? Oder hat die überhaupt was damit zu tun?
David: Eigentlich net.
Int: Hat nichts damit zu tun. Mhm. Okay. Ich nenne dir mal zwei Begriffe. Beobachtung und Schlussfolgerung.
David: Was?
Int: Schlussfolgerung. Kannst du mit dem Wort Schlussfolgerung was anfangen oder weißt du net, was das ist?
David: Nee.
Int: Eine Schlussfolgerung, wenn man plötzlich drauf kommt, ah, so ist das.
David: Ah ja.
Int: Ja? Was ist denn, bleiben wir mal bei Beobachtung. Kannst du den Begriff Beobachtung anhand dieser drei Bilder erklären oder eher nicht?
David: Also Tiere, Fußspuren.
Int: Kann man beobachten.
David: Ja.
Int: Und jetzt Schlussfolgerung, dass man auf was kommt, oh, das ist da passiert, kannst du das anhand der drei Bilder erklären?
David: Dass die Tiere, dass ein Tier das andere getötet hat.

And within the context of his activity:

Int: Du hast Daten gesammelt mit deinem Barometer, ja, und was hast du herausgefunden?
David: Also wenn es warm war ist das Röhre hoch halt gestiegen, wenn es kalt war ist es runter gestiegen.
Int: Und ist das eine Schlussfolgerung oder eine Beobachtung?
David: Eine Beobachtung.

- Dennis:

Int: Ah ja. Du weißt, im ersten Interview hab ich dich nach Wissenschaft und wissenschaftlichem Denken gefragt. Hat die Geschichte was für dich mit wissenschaftlichem Denken zu tun oder eher nicht?
Dennis: Nee.
Int: Ich sag dir jetzt mal zwei Begriffe, die mit wissenschaftlichem Denken was zu tun haben. Beobachtung und Schlussfolgerung.
Dennis: Dann hat es eigentlich, ja, was damit zu tun.
Int: Kannst du das erklären?
Dennis: Ha ja, Beobachtung, dass man es halt beobachtet.
Int: Die Fußtritte und so, ja.
Dennis: Und Schlussfolgerung, dass einer dann Gewinner ist oder einer läuft dann weiter oder so.

- Julia:

Int: Kannst du mir erzählen, was du da gelernt hast?
Julia: Ja, also wir haben halt nur nachgedacht, was die machen könnten.
Int: Was da passiert sein könnte?
Julia: Ja.
Int: Und im ersten Interview, da hab ich dich ja gefragt nach Wissenschaft und nach wissenschaftlichem Denken. Du erinnerst dich, ja?
Julia: Mhm, ja.
Int: Und wenn du jetzt die Geschichte hier ansiehst, was hat das für dich mit wissenschaftlichem Denken zu tun oder mit Wissenschaft zu tun?
Julia: Eigentlich gar nix.
Int: Ich nenne dir mal zwei Begriffe, Beobachtung und Schlussfolgerung. Kannst du mit den beiden Begriffen was anfangen? Weißt du, was die bedeuten?

Julia: Ja.
Int: Kannst du mir anhand der Geschichte erklären, was der Unterschied ist zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung?
Julia: Ja, also die Schlussfolgerung, das ist, dass eins dann gewinnt.
Int: Und die Beobachtung?
Julia: Dass die sich erstmal näher kommen und erstmal anschauen.

- Laura:

Int: Fangen wir an. Du siehst hier diese Bildergeschichte.
Laura: Ja.
Int: Die kennst du schon, oder?
Laura: Ja.
Int: Kannst du mir erzählen, was du dabei gelernt hast?
Laura: Ja, dass das also Tierpfoten sind und, ja, also dass das verschiedene Tiere sind und da irgendwie dann einen Kampf dann führen über was, ja.
Int: Und ich hatte dich ja im ersten Interview über Wissenschaft und wissenschaftliches Denken gefragt. Erinnerst du dich?
Laura: Ja.
Int: Und was hat denn diese Geschichte für dich mit wissenschaftlichem Denken zu tun?
Laura: Ja, was für ein Tier das ist oder ob es fliegen kann.
Int: Ich sag dir mal zwei Begriffe, Beobachtung, ja, und Schlussfolgerung.
Laura: Ja.
Int: Kannst du mir den Unterschied der beiden Begriffe erklären anhand dieser Geschichte?
Laura: Ja, also da laufen sie halt, dann treffen sie sich da halt weiter, dann treffen sie sich da. Und hier führen sie denn einen Kampf oder was weiß ich was, und also die eine oder das eine Tier, das läuft dann weiter, aber das andere, das ist dann nimmer da.
Int: Und was ist jetzt die Beobachtung und was ist die Schlussfolgerung?
Laura: Ja, dass das eine wahrscheinlich gefressen wurde oder so was oder weggeflogen ist.
Int: Ist das die Beobachtung oder die Schlussfolgerung?
Laura: Beobachtung?
Int: Für dich. Was denkst du? Es spielt keine Rolle, was ich denke. Nur was u denkst.
Laura: Ja.
Int: Was ist für dich eine Beobachtung und was ist für dich eine Schlussfolgerung? Probier noch mal zu erklären.
Laura: Hm. Also eine Schlussfolgerung ist, also was dann zum Schluss passiert oder, ja, wie zum Bild 3 halt, dass der eine dann wegläuft, das ist die Schlussfolgerung und die Beobachtung, ja, dass es zwei Tiere sind, zwei verschiedene, wo dann einen Kampf oder halt irgendwas machen.

- Mattias:

Int: Mhm. Hier ist eine Bildergeschichte, ja?
Mattia: Ja.
Int: Die kennst du schon?
Mattia: Mhm.
Int: Kannst du mir erzählen, was du dabei gelernt hast?
Mattia: Dass das zwei unterschiedliche Tiere sind und dass die sich dann streiten und dass dann nur eins den Platz verlässt.
Int: Und ich hab dich beim ersten Interview nach wissenschaftlichem Arbeiten und nach wissenschaftlichem Denken gefragt.
Mattia: Ja.
Int: Kannst du mir anhand dieser Geschichte erklären, was das mit wissenschaftlichem Denken zu tun hast?
Mattia: Dass man sich vorstellen muss, was da jetzt passiert. Also ob das Freunde oder Feinde sind und warum dann nur eins so weiter geht oder wo das andere hin ist oder ob das weggeflogen ist. Das muss sich dann überlegen.
Int: Ich nenne dir mal zwei Begriffe, Beobachtung und Schlussfolgerung.
Mattia: Ja.
Int: Kannst du mir beide Begriffe erklären anhand dieser Bildergeschichte?
Mattia: Man beobachtet, wie die Tiere sich benehmen, also wie sie zusammen gehen und dass nur eins weg geht und Schlussfolgerung ist, na ich sag mal jetzt, ich denke net, das ist so.
Int: Was wäre hier eine Schlussfolgerung?

Mattia: Dass das eine Tier wahrscheinlich gefressen wird oder wegfliegt und das andere läuft dann einfach weiter.

Philip:

Int: Was hast du denn aus dieser Geschichte gelernt?

Philip: Dass wenn zwei fremde Sachen aufeinander kommen und die sich vielleicht schon von Natur aus net mögen, dass es dann Streit gibt und wahrscheinlich nur einer gewinnt.

Int: Wenn ich dich jetzt nach wissenschaftlichem Denken frage, dann, was hat diese Geschichte für dich mit wissenschaftlichem Denken zu tun?

Philip: Dass das eine Tier schneller ist als das andere und dass man da Spuren entziffern müsste, denke ich, und dass es schlecht gemalt ist.

Int: Ja, okay. Mhm.

Philip: Da ist ein Fehler.

Int: Ja. Wenn du mal überlegst, eine Beobachtung und eine Schlussfolgerung, gehört das für dich zum wissenschaftlichen Denken dazu?

Philip: Ja.

Int: Was sind denn da die Unterschiede? Zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung? Für dich.

Philip: Ach so. Eigentlich bei der Beobachtung, da beobachte ich eigentlich nur die Tiere, was sie grade machen. Und Schlussfolgerung ist das, was ich dann daraus gelernt hab.

Int: Und wenn du die Geschichte jetzt ankuckst, kannst du mal die Beobachtung erläutern, die du da machst und die Schlussfolgerung?

Philip: Soll ich jetzt mit der 1 anfange oder?

Int: Ja, ja. Alles drei.

Philip: Alles drei. Bei der 1, dass da der eine direkt auf den drauf zugeht und, ja, da schneller wird, weil er springt anscheinend. Oder net springt, doch, eigentlich schon gesprungen. Dass er da springt und das ein ahnungsloses Tier ist oder weil es gar nicht weiß, was jetzt abgeht.

Int: Also was du sagst Philip jetzt, ist das eine Schlussfolgerung oder eine Beobachtung?

Philip: Das ist jetzt eine Schlussfolgerung eigentlich.

Int: Warum?

Philip: Ich beobachte das ja grad gar net eigentlich. Weil ich seh es ja gar net original, ich seh es ja nur auf Papier.

Int: Aha. Mhm. Nehmen wir an, du würdest es original sehen, was wäre dann der Unterschied?

Philip: Dann wäre es eine Beobachtung.

Int: Und wo wäre dann die Schlussfolgerung?

Philip: Die Schlussfolgerung wäre dann eigentlich Bild 3. Wenn dann der eine weggeht und der andere halt net weggeht. Wenn der eine dann da bleibt oder dort liegen bleibt, oder tot ist.

Int: Kannst du noch mal in ganz kurzen Worten sagen, was ist jetzt der Unterschied für dich zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung?

Philip: Also, tja, Beobachtung ist halt grade und Nachfolge oder wie heißt es, Nachfolge, ach, der Name, Schlussfolgerung, das ist

Int: Ach Schlussfolgerung, ja.

Philip: Ja.

Int: Also noch mal, was ist Beobachtung? Das hab ich jetzt nicht kapiert?

Philip: Beobachtung ist, was ich grad mach zur Gegenwart.

Int: Mhm. Gegenwärtig. Und Schlussfolgerung?

Philip: Und Schlussfolgerung ist Vergangenheit.

...

Int: Und Ihr habt ja in dem Projekt schon viel gemacht, also die Kreuzung und das, was du jetzt eben alles beschrieben hast, und das mit dem Portfolio und die Experimente. Was war jetzt die Forschung da? Welche Dinge?

Philip: Die Forschung konnten wir ja am Ende net mehr rausfinden, weil, ja, weil das mit dem Thema Kreuzung wurde dann nix mehr, weil ja fast nix mit dem Kreuzen dazugekommen ist.

Int: Mhm.

Philip: Deswegen war dann eigentlich unser Thema Pflanzen. Und da war die Forschung, dass wir Pflanzen eigentlich auch beobachtet haben.

Int: Das war die Forschung?

Philip: Mhm. Beobachtung. Weil wir haben ja beobachtet und was wir dann herausgefunden haben, was sich daran verändert hat, haben wir dann aufgeschrieben. Also war es eine Beobachtung.

Int: Also ihr habt also beobachtet und habt Ihr auch eine Schlussfolgerung draus gezogen?

Philip: Ja, haben wir. Verschiedene. Das mit dem Saat, oder mit den, wie nennt man es, Bohnen, da kam was Gutes raus, da die Bohnen, die sind aus, also wir haben da so Glas gehabt, da haben wir dann Klopapier, ganz feuchtes, reingemacht und haben dann die Bohnen reingelegt. Aus den Bohnen kamen dann die Samen raus. Und, ja, wurde ach ne Pflanze. Obwohl die Bohnen noch vorher gar nix waren, nach zwei Tagen kamen schon die ersten Sprösslinge. Und bei der Pflanze da, die wo dann so blau färben sollte, da wurde nix. Die ist aber auch net verwelkt, die lebt jetzt noch.

Int: Ah ja.

Philip: Die ist noch da, aber wird nicht blau. Doch, die wird schon blau, aber nicht richtig blau, wie es halt sein sollte. Nur so ein ganz bisschen blau. Hat nur einen blauen Schimmer. Und bei der Kreuzung, unsere Schlussfolgerung war, dass wir noch nicht fertig sind.

Int: Da seid ihr nicht fertig geworden?

Philip: Nee. Die Pflanze ist zwar noch da, aber gekreuzt ist sie noch net ganz.

Int: Und das würde aber schon für dich noch dazugehören, da fertig zu werden, diese?

Philip: Ja.

Int: Und das würde auch zum wissenschaftlichen Arbeiten gehören, deiner Meinung nach, ja?

Philip: Mhm.

Int: Und was denkst du, welche Fähigkeiten hast denn du jetzt da gelernt eigentlich?

Philip: Hm.

Int: Was?

Philip: Ach so, ich hab gelernt, dass man, dass durch Wasser, aus Wasser und aus Feuchtigkeit, aus Bohnen was, also die Pflanze rauskommt und dass die Blumen Farbstoffe annehmen.

- Rene:

Int: Was hast du denn aus dieser Geschichte gelernt? Kannst du uns das beschreiben?

Rene: Ja, also dass es mehrere Wege gibt, also für diese Bilder. Weil hier könnte ja sein, dass sie jetzt wegfliegen oder, ja, dass sie stehen bleiben.

Int: Mhm.

Rene: Ja und bei dem könnte es sein, dass einer, nee, hier könnte es sein, dass jetzt einer verletzt wird, ja, oder dass jetzt einer wegfliegt und der andere läuft jetzt noch weiter. Oder dass einer ein Vogel ist und der andere net.

Int: Ich nenn dir jetzt mal zwei Begriffe, die mit wissenschaftlichem Denken unserer Meinung nach zu tun haben. Beobachtung und Schlussfolgerung.

Rene: Ja.

Int: Kannst du mir anhand dieser Geschichte erklären, was für dich der Unterschied ist?

Rene: Ja, also da, da ist eben die, also da sind eben die Tiere stehen geblieben oder weggeflogen und da denke ich, haben sie sich also nix gemacht, also vielleicht net mal gesehen, es kommt jetzt drauf an, vielleicht sind da Büsche oder so gewesen. Und da haben sie sich getroffen und haben vielleicht einen Kampf gemacht oder haben die einfach, sind die gleich weggeflogen. Und bei dem Bild kann sein, dass einer, also verletzt ist und der liegt weiter am Boden und der andere läuft eben weg, weil er, also der kann noch stehen oder laufen. Und da ist der Unterschied also, dass sie sich hier net treffen oder, ja, dass sie nix machen, dass sie sich hier schon einen Kampf machen oder so und dass hier jetzt einer nur gewinnt, dass einer nur gewonnen hat.

Int: Und jetzt hast du die Worte Beobachtung und Schlussfolgerung aber noch nicht genannt.

Rene: Ja, also die Beobachtung ist das, dass hier zwei Fußabdrücke von verschiedenen Tieren sind und, ja, und hier haben sich die beiden Tiere eben getroffen, ja, und dann hier geht ähm fliegt einer weg oder einer läuft weg oder einer ist verletzt.

Int: Das ist die Beobachtung?

Rene: Ja.

Int: Und die Schlussfolgerung?

Rene: Also wahrscheinlich sind das also jetzt die Tierabdrücke ja, also von einem bestimmten Tier, also ich weiß jetzt net welches, und dann denke ich jetzt, dass das Tier jetzt stehen geblieben ist und das andere Tier wittert. Und bei dem schätze ich, dass sie sich jetzt einen Kampf liefern, weil vielleicht ist das eine stärker und will es jetzt fressen. Und bei dem denke ich, dass jetzt einer weggeflogen ist oder aber ich denke eher, dass einer jetzt verletzt ist und am Boden liegt und der andere davon läuft.

- Susen:

Int: Ah ja. So. Du siehst hier diese Geschichte mit den Spuren, die kennst du.

Susen: Mhm.
Int: Was hast du denn da gelernt? Erzähl mal.
Susen: Also dass es zwei Tiere sind.
Int: Ja.
Susen: Und dass die sich treffen und dass das eine dann wieder weggeht und das andere, dem seine Fußspuren sieht man nimmer.
Int: Gut. Und du, erinnerst du dich an unser erstes Interview?
Susen: Mhm.
Int: Da hab ich dich ja nach wissenschaftlichem Denken gefragt und nach Wissenschaft.
Susen: Ja.
Int: Hat diese Geschichte was für dich mit wissenschaftlichem Denken zu tun?
Susen: Schon, weil man muss ja rauskriegen, was das ist. Was es jetzt vorhat.
Int: Was da mit den Fußspuren passiert ist meinst du?
Susen: Ja.
Int: Ich nenne dir mal zwei Begriffe, ja, Beobachtung und Schlussfolgerung. Kannst du mit allen beiden was anfangen?
Susen: Ja.
Int: Oder weißt du bei dem einen vielleicht nicht ganz, was es ist? Dann könnte ich es erklären. Kein Problem.
Susen: Ja. Also, hm.
Int: Also bleiben wir mal bei Beobachtung. Bei der Geschichte, wie würdest du erklären, was eine Beobachtung ist oder was man da machen muss?
Susen: Also ich würde jetzt sagen, die zwei Tiere treffen sich, streiten sich und dann fliegt das eine Tier weg und das andere läuft weg.
Int: Mhm. Okay. Und was wäre die Schlussfolgerung?
Susen: Dass entweder eins gestorben ist oder weggeflogen ist und das andere läuft weg.
Int: Kannst du noch mal ganz kurz wiederholen was ist die Beobachtung und was ist die Schlussfolgerung?
Susen: Die Beobachtung ist, die zwei Tiere treffen sich, streiten sich, das eine Tier läuft dann weg und das andere ist tot oder fliegt weg.
Int: Das ist die Beobachtung?
Susen: Ja.
Int: Und die Schlussfolgerung?
Susen: Dass es nur noch ein Tier gibt.

- Tanja:

Int: Kannst du mir erzählen, was du dabei gelernt hast?
Tanja: Hm, dass sich Tiere halt, halt dass sich manche Tiere öfter streiten und so.
Int: Und ich hab dich ja im ersten Gespräch nach wissenschaftlichem Arbeiten gefragt und wissenschaftlichem Denken.
Tanja: Mhm.
Int: Kannst du mir anhand der Geschichte was darüber erzählen, über wissenschaftliches Arbeiten und Denken?
Tanja: Hm.
Int: Fällt dir da was dazu ein?
Tanja: Nee.
Int: Ich sag dir mal zwei Begriffe, ja, Beobachtung und Schlussfolgerung.
Tanja: Mhm.
Int: Könntest du anhand der Geschichte mir die beiden Begriffe erklären?
Tanja: Ja, also dass man beobachtet, wie Tiere miteinander umgehen und, ha ja.
Int: Und Schlussfolgerung?
Tanja: Hm, ich weiß net.

25 Baseline data from the pre-interviews about students' epistemologies of science and scientists.

Before starting the pre-interviews, the questions inspired by the clinical interview of Carey (1988) were tested on a boy of the class sample. Questions such as, "what is a theory", "what is a hypothesis" or "what kinds of ideas do scientists have" were discarded because

they were beyond what many students of Grade 5 might be expected to have thought about (The Carey clinical interview was pre-tested on a boy of the class. When asked about theory or hypothesis, he was feeling very uncomfortable and insecure. Thus we decided to drop such questions).

A science teacher who works at the chemistry education department and who interviewed with me the focus group then formulated the questions in a different way. Finally, the pre-interviews were done in German. The students' answers to the pre-interviews' questions were coded according to the following code system:

Categories of the pre-interviews
1. Bild von AVH und AB (Beschreibung von Instrumente und Kleidung usw...)
2. Fühlst du dich als Wissenschaftlerin in NWA?
3. Haben Wissenschaftler vorher Ideen mit Wissenschaft?
4. Hast du selbst mal Wissenschaft oder selbst experimentieren?
5. Ist es wichtig, dass man vorher in die Schule geht?
6. Können Wissenschaftler immer richtig sein?
7. Könntest du dir vorstellen, ein Wissenschaftler zu werden?
8. Lernst du etwas von einem Experiment?
9. Machen Frauen auch Wissenschaft?
10. Selbst gemaltes Bild: Wissenschaftler bei der Arbeit
11. Sind Wiss. normale Menschen oder haben sie Besonders?
12. Unterschied der Arbeitsweise mit gemalten Bild und AVH Bild, and NWA
13. Verändert sich das naturwissenschaftliche Wissen mit der Zeit?
14. Warum machen die Wiss. deiner Meinung nach Experimente?
15. Was machen die dann, wenn Wissenschaftler ein Experiment machen?
16. Was machen Wissenschaftler und was brauchen sie?
17. Was macht der Wiss. wenn die Ergebnisse von seinem Ideen abweichen?
18. Wie kommt der zur Idee, ein Experiment zu machen?
19. Wie würdest du/würden Wissenschaftler da vorgehen?
20. Wissenschaflter Geschlecht
21. Wissenschaftliche Bedingung um zu arbeiten
22. Wissenschaft und Technologie
23. Wozu ist experimentieren notwendig?

25. 1 Depicting students' views about the aim of scientists' research.

To the closed-ended question inspired from a questionnaire of Solomon et al (1992), about: „Warum machen die Wissenschaftler deiner Meinung nach, Experimente?" Students had to reply to this question, by choosing one or more answers of the following questions:

(a) um neue Entdeckungen in der Welt zu machen, die das Leben verbessern.
(b) um ihre Erklärungen über das warum und wie Dinge geschehen auszuprobieren, zu testen.
(c) um die Dinge um uns herum besser zu verstehen, erklären zu können.
(d) weißt du noch andere Möglichkeiten?

Four students choose (a), 4 students choose (c) and 2 students agreed that "alles stimmt".

Here is what Laura chose:

Int: Weißt du Beispiele zu den einzelnen Dingen, a, b, c, d, wenn du sagst, es stimmt alles?

Laura: Ja, also die tun ja auch, also die entdecken, also bei a jetzt z.B., wenn sie jetzt Sachen erforschen, dann entdecken sie ja auch mehr. Und bei b, also da probieren sie ja auch was aus und testen das. Das ist ja auch klar. Und bei c, ja, und dann schreiben sie es halt ja auch auf, um das besser erklären zu können. Und d, noch andere Möglichkeiten, ob es noch andere Möglichkeiten gibt, ähm.

Int: Ist natürlich schwierig jetzt zu sagen.
Laura: Ja, wenn es jetzt ein Lehrer z.B. von jetzt einem anderen schon gehört hat, dass er es dann den Schülern auch beibringt und dass er denen das dann an der Tafel, dass er ein paar Sachen drauf schreibt und der, also der erklärt das denen dann auch.

These students presented equally a factual or pragmatic (make new discoveries to make live better) (Ryan and Aikenhead, 1992) and an explicative view (Solomon et, 1992). Moreover, students who choose (a) viewed science also as an instrument of social purpose- an "instrumentalist" perspective (Barnes, 1985). This view is consistent with Fleming's (1987) work who maintained that according to a majority of the students he surveyed, facts and processes in science are developed in order to improve medical practice amd environmental quality.

25. 1. 1 Why do scientists experiments? And how do scientists decide which questions to investigate?

These 2 above questions were taken from the study of Ryder, Leach and Driver (1999).

Students were asked: "Warum experimentieren Wissenschaftler?" Many students believed that scientists want to discover something new in the world and that they learn always new things by experimenting. But their reasonings behind their work were different, according to this students' sample, such as, money, helping people or becoming famous.

- For Caroline, to do experiments, scientists need research tools, and most of all, their aim behind their inventions is to become famous:

Caro Die untersuchen was oder die mischen irgendwas zusammen oder die wollen irgendwie was Neues machen, so Zaubertränke oder so was.
Int: Mhm, das ist ja interessant. Zaubertränke, warum machen die die?
Caro: Um jetzt irgendwie, Blumen, dass die schneller wachsen oder so irgendwie.
Int: Die wollen was fördern, aha. Und was glaubst du, warum die Wissenschaftler das machen, was sie da tun?
Caro: Um was Neues zu entdecken oder berühmt zu werden.
Int: Aha. Also die wollen was entdecken, wollen berühmt werden, sagst du. Wie erreichen sie das?
Caro: Die müssen halt was gutes erfinden und dann, ja.
Int: Und dann schaffen die das?
Caro: Manchmal.
Int: Brauchen die was Bestimmtes dazu?
Caro: Geräte.

- David noticed: „Dass die Wissenschaft weiter kommt, also dass sie was erforschen und was rausfinden, was Neues... Dass sie was Neues rausfinden, also immer was Neues rausfinden ... Dass die Welt weiter kommt mit Experimenten auch".

- Dennis believed that scientists' work makes life better and permits us to know things about the universe, animals and plants surrounding us. And most of all, scientists work to become more shrewd:

Dennis: ...um Arbeit also um das Leben zu verbessern. Also dass man jetzt, z.B. wenn jetzt eine giftige Pflanze ist und, also unsere Mitschülerin hat grad gestern oder vorgestern eine giftige Pflanze ins Auge gekriegt und dann weiß sie jetzt, sie kennt jetzt vielleicht die Pflanze und dann hat sie auch wieder was erforscht, dass man da net hinfassen oder. Und die sagen halt dann jetzt z.B. manche Tiere sind giftig und vor manchen muss man sich in Acht nehmen und dann macht man das halt.

Int: Und warum machen die das?
Dennis: Dass sie schlauer werden.
Int: Mhm, kann sein, ja, klar. Also die machen, meinst du, Wissenschaftler betreiben Wissenschaft, damit sie schlauer werden? Lernen die also dabei was?
Dennis: Ja.
Int: Was denkst du, was die da lernen?
Dennis: Wie die Sterne jetzt aussehen, weil das sind ja Punkte eigentlich, das sind Planeten, kleine. Und halt, wie die anderen Planeten aussehen, ob die so ähnlich aussehen wie unser Planet, ob die auch Wolken haben oder so.

- Julia was convinced that scientists try to make discoveries and to explain things around us: „Also ich würde um neue Entdeckungen und um die Dinge herum auch, dass man die erklären kann“.

Int: Kannst du ein Beispiel geben?
Julia: Ähm, bei den Entdeckungen, eine neue Pflanzenart oder so und um die Dinge herum würde ich sagen, dass die Menschen sich besser verstehen und dass es net so viel Krieg gibt oder überhaupt Pannen“.

Note here that many students linked doing experiments with „giftige oder gefährliche Sachen“ and they showed some fears from experimenting (David, Philipp, Dennis and Rene). Julia formulated her feelings explicitly:

Int: Was hat experimentieren mit Wissenschaft zu tun? Also was es für dich mit Wissenschaft zu tun hat, nicht im Allgemeinen, was es für dich mit Wissenschaft zu tun hat.
Julia: Also die Experimente sind jetzt, wenn irgendwo ein Gifttanker oder so ausgelaufen ist, dann kann man mit irgendwas, also mit dem experimentieren, was das sein sollte oder so.
Int: Mhm. Was da drin sein sollte?
Julia: Mhm.
Int: Und für was nützt das was? Nützt das irgendjemand was, diese Experimente da?
Julia: Ja, ob es giftig ist, lebensgefährlich oder halt harmlos.
.....
Julia: Es gibt auch andere Möglichkeiten. Also man braucht net unbedingt Experimente, aber da ist es halt dann vielleicht wichtig.
Int: Da ist es auch wichtig. Und wo ist es noch wichtig? Wo könnte es noch wichtig sein?
Julia: Ähm
Int: Deiner Meinung nach, ja. Also nur Deine Meinung.
Julia: Hm, die Experimente sind ja dann auch mal gefährlich und, oh Gott.
Int: Du sagst oh Gott. Fühlst du dich nicht wohl?
Julia: Nee, ich weiß nix.

- Mattias answers were the following:

Int: Und warum tun die das?
Mattia: Damit man weiß, ob es giftige Stoffe sind und ob man in der Region leben kann oder so.
Int: Kennst du noch andere Beispiele, aus welchem Grund die das machen?
Mattia: Zum Beispiel auch, wenn man jetzt in Gebieten ist, wo früher alte Fabriken standen, da ist es nicht immer ganz sicher.
Int: Warum ist das seine Aufgabe?
Mattia: Weil er arbeitet dafür, er kriegt Geld dafür.

- Laura, the girl who compared the scientist to a teacher, described *the scientific method*, as similar to her learning way in NWA!

Int: Und was ist denn der Unterschied zwischen dem Forscher und euch, für dich?
Laura: Hm.
Int: Macht der dieselbe Arbeit, forscht der auf dieselbe Art und Weise, wie ihr das beim Herrn Eggert macht?
Laura: Wie wir es beim Herrn Eggert machen.
Int: Ja? So forschen die richtigen Forscher?

Laura: Ja, net ganz so. Also der weiß mehr.
Int: Der weiß mehr?
Laura: Ja.
Int: Was weiß der denn mehr als ihr?
Laura: Wie man so Sachen benutzt und so.
Int: Versteh ich das richtig, du meinst, der hat mehr Erfahrung, der macht das schon länger oder so?
Laura: Ja.
Int: Und warum machen die das dann? Das würde mich jetzt noch mal interessieren. Also das mit dem Wissenschaftler, der dann das den Schülern zeigt, das ist mir ja klar, dann haben die Schüler was davon.
Laura: Ja.
Int: Und die, die das ohne Schüler machen, was haben die davon?
Laura: Die schreiben es dann auf und die, wo dann den Beruf auch machen wollen, die lesen sich das dann durch und dann machen sie das gleiche. Also dann lernen sie das halt und dann machen sie es auch.

- Philipp, like Mattias and Rene, believed that money motivated scientists besides helping people.

Int: Und wenn, aber ob jetzt das die beiden sind auf dem altertümlichen Bild oder der oder auch andere Wissenschaftler, wieso machen die das überhaupt? Also stehen die morgens auf und denken, oh, ich bekämpfe jetzt mal Krankheiten oder wie funktioniert das nach Deiner Meinung?
Philip: Die kriegen halt auch Geld dafür, glaube ich.
Int: Aha. Mhm. Ist das die einzige Motivation von denen, das zu tun?
Philip: Nee, die wollen auch anderen helfen, dass die es leichter haben.

- Rene mentioned another reason besides money, becoming famous and helping people: writing a book:

Int: Gibt es für dich mehrere Gründe, warum die das machen? Einen hast du genannt, weil die Knochen vielleicht viel Geld wert sind. Haben die noch andere Gründe?
Rene: Ja, also wenn so ein Forscher eben jetzt der Menschheit helfen will oder so ein Buch machen will. Also es gibt ja so Forscher, die im Ruhestand sind und dann machen die meisten eine Biographie von sich und dann schreiben die auch z.B. ich war am 11. Mai oder so jetzt da oder die wollen eben einfach der Welt beweisen, dass sie die weltbesten Forscher sind oder so.

- Susen was convinced like Mattias and Philipp that: „Also das ist ihr Job, dass sie Experimente machen“.
- „Weil sie was Bestimmtes rausfinden wollen“ was Tanja’s answer.

“Wie kommen Wissenschaftler auf die Idee, Experiemente zu machen?”. This question was not easy for this age group (pilot pre-interview with Niklas). For this reason, it was asked to 3 students (2 boys and 1 girl) and it was postponed for the post-interview.
Here are these students’ replies:

- Susen: “Also die werden wahrscheinlich erstmal nachlesen oder sich erstmal was überlegen und das aufschreiben und dann erstmal gucken, wie sie es machen“.

- Philipp’s reasoning was the following:

Philip: Weil die haben ja auch schon von anderen Wissenschaftlern was vorgegeben, was man halt da schon machen kann und wie weit man schon gekommen ist, und dann können sie es mit pflänzlichen Stoffen oder mit, ja, mit halt natürlichen Sachen testen, ob es noch weiter geht.
Int: Also du glaubst, da sind immer schon Ideen da oder schon andere Ergebnisse und da arbeitet man immer dran weiter?
Philip: Mhm.
Int: Und ganz am Anfang, wie hat man da angefangen? Irgendwann war man ja
Philip: Ja, man hat halt angefangen, ich glaube, man hat halt angefangen, erst mal Salz mit Wasser aufzulösen oder so was in der Art. Und das wurde dann halt weiter gemacht und dann wurde halt wahrscheinlich

auch noch Strom als erstes das herausgefunden, dass es leitet.
Int: Und dann hat man immer weiter gemacht, immer weiter gemacht?
Philip: Mhm.

- David: „Dass sie ein anderes Ergebnis auch haben“.

- Mattias was asked:

Int: Und wenn die also jetzt an ihre Forschungsarbeit gehen, haben die vorher eine Idee, was sie machen oder?
Mattia: Manchmal net. Manchmal erkunden sie einfach zum Teil auch die Landschaft erstmal und manchmal machen sie auch gezielte Sachen.
Int: Also es gibt zwei Kategorien von Forschern. Die, die gezielt dran gehen und die anderen, die arbeiten einfach so drauf los.
Mattia: Ja.
Int: Haben die Gründe, warum die einen das einfach nur ungezielt machen und die anderen gezielt? Gibt es da auch Gründe?
Mattia: Die meinen, manche sind nur für bestimmte Sachen Spezialisten und die anderen sind eigentlich überall gleich gut.

Finally, in their pre-interviews, Philipp, Mattias, Susen and Julia stressed on 2 prerequisites: Interesse und Spass bei der Arbeit. Here are their responses:

- Julia:

Int: Meinst du, bei den anderen, bei den Wissenschaftlern hier auf dem Bild oder die Wissenschaftler in Universität oder der, der auf Deinem Bild ist, die brauchen auch Spaß dabei oder ist denen das net wichtig?
Julia: Die können auch Spaß haben, weil wenn sie keinen Spaß hätten, dann macht es keinen Sinn, wenn sie dann einfach was lustlos machen.

- Philipp’s point of view about learning with fun is interesting:

Int: Müssen die, ist das ganz notwendig, dass die Spaß haben, oder?
Philip: Nee, notwendig ist das nicht, dass sie Spaß haben. Aber es sollte halt schon ein bisschen Spaß machen.
….
Int: Kannst du dir vorstellen, dass Leute Wissenschaft betreiben ohne Spaß?
Philip: Äh, ja, schon, wenn sie vielleicht als Kind das werden wollten und dann halt das sind und dann wollen sie es halt net mehr machen. Das kann auch sein.
Int: Dass sie es trotzdem machen?
Philip: Mhm.
Int: Mhm.
Philip: Wenn man keinen Spaß dabei hat, dauert es halt noch länger, als es vorher gedauert hat, weil wenn es Spaß macht, dann sagt man, oh, dann mach ich das noch und macht dann ein bisschen schneller. Und wenn es halt keinen Spaß macht, dann macht man es halt so langsam.

- Susen:

Int: Und das braucht, ist das unbedingt wichtig oder kann man es auch ohne Spaß machen?
Susen: Also ich denke schon. Weil wenn man es mit Spaß macht, dann geht das auch viel schneller.

- Mattias stressed on his self-learning strategy:

Mattia: Studieren geht über Probieren.
Int: Aha. Probieren geht über Studieren meinst du?
Mattia: Ja.
Int: Mhm. Findest du es besser mit dem Probieren als mit dem Studieren?
Mattia: Ja, weil das macht mehr Spaß.
Int: Verstehst du dann besser, um was es geht, als wie wenn du es nur aus Büchern liest?
Mattia: Ja, weil in Büchern, da ist zwar manchmal auch eine bessere Erklärung, aber wenn man es selbst mitmacht, dann kann man, macht das einem mehr Spaß und man kann es sich auch besser merken.

25. 1. 2 Science and authority.

Three students (Dennis, Philipp and Julia) mentioned the freedom that a scientist must enjoy during his work (constitutive values, Ryan and Aikenhead, 1992). Dennis assumed that no one tells a scientist what to do, unlike at school:

Int: Und da ist niemand, der sagt, ihr müsst das jetzt tun?
Dennis: Nee.
Int: Aber in der Schule, da ist schon jemand, der das sagt?
Dennis: Ja.

Surprisingly, Julia mentioned the order or the „Befehl vom König“ given to a scientist in the past to work! And she was right, since it was the case of Alexander von Humboldt, unlike scientists in our time, who are free:

Int: Und die Wissenschaftler, machen die das, weil das jemand anders sagt oder weil sie es selbst halt wollen?
Julia: Also sie können es wollen oder sie müssen es halt machen. Auf Befehl oder so.
Int: Und wer befiehlt da?
Julia: Der König oder so. Die sollen was herausfinden.
Int: Ja, ist eine Möglichkeit, ja. Und so ein moderner Wissenschaftler, wer befiehlt da?
Julia: Eigentlich niemand. Der experimentiert halt und wenn er was Neues herausgefunden hat, sagt er das den anderen Wissenschaftlern. Oder was er halt entdeckt hat, was Neues.
Int: Also steht der morgens auf, fängt an zu experimentieren?
Julia: Ja.
Int: Und woher weiß er, was er machen soll?
Julia: Der kann sich am Abend davor einen Plan machen, was er jetzt experimentieren will oder kann mit den Stabheuschrecken forschen.

Mattias has another opinion than Julia; he presented a more realistic view about the limitations of a scientist’s work:

Int: Von wem kriegt er das Geld? Was denkst du?
Mattia: Vom Arbeitgeber.
Int: Ja, aber wer ist der?
Mattia: Manchmal er selbst und manchmal kriegt er auch Geld dafür, für die Sachen, die er erforscht hat.

Four students (Julia, Mattias and Rene) were asked if science is important in our everyday life. Julia and Rene agreed.

The following excerpts of the boys’ responses:

- Mattias:

Int: Und ist Wissenschaft wichtig für unser Leben?
Mattia: Zum Teil schon, weil man weiß jetzt zum Teil, manchmal noch nicht, wie es in 100 Jahren oder so aussieht und was alles noch für Gefahren kommen werden.
Int: Und denkst du, dass die Naturwissenschaft verbessert unsere Leben?
Mattia: Zum Teil schon, weil wenn man mehr mit der Natur umgeht, dann kann man auch mehr anbauen, also natürliche Sachen, dann gibt es auch mehr Luft. Dann gibt es nicht so viele Abgase, wenn man noch mehr erforscht.
Int: Denkst du, dass gibt es etwas Neues immer neu zu forschen oder zu erfinden?
Mattia: Ja, weil es gibt noch viele unentdeckte Pflanzen.
Int: Nur Pflanzen?
Mattia: Nee, auch alles Mögliche, Stoffe, Bäume.

25. 1. 3 What would a scientist do, when the results of an experiment he worked on, deviate from his ideas?

(or in German: „Was macht Wissenschaftler mit den Ergebnissen eines Experiment und was machen die, wenn die Ergebnisse seines Experiment von seinen Ideen abweichen?“

Two girls (Laura and Caroline) did not answer these questions.

- David: “Das kann er dann noch mal probieren. Also noch mal und ob er dann noch mal das gleiche rauskriegt“.
- Dennis: “Also vielleicht tut er dann das, also wenn jemand jetzt ein Tier untersucht und dann hat er es vor fünf Jahren schon mal gemacht und hat ganz andere Ergebnisse, dann tut er vielleicht noch mal das Tier erforschen und das, wo er dann rauskriegt, das nimmt er dann halt. Oder vielleicht haben sich die Tiere ja auch dann schon weiterentwickelt“.
- Julia: “Dann forscht er es halt noch mal genauer und vergleicht es halt, was er falsch gemacht oder was er richtig gemacht hat“.
- Mattias: “Dann, wenn er sich nicht ganz sicher ist, führt er es vielleicht noch mal durch, damit er sich ganz sicher ist und dokumentiert es dann noch mal“.
- Philipp: “ Wenn die jetzt z.B. was Neues herausfinden, das schreiben die wahrscheinlich, die haben wahrscheinlich auch solche Blätter, da schreiben die das auf, dass sie wissen, dass es das nächste Mal, wenn sie das noch mal herstellen wollen, wie sie es machen müssen.
- Rene: “Also dann berichten die, machen die erstmal einen großen Bericht drüber, wann es war, welcher Tag und eigentlich auch die Temperatur manchmal, ob es Nacht war, und da machen die erstmal einen großen Bericht, dass sie noch alles wissen eigentlich, und dann machen manche eben, die veröffentlichen eben in so Universitäten, ja, und manche, die machen eben dann noch so Bücher darüber“.
- Susen: „Aufschreiben“.
- Tanja:

Tanja: Ja, wenn sie es dann halt rausgefunden haben, dann können sie ja auch noch was anderes damit machen.
Int: Zum Beispiel?
Tanja: Gucken, ob man das halt noch verändern kann, wenn man halt was anderes dazu macht.
Int: Und was nutzt das denen, dass die überhaupt da Forschung machen?
Tanja: Ja, dass sie halt dann mehr wissen über Pflanzen oder so.

25. 1. 4 Science and certainty in science school curricula: “does scientific knowledge change with time?”

(or “Verändert sich das naturwissenschaftliche Wissen mit der Zeit?”)

Students could not present detailed arguments.

- With Caroline**:**

Int: Du bist jetzt Wissenschaftlerin, hast was rausgefunden über Tiere, es ist spannend und du hast jetzt neue Erkenntnisse gesammelt, hast was gelernt. Meinst du, dass Menschen, die jetzt erst in 50 Jahren leben, wenn du vielleicht schon tot bist oder so, können die damit noch was anfangen, was du erforscht hast?
Caro: Ein bisschen.
Int: Oder meinst du, das wird sich irgendwann alles ändern?
Caro: Vielleicht, ja, ein bisschen.

- With David:

Int: Und glaubst du, wenn die was rausgefunden haben, und ich nehme mal an, es gehen 50 Jahre rum, ja, glaubst du, mit dem können die immer noch was anfangen oder die nächste Generation kann immer noch was anfangen mit dem, was sie rausgefunden haben?

David: Ja, das kommt auch dann in der Wissenschaft über die, wo das herausgefunden haben, in die nächste Generation, ja.

- With Dennis:

Int: Wenn heute was erforscht wird, ja, und man hat ein Ergebnis dann oder ist schlauer, hast du gesagt, und die Ergebnisse, die man da hat, um das man schlauer geworden ist, ist das in 50 Jahren auch noch gültig? Kann man damit was noch anfangen?

Dennis: Ja. Wenn die Pflanze oder das Tier noch existiert oder die Flüssigkeit oder was da immer erforscht wird, wenn das noch existiert, dann ja.

Int: Dann schon. Und gibt es auch Fälle, wo das nicht so ist? Denkst du, dass es das gibt?

Dennis: Wie? Also dass man das dann in 50 Jahren nimmer

Int: Ja, dass sich jemand irrt z.B. Dass es heute heißt, Mensch, habt ihr tolle Sachen erforscht und dann, in 50 Jahren, denkt man, oh, war das ein Blödsinn.

Dennis: Haja, weil in 50 Jahren ist man halt schon weiter und dann sagen sie z.B. oh, die Tiere, ich weiß, da ??? schon was dagegen, die sind doch net gefährlich oder so.

Int: Das heißt also die, die da früher geforscht haben, die können sowohl was rausfinden, das immer noch gültig ist heute, können aber auch was rausfinden, was

Dennis: Was man heute schon durch andere Sachen, also durch schon Technik also besser gemacht hat, verbessert hat.

- With Julia:

Int: Und denkst du, was du lernst jetzt in NWA wird vielleicht in 50 Jahren falsch oder?

Julia: Nee, ich glaube net. Also ich glaube, das wird immer richtig bleiben.

Int: Ja wieso?

Julia: Weil dann auch wieder neue Sachen dazu kommen und das wird halt dann vielleicht ein bisschen älter und die anderen halt moderner. Aber ich glaube, es bleibt richtig noch.

- With Laura:

Int: Und wenn die was rausgefunden haben, ja, und da aufnotiert haben, und jetzt gehen 50 Jahre rum. Glaubst du, mit dem Zeug kann man nach 50 Jahren noch mal was anfangen?

Laura: Doch, schon. Also die können dann, also wenn die jetzt, also wenn jetzt andere die Zettel gesehen haben oder so und lesen es sich bestimmt durch oder so halt, und dann gibt es auch ein paar Sachen, wo sie noch net so haben, und dann wollen sie auch so was bauen und dann erforschen sie das gleiche und dann, ob sie es richtig gemacht haben, ob sie es dann, ja, richtig erforscht haben.

- With Mattias:

Int: Und die Ergebnisse, die die rausbekommen, nehmen wir mal an, es sind 50 Jahre rum, ja, kann man mit denen noch was anfangen dann?

Mattia: Nee, die muss man immer gleich aufschreiben, sobald man sie gemacht hat. Weil die vergisst man dann mittlerweile immer wieder.

Int: Ja, aber wenn die die aufgeschrieben haben, ja,

Mattia: Dann tun sie sie zusammenfassen und tun z.B. ein Buch drüber schreiben oder tun einen Vortrag drüber machen.

Int: Und das Buch steht dann in einem Regal oder wird wo aufgehoben und nehmen wir mal an, wir nehmen das nach 50 Jahren wieder raus, können wir dann mit dem Inhalt, das, was in dem Buch steht, können wir damit noch was anfangen oder ist das irgendwie überholt?

Mattia: Manchmal schon. Weil es wird nicht immer alles das gleiche rausgefunden. Weil z.B. heutzutage gibt es andere Geräte wie früher.

Int: Und ist das, was heute rausgefunden wird, im Gegensatz zu dem, was früher rausgefunden wurde, ist das heute besser?

Mattia: Eigentlich ist es gleich. Weil manche Leute haben noch gar nicht das erforscht, was früher erforscht wurde, weil sie einfach denken, das stimmt. Und sie haben es auch noch mal nachgeforscht wahrscheinlich.

- With Philipp:

Int: Mhm, das glaubst du. Und wenn das in 50 Jahren noch mal gebraucht wird, ist es dann immer noch gültig?
Philip: Nee, das läuft ja auch mal ab. Dann muss man es halt noch mal neu herstellen.
Int: Dann muss man noch mal neu forschen?
Philip: Nee, dann sucht man halt grad die Formel von dem raus und dann guckt man halt nach dem, was er alles gemischt hat und das macht man dann.
Int: Aber die Formel stimmt dann schon noch?
Philip: Ja, die Formel stimmt. Es sei denn, er hat was falsch gemacht und hat mit dem Falschen was Gutes herausgefunden.
…
Int: Und was hast du gelernt in NWA, z.B. werden in 50 Jahren noch gültig?
Philip: Och, da braucht man ein bisschen länger als 50 Jahre, glaube ich, um das alles herauszufinden.
…
Int: Haben die auch was von dem Wissen? Und glaubst du jetzt, wenn man heute was rausfindet, und dass das in 50 Jahren immer noch so viel wert ist, dass man es lernen kann?
Philip: Hm, ja, wenn dann halt net schon was anderes, neueres rausgefunden worden ist, dann ist es halt auch ein bisschen älter, dann lernt man zuerst das neuere und dann das doch.

- With Rene:

Int: Und wenn die jetzt was rausgefunden haben, nehmen wir mal an, es ist ehrlich, und es gehen 50 Jahre rum, kann man mit den Ergebnissen dann immer noch was anfangen?
Rene: Ja, kann man. Weil wenn man jetzt z.B. noch net die Knochen hat und man hat die Erkenntnisse, wo sie sein könnten, dann ist ja in 50 Jahren so viel, also das ist auch wichtig in 15 Jahren noch, also in 50 oder 15.

- With Susen:

Susen: Bei manchem verändert sich was und manches bleibt.
Int: Weißt du da Beispiel oder kannst du dir ein Beispiel vorstellen?
Susen: Z.B. der Rotkohlsaft, könnte ich mir jetzt vorstellen, dass der
Int: Was wäre da in 50 Jahren?
Susen: Da würde er immer noch gleich bleiben.

- With Tanja:“ Also z.B. jetzt mit Rotkohlsaft. Wenn man den verdünnt, also viel Wasser dazu gibt, dann wird er ja immer heller. Und dann muss man Waschpulver oder irgendsowas dazu geben, dann wird er fast ganz weiß. Und das ist das gleiche, wie wenn man jetzt Salz in Wasser auflöst. Also kommt fast die gleiche Farbe raus“.

Three students (Tanja, Susen and Philipp) were asked if scientists’ results are always true. They answered:

- Tanja:

Int: Und das, was die aufschreiben da, ist das dann die Wahrheit?
Tanja: Meistens. Also manchmal stimmt es net ganz, aber meistens stimmt es.
Int: Wieso kann das sein, dass es net stimmt?
Tanja: Weil es kann auch sein, wenn man jetzt mehrere Mengen von etwas dazu gibt, dass es dann halt anders ist und das ist dann manchmal unterschiedlich, was da raus kommt.

- Susen:“ Also die versuchen, das Richtige rauszufinden. Net irgendwie was Falsches oder so“.
- Philipp:

Int: Glaubst du immer, wenn die was rausfinden, Wissenschaftler, dass dann auch wirklich die Wahrheit ist?
Philip: Hm, net immer. Manchmal müssen sie halt notlügen.
Int: Oh, die müssen notlügen?
Philip: Haja.
Int: Warum machen die eine Notlüge?
Philip: Wenn es z.B. heißt, wie z.B. das mit dem SARS, da könnten sie ja auch Notlügen machen, weil dann vielleicht wissen die noch gar keine Heilung gegen das und dann können sie halt auch, weil die Menge

halt endlich mal ein Gegenmittel haben will, und dann müssen halt die Wissenschaftler notlügen und sagen, ja, wir haben halt schon eine Kleinigkeit von der Heilung herausgefunden.

Int: Mhm. Und wenn die jetzt keine Notlüge haben, sondern die haben wirklich was rausgefunden, glaubst du, dass das dann die Wahrheit ist?

Int: Ja.

...

Int: Wenn ich jetzt behaupten würde, das, was die Wissenschaftler rausfinden, das ist die Wahrheit, würdest du sagen ich hab Recht oder das stimmt nicht?

Philip: Also beides. Weil die haben ja net immer recht.

Int: Die haben nicht immer Recht meinst du?

Philip: Nee, manchmal können sie sich auch irren. Und manchmal haben sie Recht. Dann also, ja.

Note that Philipp's source of information is the Discovery channel.

25. 1. 5 Are scientists normal people or do they have special skills?

To 3 boys (David, Dennis and Philipp) and 2 girls (Laura and Tanja) were asked:"Sind Wissenschaftler normale Menschen oder haben sie etwas Besonders?". All recognized that scientists know more about experiments. Here are students 'extracts.

- David: „Also das Wesen von denen ist besonderer, also die wissen mehr über Experimente und so".
- Dennis extract:

Int: Und glaubst Du, dass Du auch ein Wissenschaftler bist im gewissen Sinn?

Dennis: Ja, schon. Ein bisschen schon.

Int: Und gibt es einen Unterschied zwischen Dir und ihm und den beiden und allgemein Wissenschaftlern in Universitäten oder dem Herrn Buck?

Dennis: Ja, weil die anderen sind halt schon schlauer wie ich.

- Philipp: „Ja, weil die wissen auch, ja, weil die besser sind, weil die auch wissen, wie man was mengt oder mischen muss, dass halt keine riesige, brutale Stichflamme da rauskommt. Also ich kann jetzt irgendwas zusammenmischen und dann könnte halt eine Stichflamme kommen. Und die würden das dann halt für dumm halten, weil die hätten das nie gemacht, weil die wissen, dass man das net machen soll".

- The following is what Laura said:

Int: Macht der dieselbe Arbeit, forscht der auf dieselbe Art und Weise, wie Ihr das beim Herrn Eggart macht?

Laura: Wie wir es beim Herrn Eggart machen.

Int: Ja? So forschen die richtigen Forscher?

Laura: Ja, net ganz so. Also der weiß mehr.

Int: Der weiß mehr?

Laura: Ja.

Int: Was weiß der denn mehr als Ihr?

Laura: Wie man so Sachen benutzt und so.

Int: Versteh ich das richtig, Du meinst, der hat mehr Erfahrung, der macht das schon länger oder so?

Laura: Ja.

- Tanja said:

Int: Ist das notwendig, um zu forschen, dass man vorher viel weiß?

Tanja: Eigentlich net, aber wäre halt irgendwie schon besser, wenn die schon was darüber wüssten.

Int: Und warum ist das Deiner Meinung nach notwendig? Wenn Du sagst, es wäre schon besser.

Tanja: Weil wenn die gar nix darüber wissen und die wissen ja auch net, ja, z.B. bei dem Natriumfluorid, wenn man da net weiß, dass man es net einatmen darf, dann ist das ja irgendwie auch schlecht, weil wenn man es dann doch einatmet, dann, ja, ist halt dann net so gut.

25. 1. 6 Students' views about some aspects of History of Science:" Unterschied der Arbeitsweise im selbsten gemalten Bild, zur Zeit Alexander von Humboldt (Bild) und NWA.

Students were shown besides their drawings, a colored picture (in Chapter 5, Figure 6, p. 95) of Alexander von Humboldt and Aimé Bonpland, which is a famous drawing representing both of them in the „Urwaldlaboratorium", where they were drawn among their tools. Students were asked to observe the drawing and to express their thoughts about it. Note that students were not told that the drawing represents Alexander von Humboldt. On the other hand, those students were all present at the power point-session about the life of Alexander von Humboldt.

This question aimed to collect students' ideas about the historical development of the nature of scientists at work. The pictures are used here as a concrete material aid to students to express easier their ideas.

Students were asked impulse questions, such as: „Was siehst du?", „was machen sie?", „wie kommst du drauf?", „wenn wir die beiden Bilder mal vergleichen, was ist denn der Unterschied?" or, „was ist denn der Unterschied zwischen dem Forscher und euch, für dich?", etc..

Students' answers about AVH drawing were categorized (Table 19) and analyzed according to the used instruments, the clothes, the workplace and the research method (Tables 20 and 21).

It is interesting to see that Tanja knew that the man in the drawing was Humboldt, and Rene mentioned his trip to America. The old instruments caught the boys'attention, and they gave a wide range of possibilities (astronomy, weather) while the girls paid more attention to the plants.

For example, for David, it was clear that to „Experimentieren", one has to work with bunsen burner and in a room, while to „Forschen", one has to work outdoors and with specific instruments like, the magnifying glass.

Caroline thought that scientists in the old drawing „ machen was ganz anders als in der Schule und was ihr (2 Männer) macht, hat nix mit Schülern zu tun". Julia believed that scientists in our days need research tools like reagents test tubes to experiment, while in the past, they needed „Pflanzen und Tiere zum Forschen".

Overall, students' responses showed that what they learn about „the scientific method" is a copy of their NWA learning method. All recognized that, according to the type of the activity, scientists need special instruments, and with doing experiments, scientists work with bunsen burner and indoors.

In addition, students of this age group could not express a clear knowledge about the scientific method and whether it changed with time. When they were asked: „Gibt es einen Unterschied zwischen dem auf deinem Bild und den beiden da?" They could only notice the aesthetic part of scientists' works, like their clothes, the research tool (Tables 20 and 21).

Sample=10	Student's comments about AVH drawing				Remarks
	Objects	Persons Identity	Workplace	Scientific work	
Caroline	Hut, Tisch	2 Menschen, ein Professor	Blumen	Sie untersuchen	
David	Ein Kasten, Hut, Erforschbücher, Lupe, Texte (wo sie geschrieben haben), Experimentiersachen	2 Forscher	Landschaft, Viele Blumen	Die erforschen mit einer Lupe	
Dennis	Mikroskope für Sterne, ältere Sachen aus frühere Zeiten, ein Stethoskop	Sterngucker (net Wissenschaftler)	Es geht um frühere Zeiten		
Julia	Alte Geräte; ein Fernrohr (zum Kucken, was da außenrum ist) oder ein Messgerät (zum Messen), Bücher (zum Nachlesen),ein Korb	2 Forscher oder Wetterastrologen oder wie das heißt.	Häuser, Pflanzen (zum Essen oder zum Forschen)	Sie forschen das Wetter. Sie messen die Quadratmeter vom Haus oder in die Sterne zu kucken. Sie finden heraus, was das für Pflanzen sind.	She used the term: astrologue!
Laura	Eine Lupe, viele Briefe (er hat wahrscheinlich selbst geschrieben),	Einer sitzt und einer steht		Der sitzt, überlegt und wahrscheinlich will er die Sachen auch erforschen. Und der steht, forscht, und was er forscht, schreibt er auf.	
Mattias	Alte Instrumente		Unbekannte Früchte und Pflanzen	So hat man früher zum Teil die Welt erforscht.	
Philipp	Ein Kompass,ein Fernglass, eine Lupe		Wahrscheinlich ist er Erfinder (der steht) oder ein Forscher und sein Gehilfe (der sitzt). Sie beschäftigen sich mit Astronomie. Die kuckt sich grad eine Landkarte an und der andere, hat er grad wahrscheinlich das Buch gelesen.		

Rene		Ein Weltreisender und sein Partner. Sie sind wahrscheinlich Forscher und Weltreisende	Der misst grad wahrscheinlich den Luftdruck mit den Geräten. Der liest die Karte oder er entspannt sich. Die müssen gehen jetzt z.B. nach Amerika und foerschen da.		Rene was still remembering AVH - PPT.
Susen	Ein Buch, eine Maschine auf dem Tisch, viele kleine Boxen oder Kisten , 2 Kisten und eine Lampe	2 Männer, vielleicht sind das Erforscher oder Forscher von früher	Pflanzen, ein Topf mit Blumen	Sie sitzen da und versuchen vielleicht, was mit der Maschine zu machen. Die haben halt so Pflanzen und vielleicht erforschen sie was mit den Pflanzen	
Tanja	Wissenschaftliche Geräte	Der ist AVH, aber bin mir net sicher	Pflanzen	Sie forschen (weil halt da so Geräte rumstehen). z.B. Pflanzen (was brauchen sie noch zum Forschen)	

Table 19: displays students' responses about Alexander von Humboldt drawing.

Sample= 10	**With students' drawings and AVH drawing**			
	Clothes	Instruments	Workplace	Research method
Caroline				
David		- Andere Geräte	- In der Landschaft - im Raum	- Erforschen tun sie beide, aber sie erforschen über verschiedene Sachen. - Er erforscht mit Gasbrenner und die erforschen mit Lupe was anders - Er macht Experimente und sie erforschen Sachen.

Dennis		- Jeder Wissenschaftler braucht halt so Sachen für das, was er forscht		
Julia	- Die Kleider, die modernen Wissenschaftler, die haben Umhänge oder Kittel - Der hat halt eine Brille (ein Zufall)	- Die Geräte sind anders (moderne Geräte wie Reagenzgläser) und bei den alten Pflanzen und Tiere zum Forschen - Beide haben Bücher, aber die Bücher, die haben da auch noch, aber moderner halt		
Laura				
Mattias			- Die sind in der Natur und der arbeitet im Raum oder draußen, wenn er die tragbaren Gasbrenner mitnehmen und kann sie dann vor Ort anschalten und so	- Die tun die Welt erforschen, also was für Stoffe das sind, unbekannte Stoffe, was für Eigenschaften die haben
Philipp	- Die Kleider sind altmodisch	- Die brauchen besondere Chemiestoffe		- Die früheren Wissenschaftler mussten noch hart arbeiten und die heutigen, die haben es ein bisschen leichter - die beiden finden halt vielleicht Sachen manchmal raus irgendwie, dass sie Krankheiten heilen können und, ja, weil die bekämpfen damit dann auch vielleicht Bakterien oder kucken auch, was es vielleicht für Gifte gibt für Ungeziefer oder so was, die wo nicht der Umwelt schaden. So was können sie ja auch vie lleicht mal herausfinden.

Rene			- Alle auf den 2 Bildern sind Wissenschaftler - Die arbeiten früher eher im Freien, in so einer kleinen Höhle. - es kommt drauf an, wo sie heutzutage arbeiten, z.B. ob sie jetzt den Luftdruck hier in der Region wissen wollen oder ob die jetzt mit chemischen Teilen jetzt mischen wollen oder so. Also da ich lieber das bei den, also in der Region der Luftdruck, dann würde ich lieber draußen forschen.
Susen	- Sie haben net so einen Schutzmantel an	- Reagengläser und die haben nur eine Maschine.	- Er ist im Raum und die beiden in der freien Natur. - wenn sie an Forscher denkt, denkt sie eher, dass sie im Raum sind
Tanja		- Andere Geräte und mehrere Pflanzen	- Es hängt von der Arbeit, wenn man jetzt halt irgendwas über die Natur eher erforscht, wäre es halt besser, wenn man draußen ist, weil da sind ja auch mehrer Pflanzen und so was und dann, ja, wo man halt was mit machen kann.

Table 20: represent students' comparison between their own drawings and Alexander von Humboldt and Aimé Bonpland drawing.

Sample= 10	With students' drawings and NWA		
	Clothes	Workplace	Research method
Caroline			
David	- Er hat eine Schutzbrille wie wir und einen Kittel, aber wir nicht.	- Er hat ein kleineres Zimmer.	- Wir machen eher andere Dinge. - Er arbeitet allein und wir in einer Gruppe. - Wir gehen mittags und er ist immer morgens da und schläft kürzer
Dennis			- Er experimentiert, verschiedene Flüssigkeiten ausprobieren. - Wir hatten letzt einen Rotkohlsaft, wie der sich färbt mit Salz und mit Natron und so.
Julia			
Laura			- Sie weiß nicht den Unterschied zwischen den Forscher und was sie macht in NWA - Der Forscher weiß mehr, wie man so Sachen benutzt - Er braucht noch mehr Sachen, als sie sie gezeichnet hat (wie ein Feuerzeug).
Mattias			
Philipp			
Rene			- Das ist eigentlich viel gefährlicher, weil er muss im Schutzanzug und so, weil er weiß ja net, ob es jetzt explodiert, also so einen Brand gibt, weil also er weiß schon ein bisschen.
Susen			
Tanja			- Dass die (die 3 Wissenschaftler) halt vorher schon mehr wissen, weil die ein Studium machen müssen oder irgendsowas, und da lernen die halt schon was.

Table 21: represent students' comparison between their drawings and the NWA teaching strategy.

25. 2 Students' comments on their actual NWA teaching strategy.

Although students knew (a) that scientists make experiments to find out something new, (b) their discoveries make our life easier and (c) that they always learn something, 9 students could not define the term „Experimentieren". Moreover, to the question:" Hast du selbst mal in NWA experimentiert?", all students said yes. All described their tasks in NWA in details and all agreed that they learn lots, but their answers showed that they are passively involved in participating in making decision about choosing to do an experiment.
The following is an exctract of Tanja's pre-interview:

Int: Und wenn ihr im Unterricht forscht, müsst ihr dann vorher auch schon Bescheid wissen?
Tanja: Also manchmal sagt uns der Herr Eggert was, was wir halt unbedingt wissen müssen, aber den Rest müssen wir dann halt selber rausfinden.
Int: Und das, was ihr rausfinden müsst, ist das eure Idee?
Tanja: Nee, das sagt uns der Herr Eggert meistens, was wir halt machen müssen, und was wir dazu alles brauchen, das steht meistens auf dem Blatt und, ja, dann machen wir das.

To the question: „Fühlst du dich als Wissenschaftler/in in NWA?", 9 students said yes,

only Tanja disagreed. Here is her reply:

Int: Und wenn du das machst im Unterricht beim Herrn Eggert, fühlst du dich dann auch als Wissenschaftlerin?
Tanja: Eigentlich net so.
Int: Warum nicht?
Tanja: Weiß net. Irgendwie halt.
Int: Das hat nix mit Wissenschaft zu tun, oder hat es was mit Wissenschaft zu tun?
Tanja: Irgendwie schon, aber weil der Herr Eckart, der macht das ja uns meistens vor und der gibt uns dann genau an, wie viel wir da nehmen müssen und dann kommt meistens ja das gleiche raus. Ja.
Int: Bei allen Gruppen, meinst du, kommt das gleiche raus?
Tanja: Ja.

To the question: „Wozu ist experimentieren notwendig?“ Dennis quickly answered: „Weil unser Lehrer das will“.

26 Baseline data from the Draw-a-scientist task.

Ten students (5 males and 5 females) were asked to draw a picture of a scientist and were also interviewed individually about these pictures at the beginning and at the end of the research to collect their perceptions about Science and Scientists (SAS) and the changes in their views.

Because one of the objectives of the actual research, was to investigate students' images of scientists *at work*. As a first step of my work, I wanted to gain insights into students' views of science and scientists and this was done through a study of their drawings (Appendix U). The procedure involves inviting students to draw a scientist and subsequently analyzing their drawings for the presence of various indicators described by Chambers (1983), and discussing with them their drawings for data validation at the beginning and at the end of the research approach.

Hassard (1990, reported in Boylan et al, 1992) has summarized the stereotypes, which have been identified in studies employing this technique:

- The scientist is usually a male Caucasian.
- The scientist is either bald or has frizzy, wild hair. On the rare occasions when the scientist is a woman, her hair is in a bun.
- The scientist wears glasses and is dressed in a white lab coat.
- The scientist is shown working alone in a laboratory rather than in nature or in the field.
- The scientist is shown mixing chemicals or doing some kind of chemistry- or physics-related experiment.
- The scientist is shown experimenting with dangerous things and is sometimes shown experimenting on people.

(Hassard 1990, p.10)

Figure 14: represents 2 out of 10 pictures made by the focus group.

In the actual study, most students' pictures showed the usual white males with protecting glasses and white apron, performing chemical operations. All these scientists work in a lab, wearing protecting glasses, and 7 of them were smiling. It is noteworthy that the lab was a copy of students' actual classroom: a lighted room with a big bench in the middle where the teacher usually stood at the beginning of every experiment, the used materials and the chemical reagents in their pictures were the same used in the last sessions of their topic about acids. Girls took more attention to details: the use of more colored spaces in their drawings and 3 of them drew the insects' terrarium, which was present in their classroom during the school year (Tables 22 and 23).

26. 1 Eliciting students' image about scientists/ Data from the pre - interviews.

During the pre- interviews, however, and while showing them their drawings, students also insisted that (a) scientists could be also women (b) scientists work in a laboratory (c) scientists have special skills and a better knowledge and (d) they are doing experiments to find out something new.

Moreover, students gave a wide range of answers about, who could be the person in their drawing.

The followings are excerpts of an interview with Caroline, Mattias and Laura:

- With Caroline:

Int: Guck mal, ich hab hier ein Bild von dir angucken dürfen, das war von dir, ne?
Caro: Ja.
Int: Was hattet ihr dafür eine Aufgabe?
Caro: Einen Professor malen.
Int: Aha. Und kannst du mir das erklären? Ich hab da drüber geguckt, vielleicht kannst du mir noch ein paar Sachen erläutern?
Caro: Also, er untersucht Sachen, z.B. da mischt er jetzt was und dann untersucht er oder findet er raus, was die Stabheuschrecken machen. Ja.
Int: Also der untersucht und erforscht?
Caro: Ja.
Int: Und ist das ein Mann oder eine Frau?
Caro: Ein Mann.
Int: Ein Mann. Und der hat da eine Brille auf. Warum hat der eine Brille auf?
Caro: Weil das die meisten haben, Professoren.
Int: Ist das so eine Lesebrille einfach, wie bei vielen Leuten?
Caro: Ja, eine Schutzbrille auch.
Int: Ist es eine Schutzbrille oder eine normale Brille?
Caro: Schutz.
Int: Eine Schutzbrille. Ja. Braucht man. Und wenn, dieser Professor oder Wissenschaftler, arbeitet der im Raum hier oder ist das im Freien, was du da gemalt hast?
Caro: Im Raum.

- With Laura:

Int: Und du sagst, er, also das ist ein Mann?
Laura: Ja.
Int: Könnte es auch eine Frau sein oder ist das egal oder ist das wichtig?
Laura: Also ist egal.
Int: Könntest auch du sein?
Laura: Ja.
Int: Ja?
Laura: Na ja, ja.

Six students of the sample were asked: „Könntest du dir vorstellen, ein Wissenschaftler zu werden?“ 2 students (Rene and Caroline) said yes, while 4 students (3 girls and 1 boy) were laconic in answering; they just said no, like Laura’s reply:

Int: Kannst du dir das vorstellen, dass du eine Forscherin bist?
Laura: Nee, net wirklich.

- Caroline interest was about animals:

Int: Könntest du dir vorstellen, eine Wissenschaftlerin zu werden?
Caro: Ja, schon.
Int: Ja? Was würdest du gerne erforschen?
Caro: Tiere, ja, in freier Natur und so.
Int: Mhm. Das würdest du gerne machen. Was interessiert dich da besonders?
Caro: Die Tiere, wie die halt leben. Manche sehen ja auch schön aus und so.

- Although Rene said that he would be a scientist, but it was not his first choice:

Int: Könntest du dir vorstellen, so als Wissenschaftler zu arbeiten, wie das auf deinem Bild ist?
Rene: Ja, schon.
Int: Wäre das was für dich?
Rene: Hm, würde ich net so sagen. Also es geht. Ich würde es schon machen, aber ich würde lieber einen anderen Beruf machen.
Int: Was würdest du gerne machen?

Rene: Hm, in so einer Bank oder so irgendwo arbeiten.

Six students (4 boys and 2 girls) wers asked: „Machen Frauen auch Wissenschaft?“, all agreed, but Mattias remarked that women are not interested in science, while David recognized, that it is more a job for men, because they work different compared to women! Here are some extracts of some students' interviews:

- With Mattias:

Int: Wenn dieser Forscher ein Mann ist, gibt es auch Frauen, die Wissenschaftler sind?
Mattia: Ja. Bloß ich glaube, es interessieren sich nicht so viele Frauen für Chemie.
Int: Er macht nur Chemie hier?
Mattia: Na ja, er macht auch Biologie. Aber ich hab den jetzt halt so gemalt.

- With David:

Int: Können das auch Frauen machen?
David: Ja.
Int: Ist das egal oder eher Männer oder eher Frauen?
David: Eher Männer.
Int: Warum das? Hat das einen bestimmten Grund?
David: Hm. oder ich glaube net, dass das einen anderen Grund hat.
Int: Ich will nur wissen, was du denkst.
David: Hm, ich glaube es nicht.
Int: Also du denkst, es hat keinen bestimmten Grund. Aber irgendwie musst du doch draufkommen, warum das eher Männer sind.
David: Die arbeiten halt auch was anderes als die Frauen.
Int: Mhm. Ah ja. Gut.

- Rene drew „einen Forscher“ because it was asked of him to do so, but for him, it is more difficult to draw a woman scientist:

Int: Oder ist das wichtig, dass das ein Mann ist oder dass das eine Frau ist?
Rene: Nee, das können Frauen sein, aber Sie haben ja gesagt, einen Forscher soll man malen.
Int: Und keine Forscherin.
Rene: Ha ja. Okay, ich hätte auch eine Frau malen können. Aber das geht ein bisschen schwerer, finde ich.
Int: Eine Frau zu malen. Aber eigentlich wäre es egal, denkst du?
Rene: Ja.

- Only David, a shy and intelligent student, mentioned the lifestyle of a scientist:

Int: Und ist das der einzige Grund, warum die das machen? Die müssen ja einen Grund haben, warum die überhaupt weiter kommen wollen. Glaubst du, die stehen morgens auf und denken ach: „ich will mal so ein bisschen weiter kommen“?
David: Nee, also die machen das jeden Tag, denke ich.
Int: Mhm.
David: Und die schlafen bestimmt auch nur ganz kurz.
Int: Aha. Und warum schlafen die nur kurz? Also ich schlaf immer acht Stunden.
David: Weil die, die sind Erforscher, die machen jeden Tag, also erforschen, ja.
Int: Aber ich mach auch jeden Tag in meinem Beruf und warum darf ich länger schlafen wie die?
David: Hm. Weiß net.
Int: Meinst du, die haben unheimlich viel zu tun?
David: Ja.
Int: Und deswegen kommen die vielleicht net ins Bett oder so?
David: Ja. Die haben sehr viel zu tun, also ja, das wo man da auch sieht jetzt.
Int: In dem Bild?
David: Ja.
Int: Woran siehst du denn das, dass die so viel zu tun haben?

David: Die haben da ganz viele Sachen liegen hier und, ja.

In short, even though students drew a scientist as a male they knew that women are also involved in science. Apart from Mattias, who presented the common misconception about women's dislike of chemistry, all students saw no inherent reason why females could not be scientists (Boylan et al, 1992).

Overall, although all students drew a scientist in a traditional laboratory. When interviewed, 6 students insisted that scientists were more likely to spend their time in a laboratory. They argued with safety reasons (Laura) or with an easy access to research means, like chemicals and technology (Mattias) and books (Susan). Four students did not reflect the stereotypic view. They recognized that scientists could work outdoors or at home depending on the type of the activity, (Dennis, Philipp, Tanja and Caroline). These findings confirmed the results of Boylan et al study (1992).

- With Laura:

Int: Aber wenn ich mir überleg, der kommt morgens da in seinen Forschungsraum, das ist doch ein Raum? Da ist eine Laterne, sehe ich, ist der im Raum oder ist der?
Laura: Ja. Der ist im Raum.
Int: Im Raum. Und die da, sind die?
Laura: Nee, die sind draußen. Und da kann mal passieren, wenn jetzt irgendwas runterfliegt oder so, dann kann das brennen.
Int: Deswegen denkst du, müsste das schon im Raum passieren?
Laura: Ja.
Int: Aus Sicherheitsgründen.
Laura: Ja, ja.

- With Philipp:

Int: Und die Wissenschaftler jetzt, sie arbeiten immer im Labor oder auch zu Hause?
Philip: Ja, zu Hause auch, mit Computern können sie auch, z.B. wenn sie jetzt was über Zellen herausfinden, dann können sie auch am Computer, da gibt es ja auch solche Programme, wo die herstellen, dann können sie auch am Computer Zellen verbinden und dann was herausfinden.

- With Susen:

Int: Und da solltet ihr auch einen Forscher zeichnen, einen Wissenschaftler. Und kannst du mir das mal ein bisschen erläutern, dein Bild? Ich hab das vorhin angeguckt und dann hab ich gedacht, na ja, wer hat denn das wohl gezeichnet. Jetzt kenne ich dich und jetzt kannst du mir bestimmt mal erklären, was du da gemalt hast.
Susen: Also ich hab da versucht, einen Forscher zu malen, der hat halt da seinen Tisch mit seinen Reagenzgläsern und der erhitzt grad Wasser, also in einem Becherglas, und, ja, da ist halt eben so ein Raum, wo er das machen kann. Der hat auch ein Regal mit Büchern, wo er dann noch was nachlesen kann, wenn er nimmer weiter weiß. Ja.

When questioned about the scientist task in their drawings, all students recognized that he is doing an experiment. All acknowledged that he or she needs instruments to make experiments, and these depend on the nature of the task (chemical experiments). It is noteworthy that the experiment was a copy of what they performed during their NWA sessions, as well as the used laboratory equipments and the chemical reagents.

- Dennis:

Int: Und kannst du uns das hier ein bisschen mehr jetzt erklären, weil ich war ja nicht dabei, was da auf dem Bild ist?
Dennis: Also die Werkzeuge, wo wir jetzt bis jetzt benutzt haben in unserem NWA.

- And Philipp's reply:

Int: Ist das jemand anders. Mhm. Wenn wir jetzt mal die beiden Bilder da angucken, kannst du, du hast mir jetzt das Bild erklärt, kannst du mir das jetzt da erklären?
Philipp: Ja, ähm, der, der tut grad eine Säure umfüllen in ein Becherglas und, ja, und da hinten im Hintergrund ist halt was Ätzendes, Salz und alles, was man halt braucht, ein Gasbrenner und Reagenzgläser, und der, der will halt wahrscheinlich so halt umfüllen und danach einen Versuch mit dem machen. Der macht ein Tropfen davon rein und dann mengt er Wasser dazu und guckt, was passiert.
Int: Und das ist jetzt Wissenschaft deiner Meinung nach oder?
Philipp: Ja. So jetzt mehr Chemie-Wissenschaft halt.
Int: Chemie ist auch eine Wissenschaft, ja. Mhm.
Philip: Ja. Chemische Wissenschaft.

- When discussing about her drawing, Laura compared the scientist to a teacher:

Int: Was denkst du, warum macht der das?
Laura: Dass wir es können, dass wir es wissen halt.
Int: Wer sind wir?
Laura: Also die Schüler.
Int: Ach, ist das ein Lehrer?
Laura: Ja.
Int: Ah ja. Das ist ein Lehrer, ah ja. Ist das dann euer Klassenzimmer auf dem Bild oder ist das was anderes?
Laura: So ein, einfach so ein Raum halt, wo man so was erforschen kann.
Int: Und da sind keine Schüler aber dann?
Laura: Na doch, da irgendwo.
Int: Die gucken dem zu?
Laura: Ja.
Int: Ach so. Ah ja. Mhm. Und macht der Experimente?
Laura: Also ja und die Schüler, die gucken da zu, wie das so geht und dann dürfen sie es später als selber machen. Also was der da gemacht hat, zeigt er es uns noch mal gründlich und dann dürfen wir es selber machen.
Int: Und gibt es für dich auch Wissenschaftler oder Wissenschaftlerinnen, die das ohne Schüler machen, ganz für sich alleine?
Laura: Hm, ja.

Students' description about a scientist at work in their drawings, were the followings: „Also er untersucht Sachen, z.B. da mischt er jetzt was und dann untersucht er oder findet er raus, was die Stabheuschrecken machen. Ja. Er experimentiert" (Caroline), „Hm, also dass das Reagenzglas voll ist, dass man da was, Salz oder was, reinmacht zum erforschen, dass auch eine Lösung oder, ja, dass man auch was hat und, ja, da tun sie zeichnen" (David), „Da tut man halt dann verschiedene Flüssigkeiten ausprobieren. Wir hatten letzt einen Rotkohlsaft, wie der sich färbt mit Salz und mit Natron und so" (Dennis), „ Der erforscht halt auch grad was. Und da tut er halt irgendwas zusammenmischen und das ist halt sein Buch, wo er die Sachen dann aufschreibt (Laura), „Er macht Chemie? Na ja, er macht auch Biologie. Aber ich hab den jetzt halt so gemalt" (Mattias), „ ... der will halt wahrscheinlich so halt umfüllen und danach einen Versuch mit dem machen. Der macht ein Tropfen davon rein und dann mengt er Wasser dazu und guckt, was passiert" (Philipp).

Three girls and one boy reported about the research materials, such as books and reagent glasses.

Table 22: Students' images about scientists at work.

Sample= 10	Scientist Appearance	Scientist Gender	Scientist facial Features	Workplace/ Symbols of knowledge	Laboratory Equipment/Symbols of Research
Julia	Wearing protecting glasses and white apron	White male with blond hair	Not smiling	He is working behind a big bench in the center of the place, with a bookshelf and a green plant	Test tubes with different reagent colors, used in their last session about acids Chemicals in the background
Susen	Wearing protecting glasses and white apron	White male	Smiling	He is working behind a colorful big bench in the center of the place, using fire, with a bookshelf, a green plant, books and a poster of a grasshopper in the background	Empty test tubes, bunsen burner
Tanja	Wearing protecting glasses and white apron	White male	Smiling	Bookshelf with chemistry, biology, Books, terrarium	Reagent test tubes filled with colored solutions, graduated cylinder, pipette, 2 Erlenmeyer
Laura	Wearing protecting glasses	White male, „ein Lehrer“	Smiling	He is working behind a big bench in the center of the place, with fire, with 2 tools shelves in the front stage, and a cloth hanger	Different bottles and a book or a worksheet
Carolin	Wearing glasses and white apron	White male with dark hair, „ein Professor”	Smiling	He is working behind a giant wooden bench, with a terrarium	Test tubes with different reagent colors, used in their last session about acids, a mortar, a graduated cylinder filled with a blue solution, a pipette and a bottle filled with a blue solution
Philipp	Wearing glasses and white apron	White male, „Chemie Wissenschaftler“	Not smiling	He is working behind a bench, with tool shelves in the background	Chemicals such as: Soda, Salt. And instruments like: gas burner, reagent tests tubes..
Dennis	Wearing glasses	White male, „ein Kommandant“	Not smiling	He is working behind a bench, with reagent glass shelves in the background	Test tubes, a book or a worksheet, a beaker and a burner
Mattias	Wearing glasses and white apron	White male, „er macht Chemie und auch Biologie“	Smiling	He is working near a big bench in the center with fire, and a tool drawer in the front stage	Gas burner, chemicals bottles
David	Wearing protecting glasses	White male	Smiling	He is working behind a "Forschertisch"	Gas burner, salt bottles, reagent test tubes, a book or a

				with fire, with another bench filled with test tubes and a lamp, and "Forschbücher" shelves in the front stage	worksheet
Rene	Wearing glasses and white apron	White male	Smiling	He is working near a big bench in the center with fire	2 gas burner, a beaker, 2 Erlenmeyer and a test tube stand

Table 23: depicts my remarks about students' drawings.

Sample= 10	Remarks	
Julia	The workplace is similar to students' lab, with the bench, as well as the insects' terrarium. Scientist works in a closed room	All girls used more colors in their paintings and 3 of them mentioned room details like the terrarium and the books
Susen	The workplace is similar to students' lab, with the bench. Scientist works in a closed room	All students drew scientists standing behind the bench
Tanja	Scientist works in a closed room	
Laura	- The workplace is a closed room, presence of light bulbs - Laura paid attention to clothes, maybe this has to do with her inclination to fashion (she wants to be a designer)	
Carolin	The drawn materials were used in their last session about acids	
Philipp	The drawn materials were used in their sessions about acids	Philipp and Dennis drew in white and black, and Dennis was copying his friend's drawing
Dennis		
Mattias	The workplace is a closed room, presence of light bulbs	
David	- The workplace is a closed room, presence of light bulbs - David's "Forschertisch", the scientist has access to electricity	
Rene	The workplace is a closed room, presence of light bulbs	

26. 2 Data about students' drawings from the post-interviews.

At the end of the teaching approach, the 10 students were asked about whether they would draw scientists differently in the light of their new experience, or make some changes in their previous pictures. In fact, the populist images of scientists still exist by 3 students (2 girls and 1 boy). Here is what Tanja said:

Int: Guck es dir mal an. Wenn du das heute noch mal zeichnen solltest, was würdest du denn anders zeichnen? Oder würdest du es genau so wieder zeichnen?
Tanja: Genau so, glaube ich.
Int: Würdest du es so noch mal zeichnen?
Tanja: Ja.

Dennis wanted to draw „einen anderen Menschen mit einem Kittel“, while 6 students would add books (this would be due related to the fact, that they had access to lots of books while searching for relevant information for their themes), work out in the nature too (Julia, Rene and Caroline). The following is an extract of the post-interview with Rene and Julia respectively:

Int: Wenn du dir überlegst, mit dem Bild hast du ja einen Wissenschaftler gemalt, und wenn du es heute malen müsstest, das Bild, was ist denn jetzt dazu gekommen? Was würdest du ändern oder ergänzen?
Rene: Ja, also da täte ich das Bild eben jetzt so malen, in der Mitte ein Strich machen und dann auf einer Seite das gleiche wieder malen und auf der anderen Seite also so Berge oder so, wo sie grad so Überreste von Knochen nehmen oder so. Also jetzt auch net nur, wenn sie jetzt so forschen mit Medizin oder so, also auch so Forscher, wo jetzt mehr über Knochen wissen wollen oder so. Also net nur in Räumen.
Int: Sonder auch?
Rene: Auch in der Natur forschen.

Int: Und was denkst du, wenn du ein neues Bild von Wissenschaftlern machst, willst du anders machen oder gleich?
Julia: Eigentlich gleich, nur was Neues dazu.
Int: Was würdest du jetzt verändern oder dazu malen?
Julia: Mehr in der Natur sein. So ein bisschen in der Natur und dann auch noch im Labor.
Int: Und jetzt ist es nur im Labor hier?
Julia: Ja.
Int: Und bist du der Meinung, dass Wissenschaftler an beiden Orten arbeiten sollen?
Julia: Ja, an zwei, also beiden.

26. 3 Data about DAST from the class interpretation: students interpret their classmates’ drawings (11. 12. 03).

Before Christmas, students at Linkenheim Realschule were administered 2 questionnaires. The first questionnaire “Zur Schülerzeichnung über Wissenschaftler bei der Arbeit”, consisted of 4 questions, was used to collect students’ answers about the DAST; twenty four students (9 boys and 15 girls) filled it in, by showing them with the means of an OHP the 10 drawings (all drawings were presented at the same time) about the DAST task of their classmates. The questionnaire took 20 minutes for filling-in and students were asked to work as they like, either alone or in groups, and their science teacher supervised them.

Finally, those 6th grade students form the same sample of the last year, which participated to my teaching sessions. One boy and one girl were newcomers.

The first question of the questionnaire “Zur Schülerzeichnung über Wissenschaftler bei der Arbeit”, was inspired from the many studies related to DAST, for instance Chambers (1983) and Barman (1996, 1997), who made a set of common stereotypical indicators collected from students’ images about scientists, such as, scientist wearing a lab coat, wearing eyeglasses, working in a lab, technology represented (computer, TV, etc), male gender only, indications of secrecy and danger, etc..

Usually, science researchers interpret students’ drawings in DAST literature. I had the possibility to ask students of the same class to interpret their classmates’ drawings. Students’ interpretations of DAST are tabulated and commented below.

On the whole, the 24 girls and boys, who filled in the questionnaire, agreed that all scientists were doing chemical operations. But girls' answers were different from boys, when asked about scientists' characteristics (Tables 25, 26 and 27), like stressing on the communicative part, that a scientist must have. Interestingly, all girls believed that the 10 students of the focus group get their images about scientists at school and especially from their NWA- Unterricht (Table 36).

Table 24

Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	**Mann oder Frau?**			
	Mann	**Frau**	**Beides**	**Keine Antwort**
Females	10	-	3	2
Males	6	-	3	-

Interestingly, no one mentioned the race of a scientist, i.e., regarding his colour. Moreover, 10 girls and 6 boys believed that scientists in the drawings are men. Six students did not write down their justifications, while 12 students, males as well as females pointed out that "Männer kennen sich in diesem Bereich besser aus (1 boy), weil es (eher) Männerarbeit ist (4 girls and 2 boys), weil meistens Männer mit Chemikalien experimentieren (1 boy), gefährliche Arbeit (1 boy), weil die Männer sich bei so was geschickter anstellen (1 boy), man stellt sich nicht sehr oft eine Frau als Wissenschaftler vor (1 girl), meistens sind diese Leute Wissenschaftler und nicht Wissenschaftlerinnen (1 girl). Surprisingly, one girl comment was "Frauen reden/ Männer experimentieren". Finally only 2 girls thought that "das ist eigentlich egal".

Note that the adjectives in bold (Table 25) were more often used by both genders. Finally, I've sorted out the answers with respect to the adjectives; for example, when a student mentioned 2, I counted them as 2 answers.

Table 25

Was muss ein Wissenschaftler sein?	**Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15**	
	Females	**Males**
Schlau, intelligent, klug, logisch	10	4
Neugierig, **vorsichtig**, sicher, ernst, geschützt	6	4
Talentiert, **geschickt, erfahren**, Forscher	5	1
Keine Antwort	1	2

Male students gave fewer adjectives than girls. Moreover, every girl gave at least 2 adjectives. On the other hand, 4 girls mentioned respectively that a scientist must be „gut in der Schule", „Ein guter Wissenschaftler muss 18 Jahre alt sein", „gute Ideen haben" and „egal wie alt, Mann oder Frau". On the other hand, one girl wrote that he must be „experimentierfreudig". Interestingly, one boy mentioned that a scientist must be "sparsam"! Note that the blue colour refers to boys' answers and red refers to girls' answers.

Table 26

Was muss ein Wissenschaftler tun?	Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	
	Females	Males
Experimentieren (sein Experiment)	10	4
Forschen	-	3
Präsentationen, dokumentieren, sprechen	3	-
Nachweisen, schlussfolgern	3	2
Mit Chemikalien umgehen, ... und sehen was rauskommt	4	1
Keine Antwort	1	1

As tabulated above, it is remarkable that both girls and boys stressed on the experimental part of a scientist work. In addition, only girls highlighted the importance for a scientist to document and to communicate his work. Three girls recognized the importance of "Nachweisen"- skills a scientist must have, while 2 boys mentioned his/her ability to "Schlussfolgern". It means that this term is already inserted in students' language (Tricky Tracks activity). Three girls out of 10 girls "Experimentieren" with „Chemikalien mischen und sehen, was rauskommt". One girl noticed that this question is difficult to be answered. One boy mentioned that a scientist must find a "Gegenmittel gegen Krebs finden". One boy wrote "Wir müssen Forschungsergebnisse haben". One girl wrote that he must "bestimmte Zeichen kennen" and 1 boy wrote "Sachen rausfinden". Finally only one girl mentioned that a scientist must "Chemikalien mischen und sehen, was rauskommt (Wirkung), ohne Tierversuche"!

Table 27

Was muss ein Wissenschaftler können?	Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	
	Females	Males
Mit den Chemikalien umgehen, Chemikalien (auswendig) kennen, wissen, wie man mit Chemikalien umgeht	4	5
Mit Feuer auskennen	-	2
Experimentieren, forschen	6	4
Geduld haben; Geduldig auf das Ergebnis warten	2	-
Regeln, sich auskennen, rechnen, viel merken	2	-
Einen Vortrag halten, Experimente erklären, dokumentieren, andere Sprachen kennen	3	-
Gute Ideen haben, gute Sachen erfinden	2	-
Keine Antwort	-	1

Overall, students believed that the core work of a scientist is based on experimenting and he must be able to deal with chemicals. Furthermore, one girl noticed that a scientist must "Alles um die Wissenschaft Chemie können". Only, one boy mentioned that a scientist must "experimentieren, mit Geräten umgehen". Again, only girls shed the light on the ability of a

scientist to clarify his experiment to others. Finally, one girl mentioned the "giftige Stoffe" that a scientist must recognize.

Table 28

Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	**Was haben alle die 10 Bilder für dich gemeinsam? In Bezug auf die Kleidung des Wissenschafters**	
	Kittel (weiß)	**Brillen (Schutzbrillen)**
Females	15	15
Males	6	3

In sum, all girls mentioned the white apron and the protecting eyeglasses that scientists must wear when they do experiments "zum schützen, bei einer Forschung "muss" man das tragen ". Surprisingly, besides these interpretations, 4 girls remarked "Weil sie intelligent (schlau) aussehen sollen" and for this question, one girl's interpretation of the drawings was: " Sein Versuch hat geklappt, ihr Versuch ist gescheitert"! This girl showed the traditional cliché about girls and science. To notice that 3 boys compared the scientist outlook as "Wie ein General"! Moreover, the boys interpretations about the scientist outfit were similar, such as "es schützt den Forscher (vor ätzender Säure, gegen gefährliche Stoffe, weil man das beim Forschen trägt".

Table 29

Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	**Was haben alle die 10 Bilder für dich gemeinsam? In Bezug auf den Gesichtsausdruck des Wissenschaftlers?**							
	Freundlich	Beschäftigt, angespannt, konzentriert	Ernst, aufmerksam	Lächelnd, begeistert	Unlächelnd, böse	Nachdenkend, Anstrengend	Grimmig, griesgrämig	Keine Antwort
Females	-	1	3	6	3	2	2	3
Males	2	1	1	-	-	-	2	1

Interestingly, males and females used different adjectives; 6 girls stressed on the smiling face of a scientist, because "Die Arbeit macht Spaß", " Sein Versuch ist gelungen". This latter interpretation was the same what I heard from the 10 students who made the DAST task during the group discussion! Two boys mentioned the scientist friendly face, because "Es macht Spaß zu experimentieren". Finally, girls who mentioned the "böse" scientist did not give any arguments. The followings are their detailed answers for:
Griesgrämig => weil die Arbeit schwer ist.
Anstrengend =>muss nachdenken, sie arbeiten fieberhaft an einem Projekt.
Konzentriert => sie strengen sich an, alles richtig zu machen.

Table 30

Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	**Was haben alle die 10 Bilder für dich gemeinsam? In Bezug auf seinen Arbeitsplatz**			
	Labor	**Chemieraum**	**(Labor-, Schreib-, Chemie-, Experimenter-) Tisch, Tisch, Pult**	**Büro**
Females	6	7	7	-
Males	-	-	8	1

On the whole, females believed that scientists are performing chemical experiments; 14 girls thought that a scientist workplace in the drawings is a chemistry lab, while 7 boys believed that it is a lab. Only one boy mentioned the scientist bench as a chemistry bench and 2 girls mentioned that scientists must work in special places "Denn im Wohnzimmer, in anderen Räumen ist die Gefahr größer". Their explanations were: "Er braucht eine Arbeitsfläche, dass es angenehmer ist, dass er experimentieren kann; das ist so bei Chemie; ohne diese Dinge kann man nicht experimentieren".

Table 31

Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	**Was haben alle die 10 Bilder für dich gemeinsam? In Bezug auf seine Materialen und Instrumente**			
	Chemikalien	**Reagenzgläser (Becher, Messbecher, Erlenmeyerkolben), Gasbrenner**	**Bücher**	**Keine Antwort**
Females	2	12	2	1
Males	3	5	-	-

Six students did not justify their answers to this question, but many believed that scientists need instruments to do experiments, because "Ohne *Werkzeuge* kann man nicht arbeiten". One girl noted that "Diese Gegenstände braucht man oft in NWA!".

Table 32

Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	**Was haben alle die 10 Bilder für dich gemeinsam? In Bezug auf seine technische Symbole**	
	Keins	**Keine Antwort**
Females	4	9
Males	4	3

Many students did not reply to this question; maybe because they did not understand it, although in many pictures, there was presence of light! One boy mentioned books as a technical tool!

Table 33

Students' Gender Sample = 24 M= 9, F= 15	**Was macht der dargestellte Wissenschaftler?**		
	Experimentiert	**Steht und guckt**	**Keine Antwort**
Females	7	6	-
Males	6	1	1

Overall, the majority thought that scientist are doing an experiment. In addition, one boy and one girl believed that "Er experimenitiert und denkt nach". Their arguments such, "Das ist sein Job (4 boys), weil es ihm Spaß macht und er Geld braucht (1 girl)" were similar to students' answers, who did the drawings. Some students' interpretations were: "Weil sie forschen (1 boy and 1 girl), alle forschen irgendwas (1 girl), one boy believed that the scientist "arbeitet", „weil er was Neues entdecken will" (1 girl), „Das tut man als Wissenschaftler" (1 girl), „Weil er gut in Form bleiben will" (1 girl). One girl believed that

“Weil man im Stehen besser experimentieren kann”. Ten students did not present justifications to their answers.

Table 34

Zeichnungen mit gemeinsame Überschrift	**Students’ Gender**	
	Males	**Females**
Wissenschaftler (aller Welt) bei der Arbeit	1	4
Der Alltag des Wissenschaftlers	-	1
Der Job (Die Arbeit) der Wissenschaftler	3	-
Im Chemieunterricht	1	-
Der schlaue Wissenschaftler	-	2
Das Experiment	-	2
Die Forscher, die Forschung	3	3
Der Arbeitsplatz eines Forschers	1	2
Der Wissenschaftler im Labor	-	2

All students recognized that pictures represent a scientist in his daily work. Only one boy compared the workplace in the drawings with “Chemieunterricht”.

Table 35

Glaubst du, dein Mitschüler hat das Bild erfunden oder hat er/ sie schon einmal ein ähnliches Bild gesehen?	**Students’ Gender**	
	Males	**Females**
Ich glaube, er hat es erfunden	1	7
Ich glaube, sie (manche) haben schon so ein ähnliches Bild gesehen	2	5
Ich glaube, er hat es schon im NWA- Unterricht gesehen	-	3
Beides, glaube ich	2	-
Er hat es im Kindergarten gesehen	1	-
Meaningless information/ Keine Antwort	3	-

Eight students believed that the pictures are the students’ mere imagination. Three girls thought that he/she had get his/ her conception of scientists at work from the NWA-Unterricht. This was confirmed in the female students’ answers in the below table; interestingly, boys and girls have different sources of building their conception about scientists: according to 8 girls, they referred to their school and more precisely, their NWA lessons. On the other hand, 4 boys had their images about scientists from books and the newspaper.

Table 36

Wo hast du ein solches Bild gesehen?	Students' Gender	
	Males	**Females**
Im NWA- Unterricht	-	5
In der Schule	-	3
In einem (Experimentier-) Buch, in einer Zeitschrift	4	-
In einem Museum	1	-
Nie, niergends	2	-
Keine Antwort	2	-

26. 4 Data from the 10 students discussion about their drawings (11. 12. 03).

Scenario: Matthias was absent. The 9 students were sitting as follow: Philipp, Rene, David and Dennis in the first row. Julia and Carolin in the second row and finally Susen, Laura and Tanja sat in the last row. A student from the 10th class stood behind the video camera and he recorded perfectly every detail; The focus group was present in a separate classroom, where all the students' drawings of their scientist at work were on the blackboard. All students were hearing me attentively and seriously. Many of them were smiling to some of my interpretations. When I finished, I started to ask questions that covered a class session in the above order and students were replying after raising their hands. The atmosphere was engaging for discussing their drawings. All took part to the discussion and some students were interfering for objecting or correcting when one of the students was saying his opinion. All students could express their thoughts. Tanja was not talkative as usual and Philipp has all the time a ready answer. To introduce the discussion purpose, I started by reading to them my interpretations about their drawings.

The group discussion was then transcribed and analyzed regarding the following 6 questions. Finally, at the end of every question I was making a brief summary of what students had said and I asked them again to confirm my saying. Note that asking students to validate my interpretations about their pictures is a new strategy not yet used in the DAST literature.

1. Was denkt ihr jetzt über eure Zeichnungen?
2. Was haben die Bilder für euch gemeinsam?
   - ✓ Warum arbeiten sie in einem Raum?
   - ✓ Warum arbeitet er allein?
   - ✓ Warum lächeln einige Wissenschaftler auf den Zeichnungen und andere lächeln nicht?
   - ✓ Warum ist das Labor wie eur Klassenzimmer (der Arbeitstisch, das Terrarium)?
   - ✓ Warum sehen sie ordentlich aus (Notizblock, rasiert)?
   - ✓ Sind Wissenschaftler immer weiße Menschen?
   - ✓ Ihr habt Beispiele über seine Arbeit gegeben und ich finde, dass die Beispiele waren, wie ihr es in NWA gelernt habt; warum?
3. Wissenschaftler sind beschäftigt auch mit Physik, Biologie, Archäologie usw. Warum macht der dargestellte Wissenschaftler nur chemische Experimente (Reagenzgläser, Bunsenbrenner usw ...)?

4. Einige von euch haben in ihren Interviews über gefährliche und giftige Sachen gesprochen. Warum?
5. Woher hast du deine Vorstellung von Wissenschaftlern?
6. Hat unser Unterricht eure Meinung über die Wissenschaftler und ihre Arbeit verändert? Was waren die Veränderungen?

Philipp believed that a scientist could be their science teacher, because he is doing an experiment. For Philip, a scientist could be also a doctor but a "Deutschlehrer" is not a scientist. Dennis believed that a physicist is a scientist because "Die tun ja auch viele Versuche machen „.

Caroline recognized that almost all pictures depict scientists working behind a table, because they need a workplace „Das ist ihr Arbeitsplatz, wie ein Arzt im Krankenhaus oder so" (Susen) and because „Weil es giftige Stoffe sind und die können in die Natur rausfliegen und alles zerstören irgendwie. Bäume oder so" (Philipp). In addition, Susen remarked that „Wenn sie vielleicht Pflanzen untersuchen. Die holen sie sich vielleicht aus dem Wald und nehmen sie dann mit ins Labor".

David noticed that scientists' working tools are chemicals, burner etc.. Like what they used in NWA because „Die Geräte haben wir auch im Unterricht" (Susen). Moreover, scientists need special clothes while working, like protecting glasses „Weil, wenn etwas in ihre Augen geht, dann gehen sie auch kaputt" (René). In addition, scientists work with dangerous and poisonous substances because „Vielleicht will er ein Abenteuer erleben" (Caroline) or „Also manchmal wollen sie das auch gar nicht, aber sie müssen das halt manchmal für den Versuch machen. Weil z.B. wenn man jetzt wissen will, was jetzt Wasser ist, dann braucht man auch so bestimmte chemische Sachen" (René) and „Das sieht dann besser aus, dann können sie sich besser präsentieren; wenn man jetzt nur so mit einer Wachskerze schafft, dann hat es nichts mit einer Herausforderung zu tun" (Philipp).

Philipp remarked that a scientist is working usually alone because he is a specialist but he can also ask for help from other scientists.

René and Philip presented different images about the nature of a scientist work: Philip thought that „nur wenn was draus wird, ist er ein Wissenschaftler. Weil, wenn nichts rauskommt, dann ist es keiner". To the question: „Und wenn er keine Lösung findet. Ist er kein Wissenschaftler?" Here René exclaimed: „Doch! Weil er hat ja wissenschaftlich gearbeitet!". For Dennis, a scientist „ist er dann auch ein Wissenschaftler, weil er versucht ja, eine Lösung zu finden, aber er findet es dann ja nicht", but when he cannot find a solution, then a scientist is "kein bekannter Wissenschaftler".

Many students remarked that the scientists in the pictures look serious and unsmiling because they are taking seriously their work: „Ich finde, ein Wissenschaftler, der nicht lächelt, der macht das nur, weil er seinen Job ernst nimmt" (Philipp), „Manche macht es Spaß und sie lachen dann" (Caroline and Susen), and „Manchenb freuen sich, dass sie was Neues rausgefunden haben und die, die nicht lachen, die haben halt einen Fehler gemacht und müssen noch mal neu anfangen" (Julia and David).

I asked students (a) why the lab in the drawings is similar to their science class and (b) and why scientists in the pictures are performing chemical operations. Tanja and David gave interesting replies, that confirmed my interpretations: "Wir haben das gezeichnet, weil wir das schon kennen, und deswegen konnten wir halt nichts anderes machen, weil wir haben noch nichts gesehen, was so aussieht" (Tanja) and" Weil wir im Unterricht bis jetzt nur das

gemacht haben“ (David) and „Wir haben bis dahin ja nichts anderes gelernt“ (Tanja). René explained that the use of chemicals depends on the nature of the investigation: „Man kann ja auch aus Pflanzen viel rausbringen. Also welche Art und wie die wachsen und wie lange das dauert. Da braucht man ja keine chemischen Sachen“.

When asked about the source of their scientists’ images, „Woher hast du deine Vorstellung von Wissenschaftlern?“ Julia and René said that „Bücher und auch vom Unterricht“, Tanja source was „Aus dem Fernsehen, da kommt ja auch oft so was“, Laura reply was „Mancher hat vielleicht auch noch an Herrn Eggert gedacht, weil er immer so einen Mantel trägt und so eine Brille“.

Many students tackled the ethics of a scientist. Some students believed that scientists can be „böse“, and that their work „Manchmal ist es auch zum Ärgern, d.h. sie wollen Preise abstauben und dann machen sie halt manchmal die Projekte von anderen Wissenschaftlern kaputt“ (René). Dennis said that „Früher habe ich halt immer gedacht, Forscher, die wären so böse. Die Versuche mit Tieren und so“.

The majority believed that scientists are normal people and that anyone could be a scientist. Only Philip and Susen believed that scientists must be “schlau”. Julia objected that “Kann man aber lernen, kann man ja studieren“. About the mental image about scientists, Philip found that “ein Wissenschaftler ist ein ernster, frommer Mann halt. Ein schlauer. Er denkt immer einen Schritt voraus ... Ja, der hat halt viel mehr gelernt als andere Menschen vielleicht “. For Caroline, a scientist must be „klug“ and „Ja, und vielleicht auch Phantasie, also so denkt man halt“ (Laura).

Susen still believed that a scientist work is for men. Surprisingly, one girl noticed that “eine Frau kann als Putzfrau arbeiten”!

Why were all scientists in the drawings white? Philipp argued that “Meine sind nicht angemalt, ich hab keine Hautfarbe“. All agreed that people from China or Africa could be also scientists but “Wir haben alle wahrscheinlich nur weiße Menschen gemacht, weil es vielleicht viel zu schwer war, die anderen zu malen ... Wir haben ja keine dunkle Hautfarbe. Wir haben halt uns gemalt” (René).

Interestingly, no one wanted to make changes in the person (working alone, gender and the outlook). In fact, I asked them what changes would they make to their drawings, Laura and Julia wanted to add books to her drawing because “ich hätte auch Pflanzen oder so was noch dazu gemalt“ (Julia), Caroline would draw her professor in the nature (she is still insisting that the scientist is a professor): „Ich würde meinen Professor in der freien Natur malen“ and „Ich möchte mein Bild verändern, weil meiner soll ja mit Säure und anderen Chemikalien schaffen, da würde ich meinem Typ noch Handschuhe anziehen oder so und einen Schutzmantel. Und noch einen Haarschutz ... Wenn ich jetzt im Nachhenein so was malen würde, dann würde ich Pflanzen und Chemikalien malen. Die Chemikalien so hinten im Schrank und die Pflanzen grad so da vorne“ (Philip). Susen wanted to add more colours because “Weil es schöner aussieht und da kann man mehr erkennen“ and Tanja’s reply was „Ich hätte auch Pflanzen oder so was noch dazu gemalt“.

I asked for voting for the question „Hat unser Unterricht eure Meinung über die Wissenschaftler und ihre Arbeit verändert?“ all boys raised their hands but not girls. Only Susen explained that she doesn’t know. David reply was: „Ich würde noch mal malen, wo der Forscher in der Natur ist und das was er untersucht“, Dennis thought that „Früher habe ich

halt immer gedacht, Forscher, die wären so böse. Die Versuche mit Tieren und so und... sie sind böse, weil sie Versuche mit Tieren machen, aber jetzt halt, der Herr Eggert ist auch Forscher, aber der macht ja keine Versuche“, and Susen change in her drawing is: „Also ich würde mehr Raum, also ich würd ein Fenster reinmachen, sonst sieht das so aus wie eingesperrt und der Wissenschaftler macht es ja als Beruf und dem soll das ja auch Spaß machen. Er soll ja auch von der Natur was sehen“.

26. 5 Discussion and interpretation of students' images about scientists.

The standard image held by students' sample about scientists is not simply a child's image. It is the picture inevitably drawn by adults who wish to convey graphically the concept "scientist". Every element of the standard image either portrays directly some part of the scientist's actual world or else may be taken as symbolic of some part of that world. Thus, it should be no surprise that, when asked to "draw a scientist", even scientists themselves utilize the standard image (Chambers, 1983; Rampal, 1992).

According to Mead-Metraux stereotype, the symbolic value of the eyeglasses, for example, is associated with eyestrain (and thus intense observation). Lab coats are associated with dirty work (and thus experimentation and empirical knowledge). Beards may be seen as meaning "unshaven" (working long and unusual hours) or may represent, as suggested by Mead and Metraux, "deviation from the accepted way of life" (and indeed the scientific community is set apart enough to be studied as a distinct subculture); or, finally, beards may represent wisdom and possession of knowledge (Mead and Metraux, cited in Chambers, 1983).

Unlike Mead and Metraux standard scientist profile, concerning unshaven scientists, all students of this sample represent their scientists without a beard, very organized (maybe because they are "angestellt", so they have to be conform to the habits of the civil functions) and represented as record keeper or accumulator of knowledge (they are writing in a notebook), standing behind the workbench with shelves and books around (Chambers, 1983). The students' sample showed similar perceptions about scientists, with previous literature concerning the workplace, the male gender, the nature of work, but they did not present the mythic stereotypes (such as Frankenstein creatures/ Hyde figures) (Chambers, 1983), nor captions or indications of danger and secrecy.

Furthermore, only one boy (David) mentioned the working long and unusual hours of scientists and their short sleeping habits. Moreover, no student used captions like "I've found it" etc.. (Mead and Metraux, 1975) or "with this I destroy the world!" or indicators of danger on the labdoor (Chambers, 1983). Although many students, when interviewed, expressed their thoughts about dangerous elements as bombs and poisons, there was no presence of any elements of mythic stereotypes, such as Frankenstein creatures (Chambers, 1983) or mad scientists (Sjøberg, 2000). Finally, in some drawings emerged a principal symbol of technology: electricity.

27 Baseline data from the post-interviews about students' epistemologies of science and scientists.

The 10 post-interviews codes are tabulated below:

Categories
Code 1:Alexander von Humboldt
Code 2: Forschen
Code 3: Fragestellung
Code 4: Berufswunsch
Code 5: Hast du da wissenschaftlich gearbeitet?
Code 6: hast du Neues gelernt?
Code 7: History of science
Code 8: Lernen
Code 9: Observation and inference
Code 10: Schülervorstellung von Wissenschaft vor und nach dem Projekt
Code 11: Science and certainty
Code 12: Science and technology
Code 13: Scientific inquiry
Code 14: Students' comments on his/her drawing
Code 15: Vorstellung über Wissenschaftler mit selbst gemaltem Bild
Code 15: Was braucht ein Wissenschaftler als Kompetenzen?
Code 16: Was hast du im Projekt gemacht?
Code 17: Methode des wissenschaftlichen Arbeitens
Code 17: Was ist für dich ein Portfolio?/Bild
Code 18: Was willst du experimentieren?
Code 19: Wie können Wissenschaftler ihre Ideen bekommen?

27. 1 Delineating students' views about science and scientists

27. 1. 1 What competencies should a scientist have?

At the end of the intervention, all 10 students were more talkative about scientists' skills. To the question: „Hast du wissenschaftlich gearbeitet?" All agreed. When asked about (a) scientists' skills, answers were various (intelligence, patience, knowledge of scientific terms, ability to communicate about his work to others) and students' comments depended remarkably of their chosen activity.

- Caroline answers were:

Int: Und was braucht eigentlich ein Wissenschaftler? Was muss der können? Ich meine, du hast ja jetzt schon mal wissenschaftlich gearbeitet. Also vielleicht weißt du jetzt mittlerweile auch, was so ein Wissenschaftler alles können muss.

Caro: Er muss schlau sein, er muss intelligent sein.

Int: Mhm.

Caro: Er braucht Werkzeuge und er muss auch Spaß haben an der Sache.

Int: Und denkst du, dass du von den Dingen, die der können muss, dass du da auch welche jetzt gelernt hast nach dem Projekt?

Caro: Einen Teil.
Int: Und welcher Teil wäre das?
Caro: Die Klugheit.

- Laura answers were:

Int: Und wenn ein Wissenschaftler oder eine Wissenschaftlerin, wenn die an ihre Arbeit gehen, es kann ja auch auf einem anderen Gebiet sein, was muss denn so eine Person können, so ein Wissenschaftler oder eine Wissenschaftlerin? Was müssen die denn alles können?
Laura: Ja, zu wissen, wie man mit dem umgeht oder also mit der Sache und halt einfach das auch erklären können dann, also wenn es dann andere wissen wollen, dass sie es dann auch erklären kann. Also net nur für sich so.

- Mattias answers:

Int: Und wenn so ein Wissenschaftler oder eine Wissenschaftlerin arbeitet, was müssen die denn da so im Allgemeinen können?
Mattia: Was die können müssen? Die müssen gut Schlussfolgerungen ziehen können, dann müssen sie gute Experimente machen können, sie müssen sie protokollieren und sie müssen auch dann die Experimente aufschreiben. Und auch halt die Experimente durchführen.
Int: Was denkst du, welche Fähigkeiten muss ein Chemiker oder ein Techniker haben?
Mattia: Er muss gut überlegen können, ob das funktioniert oder nicht. Und er muss auch dann Experimente bauen.

- Rene answers:

Int: Und ein Wissenschaftler, der dann richtig forscht, ja, was muss denn der können, deiner Meinung nach?
Rene: Also er muss eben Fragen beantworten können oder mal logisch denken. Also wenn jetzt z.B. jemand, verletzt, ist und man sieht jetzt, was da passiert ist, vielleicht eine Schusswunde oder so, dass der jetzt net behauptet, da hat ihn jemand gebissen, also so ein Bär z.B., und denkt, das war wahrscheinlich ein Jäger, der ihn in dem Wald aus Versehen angeschossen hat oder so.

And (b) the acquired skills:

Int: Du bist klüger geworden, ja?
Caro: Ja.
Int: Mhm. Kannst du sagen, ein Beispiel machen, an was, wie du das beweisen kannst, dass du wirklich klüger bist?
Caro: Wenn mich jetzt einer fragt, wie macht der Baum aus Abgasen frische Luft, das kann ich dann jetzt beantworten.
Int: Aha. Und denkst du, du hast also was gelernt dabei?
Caro: Ja.

- David answers were:

Int: Und war das jetzt wissenschaftliches Arbeiten für dich, was du da gemacht hast?
David: Ja, mit der Technik.
Int: Erzähl mal, warum war das wissenschaftliches Arbeiten?
David: Also das muss man auch erstmal wissen, wie man das drüber spannt und alles.
Int: Ah ja. Ein Wissenschaftler, ja, du hast ja mal einen gemalt. Kannst du dich erinnern?
David: Mhm.
Int: Was muss denn der eigentlich alles können?
David: Also bauen, kleben, schneiden, ordnen, ja.
Int: Muss der noch mehr können? Und wenn er auch andere Dinge erforscht?
David: Lesen.

27. 1. 2 What is for you „Lernen“?

Students presented a broad range of understanding of learning. Many students put „learning“ in its typical context as a passive acquired action or as a mental rote learning operation: „Lernen ist, wenn jemand anderes mir jetzt was erklärt und mir zeigt, dann hab ich was gelernt“ (Caroline), „Dass man halt auf einem Blatt was stehen hat, ein Wort oder halt so was, und das dann ein paar Mal durchlesen und dann halt im Kopf haben oder so“ (Dennis). For Susen, she talked about how one can learn regarding the topic in question:

Int Wenn du jemandem erklären müsstest, was Lernen ist, jemandem, der unsere Sprache nicht spricht, ja, der gar net weiß, was das ist, wie würdest du das dem erklären, was lernen ist?
Susen: Hm, ich würde ihm erstmal sagen, wie man lernt.
Int: Ja, wie macht man das denn?
Susen: Also wenn man jetzt z.B. Vokabeln lernt, dann liest man die erst durch und dann deckt man sie zu, die englischen, und dann sagt man es sich vor, bis man sie gut kann.
Int: Mhm.
Susen: So würde ich es auch
Int: Und in NWA, wie lernt man da?
Susen: Also ich hab für die Arbeit, wo wir geschrieben haben, hab ich mir jede Seite angeschaut und hab dann alles auswendig gelernt.

The following is an extract of Laura’s definition about learning. Note, how much it was difficult for her to express her thoughts:

Int: Mhm. Wir haben dich ja gefragt, was du alles so gelernt hast. Wenn du jetzt jemand anderem, ja, der vielleicht unsere Sprache nicht spricht oder so, wenn du dem erklären müsstest, was versteht man denn unter Lernen, was ist das denn? Was würdest du da erklären?
Laura Oh.
Int: Wie würdest du denn den Begriff Lernen dem erklären?
Laura: Hm. Handzeichen.
Int: Nee, der kann dich schon verstehen, aber Lernen, das ist unbekannt, das musst dir umschreiben, das musst du erklären.
Laura: Das wüsste ich net.
Int: Nehmen wir mal an, deine Oma fragt dich und die sagt, was macht ihr da in der Schule, dann sagst du, ja, wir lernen da unheimlich viel, und dann sagt sie, ja, was macht Ihr denn beim Lernen, was tut man beim Lernen.
Int: Ja, wenn man jetzt irgendwas machen würde. Ja, und das halt auch erklären, was das ist und so und, na ja, auch sagen, wie es halt geht und so.
Int: Und das wäre Lernen für dich?
Laura: Hm, net direkt.
Int: Bitte?
Laura: Net direkt.
Int: Nicht direkt? Ja dann musst du es anders erklären. So, dass es jemand kapiert, was lernen ist, wenn es für dich nicht direkt Lernen ist. Dann will ich mal wissen, was ist denn direkt Lernen?
Int 1: Also du willst Modeldesignerin werden. Also brauchst du da Lernen oder nicht?
Int 2: Musst du dazu was lernen?
Laura: Nein, eigentlich nur malen können.
Int: Und das kannst du schon?
Laura: Ja.
Int: Also die Designerin, sie lernt nicht? Sie braucht nicht zu lernen?
Laura: Na ja, jetzt eigentlich net direkt. Eigentlich net.
Int: Was muss sie können?
Laura: Ja, also Kleider malen und eine Vorstellung haben.
Int: Und das kann man oder kann man halt nicht? Das braucht man nicht lernen?
Laura: Nee.

Int: Oder kann man das auch lernen?
Laura: Ja, durch ein Buch.
Int: Also für dich ist Lernen, wenn man nur Naturwissenschaft lernt? Ist das so?
Laura: Ja.
Int: Wenn man jetzt arbeitet, wie ihr im Projekt gearbeitet habt, so wissenschaftlich, lernt man dabei?
Laura: Ja, eigentlich schon. Wenn man also jetzt direkt das wissen will so, dann kuckt man ja schon im Buch oder so oder fragt die Eltern. Und die sagen es ja auch schon und dann schreibt man sich das halt auf und dann kann man sich es auch merken.
Int: Und im Deutschunterricht, lernt ihr da?
Laura: Ja.
Int: Da lernt ihr auch was? Nicht nur in Naturwissenschaft?
Laura: Ja, da lernen wir auch.
Int: Und im Kunstunterricht, wenn ihr malt, lernt ihr da?
Laura: Hm.
Int: Was denkst du?
Laura: Ja, also es ist schon, wenn jetzt irgendwas ist, die Begriffe da, also wie das direkt heißt.
Int: Aber malen selbst nicht?
Laura: Doch. Z.B. jetzt wenn man einen Menschen malen muss, der Kopf, dass der dann net rund ist oder so.
Int: Und eine Modell- Designerin, muss die so was nicht lernen?
Laura: Doch.
Int: Ja, also alles ist noch nicht klar genug. Also du lernst an der Schule, aber wenn du Modeldesignerin sein willst, du brauchst nicht zu lernen?
Laura: Doch, also schon wissen, wie man Menschen malt und so, also jetzt net irgendwie so ein paar Strichle so, also schon Umrisse und so malen können oder zeichnen halt. Ja und das lernt man ja in BK.
Int: Das lernt ihr im Kunstunterricht.
Laura: Ja.
Int: Und kannst du noch mal probieren, den Begriff Lernen zu umschreiben. Nimm mal an, du bist im Fernsehen eingeladen in einer Show und da muss man Begriffe umschreiben. Und jetzt hast du die Aufgabe, den Begriff Lernen zu umschreiben. Probier mal.
Laura: Ja, dafür ist eigentlich die Schule.
Int: Ja. Mhm.
Laura: Ja, also das lernt man ja
Int: Probier mal.
Laura: Also die Lehrer, die erklären das ja dann. Wenn jetzt halt irgendwas ist, die erklären das ja dann. Also so die nennen dann immer Beispiele oder so.
Int: Mhm. Und was passiert mit dir als Schülerin?
Laura: Ja ich krieg das dann mit. Und, ja, mhm, ja also, wenn die Lehrer das erklären, wenn sie es gut erklären, dann kann man es.

But for others, „Lernen besteht aus lesen und dann auch Ausprobieren, Sachen und Meinungen dazu bilden“ (David), or as individual activity „Dass man sich Sachen ankuckt und dass man die sich dann merkt oder sich versucht zu merken“ (Mattias), „Also einfach mal fragen oder so und dann sich auch erzählen oder merken“ (Rene), „Dass man sieht und die sich einprägt oder hört und die sich einprägt, so dass man sich Sachen merken muss“ (Philipp), or learning is combined „Wenn man jetzt über ein bestimmtes Thema was rausfinden will, dass man sich dann damit beschäftigt, z.B. im Lexikon nachschaut oder, ja, und vielleicht die wichtigsten Sachen aufschreibt“ (Tanja) and there is stress on the affective side (Spass oder langweilig) while learning „Neues“, according to Julia own definition:

Int: Wenn du jemandem erklären müsstest, was ist denn Lernen, ja, nehmen wir mal an, da kommt jemand aus dem Ausland und der spricht unsere Sprache nicht, und du müsstest jetzt erklären, wenn man lernt, was tut man da, was ist das, Lernen, wie würdest du das machen?
Julia: Ich würde ihm sagen, Lernen ist, du lernst was Neues kennen und kannst auch Spaß dabei haben, manchmal ist es auch langweilig.
Int: Mhm.
Julia: Und, ja, man lernt halt was Neues kennen.

Int: Aber da benutzt du ja schon den Begriff „man lernt Neues kennen“. Wenn du den gar nicht verwenden dürftest oder das kennt der ja nicht, ne. Wie würdest du das umschreiben?
Julia: Puh, nach dem Lernen erkennt man neue Dinge.

27. 1. 3 History of science: „Hat AVH mit unserem Projekt zu tun?“ and „Haben Wissenschaftler in seiner Zeit gleich oder anders als in unserer Zeit gearbeitet?“

All students were still remembering the story about Alexander von Humboldt. Only Dennis mixed him up with „Alexander der Große“. And they believed that they have „wie Humboldt geforscht“. Interestingly, all empathized strongly with Humboldt especially, Humboldt as a kid (play about his meeting with the of Prussia), and it is remarkable from their answers students were memorizing lots of details about his life and his trip to Latin America after 3 months of the power point presentation.

Caroline, who was sticked to „Klugheit bei Wissenschaftlern“ from the very beginning, presented her argument about the link of her work with Humboldt’s. The following is Caroline’s reasoning:

Int: Und das, was ihr gemacht habt im Unterricht, hat das was mit dem zu tun, was er auch gemacht hat? Habt Ihr was Ähnliches getan oder habt ihr was ganz anderes gemacht?
Caro: Ja, wir haben das gleiche gemacht eigentlich wie er. Er hat auch was geforscht und wir auch, wir haben was herausgefunden und er auch. Er ist dabei immer klüger geworden.
Int: Und ihr auch?
Caro: Ja.

David believed that they had worked like Humboldt, since his task was to make a barometer: „Also er hat z.B. auch ein Barometer gebaut, wie wir... Auch die, z.B. die Themen von den anderen, z.B. wenn er, er ist jetzt auch auf einen Berg gegangen, dann hat er halt auch ein Barometer gehabt und da konnte er halt dann ausmessen“.

According to Dennis, he learned from Humboldt story many scientific terms and he has investigated similar to Humboldt, but not in the same way.

Dennis: Was andere jetzt gemacht haben, z.B. der David, glaube ich, war es, und der Niklas, die haben, mit so einem Barometer hat der doch auch so was gemacht, oder?
Int: Und du?
Dennis: So mit dem kann man es vergleichen. Ich weiß jetzt net, ob er was über Pflanzen macht, aber kann auch sein.
Int: Also, du denkst, Niklas und David haben wie Humboldt erforscht, aber du nicht?
Dennis: Doch, ich hab auch wie Humboldt erforscht, aber halt net das gleiche.
Int: Wenn du jetzt mal überlegst, die einen haben ein Barometer gemacht, Humboldt hat auch ein Barometer gemacht, ja, und du hast über Pflanzen geforscht. Die Art und Weise, wie du das gemacht hast, war das ähnlich?
Dennis: Ja, das war gleich oder ähnlich, ja.
Int: Wie das, was Humboldt gemacht hat?
Dennis: Ja.
Int: Und war es ähnlich, wie es der David und der Niklas gemacht haben?
Dennis: Ja.
Int: Die Art und Weise war also gleich, ja?
Dennis: Ja.

Laura had taken notes during her work in the project, and this what Humboldt also did:

Int: Denkst du, dass es eine Verbindung mit unserem Projekt gibt, seine Arbeit mit unserem Projekt?
Laura: Eine Verbindung gibt es schon. Also der, ja, der hat sich ja auch alles aufgeschrieben und so und der hat ja auch viele Seiten geschrieben, was er halt so macht. Und das hat er sich halt auch aufgeschrieben.
Int: Wie du?
Laura: Ja.

Mattias recognized that:“ Wir forschen auch wie er nach. Also wir überlegen uns genau, was wir jetzt tun, wo wir kucken müssen und dann machen wir zum Teil auch Experimente dazu“.

For Philipp:

Int: Ich hab auch noch eine Frage, Philipp. Findest du bei unserem Projekt eine Verbindung mit Alexander von Humboldt?
Philipp: Ja, bloß, dass wir halt net um die ganze Welt gereist sind.
Int: Mhm. Und welche Verbindung wäre das?
Philipp: Dass wir beide Sachen herausgefunden haben, dass wir beide auch, ja, Sachen, hm, das Wort
Int: Kann ich dir helfen? du findest ein Wort nicht?
Philipp: Nee, jetzt hab ich es wieder vergessen. Wir haben beide auch, ja, beide haben wir auch Sachen gelernt und beide noch viel herausgefunden und, ja. Bloß hat er aber halt noch eine dreifache oder fünffache Steigerung von uns.

Rene was the only one who mentioned the abstract scientific inquiry of Humboldt:

Int: Denkst du, dass es eine Verbindung mit unserer Arbeit gibt?
Rene: Ja, ein bisschen schon, aber net so groß, weil Alexander von Humboldt war eher der Forscher oder der Weltreiser. Das alles jetzt mal von unseren Augen zu sehen, aber er hat es auch von seinen Gedanken gesehen, also von seinen Gedanken geschrieben und so und net von anderen ihren.
Int: Und du?
Rene: Ja also ich hab es auch so geschrieben. Also die Texte zusammengefasst und net einfach vom Buch rausgeschrieben, ja.

Susen said that:“ Also er hat ja auch rausgeforscht und wir haben auch was rausbekommen durch das Portfolio. Und er hat ja auch verschiedene Sachen rausbekommen“.

Only Tanja disagreed about the project connection with Humboldt, but she could not articulate clearly her thoughts: „Hm, ich glaube, weil der andere Sachen halt macht, also gemacht hat, und, ja“.

To the question „Haben Wissenschaftler in seiner Zeit gleich oder anders als in unsere Zeit gearbeitet?“ students presented almost the same arguments, such as, scientists have now better instruments, but they work the same like scientists in the past. Interestingly, students were more confident with expressing their ideas, unlike in the pre-interview.

- Caroline:

Caro: Die haben noch net so Werkzeug gehabt wie wir jetzt haben, glaube ich. Ich bin mir aber nicht ganz sicher.
Int: Ja, aber nur das?
Caro: Oh. Früher gab es vielleicht noch viele seltene Tiere oder viel mehr Tiere oder Blumen oder, ja, Blumen oder Bäume oder so was, gab es ganz andere als wir jetzt haben.
Int: Aber wie sie haben geforscht? Gleich oder?
Caro: Gleich, glaube ich.

- David:

Int: Denkst du, dass in seiner Zeit Wissenschaftler gleich oder anders arbeiten als in unsere Zeit?
David: Ja, die bauen mit Elektronik und wir net. Wir bauen, ja, bauen so halt, mit Luft z.B.

Int: Also sie benutzen jetzt andere Instrumente?
David: Ja.
Int: Aber ihre Arbeitsweise?
Int: Wenn du nachdenkst, sind es nur die Instrumente, die wir jetzt zur Verfügung haben und die die nicht hatten oder gibt es noch andere Dinge?
David: Es gibt noch andere Dinge.
Int: Welche wären das?
David: Also außer Barometern noch andere Sachen.
Int: Und die Art und Weise wie man so arbeitet, ja, wie die gearbeitet haben und wie ihr bzw. wie man heute arbeitet, ja, ist die gleich geblieben oder hat sich die verändert? Bis auf die Geräte. Von den Geräten jetzt mal abgesehen. Arbeitet man ähnlich, gleich oder macht man was ganz was anderes?
David: Ähnlich.
Int: Kannst du sagen, warum du denkst, dass es ähnlich ist?
David: Also die Messwerte halt auch ähnlich wie wir und kriegen halt auch Ergebnisse raus.
Int: Kriegen wir auch?
David Mhm.

- Dennis considered that the scientific inquiry is the same, but instruments are the only difference.

Int: Ich meine allgemein Wissenschaftler in Humboldts Zeit und die Wissenschaftler in unserer Zeit, sie erforschen gleich oder anders?
Dennis: Ja also eigentlich schon gleich, aber heute haben sie halt bessere Instrumente und so.
Int: Also das liegt nur an den Instrumente?
Dennis: Ja.
Int: Aber die Art von Arbeit, die ist gleich?
Dennis: Gleich.

- Laura, like Rene, recognized that instruments nowadays make scientists' task easier.

Int: Denkst du, dass es Unterschiede gibt zwischen den Wissenschaftlern in seiner Zeit und in unserer Zeit, wie sie arbeiten?
Laura: Ja, also die haben, also die von heute, die haben mehr also neumodische Sachen und die anderen halt ältere. Mit denen ist es halt schwieriger zu arbeiten als mit den neuen.
Int: Und denkst du, die Wissenschaftler in unserer Zeit können allein arbeiten?
Laura: Hm, nee, eigentlich net. Oder doch. Ja, also die haben ja eigentlich auch alles, was sie brauchen.
Int: Können sie jetzt allein arbeiten oder müssen sie mit mehreren zusammenarbeiten?
Laura: Ja eigentlich mit mehreren. Weil wenn sie mal was net können, dann können es die anderen.
Int: Und denkst du, dass Wissenschaftler früher anders oder gleich wie unsere Wissenschaftler jetzt gearbeitet haben?
Rene: Nee, sie haben aber viel schwerer gearbeitet, weil sie hatten noch net so viele Instrumente und jetzt haben sie heute sehr viele Instrumente, wo sie jetzt auch mehr mit dem anfangen können. Früher haben sie eben länger gebraucht und auch schwerer war die Arbeit. Weil jetzt kann man ja auch, mit Luftdruckmesser kann man jetzt den Luftdruck messen und früher gab es ja noch net so was.
Int: Also die Instrumente sind sehr wichtig?
Rene: Ja.
Int: Und was noch?
Rene: Ja, das war es eigentlich.
Int: Aber in unserem Denken, denken wir gleich?
Rene: Ja, schon, weil die wollten früher das gleiche, also wie jetzt heute, also mehr rausfinden. Also z.B. über Telefone oder heute will man auch mehr über Telefone rausfinden.

- Mattias, too, stressed on the importance of the use of instruments: „Ja, zum Teil, da man heutzutage andere Instrumente hat, deswegen arbeitet man heutzutage zum Teil auch anders. Aber protokollieren tut man immer noch gleich". He was asked a specific question about the cumulative and continuous aspect of knowledge. Here is what he replied:

Int: Du hast in deinem Portfolio über viele historische Experimente gesprochen, z.B. über den Präsidenten der USA, ja, und wen noch? Und Christian Reiß, ja.
Mattia: Weiß nimmer.

Int: Das war in deinem Portfolio über Elektromagnetismus, ja.
Mattia: Mhm.
Int: Denkst du, dass wir wissen müssen, was sie getan haben?
Mattia: Ja.
Int: Warum?
Mattia: Weil sie sind sehr wissenschaftlich und man muss erstmal herausfinden, dass überhaupt so ein Motor funktioniert und dass überhaupt das sich dreht.

- Philipp said:

Int: Denkst du, dass ist wichtig, über die Arbeit von Wissenschaftlern vor uns zu lernen?
Philipp: Ja, das ist schon wichtig. Weil wenn jetzt so einer dahergelaufen kommt, wie man Ding, wie man stinknormales Streusalz herstellt, und der soll dann mit Streusalz arbeiten, will er dann die ganzen Salzsteine in eine Packung reinwerfen, oder wie. Deswegen muss er schon ein bisschen gelernt haben.

- Susen said:

Int: Und denkst du, die Wissenschaftler in seiner Zeit arbeiten anders oder gleich wie in unsere Zeit?
Susen: Ich denke anders, weil die haben ja net so viele Geräte wie wir.
Int: Das liegt nur am Gerät?
Susen: Also sie tun zwar gleich forschen, aber sie können es halt net so machen wie wir, weil wir andere Geräte haben.
Int: Kannst du ein Beispiel geben?
Susen: Hm, ich glaube, einen Messzylinder hatten die da noch net.
Int: Mhm. Und wenn du nachdenkst, die Art und Weise wie sie es gemacht haben, jetzt unabhängig von den Geräten und dem Zeug, das man braucht, ist die gleich geblieben oder?
Susen: Ich denke schon.
Int: Denkst du, sie ist gleich geblieben?
Susen: Mhm.

27. 1. 4 How can scientists have their ideas?

(or: „Wie und woher können Wissenschaftler ihre Ideen haben?“)

This question was not easy to be answered by this age group. Dennis and Susen could not answer it.

- Caroline believed that scientists get their ideas from observing a natural phenomena catastroph and trying to avoid it:

Int: Mhm. Was denkst du, wie können die Wissenschaftler ihre Ideen bekommen, um eine wissenschaftliche Arbeit zu machen?
Caro: Die können jetzt z.B. ganz vieles erfinden, z.B. dass man jetzt, wenn es Hochwasser gibt, dass die Häuser dann wasserdicht sind, dass kein Wasser reinläuft.
Int: Aber wie kommen die da drauf, dass sie das überhaupt rausfinden wollen?
Caro: Oh. Weil sie wollen immer, dass nicht so viele sterben und dass man nicht so viel verliert oder Häuser, dass so viel kaputt geht, das wollen die verhindern vielleicht.

- David thought that scientists look for knowledge, they try always to perform the old inventions and to help people.

Int: Also ich will dich fragen, wie z.B. Toricelli oder z.B. zu deinem Barometer, wie kann ein Wissenschaftler zur Idee kommen, ein Instrument zu bauen?
David: Dass es der Menschheit weiter hilft.
Int: Aber wie kommt der zur Idee?
Int: Also nehmen wir mal an, der Erfinder des Barometers, ja, der hat das ja als allererstes gebaut, und wie ist der überhaupt drauf gekommen, dass er überhaupt ein Barometer baut? Wacht der auf einmal morgens auf und denkt, ach, jetzt will ich ein Barometer bauen. Wie kommt der da drauf, auf die Idee, überhaupt ein Barometer zu bauen? Wie kommt man auf so eine Idee?
David: Also dass man messen kann, wie hoch z.B. ein Berg ist.
Int: Und warum will man messen?

David: Dass man das wissen kann.
Int: Mhm. Und warum will man das wissen? Deiner Meinung nach?
David: Nee.
Int: Also was uns interessiert, uns beide, ist, ob du weißt, wie die Wissenschaftler zu ihren Ideen kommen. Der eine macht ein Barometer, der andere macht mal ein Telefon, der dritte erforscht Pflanzen, der vierte kümmert sich um die Tiere, ja. Und die wollen ja alle irgendwas wissen. Wie kommen die auf die Idee, ausgerechnet diese Sache wissen zu wollen? Hast du da eine Vorstellung drüber?
David: Hm.
Int: Schwierig, gell?
David: Also z.B. früher hat jemand das schon mal gemacht und das wurde halt noch net gut genug. Dass sie es besser machen können.
Int: Dann macht er das noch mal. Gut.
David: Z.B. mit Elektronik.

- For Julia, scientists can get their ideas from observing the nature, new things that interest them:

Int: Und was denkst du, wie Wissenschaftler zur Idee kommen, eine Forschung zu machen, eine Untersuchung zu machen?
Julia: Wenn sie grad unterwegs sind und einen Vulkan sehen oder so, dann könnten sie was forschen an dem.
Int: Also das ist nur, wenn sie
Julia: Keine haben. Keine Idee.
Int: Und wie kommen sie überhaupt zu Ideen? In der Wissenschaft wird ja relativ viel erforscht, nicht, und wie sind die auf die Idee gekommen, überhaupt was zu forschen?
Julia: Vielleicht wenn sie grad irgendwo hingefahren sind, in den Urlaub oder so, dass sie dann was Neues kennen lernen und dann mal erforschen wollen.
Int: Und wenn sie nicht in Urlaub fahren, wie könnten die dann drauf kommen?
Julia: In der Natur könnten sie vielleicht mal schauen, ob es was gibt.

- Laura considered that scientists have at the beginning a question to investigate, but from her answer, it is obvious that she cannot express her thoughts easily:

Int: Wie kommen die auf ihre Ideen, überhaupt was zu erforschen? Nimm mal an, die Delphine zu erforschen. Wie kommen die da drauf?
Laura: Wenn sie halt jetzt so ein Tier als Haustier oder wenn es jetzt ein anderes Tier wäre, dann müssen sie ja auch fressen oder halt trinken. Und wenn sie die versorgen müssen, dann müssen sie es halt wissen.
Int: Und wenn sie andere Forschungen machen? Über Vulkane oder Barometer?
Laura: Ja dann gehen sie vielleicht hin und beobachten den Vulkan.
Int: Ja, aber wie kommen die überhaupt auf die Idee, den Vulkan zu beobachten?
Laura: Hm.
Int: Was denkst du darüber? Stehen die morgens auf und denken, ach, heute beobachte ich mal einen Vulkan. Wie kommen die da drauf?
Laura: Ja wenn sie es wollen.
Int: Und warum wollen die das, das ist ja jetzt die Frage.
Laura: Ja sie wollen ja wissen, was so ein Vulkan macht und, ja, wie das explodiert oder wie auch immer.
Int: Also sie haben am Anfang Fragen?
Laura: Ja.
Int: Und dann?
Laura: Und dann gehen sie halt hin und kucken halt in Büchern. Und wenn sie da nichts Genaues finden, dann gehen sie halt vielleicht selber hin und kucken.

- Mattias, who is interested in technics, believed like David, that scientists improve the old instruments:“ Er hat zum Teil ältere Sachen und die will er dann verbessern. Dann kuckt er, wie die funktionieren und dann kuckt er, ob man das verbessern kann“. Furthermore, when asked about „ganz am Anfang, wie sind sie überhaupt auf die Idee gekommen, das zu machen?, Wo sie noch gar nichts hatten?“, Mattias reply was:“ Das haben sie zum Teil entdeckt bei anderen Experimenten, die Sachen“.

- For Philipp, scientists work on events that affect people worldwide, like SARS.

Int: Und woher haben die Wissenschaftler die Idee zu forschen? Für dich hast du eine Frage gestellt.
Philipp: Ja, es kommt halt drauf an, was grad so in der Welt passiert. Wenn jetzt, z.B. jetzt SARS, wenn das jetzt ausbricht, dann müssen die Wissenschaftler ja auch ein Gegenmittel da herausfinden. Die müssen halt die Welt beobachten, was halt nützlich werden könnte, was sie halt erfinden könnten, was den Menschen auch was bringen könnte und dann erfinden sie halt das. Wissenschaftler beobachten in der eigenen Welt und stellen dann auch die Sachen her, ja.

- Rene considered that scientists work to make people life easier. His response was in the context of communication (phone):"Also wenn jetzt die Menschheit, die wollte ja auch schnell kommunizieren, also net nur so Morsegeräte, also jetzt net so Morseschriften entziffern, auch mal dem anderen seine Stimme hören. Und da haben sie eben voll lange versucht, das so zu schaffen und, ja. Further he insisted that:"Ja, also ein Teil, ja, also die Menschen, die wollen es ja auch jetzt mehr wissen. Also früher haben sie sich net so gefragt, was ist in 10 Jahren, erfindet man da Telefone, weil es für sie noch gar net gab, also Telefone. Und jetzt fragen sich die Menschen ja mehr, was jetzt in 10 Jahren, ob es da ein neues Telefon oder irgendwas Neues gibt. Und da wollen, oder manche Konzerne, die haben eben so Wissenschaftler für Medizin oder für Telefone oder so. Und die haben dann die bestimmte Aufgabe, das neu zu erfinden".

- Tanja believed that scientists work according to what interest them, like when they decide to know absolutely about a volcano. Then they investigate it:" Also wenn man jetzt denkt, ja, ich will jetzt wissen, wie z.B. also wie ein Vulkan ausbricht. Und, ja, weil einen das halt so arg interessiert, dann will man es halt unbedingt wissen".

27. 1. 5 Science and certainty.

Five students (3 boys and 2 girls) answered the question: „Denkst du, dass die Informationen in deinem Portfolio in 50 Jahren werden falsch?". All agreed that the current acquired knowledge will stay correct, but new knowledge will be discovered.

- David's answer was contradictory. Here is what he said:

Int: Denkst du, dass diese Informationen in 50 Jahren falsch sein werden?
David: Nee.
Int: Warum?
David: Oder doch, eigentlich die erfinden nämlich neu wieder das, also neue Sachen.
Int: Mhm. Aber die werden nicht falsch?
David: Nee, net falsch.

- Julia: „Nee, es könnten neue dazu kommen. Aber ich glaube, die alten bleiben".

- Mattias: „Sie sind immer noch richtig zu dem jetzigen Zeitstand von damals. Also wenn man jetzt in 50 Jahren wäre und man hätte ganz andere Motoren, dann funktionieren die zwar anders, aber von dem Zeitpunkt, wo ich die Motoren gemacht hab, bis dahin hat es noch gestimmt".

- Rene: „Nein, eigentlich net, weil in 50 Jahren kann ja auch was anderes ein. Da können ja auch jetzt neue Telefone, also so Telefone ohne alles, also einfach nur so Apparate, wo man jetzt ohne Schnur, ohne Verbindung reden kann, also so ganz neue Sachen erfunden werden. Und da ist eben, also den Stand, wo man über das jetzt weiß, ja".

- Susen responded within her contextual theme:

Int: Also du hast ja da was aufgeschrieben im Portfolio. Das war ja ganz clever, was du da aufgeschrieben hast. Meinst du, wenn jetzt 50 Jahre rumgehen und das liest einer, das kann der noch gebrauchen, so wie wir es heute gebrauchen können? Heute können wir ja was mit anfangen, was du geschrieben hast und rausgefunden hast, ne. Waren ja clevere Dinge. Sind die in 50 Jahren genau so clever und kann man damit auch noch was anfangen? Was denkst du?

Susen: Hm, es kann sein, dass man noch was mit anfangen kann, aber es kann auch net sein, weil vielleicht die Luft anders ist.

Int: Und du hast ja die Luft erforscht, ne.

Susen: Ja.

Int: Und dann, was denkst du, was jetzt wahrscheinlich ist, alles anders oder ist vieles gleich und ähnlich?

Susen: Vieles gleich.

Rene was the only to be asked whether technology is changing our everyday life (besser und einfacher) and he answered:"Ja, weil wenn ein Telefon, früher, wenn man nach Amerika telefonieren wollte und die Präsidenten wollten mit sich reden, dann mussten sie es mit Briefen oder mussten sie sich treffen. Und jetzt kann man von Deutschland nach Amerika telefonieren. Also halt net so lange warten wie mit Briefen oder so".

27. 1. 6 Students' future job.

Students were asked at the beginning of the post-interview about their future carriers (Table 37). The list below shows their wide range of choice. This implies that these students have different hopes and priorities for their future and it indicates the importance of stressing the "other-oriented" or "personal-oriented" aspects of science and technology versus stressing the "ego-centered" or "instrumental" aspects, or possibly the "intellectual" aspect of the subject (Sjøberg, 2000).

Sample= 10	Berufswunsch
Caroline	Naturforscherin oder Tierärztin oder irgendwas mit Tieren
David	Fußballer
Dennis	Schlosser
Julia	Lehrerin oder Kindergärtnerin
Laura	Modelldesignerin
Mattias	Techniker oder Chemie oder Sport
Philipp	Computeringenieur
Rene	In der Bank (pre-interview)/ Irgendwas mit Computer (post-interview)
Susen	Krankenschwester oder irgendwas mit Tieren, im Zoo
Tanja	Richterin

Table 37: shows students' future career wish.

27. 1. 7 No single scientific method: "Was hast du im Projekt gemacht?"

Students have had the opportunity during the project to "work like scientists". And this was said explicitly to them at the beginning of the approach. They could see that there is "no single scientific method" (Osborne et al, 2003) and it depends, in reality, on the topic to be investigated. All recognized that (a) they worked like scientists (b) that they learned lots and (c) „Experimentieren macht Spaß " (explicitly expressed by girls).

- Caroline, who investigated photosynthesis: „Wie macht der Baum aus Abgasen frische Luft?“ described in details the procedural steps; she has a question and before doing the “Kresse- Experiment, “ich hab schon Sachen gesucht für das Thema... Ich hab das Nötigste oder ich hab ganz viel gesucht über das Thema halt vorher dann. Ja. Ich wusste ja auch noch nicht, ich hab ja die Frage auch genommen, weil ich das sehr interessant fand. Weil ich noch net wusste, wie der Baum das wirklich macht“.

When asked:

Int: Da habt ihr wissenschaftlich gearbeitet?
Caro: Ich glaube.
Int: Das heißt du glaubst oder du bist dir ganz sicher?
Caro: Ich glaube.
Int: Wenn du einem erklären müsstest, was ist das, das wissenschaftliche Arbeiten, was würdest du da dann sagen? Was macht man da?
Caro: Was Neues herausfinden.

- David’s theme was about making a barometer. He believed that the scientific part of his task has to do “was mit der Technik”, besides reading.

Int: Und hat das was für dich mit wissenschaftlichem Arbeiten zu tun, was du da gemacht hast oder eher nicht? Habt ihr da wissenschaftlich gearbeitet?
David: Wo wir es gebaut haben.
Int: Ja? Erzähl mal, was habt ihr da gemacht?
David: Also wir haben ein Brett genommen, dann haben wir ein Glas genommen und da drüber haben wir ein Gummi gespannt. Und da drauf haben wir dann ein Röhre geklebt und da drüber war halt Pappe und Millimeterpapier. Und wenn halt der Luftdruck hoch ist, dann steigt der Strohhalm halt.
Int: Und war das jetzt wissenschaftliches Arbeiten für dich, was du da gemacht hast?
David: Ja, mit der Technik.
Int: Erzähl mal, warum war das wissenschaftliches Arbeiten?
David: Also das muss man auch erstmal wissen, wie man das drüber spannt und alles.

- Dennis consisdered that he worked as a scientist, when „Wir haben halt die Beobachtungen aufgeschrieben“ – Und sonst noch was? Außer Beobachtungen aufscherieben? „Ich weiß net“. In fact, Dennis and Philipp’s theme was about „Wie kreuzt man Pflanzen?“. During their investigation, they concluded that it it cannot be realized in a short time „Eigentlich war es ganz blöd, weil wir hatten net genug Zeit, für eine ganze Pflanze zu kreuzen“ (Philipp). So they chose by themselves another theme „Das Wachstum bei Pflanzen”. Here is what they did: „Wir haben so Experimente gemacht wie Bohnen in so Wasser legen und dann wachsen sie. Die sind aber vergammelt“. When he was asked about what he had learned. The following was his answer: „Ich wusste z.B. net, dass wenn man bei einer Karotte das Kraut abschneidet, dass sie dann weiter wächst. Und dass Bohnen, wenn man zu viel Wasser rein macht, dass sie dann kaputt gehen“.

- Philipp and Dennis had experienced an authentic scientific circumstance that any scientist could meet during his work and they tried to find by themselves a solution to the emerged problem till the last moment. Philipp, who has a large knowledge about everything and especially about plants, argued why and how he choose another theme; „Als wir erfahren haben, dass wir nimmer genug Zeit haben, um das zu kreuzen, sind wir halt mehr aufs Pflanzenthema draufgegangen. Dann haben wir Versuche gemacht mit Bohnen, bis dann die Pflanze rauskommt, mit Tinte, Essig und einer Pflanze. So dass man eine Pflanze in Tinte reinmacht und Essig, eine weiße, und dann wird die blau und, ja“. His inquiry was reduced to making observations „Und da war die Forschung, dass wir Pflanzen eigentlich auch beobachtet haben“.

- Das war die Forschung? „-Beobachtung. Weil wir haben ja beobachtet und was wir dann herausgefunden haben, was sich daran verändert hat, haben wir dann aufgeschrieben. Also war es eine Beobachtung“. He proceeded then with experimenting, but unfortunartely here is what happened: „Das mit dem Saat, oder mit den, wie nennt man es, Bohnen, da kam was Gutes raus, da die Bohnen, die sind aus, also wir haben da so Glas gehabt, da haben wir dann Klopapier, ganz feuchtes, reingemacht und haben dann die Bohnen reingelegt. Aus den Bohnen kamen dann die Samen raus. Und, ja, wurde ach ne Pflanze. Obwohl die Bohnen noch vorher gar nix waren, nach zwei Tagen kamen schon die ersten Sprösslinge. Und bei der Pflanze da, die wo dann so blau färben sollte, da wurde nix. Die ist aber auch net verwelkt, die lebt jetzt noch“. And this was according to Philipp, his „Beobachtungen“. Philipp infered finally explicitly „Die ist noch da, aber wird nicht blau. Doch, die wird schon blau, aber nicht richtig blau, wie es halt sein sollte. Nur so ein ganz bisschen blau. Hat nur einen blauen Schimmer. Und bei der Kreuzung, unsere Schlussfolgerung war, dass wir noch nicht fertig sind“. To the question about acquiring knowledge at the end, his reply was: „Ach so, ich hab gelernt, dass man, dass durch Wasser, aus Wasser und aus Feuchtigkeit, aus Bohnen was, also die Pflanze rauskommt und dass die Blumen Farbstoffe annehmen“. He was asked another question besides what he knew about the plants. Here is what he said:

Int: Ja, nehmen wir an, es sind jetzt keine Bohnen mehr, es sind jetzt Tiere oder es ist was mit Strom oder es ist was mit Computern, ja, was hast du jetzt bei dem Projekt mit den Bohnen gelernt, was Du da auch brauchen könntest?
Philipp: Bücher zum Nachlesen.
Int: Wie man die benutzt meinst du oder wie?
Philipp: Ja, dass man da dann sehen könnte, was da grad so steht, wie man das macht, eine genaue Beschreibung. Oder vielleicht Leute, die wo da drin Erfahrung haben, die dann fragen.
Int: Mhm. Also den Umgang mit Büchern, ja. Hast du noch andere Dinge gelernt, die du im Allgemeinen so brauchen kannst?
Philip: Jein. Also ja, einmal mit dem Mikroskop, dass man das auch braucht, um z.B. die Pollen zu untersuchen, und nein eigentlich für, dass man bei der Kreuzung eigentlich gar nix braucht. Blumenerde halt oder normale Erde. Aber die kriegt man ja hinter jeder Ecke.
Int: Mhm. Also dass es eigentlich sehr einfach auch sein kann, meinst du?
Philip: Ja. Sehr einfach und ganz gut, wenn man halt das Zeug dazu hat.

- Julia and Susen’s question was „Woraus besteht die Erdatmosphäre?“. For Julia, the most important condition for learning was having “Spaß”. This condition was confirmed during her work. Her major scientific work as scientists was: „Beim Experimentieren mit den Gasen, die in der Erdatmosphäre sind und beim Aufschreiben“. To the question: „Und von dem, was so ein Wissenschaftler können muss, hast du von den Dingen auch was gelernt?“ She agreed. –„Was hast du noch gelernt?“ „Also dass man oder halt der Herr Buck, der hat uns gesagt, dass die net gefährlich sind und die waren dann auch wirklich net gefährlich und dass das Experimentieren auch eigentlich Spaß machen kann und man was Neues lernen kann“.

- Susen had similar arguments as Julia’s; they do work as scientists: “Also so wie der Herr Buck jetzt Sachen holen, wie die Lüfte, die verschiedenen, die Gase und das dann mischen und so, rausfinden, erforschen und wir haben mit dem Herrn Buck die Stoffe erkannt, z.B. so, hm, z.B. Sauerstoff oder Stickstoff haben wir in einen Zylinder reingemacht und haben dann erklärt, haben dann eine Kerze in den Zylinder rein und ob die jetzt ausgeht oder wird sie heller, das haben wir dann alles schriftlich noch mal aufgeschrieben“.

- Laura was interested in wild animals, she had „Beschrieben, also wie sie auch aussehen oder so... was die halt so machen, wie sie im Winter oder im Sommer, was die dann da machen und die halt beschrieben“. She could not answer, when asked about „von Fähigkeiten, was so ein Wissenschaftler können muss, hast du von denen auch, kannst du jetzt auch da was, was die Wissenschaftler können?“ But she agreed that she learned lots about animals „was die essen und wie die leben, wie sie jagen“. To the question „hast du wissenschaftlich gearbeitet?“, her reply was:

Laura: Ja, also ich hab ja so ein Buch gehabt und da hab ich ja auch manches dann rausgeschrieben. Und, ja, dann glaube ich es halt mal.
Int: Und das war wissenschaftliches Arbeiten?
Laura: Na ja.
Int: Ja, klar. Und hast du noch wissenschaftlich gearbeitet in dem Projekt?
Laura: Äh.
Int: Ja, erzähl einfach. Entweder du bist der Meinung, Du hast wissenschaftlich gearbeitet oder du bist der Meinung, du hast nicht.
Laura: Teilweise.
Int: Ja, erzähl mal, wo das war. Bei welchen Teilen hast du wissenschaftlich gearbeitet?
Laura: Ja, so bei manchen Tieren, z.B. bei einer Katze oder so, also da sind wir auch zu mir gegangen und haben die beobachtet oder bei der Alina halt, bei der haben wir es bei den Hunden beobachtet. Oder bei irgendso einem Tier.
Int: Mhm. Was war keine wissenschaftliche Arbeit?
Laura: Hm. Eigentlich nix. Nee, eigentlich irgendwas hat alles damit zu tun.

- Mattias’ topic was about electricity. He succeeded to make a model of a motor after reading some books. Here is what he did: „Ich hab nachgekuckt über die Sachen, wie die Antworten sind und dann hab ich auch entsprechende Experimente dazu gemacht“. His work as a scientist was „Die Experimente hab ich gebaut und ich hab in Büchern nachgelesen und hab auch selbst ausprobiert wie es geht“. His responses about his acquired skills were very interesting:

Int: Was hast denn du von den Fähigkeiten, die du jetzt da genannt hast, alles gelernt?
Mattia: Ziemlich viel.
Int: Ja? Sag mal welche.
Mattia: Das genau beobachten, wie man die Sachen aufbauen muss.
Int: Mhm.
Mattia: Und das gute Umgehen mit den Instrumenten. Das vorsichtige Umgehen.
Int: Hast du noch was gelernt?
Mattia: Ja, dass man net einfach alles ineinander schütten darf.

- Rene, who made also a model of the earth and within its orbit some satellites, and whose theme was about the historical development of telecommunication devices agreed that he had worked as a scientist, such as reading relevant books to the chosen theme and then summarizing what is important by using his own words and of course logically thinking. Here is what he did too: „Also, ja, ich hatte das Thema Telekommunikation und da hab ich eben viel durch Bücher gelernt, aber auch selbst Versuche gemacht. Also z.B. mit dem Morsegerät haben wir eben so Lichterspiele gemacht, also der Herr Buck hat mir was gemorselt und ich musste es dann eben beantworten oder ich ihm, ja, und da haben wir eben so die ersten Versuche gemacht, wie das geht und so. Und dann hab ich eben viel durch Bücher gelernt und auch selber ein bisschen logisch gedacht.“ Rene believed that with all what he did, he was not working 100% as a scientist, as if the mental work does not count. For him only what is „Neues rauszufinden“ in the laboratory is considered as a scientist’s work! His argument was the following:

Int: Und war das für dich wissenschaftliches Arbeiten?

Rene: Ja, schon, aber net so ganz, weil man hat ja net so alles erfunden, man hat ja das meiste schon in Büchern gehabt.

Int: Was müsste dazukommen, damit es dann wissenschaftliches Arbeiten wäre?

Rene: Ja, das ist ja eigentlich schon so gewesen, aber wenn man jetzt net alles von Büchern abschreibt oder zusammenfasst, das könnte man ja auch so machen, ja, also mit den Büchern, welches Buch, also wie das gedacht ist und so in Worten von jemand anders sehen, also net so von dem Buch die Worte sagen.

Int: Ah ja. Und wenn du auch wissenschaftlich gearbeitet hast, was hast denn du da jetzt gelernt, was man eigentlich zum Wissenschaftler braucht? Wenn du dir überlegst, was braucht ein Wissenschaftler und was hab ich denn davon gelernt jetzt nach dem Projekt.

Rene: Also ich hab gelernt, dass man eben jetzt net immer alles abschreibt, dass man es auch zusammenfasst, also mit den eigenen Worten. Und was im Buch steht, das interessiert fast keinen, wenn man es einfach nur abschreibt, als wenn man es jetzt selber zusammenfasst und das Wichtigste jetzt aufschreibt.

Int: Also das hast du gelernt. Hast du noch mehr gelernt?

Rene: Ja, also dass man auch mal was selber versuchen sollte. Also net immer einfach ein Versuch, wo schon gemacht wurde, aus einem Buch jetzt abschreiben.

- Tanja's theme was about volcanoes. She did a model of a volcano with her friends and all students saw its "Ausbruch" at the end of the school year. She believed that she worked like a scientist "Also weil wir jetzt also rausgefunden haben, wie ein Vulkan so ausbricht und wieso, ja, und das halt den anderen dann auch gezeigt haben. What has she learned new? Only a body of knowledge about volcanoes „Also das, was für mich wichtig war und, ja, das halt über Vulkane, wann die ausgebrochen sind und so. Dass man da halt viel gefunden hat„

27. 1. 8 How can scientists investigate things they cannot see?

This question was asked to 5 students (2 boys and 3 girls). The following are students' extracts to this question formulated within the context of every student theme.

- Dennis:

Int: Du hast die Pollen unter der Lupe gesehen, ja, und du hast das gemalt. Aber wenn du nicht die kleinen Sachen sehen kannst, wie können Wissenschaftler z.B. über die Gase sprechen und die sind unsichtbar?

Dennis: Die haben es halt mit den verschiedenen, also ein Gas jetzt oder die Luft jetzt haben sie mit verschiedenen anderen Gasen dann gemischt und haben dann rausgekriegt, was das Gas jetzt kann und, ja.

Int: Aber sie können nicht die Gase sehen?

Dennis: Nee.

Int: Aber trotzdem forschen sie?

Dennis: Ja.

Int: Und sie sind sicher, dass die Gase sind da?

Dennis: Ja, sie sind sich sicher, aber es kann auch sein, dass es manchmal net stimmt.

- Julia:

Int: Du schreibst in deinem Portfolio, dass die Erdatmosphäre aus verschiedenen Gasen und Schichten besteht. Was denkst du, wie Wissenschaftler so bestimmen können, obwohl man nicht in der Atmosphäre zu Hoch gehen kann?

Julia: Ich hab Sie jetzt net verstanden.

Int: Wie können die Wissenschaftler Gase bestimmen, die in der Atmosphäre sind, was denkst du, wie die das machen?

Julia: Die müssen halt hochfliegen eventuell und dann so ein Gerät in die Luft halten und messen.

Int: Und die Gase sind unsichtbar, aber wie können die Wissenschaftler das wissen?

Int: Die haben es ja schwer, da hinzukommen und die sehen die Gase ja auch net, sie vermuten nur, die sind da, sie sind nicht sichtbar und sie kommen auch noch schwer hin. Wie können sie die deiner Meinung nach trotzdem erforschen?

Julia: Nach Riechen oder auch mal vielleicht Fühlen.

Int: Das wäre eine Möglichkeit, ja. Noch eine andere?
Julia: Nee.

- Philipp:

Int: Also bei unserem Projekt, das letzte Projekt, du hast die Pollen unter der Lupe untersucht, ja?
Philipp: Mhm.
Int: Du kannst nix sehen, z.B. wie die Atome z.B., also wie können die Wissenschaftler das forschen? Wie die das dann sehen können ohne Mikroskope oder so?
Philipp: Hm, eigentlich gar net.
Int:p Wenn etwas unsichtbar ist, wie können die Wissenschaftler das wissen?
Philipp: Ohne Mikroskop?
Int: Ha ja, überleg es dir.
Philipp: Mit Messgeräten eigentlich. Wenn es unsichtbar ist, dann, vielleicht Luft, dann kann man mit Messgeräten was rausfinden. Aber ohne Mikroskop kann man ja eigentlich keine Pollen untersuchen.
Int: Und wenn es keine Pollen sind. Wie z.B. die Luftgase?
Philipp: Die kann man mit einem Messgerät.
Int: Welches Messgerät?
Philipp: Hm, es gibt da solche, wie die heißen, weiß ich net, aber es gibt solche Dinger, also solche Uhren und die steigen dann so, was dann grad so ist. So eine hat mein Opa, glaube ich, ja, mein Opa daheim.
Int: Also du meinst, man braucht unbedingt ein Messgerät?
Philipp: Man braucht halt sein Werkzeug. Ohne das Werkzeug kann man eigentlich gar kein Wissenschaftler sein.

- Susen:

Int: Wie können die Wissenschaftler die Gase bestimmen, obwohl die unsichtbar sind? Was denkst du?
Susen: Also wir haben die Gase in einen Zylinder gebracht, wir haben Wasser genommen, einen Wassereimer, haben den Zylinder kopfüber reingestellt, haben die Gase, wo in einer Flasche war, in den Zylinder oder Wasser reingepustet und dann haben wir zugemacht den Zylinder und haben dann rausgeholt und dann war das Gas drin.
Int: Also man braucht bestimmte Messgeräte?
Susen: Ja.

- Tanja:

Int: Du schreibst in deinem Portfolio über Vulkane und wie die Erde äh der Kern der Erde ist, besteht aus verschiedenen Schichten und so. Was denkst du, wie die Wissenschaftler den Kern der Erde bestimmen können, obwohl niemand dort war?
Tanja: Vielleicht ist bei dem einen Vulkan, da ist ja ein Stück weggebrochen. Vielleicht davon. Also dass man das dann, ja, dass man dann da halt kuckt also aus was das alles besteht.
Int 1: Also für dich, die unter der Erde oder im Zentrum der Vulkane, die Bilder, die du schon gemalt hast. Die sind richtig, oder?
Int 2: Die Bilder, die du über die Unterirdischkeit, über das Unterirdische gemalt hast, sind die so, sieht das da so aus?
Tanja: Vielleicht net ganz genau so, aber schon.

27. 1. 9 Students' views about science and scientists before and after the project.

The followings are students' quotations about their development of their epistemological views about science and scientists.

- Caroline:

Int: Und da hab ich dich nach deiner Vorstellung gefragt, was denkst du, was Wissenschaft ist, damals, ja, das hab ich dich gefragt.
Caro: Ja.
Int: Und jetzt frag ich dich heute wieder danach, was ist deiner Meinung nach Wissenschaft, ja. Aber das brauchst du jetzt nicht beantworten. Ich will viel mehr wissen. Ich will wissen, das, was du damals gedacht hast und das, was du heute denkst, gibt es da jetzt einen Unterschied? Also noch mal. Ich frag dich, was verstehst du unter Wissenschaft?
Caro: Früher hab ich gedacht, wenn man was lernt, wo man auch dann was herausfindet. Und wenn man, da

wird man dann auch irgendwie intelligenter. Und heute denke ich, dass wissenschaftlich, also dass es gut ist und dass man dabei vieles lernt und dass man da auch schlau wird ein bisschen.

- David said: „Also früher hab ich gedacht, es wäre net, doch, heute denke ich, dass Wissenschaftler bedeutend ist, z.B. Sachen erfinden, wie ein Auto. Ja“.

- Rene: „Ja, also früher hab ich immer gedacht, dass die Wissenschaftler auch jetzt einfach in die Wüste gehen oder so, also dass sie net immer so arbeiten können zu Hause oder so, aber jetzt denke ich, dass sie auch zu Hause arbeiten können. Also z.B. kriegen sie Infos von anderen Wissenschaftlern und die müssen es jetzt auch zusammen machen. Oder sie wollen jetzt z.B. was über die Weltpolitik wissen, das sind ja auch Wissenschaftler, wie sie denken, wie dann die Struktur, also Infrastruktur ist. Also die wollen ja auch das wissen, wie es in 10 Jahren dann so ist. Also ob die Welt da Krieg macht oder so, ja“. When asked:“Woher hast du alle diese, jetzt deine Meinung bekommen?“, he replied: “Ja, also vom Unterricht. Weil da haben wir auch viel über das gelernt. Also so mal selber Wissenschaftler zu sein im Portfolio. Und da hab ich es eben so gedacht und dann auch gemerkt, dass man auch das zu Hause machen kann. Also dass man Informationen auch lange, von langer Zeit erfahren kann“.

- Julia said:

Int: Und heute frag ich dich wieder nach deiner Vorstellung von Wissenschaft. Wie hat sich das denn verändert?
Was hast du früher über Wissenschaft gedacht und was denkst du jetzt, nach dem Unterricht, heute über Wissenschaft?
Julia: Ja, also vorher, dass es langweilig ist und, ja, langweilig und dass man halt nix lernt.
Int: Und heute?
Julia: Dass man was lernt und Spaß dabei haben kann.

- Laura said: „Ja, also früher hab ich gedacht, ja, das ist schon ein bisschen blöd so. Und jetzt, wo ich halt weiß, also wo wir das Thema benutzen, das ist schon interessant. Also schon interessant so“.

- Mattias:

Int: Heute frag ich dich wieder danach. Was hast du denn früher gedacht und was denkst du heute, was Wissenschaft ist?
Mattia: Ziemlich das gleiche.
Int: Ja?
Mattia: Wissenschaft ist Sachen herausfinden und sie auch genau aufschreiben und wenn man die dann herausgefunden hat, was es ist, dann muss man noch die Eigenschaften herausfinden und das muss man dann halt auch in vielen Fächern machen.

- Tanja said: „Ja. Also früher, da hab ich nur gedacht, dass die halt nur jetzt mehr können wie andere und jetzt denke ich eher, dass die herausfinden wollen, also über ein bestimmtes Thema neue Sachen halt herausfinden“.

28. Analysing students’ portfolios.

The portfolio sample constituted of 28 portfolios, 2 were dropped, because of no finishing them. Students started with their portfolios from mid-May till the beginning of July. One session on Fridays was devoted to portfolio work, where there was a real student-teacher and student-student interaction, class and group discussions and filling-in pen-and-pencil sheets, in order to follow students with their learning process and being aware of

students needs about portfolios, as well as to provide them with books and materials. To notice that students were in their second portfolio work, which means that students were used to this form of learning. Students get at the beginning a detailed checklist "Wie schreibe ich mein Portfolio" and the end of the activities another detailed checklist of "Portfolio Bewertungskriterien" to develop insight of the criteria that they will be used to assess their portfolios, but there was a class discussion, where students set the assessment items. Twenty six portfolios out of 28- because 2 students gave them after the deadline- were then assessed (every student has to evaluate 2 portfolios) according to students' self-set criteria. At the end, students made posters summarizing their activity and because of the lack of time, only 2 groups (the barometer and the volcano groups, 5 students) were able to present their works to the class.

Students got scores, which were also discussed including their teacher and one educator expert.

28. 1 Data from the first portfolio.

The first portfolio, realized in 6 sessions, aimed to initiate students to this new learning tool.

At the beginning, students were initiated to the portfolio work in 3 sessions: they had to formulate questions of their interests about a common theme, which were the locusts (Stabheuschrecken). I noticed in the classroom a terrarium full with these insects, that students had to bring them food and water, and clean it once a week. In fact, I got the idea about this theme in order to introduce the portfolio work in the classroom in an easy way to students. Some students' questions were: where they live, what they eat, do they have all wings, etc.. and this was the cornerstone to launch this new learning instrument.

Remarkably, based on their first portfolios, I noticed that students were faced to a new learning situation: reflecting on their own learning process. Many students understood 'reflection' as commenting on whether their acquiring factual scientific knowledge is right or wrong.

For the first portfolio, students did not get scores but they had a detailed feedback about the positive and creative things showing their portfolios. Note that students took seriously this session; they heard attentively every word I was saying, and all were looking at the end at the other portfolios. Table 38 below delineates what I said to students:

Feedback to Portfolio
Portfolios are not only folders with the collected documents.
It is not necessary to have a long portfolio!
As the first time pupils wrote portfolios, it showed that the majority understood its purpose.
In the next time, students will assess their friends' portfolios.
I liked in your portfolios the creativity and diversity.
Some portfolios, especially for some boys, their writings were unreadable!
From your portfolios I know now that you got answers by yourselves to your questions and how you searched.
For the next portfolio you will have enough time.
Some students did not write their "Vorwort, Inhaltsverzeichnis" etc..
I took into consideration your comments.

What I like in your portfolios
David's portfolio was written in a very clear way: I knew what he learned and how he learned!
Diana and Tanja had "Beratung" from her parents.
The layout of Jennifer and Angelina's portfolios is very nice.
I like the "Nachdenken" of Carolin.
I like how Philip referenced to his friend, teacher and his own observation.
Julia, Laura and Niklas made very nice drawings of the insects.
Rene's "Vorwort" was very well written and the list of references!
Aline had a very nice way to represent her thoughts using the callouts!
Lukas tipped his work using the computer!
Alina had used different websites sources.
I like Xenia's "Vorwort".
Janina tipped her portfolio and she explained in a nice way how to use the website!

Table 38: summarizes the feedback about the first students' portfolio.

28. 2 Data from the paper-and-pencil sheet.

Due to the motivation gained by the feedback and the easy atmosphere dominating the teaching setting, students wanted to make a second portfolio. Their answers in Table 39 below showed that with the use of portfolio, they acquire basic scientific knowledge about a specific theme in a better way.

Das möchte ich noch zum Portfolio sagen:	Weiblich	Männlich
Es ist gut, weil es übersichtlich ist. Es war eigentlich alles gut.		1
Ich finde es eine gute Idee so etwas in der Schule zu machen, denn so prägt man sich alles über die Stabheuschrecken besser ein.	5	4
Ich finde es sehr gut, dass wir auch mal ein Portfolio machen.	4	3
Als ich das Portfolio gemacht habe, lernte ich noch etwas über Stabheuschrecken.	2	
Dass es schon toll ist und interessant. Hat mir viel Spaß gemacht.	7	
Ich fand es echt cool, denn es war nicht schwer.	1	
Abwesend	4	2

Table 39: summarizes the students' attitudes toward the portfolio work.

28. 3 Assessing students' second portfolios.

For the second portfolio, students were independent; they already knew about portfolio and thus they could start to focus on the themes of their interests. Students started with their portfolios from mid-May till the beginning of July, 2003.

One session on Fridays was devoted to the portfolio work, where there was a real student-teacher and student-student interaction, class and group discussions and filling-in pen-and-pencil sheets, in order to follow students with their learning process and being aware of students needs about portfolios, as well as, to provide them with books and materials.

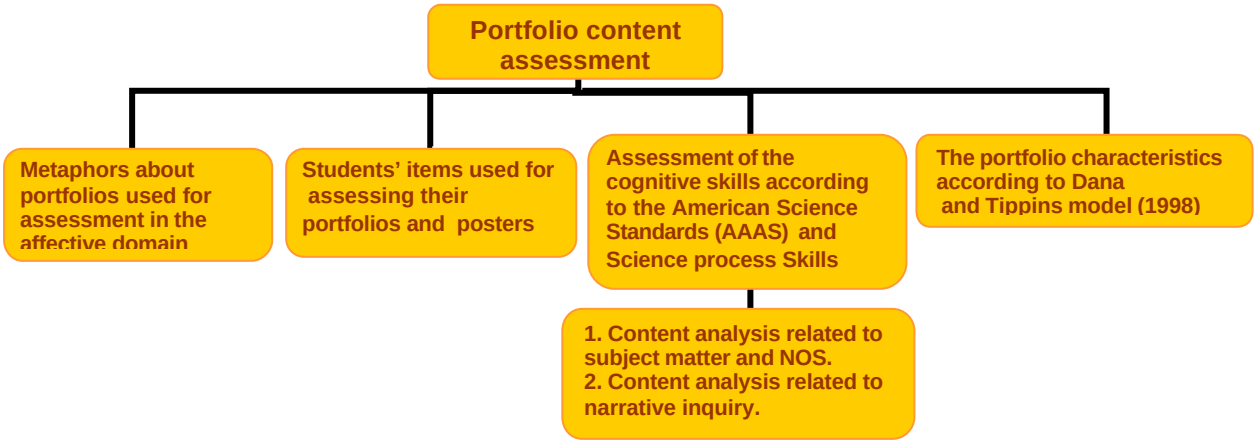
Students get at the beginning a detailed checklist "Wie schreibe ich mein Portfolio" and the end of the activities another detailed checklist of "Portfolio Bewertungskriterien" to develop insight of the criteria that they will be used to assess their portfolios, but there was a class discussion, where students set the assessment items.

At the end, students made posters summarizing their activity and because of the lack of time, only 2 groups (the barometer and the volcano groups, 5 students) were able to present their works to the class.

In the Handbook of science education (Kluwer, 1998) section on assessment and evaluation, there is detailed review of literature about assessment development methods since the 1950s. Tamir wrote: "In the past years, performance-based assessments have caught public attention. A science performance assessment task provides students with laboratory equipments, poses a problem and allows students to use these resources to generate a solution. Performance assessments are assumed to tap 'higher-order thinking processes' and are more directly to what students do in their classrooms and to what scientists actually do- observe, hypothesise, record, infer and generalise. They are also believed to be a useful policy instrument for science curriculum reform. If teachers teach to the test, performance assessments can direct teachers to new instrumental goals and new conceptions of teaching".

Student assessment can be defined as the systematic collection of information about student learning and other variables associated with particular learning experiences. It involves description of knowledge in at least two points of time, namely, prior to the learning experience and upon completion of the learning task (to measure retention). Student assessment traditionally has relied on measures, instruments and methodologies developed by measurements experts and based on measurements theories yielding quantitative data that served to rank individuals within a classroom, a school or a particular age cohort.

Building on the above theoretical rationales, the model that I will use here to evaluate these portfolios is suggested from (a) AAAS (1990, see Tables 41 and 42) for assessing the cognitive skills, (b) the content analysis framework related to the subject matter and the nature of science aspects cited in Lederman (1998) and Osborne (2003) studies, (c) the students criteria set of portfolio and posters and (d) Dana and Tippins model (1998).



Schema 6: summarizes my strategy in assessing the students' sample science portfolio.

28. 3. 1 Assessment in the cognitive domain.

Inquiry learning resembles learning by discovery in many ways. In both scenarios, the student is perceived as an active learner who, with more or less guidance, attempts to solve problems and personally develops some of the concepts comprising the material to be learned. Seldom, if ever, are students asked to formulate a question to be investigated, formulate a hypothesis to be tested, predict experimental results, work according to their own design, formulate new questions based on their own investigation, or apply an experimental technique acquired in the investigation just performed (Tamir 1998).

Table 40 summarizes the NWA themes in the Baden-Württemberg Realschule curriculum (Bidlungsstandards für naturwissenschaftliches Arbeiten Niveauerwartung Realschule Klassen 5 bis 7. Bildungsplanreform, 2004) for Grade 5, as well as the students' skills to be implemented. Interestingly, some of these themes were chosen by students in the form of a question to investigate. Note also that these skills are consistent with AAAS standards (Tables 41 and 42):

Themes	**History of science/(a/o) themes dealt by Alexander von Humboldt**	**Skills to implement according to BW Standards**	
		Der Erkenntnisgewinn durch Sekundärerfahrungen erfolgt durch:	**Kompetenzerwerb durch Arbeitweisen, die bis Ende der Klassenstufe 7 zu erreichen sind:**
Wie Tiere leben	-	• Quellen zum Erkenntnisgewinn nutzen • Sachinformationen sammeln, sortieren, gewichten • Modellversuche und Simulationen planen und durchdenken • Ergebnisse dokumentieren • Ergebnisse reflektieren, diskutieren und bewerten • Geeignete Software zur Informationsbeschaffung (elektronisches Lexikon, Internet, Simulation, Lernprogramm), zur Informationsaufarbeitung und Präsentation verwenden)	• Sammeln und ordnen • Hypothesen bilden • Versuche durchführen • Selbständig experimentieren • Daten erheben durch Messen, Beobachten, Beschreiben, Vergleichen • Ergebnisse dokumentieren und systematisieren • Ergebnisse reflektieren und systematisieren
Umgang mit Stoffen aus dem Alltag			
Geheimnisvolle Kräfte	-		
Pflanzen leben anders	-		
Erfassen eines Lebensraums	-		
Wir werden erwachsen			
Bewegung in Technik und Natur	-		
Luft	-		
Wasser	-		
Experiementieren mit Schall oder Licht	-		
Mikrokosmos und Makrokosmos mit Hilfsmitteln erschließen			
Vom Rohstoff zum Produkt			

Table 40: shows the NWA BW-Curiculum as well the skills to be implemented in Grade 5 at the Realschule. The highlighted themes are those chosen by students.

Themes	Science as (narrative) Inquiry	Science and Technology	Evidence, Models, and explanations	Physical Science	Science in Social and Personal Perspectives	History and Nature of Science
Erdatmosphäre	+	+	+	+	+	+
Photosynthese	+	+	+		+	+
Blumenkreuzung	+	+	+		+	+
Pflanzennahrung	+	+	+		+	+
Vulkannachbau	+				+	+
Tierelebensraum	+				+	+
Pyramiden	+	+	+		+	+
Motor und Blitz	+	+	+	+	+	+
Tauchen	+	+	+	+	+	+
Instrumente (Barometer, Teleskop)	+	+	+	+	+	+
Elektromagnetismus	+	+	+	+	+	+

Themes	Observing	Communication	Measuring	Collecting Data	Predicting	Making Graphs	Investigating	Interpreting Data	Inferring	Controlling Variables	Making Models
Erdatmosphäre	+	+	+	+		+	+	+	+		
Photosynthese	+	+					+		+		
Blumenkreuzung	+	+					+		+		+
Pflanzennahrung	+	+					+	+	+		
Vulkannachbau	+	+					+		+		
Tierelebensraum	+	+					+		+		
Pyramiden	+	+					+		+		+
Motor und Blitz	+	+					+		+		+
Tauchen	+	+					+		+		+
Instrumente (Barometer, Teleskop)	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
Elektromagnetismus	+	+					+		+		+

Tables 41 and 42: Activity Matrix of Science Standards and Science Process Skills to implement by the teaching setting (AAAS, 1990). The highlighted theme in yellow was dropped.

Themes	Science as (narrative) Inquiry		Science and Technology		Evidence, Models, and explanations		Physical Science		Science in Social and Personal Perspectives		History and Nature of Science	
	To implement	implemented	To implement	implemented	To implement	implemented	To implement	implemented	To implement	implemented	To implement	implemented
Erdatmosphäre	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	
Photosynthese	+	+	+		+	+			+	+	+	
Pflanzennahrung	+	+	+		+	+			+	+	+	
Vulkannachbau	+	+			+	+			+	+	+	+
Tierelebensraum	+	+							+	+	+	
Pyramiden	+	+	+		+	+			+	+	+	+
Motor und Blitz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tauchen	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+
Instrumente (Barometer, Teleskop)	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Elektromagnetismus	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+

Table 43: shows the comparison between Science Standards to implement and those that have been implemented at the end of the teaching setting. The highlighted standards are the focus standards of the study.

Themes	Observing		Communication		Measuring		Collecting Data		Predicting		Making Graphs		Investigating		Interpreting Data		Inferring		Controlling Variables		Making Models	
	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented	To implement	Implemented
Erdatmosphäre	+	+	+	+	+	+	+	+			+		+	+	+		+					
Photosynthese	+	+	+	+									+	+			+	+				
Pflanzennahrung	+	+	+	+									+	+	+	+	+	+	+	+		
Vulkannachbau	+	+	+	+									+	+			+				+	+
Tierelebensraum	+	+	+	+									+	+			+					
Pyramiden	+	+	+	+									+	+			+				+	+
Motor und Blitz	+	+	+	+									+	+			+				+	+
Tauchen	+	+	+										+	+			+				+	+
Instrumente (Barometer, Teleskop)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Elektromagnetismus	+	+	+	+									+	+			+				+	+

Table 44: shows the comparison between Science Process Skills to implement and those that have been implemented at the end of the teaching setting (AAAS, 1990).

28. 3. 2 Assessment related to subject matter and nature of science.

The development of an understanding of the nature of science is probably one of the most important goals of science teaching (Kimball 1967-1968; Mackay 1971). Robinson (1969) claimed that the challenge of science education is to bring the full range of science as a humanistic enterprise.

In the 1980s and 1990s, knowledge of the nature of science was written into most definitions of science literacy. It was no longer just an internal matter for students who were to pursue science studies, but it became a hoped-for part of the education of all citizens (called 'Science for All') (Matthews, 1998). Yvonne Meichtry (1993, p. 429) wrote: 'The definitions of scientific literacy reported in the literature over the past three decades all emphasize the importance of an understanding of the nature of science'. In recent years, there has been increased stress on metacognitive awareness and epistemological development as important goals for science education (White & Gunstone 1989).

In the present study, the nature of science had a little space in their portfolio. The nature of science appeared as self-reflections about their learning, students' creativity with drawings, and the citation on the historical invention of a physical instrument or simply the narrative story about the scientist discovery.

28. 3. 3 Assessment related to portfolio content analysis.

Tamir reports (1998) that a review of the literature failed to identify studies or coherent schemes that would match the requirements of content analysis (Grobman, 1972) for 'systematic, replicable quantification in analysis and a description of communication content with a particular focus' on science as inquiry. One suggestion would be to count sentences verbalised as a 'rhetoric of conclusions' as opposed to sentences which are written as a 'narrative of inquiry'.

The students' portfolio content was evaluated according to an analysis scheme inspired from Tamir (1985) work (Biological Sciences: An Inquiry into Life, Biological Sciences Study 1980).

Findings summarized in Table d (Appendix W) showed that all students fulfilled the most important condition of a scientific inquiry, which is questioning. Ten students found important to mention scientists' names with regard to their theme. Only 4 students used their previous knowledge in their activities, and only one girl mentioned the impact of pollution on the nature.

28. 3. 4 Assessment related to students' poster content.

Did students write in their portfolios all what they learned about their chosen topics? The answer is no, because outcomes from their posters shed the light on their non-written thoughts. In fact, 15 girls and 6 boys designed posters at the end of the teaching sessions (Table 45). Moreover, the majority of students developed their posters as if it was an extra task. The posters themes (Appendix X) were distributed as follows:

Themes	Females (N= 15)	Males (N= 6)
1. Wale und Delfine	Franziska, Caroline. S	
2. Cat and dog (she made the title in english)	Laura	
3. Der Vulkan	Aline, Tanja, Jennifer	
4. Woraus besteht die Erdatmosphäre?	Lena, Julia, Susen	
5. Das Blatt, die Bohne	Alexandra, Janina, Carolin. K, Diana	
6. Wie leben Delfine?	Angelina	
7. Zebra	Isabel	
8. Wie funktioniert ein Gleichstrommotor?		Matthias and Alex
9. Telekommunikation		René
10. Teleskop		Florian, David. S
11. Tauchen früher und heute		Pascal

Table 45: shows students' posters themes and those who participated to the design of the posters.

Students intended to show to the class their acquired knowledge relevant to their portfolio questions. For instance, Lena, Julia and Susen presented the data of air composition, the greenhouse effect scheme, with photos presenting themselves in collecting a gas component over water or in a group discussion. Posters displayed students' creative products. For example, although Angelina' poster heading was 'Wie leben Delfine?', she showed sketches of her portfolio. Unsurprisingly, many students wrote pure knowledge related to their questions, in a much focused way and interestingly many of them used their proper language to present such knowledge (Vulkan and Delfine group). Moreover, the presented knowledge in the posters was not taken from their portfolios! For example, although Isabel's question 'Warum haben Zebras Streifen?' was answered in her portfolio, but in her poster she mentioned the different zebra species. Matthias admitted that he wrote a thick portfolio with lots of technical terms, but when he made his poster, he said 'I want to make it simple, that the others can understand it'. The plant group presented their activity procedure with their inferences. Only René made a sum-up reflective poster with many photos showing him with the constructed apparatus.

Although Laura had many questions about wild animals, „Wie leben wilde Tiere auf der Welt?" she presented information about cats hunting. Pascal who is passionate with diving, presented besides the diving security rules a hand-drawing about diving in the past. Finally, the telescope group (Florian and David. S) did not mention about the history of telescopes. Their poster delineates very nice information about Galileo and his observations for planets.

28. 3. 5. Evaluation related to students' portfolio assessment items.

In one class discussion, I asked the students to set a list of potential portfolio criteria, although they received before a checklist of how their portfolios will be evaluated by the research group. Students started to write their items on coloured cards and sticking them on the board. When finished, I asked every student to read his/ her cards before the class and to discuss it together. Herr Buck was writing the consensual items on the board. The final items

were 23 items and the maximum scorings 'Maximale Punktzahl' varied from 1 (e. g., übersichtliche Darstellung) to 5 (Gestaltung), with 9 add-on notes (e. g., „mit dem Computer getippt"). And it was up to students to decide what score 'Erteilte Punktzahl' to give and to comment on his/ her scoring. Such notes were given under the students' wish. Interestingly, students did not find any difficulty in evaluating their classmates' portfolios and they did it in a very serious way. Moreover, their final scores were very close to the researchers and their teacher scores.

The assumption of analysing students' items is that, since students are used to get scores for their 'correct' factual answers, they will set criteria that evaluate only these 'correct' answers.

In Table 46, students' items are categorized in 4 categories: aesthetic and creative, affective, portfolio and the nature of science. What emerged of such categories is that students liked to get scores on their aesthetic productions, like 'selbstgemaltes, Gestaltung', as well the emotional or affective aspect of their work, such as 'Mühe gegeben', and their individual search for additional information sources, like the internet, video …Interestingly, students seeked that their 'Gesamtmeinung, gute Erklärungen und selbstgeschriebenes' to be also scored, which is not usually taken into consideration in the traditional way of scoring. In fact, when it comes to factual knowledge, students have to learn it by rote, without formulating it using their own language. Finally, it is remarkable to see that students liked the portfolio method and that it was successfully implemented in a relative short time in their learning habits, since they involved 3 items to assess it (Gute Fragen, Inhaltsverzeichnis, Quellenangaben, Datum). Note that the items are classified by decreasing order of the maximum score. The minimal portfolio score given by students was 18 and the maximum one was 40 out of 43. Remarkably, the highest criteria ticked by students were those of the nature of science.

Portfolio evaluation criteria	Number of times used by students related to: (portfolio sample= 26 portfolios)			
	Aesthetic and creative	Portfolio	Affective	NOS
1. Gestaltung (Punktzahl: 0- 5)	26			
2. Gute Erklärungen (verstehbar, fördern das Verständnis)		26		
3. Selbstgemaltes				23
4. Selbstgeschriebenes				24
5. Mühe gegeben			25	
6. Inhaltsverzeichnis (Punktzahl: 0- 3)		26		
7. Gute Fragen (anspruchsvoll, herausfordernd, interessant) (Punktzahl: 0- 2)		24		
8. Gute Antworten (vollständig, erschöpfend)				24
9. Gute Bilder (illustrieren das Thema angemessen)				26
10. Gute Zeichnungen (liebevoll, treffende Illustration, detailliert, realistisch)	23			
11. Eigene Meinung aufgeschrieben				15
12. Übersichtliche Darstellung				22
13. Datum (Punktzahl: 0- 1)		13		
14.Gute Informationsquelle (Die Infos passen zu den Fragen)				25
15. Gute Kurzantworten (treffend) (+ Punkt)				14
16. Zusätzliche Informationsquellen? (z.B. Internet etc.)	22	22		
17. Quellenangaben? (Zitate)		22		
18. Mit dem Computer getippt?	8			
19. Etwas gebaut				15
20. Etwas ausprobiert				18
21. Zusätzliche Medien? (CD, Video, etc.)		1		
22. Gesamtmeinung				19
23. Schrift (nur für besonders gute oder besonders schlechte) (+/- Punkt)	20			

Table 46: depicts the 4 categories of the portfolio assessment criteria set by students shows and how many times every assessment criterion is used while students made the portfolio evaluation.

28. 3. 6 Portfolio structure assessment according to the model of Dana and Tippins (1998).

Collins (1992) considered that the most important of the productions (Dana and Tippins, 1998) is the caption. A caption is a statement attached to each document that describes what it is, why it is evidence. And what it is evidence of. The caption transforms documents into evidence. Captions are important because they assist portfolio developers in articulating their thoughts. For a science student, writing a caption provides the opportunity to test herself on what she has learned - to express her new knowledge in her new knowledge in her own words. By writing captions, students have become aware of how much they have accomplished, especially when they compare recent evidence with earlier portfolio documents. On the other hand, captions are also important for the portfolio assessor, the person who makes inferences about the documents in the portfolio and assigns a value to the evidence. For the assessor, the caption infuses the document with meaning.

The other important self-reflective parts in a portfolio are portfolio letters, which they serve as a gauge of growth and as a vehicle for sustaining personal communication between prospective teachers (here, students), peers and instructors (Dana and Tippins, 1998).

28. 4 Assessment in the affective domain.

Curiosity and interest constitute two affective aims that science education researchers have investigated (Fraser 1981). Furthermore, the affective domain deals with attributes such as feelings, attitudes, disposition, preferences and orientations. Due to their similarities, it is not easy to differentiate between interest and curiosity. Interest is measured by assessing students' involvement in activities that they can complete by themselves (Klopfer 1971) and/ or by determining the voluntary activities in which students engaged (Campbell 1972; Cooley & Reed 1961; Keeves 1973). These voluntary activities include carrying out one's own investigations outside (in italics) the classroom, showing evidence of reading in science beyond (in italics) the prescribed, asking questions that have arisen outside (in italics) the classroom, and showing evidence of having discussed scientific problems with friends or family.

Gardner and Tamir (1989) performed a comprehensive study aimed at identifying the structure of interest in high school biology. Some of the findings of this study are: attitudes towards the study of biology were closely related to interests.

1. Interest was strongly related to experiential learning.
2. Boys were more interested in careers as research scientists. Girls exhibited higher interest in certain topics (such as reproduction and human physiology), certain activities (e.g., observing natural phenomena) and certain careers (e.g., nurse or high school biology teacher). Moreover, they preferred learning, which involves social interaction.
3. When students reached the tenth grade, many of them already had developed a clear profile of interests, which were associated with achievement, affected their choice of specialised field of study and determined their career orientation.

In the present study, students stressed on having "Spaß" when learning science and since they chose from the very beginning an investigative question of their interest, they were during the project very motivated and they worked seriously. As Jennifer remarked in her "Abschlussreflexionen": she thought at the beginning, that it would be very boring to work on this theme, and how the more was she involved, she was having fun and learning lots!". Niklas reflected: „Ich fand es sehr gut, dass wir statt einer Arbeit ein Portfolio zusammenstellen konnten. Was mir sehr gut gefallen hat, war, dass wir in der Gruppe einen Barometer bauen durften".

These factors, motivation, team work and independence from the teacher, are abilities also mentioned by their teacher (see paragraph 28.3.3).

28. 4. 1 students interpret their classmates' metaphors/ Data collected from the questionnaire.

Before Christmas, students at Linkenheim Realschule were administered 2 questionnaires. The second questionnaire "Die Portfoliozeichnung", consisted of 3 questions about pictures (7) drawn by students (5 girls and 2 boys) in the last scholar year and at the end of the teaching sessions. These pictures were chosen with a science educator at the chemistry education department, regardless of the gender and according to their good drawing quality, as well as, these pictures presented a good description of students' impressions about portfolios (Appendix Y). The questionnaire took 20 minutes for filling-in

and students were asked to work as they like, either alone or in groups, and they were supervised by their science teacher.

Finally, those 6th Grade students form the same sample of the last year, who participated to my teaching sessions. One boy and one girl were newcomers.

Every student had to chose one drawing of his/her choice from 7 anonymous pictures, to interpret it and filling in the second questionnaire "Die Portfoliozeichnung".

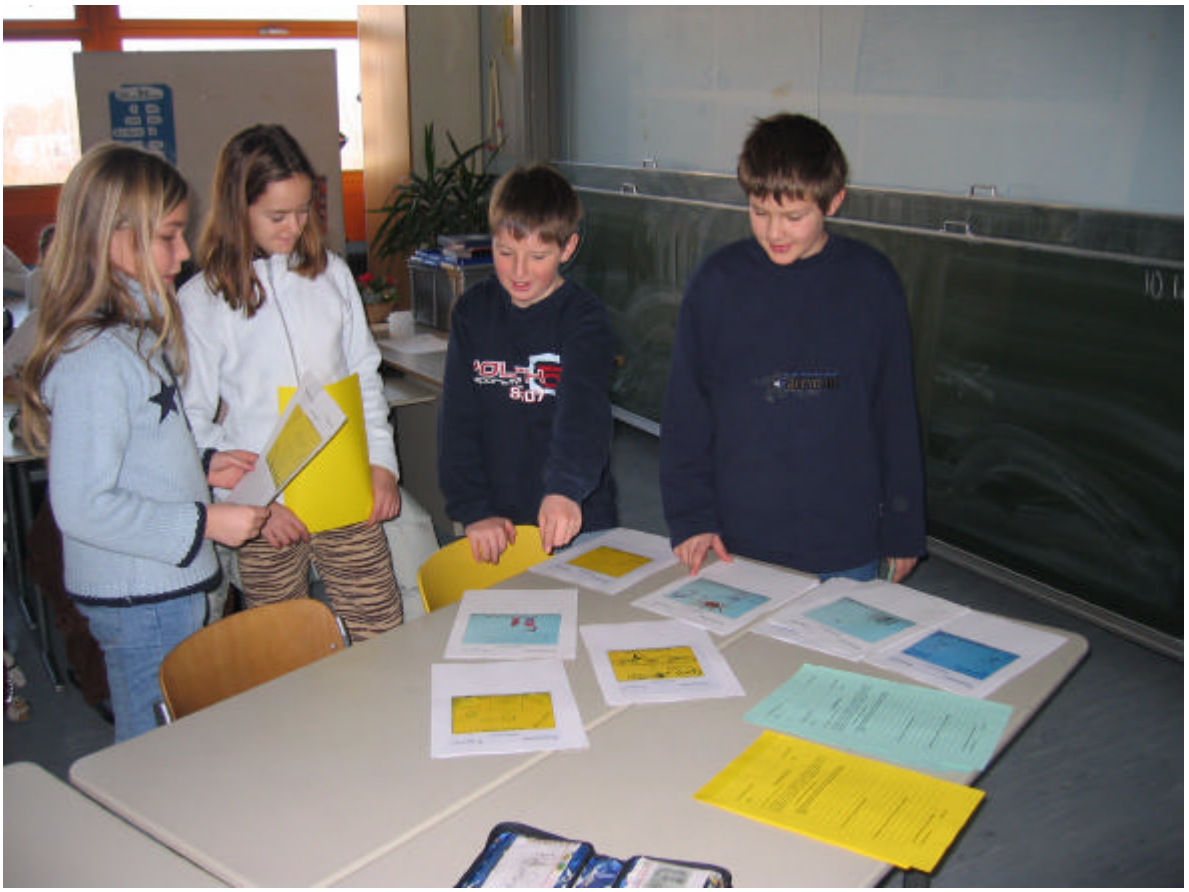


Figure 15: shows students' choosing a metaphor before filling in the related questionnaire (photo by T. Eggert).

These drawings are supposed to be useful tools to depict indicators of students' feelings and attitudes toward portfolios, or more precisely, of what students might not write in their portfolios (reflections) or what they did not seem important for them to write. In this way, I could gain more insights about their views with respect to working with portfolios and to reinforce my thoughts about and my teaching. In addition, it would be also interesting to check for these indicators, if I can find such reflections and impressions in their portfolios.

On the whole, students highlighted in their drawings, besides their positive attitudes to portfolios, their like for the applied approach; 2 components that they cited frequently were: „Spaß, weil man seine Ideen verwirklichen kann! ". Indeed, students needed an opportunity to be free to do personal-oriented-based science activities. For this reason, these students were involved seriously in the approach, and because they felt free in designing doing by themselves their activities, documenting and later presenting their work to their teacher, as

well as to their classmates they were highly motivated! And most of all, they connected the portfolio work with their NWA lessons.

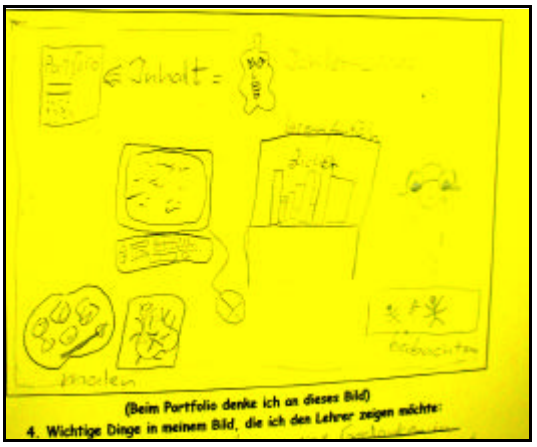
Finally, note that (a) every student had to comment on his/her drawing (Table 47) and (b) students who drew the pictures, choose (freely) for this activity another picture to interpret.

1. Zur Zeichnung 1 (Diana Drawing):

Two girls and 1 boy (he is a newcomer) interpreted Diana's drawing, who got a very good score for her portfolios and who had a positive attitude toward the teaching approach. This impression is highlighted in her drawing. The following is what, Diana herself commented on her drawing: "Ich finde es gut, dass man sich das Thema meistens aussuchen kann. Deshalb ist es gut für mich wie eine Freizeitaufgabe, die sehr viel Spaß macht! Portfolios sind lehrreich und machen sehr viel Spaß".

Students' Gender	**Was er/ sie dem Lehrer zeigen möchte**	**Überschrift**	**An diesem Bild ist mir aufgefallen**
Males	-	NWA macht Spaß	Dass das Gehirn arbeitet
Females	1. Dass man Spaß hat. Dass man was lernt und noch irgendwas! 2. Dass die Wissenschaftler Spaß macht. Dass man immer wieder Neues erfährt und weiß. Dass man sich freuen kann, wenn man etwas schafft.	Die Wissenschaft bringt viel!!!!	-

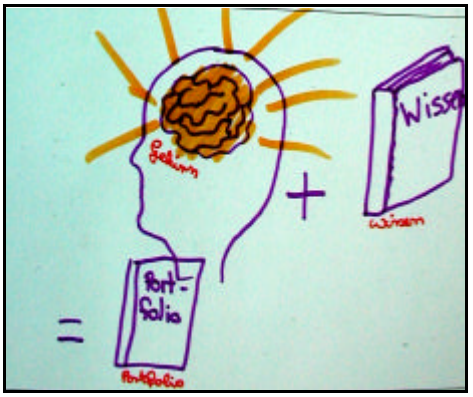
2. Zur Zeichnung 2 (Geraldine Drawing):



Two boys and 2 girls chose Geraldine's drawing. Here is what she wrote about her drawing: „Als würde ich an einem Poster arbeiten und dabei etwas lernen. Ich lerne was, ich kann meine Gedanken in Bildern ausdrücken, in Büchern oder im Computer Informationen (über das Thema usw.) holen".

Students' Gender	Was er/ sie dem Lehrer zeigen möchte	Überschrift	An diesem Bild ist mir aufgefallen
Males	1. Mann kann sich durch Malen und lesen Sachen einprägen. 2. Dass man durch Malen und Schreiben sich etwas besser einprägen kann als nur durch Lesen.	1. Portfolio 2. Portfolioarbeit	1. Dieses Kind, das das Bild gemalt hat, mochte das Portfolio.
Females	1. Das NWA viel Spaß macht, dass man auch was lernt. 2. Man lernt was, man kann beobachten, man liest, man malt	1. NWA kann so schön sein und man lernt auch was. 2. Das Labor	1. Eigentlich alles.

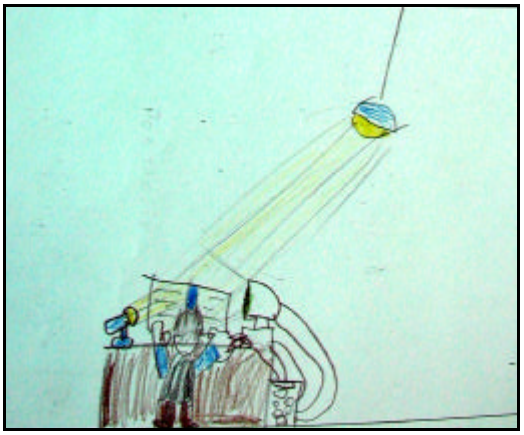
3. Zur Zeichnung 3 (Alexandra Drawing):



Two boys and 2 girls choose Alexandra drawing. Here is what she wrote: "Eine NWA Arbeit. Dass man bei dem Portfolio sein Wissen zusammenraffen muss und viel dazu lernt".

Students' Gender	Was er/ sie dem Lehrer zeigen möchte	Überschrift	An diesem Bild ist mir aufgefallen
Males	1. Das Wissen des Menschen reicht alleine nicht aus um ein Portfolio zu schreiben. Deswegen braucht man auch Wissensbücher. 2. Das Wissen aus Büchern und dem Gehirn gibt zusammen das Portfolio	1. Das Wissen, das allgemeine Wissen, alles was ich wissen will, was ist was. 2. Mein Wissen	1. Das Buch und das Portfolio. 2. Das Gehirn+ Wissen sehr gut dargestellt sind.
Females	1. Alles, was man weiß, ist in dem Gehirn von uns; ohne es könnten wir nichts lesen, wissen, schreiben. 2. Was man alles wissen muss, wieso und warum das so ist; es gibt ein Portfolio, wo man nachschlagen und selber experimentieren kann	1. Unser Gehirn. 2. Portfolio- mein Buch	1. Die Bücher (Wissen, Portfolio). 2. Es ist gut erklärt.

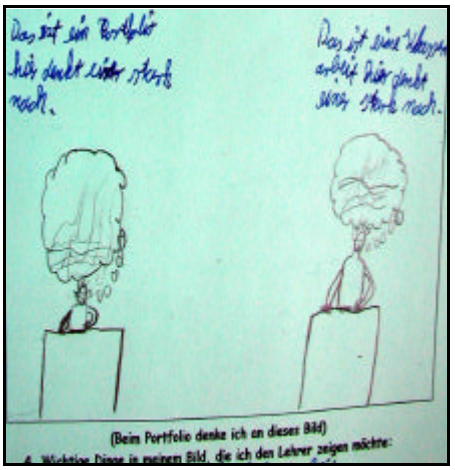
4. Zur Zeichnung 4 (David. S):



Only 2 boys choose David. S's picture. He, himself depicted his drawing as: „Arbeiten wie ein Wissenschaftler, aber es gefällt mir nicht immer, da man nicht immer die passenden Informationen hat. Ich suche Info für das Portfolio".

Students' Gender	Was könnte er/ sie den Lehrer zeigen möchte	Überschrift	An diesem Bild ist mir aufgefallen
Males	-	1. Der Lichterversuch. 2. Arbeitsplatz eines Wissenschaftlers.	1. Es sind viele Lichter da. 2. Der Wissenschaftler arbeitet mit moderner Technik.

5. Zur Zeichnung 5 (Dennis Drawing):



Only 2 boys chose Dennis's picture. His interpretation was: „Ein Portfolio ist wie eine Klassenarbeit".

Students' Gender	Was er/ sie dem Lehrer zeigen möchte	Überschrift	An diesem Bild ist mir aufgefallen
Males	1. Er wollte beschreiben, wie selber man beim Portfolio nachdenken muss, und dass man sich sehr viele Informationen holen muss. 2. Dass einer nach denkt.	1. Portfolioarbeit, Portfolio, bei der Arbeit. 2. Das Nachdenken.	1. Dass die 2 Jungs an einem Schreibtisch hocken, der wie ein Kasten aussieht. 2. Dass zwei denken.

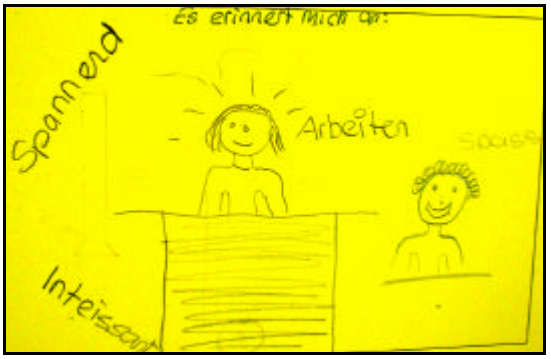
6. Zur Zeichnung 6 (Jennifer Drawing):

Only 4 girls chose this drawing. They presented a critical thinking, by stressing on the positive part of portfolios.

Here is what Jennifer wrote: „Lehrreich, macht Spaß und man kann seine eigene Meinung schreiben. Dass etwas Spaß macht, weil man seine Ideen verwirklichen kann".

Students' Gender	Was er/ sie dem Lehrer zeigen möchte	Überschrift	An diesem Bild ist mir aufgefallen
Females	1. Es macht sehr viel Spaß und ist lehrreich. Man kann seine eigene Meinung verwirklichen. 2. Dass das Arbeiten mit dem Portfolio Spaß macht, dass man etwas dabei lernt. 3. Es macht ihr (ihm) Spaß. Sie (er) möchte so was öfter machen. Sie verwirklicht ihre Meinungen im Portfolio, weil ihr niemand etwas sagen kann (z.B., was sie falsch macht). 4. Das Arbeiten mit Portfolio hat sehr viel Spaß gemacht und war sehr interessant. Man konnte seine eigene Meinung sagen/ schreiben.	1. Was denke ich über mein Portfolio.	1. Viele Sprechblasen, in denen nur Positives steht. 2. Dass alles irgendwie gut ist und man viel dabei sieht (wie ein Portfolio ist). 3. Sie denkt über das Portfolio nur positiv. 4. Man sieht, dass es dem Kind gefallen hat.

7. Zur Zeichnung 7 (Lena Drawing):



Lena enjoyed the highest number of students who interpreted her drawing and interestingly, they were all girls (5) and they worked in a group of 2. Here is what Lena wrote: „Also, mir hat es sehr viel Spaß gemacht. Es war für mich spannend. Ich möchte dem Lehrer sagen, dass es sehr viel Spaß mit ihm gemacht hat und es war spannend und interessant. Ich fand es toll, dass wir Helium schlucken durften".

Students' Gender	Was er/ sie dem Lehrer zeigen möchte	Überschrift	An diesem Bild ist mir aufgefallen
Females	1. Wie ein Wissenschaftler denkt oder arbeitet (2 girls). 2. Dass das Arbeiten viel Spaß gemacht hat. Und es war sehr interessant und er/ sie etwas Neues dazu gelernt hat. 3. Er könnte geschrieben haben, dass ihm der Unterricht Spaß macht und er es sehr interessant findet (2 girls).	1. Das tut ein Wissenschaftler (2 girls). 2. Das spannende Arbeiten! 3. Wie ich den Unterricht finde oder an was mich NWA erinnert (2 girls).	1. Sie hat viele Wörter hingeschrieben, die vielleicht darstellen sollen, was er denkt oder gemacht hat (2 girls). 2. Dass es demjenigem viel Spaß gemacht hat. Und dass es interessant war. 3. Der Maler hat nur positive Dinge geschrieben, also macht ihm der Unterricht offensichtlich Spaß (2 girls).

Students' Names	Die Arbeit mit Portfolio ist für mich wie ... (In einem Wort oder Satz)	Wichtige Dinge in meinem Bild, die ich dem Lehrer zeigen möchte:
Alexandra	Eine NWA- Arbeit	Dass man in dem Portfolio sein Wissen zusammenfassen muss und viel dazulernt
Alina	Etwas, damit ich beweisen kann, dass ich auch etwas weiß	Gemalte Bilder aufgeklebt und Interessante geschrieben
Aline	Die Arbeit mit Portfolio ist wie eine Gruppenarbeit	Unseren Vulkan, Portfolio, Plakat, Vulkanbilder, Vulkanbücher,...
Angelina	Ein super Thema	Die CD, wichtige Fragen
Carolin. K	Ein Wissenschaftler	An Natur und Wissenschaft. An Naturforscher und an Wissen
David.B	Sehr gut, denn vom Portfolio lerne ich sehr viel	Viel schreiben, lesen, bauen
David.S	Arbeiten wie ein Wissenschaftler zu arbeiten, aber es gefällt mir nicht immer, da man nicht immer die passenden Informationen hat	Ich suche Info für das Portfolio
Dennis	Eine NWA- Arbeit	Ein Portfolio ist wie eine Klassenarbeit
Diana	Ich finde es gut, dass man sich das Thema meistens aussuchen kann. Deshalb ist es gut für mich, wie eine Freizeitaufgabe die sehr viel Spaß macht!	Portfolios sind lehrreich und machen sehr viel Spaß
Florian	Ein Forscher	Mein Kopf qualmt vor Anstrengung
Geraldine	Als würde ich an einem Poster arbeiten und dabei etwas lernen	Ich lerne was, ich kann meine Gedanken in Bildern ausdrücken, in Büchern oder im Computer Informationen (über das Thema usw) holen
Jennifer	Lehrreich, macht Spaß und man kann seine eigene Meinung schreiben	Dass etwas Spaß macht, weil man seine Ideen verwirklichen kann
Julia	Wie eine Arbeit, mit der man was Neues lernen kann	Die Gasflasche, Spaß, lehrreich, arbeitsintensiv, interessant
Laura	Dass ich herausfinden kann, was ein Tier so macht	Bilder über Tiere mit Beschreibung sind wichtig und das möchte ich zeigen
Lena	Also, mir hat es sehr viel Spaß gemacht. Es war für mich spannend	Ich möchte dem Lehrer sagen, dass es sehr viel Spaß mit ihm gemacht hat und es war spannend und interessant. Ich fand es toll, dass wii Helium schlucken durften
Lukas	Ein cooles Projekt	
Manuel	Eine große Arbeit	Man sollte sich nicht über Portfolio beschweren, wenn man etwas nicht kapiert
Niklas	Sehr gut, denn von dem Portfolio lerne ich sehr viel	Viel schreiben, lesen, bauen
Oliver	Arbeiten mit einem Wissenschaftler	Dass man die Bilder sieht
Rene	Es war wie wenn selber ein Buch zu machen	Das Modell, Portfolio, Plakat
Susen	Also, mir hat es sehr viel Spaß gemacht. Es war für mich spannend	Arbeiten am Portfolio macht Spaß
Tanja	Eine Informationsquelle über ein bestimmtes Thema für andere	Portfolio, Plakat, Vulkan
Xenia	Selbst ein kleines Buch für andere zu schaffen	Dass in einem Portfolio viele Informationen über ein Thema sind

Table 47: summarizes students' reflections about their portfolios. The same highlighted areas are similar students' answers.

Students' Name	Die Arbeit mit Portfolio ist für mich wie ... (in einem Bild)	
	Captions	**Indicators**
Alexandra	Wissen+ Gehirn= Portfolio	-
Alina	-	She drew her portfolio
Aline	-	She drew a volcano in action. I gave her later another sheet to draw her conception of a portfolio; she summarized her work (Vulcano model, plakate, drawing of volcano, portfolio, book about volcanoes and poster)
Angelina	-	She drew a delphine
Carolin. K	-	A promenade in the nature (car, trees and sun shining)
Caroline. S	-	-
David.B	-	He showed his work (his barometer model)
David.S	-	He is working with a computer and reading in a lighted room
Dennis	-	-
Diana	One is saying (Juhu) and his brain (Aha) and the other is expressing (Macht viel Spaß)	-
Florian	-	He and his partner (David. S) brains are boiling!
Geraldine	Computer, Bookshelf	Malen, beobachten, ich lerne was
Jennifer	She is thinking: „Man kann seine eigene Meinung verwirklichen", „Das macht Spaß" and „sollte man öfter machen"	-
Julia	Lehrreich, macht Spaß	She is smiling. Curiously, she is standing behind the bench, as if she is making a speech and in the background a shelf of test tubes and the gas bottles she used for her theme
Laura	-	She drew her portfolio
Lena	Es erinnert mich an: Spannend, Interessant, Spaß, Arbeiten	2 students (male and female) are smiling
Lukas	-	-
Manuel	-	-
Niklas	-	He showed his work (his barometer model and the poster)
Oliver	-	He drew his portfolio
Rene	Ich zeige meine Arbeit	Rene showed his work: (a model representing the earth with satellites in its orbit, his portfolio and the poster). I asked him later to draw is concept about portfolio; he drew himself as a „Forscher" who wrote a book (wie als würde man selber ein großer Forscher sein und wie ein Buch zu machen)
Susen	A man thinking „nicht schön wieder zu arbeiten" and a woman telling him „es macht doch Spaß"	She drew 2 middle aged persons going to the bank, and wearing very sober and official clothes
Tanja	-	She drew first the volcano model, but I gave her another worksheet and she drew the „selbstgebauter Vulkan", her portfolio and the „Plakat über Vulkane"
Xenia	A drawing showing how she used different information texts to write her portfolio	-

Table 48: My remarks about students' metaphors. Students' similar indicators are highlighted with the same colour.

28. 5 Outcomes about students' learning from their portfolios.

- Scientific themes were distributed according to gender; males to choose *technical* topics, 7 males' portfolios were about physical instruments, 16 girls to 2 boys portfolios were about natural phenomena, animals and plants, 2 girls and 1 boy choose history of science themes.
- Girls' portfolios were narrative. This would be due to the girls' dislike of hands-on activities and discouragement from choosing activities that require physical knowledge. Moreover, in this age, girls tend to narration and illustration. For example, in Franziska's portfolio, every information about whales was presented with a very nice drawing.
- Many students wrote on their folders: "NWA macht Spaß". This showed the important factor of having fun for this age group while learning about science. This factor was also highlighted by almost all students in the drawings about portfolios (Table 47).
- Unsurprisingly, students' portfolios depict in most cases a large space for subject matter. This is due to the traditional teaching, where there is only stress on this aspect of science and where students received scores only for their "correct" answers. Moreover, students liked the alternative form of scoring, where their thoughts (letter to the reader) and "Gefühl" count.
- Almost all students did not use captions. This revealed that in the traditional teaching, students did not like this 'evidence for their knowledge' or they were not used to this type of reflective documentation of their learning process.
- For the same reasons mentioned above, students omitted to mention the sources and references of their knowledge.
- Students were highly motivated, because they had the freedom to choose their question to investigate, and to design by themselves their activities. The teacher's role was in providing them materials, peer discussion "Um sicher zu gehen" (Sylva comment in the Lernbericht 2), books, internet and experts addresses. Diana in her drawing about portfolio wrote: "Lehrreich, macht Spaß und man kann seine eigene Meinung schreiben".
- Interestingly, all students wrote their portfolios, with their questions all the time in their "champ de vision"; collected information was focused on their questions. For example, the "Erdatmosphäre" group wrote about: air composition, the realized experiments and the greenhouse effect. The "Teleskop" group wrote about the different steps and the used materials of the making of a telescope, the role of a telescope in discovering the space and planets.
- Themes that usually are presented in the traditional science textbooks with a historical summary such as 'Telekommunication', 'Tauchen von früher und heute', 'Teleskop', 'Barometer', were presented in a similar way by students! For instance, René (Telekommunication) mentioned Reis, Marconi, and Bell in his historical introduction. Although Florian and David. S (Teleskop) did not write about the historical development of this device in their portfolios, they found very interesting to mention the work of Galileo in the year 1600 in their posters. It means that, students of this age group in their natural development of their thoughts, highlighted the importance of history of science.
- It is remarkable that themes chosen by these students were covered in the BW curriculum for NWA!

- Girls took more attention to the organization and the aesthetic part of the portfolio work.
- Many students' portfolios enclosed all the elements mentioned in the checklist. But many of them did not follow the usual sequences or they omitted to mention some elements; for example, some portfolios lacked a "Vorwort", many students presented the relevant information on separate sheets, and then they made a summary relevant to what interested them.
- Almost all students have access to the internet, which means an easy access to information.
- It is remarked, with the use of portfolio, the teacher could depict who copied from the other, such is the case of Laura and Alina, or which student did not work seriously on his portfolio, as the case of Tanja, who wrote her portfolio at the last moment (Table Appendix W).
- The captions, when present, were replaced by colourful highlighting on the pure knowledge paragraph.

28. 6 Consequences and benefits of the teaching approach.

On the whole, girls' science portfolios tended to be narrative, while those of boys were more about instruments and techniques. In addition, the majority of students portfolio depicted a large part of factual knowledge, but they showed some students' skills, especially those with low level performance for both gender, that were not evaluated in the traditional assessment. For example, Oliver, a calm student whose score at the beginning of the school year was 3.5 got a portfolio score 2. He called an ornithologist to ask him about his favourite bird. David, with score 4.6 at the beginning get 1 for his portfolio, when asked if he likes to write again a science portfolio, his answer comments was: '[ich finde es] … sehr gut, denn vom Portfolio lerne ich sehr viel, … viel schreiben, lesen, bauen'. Franziska and Isabel had 4 in NWA at the beginning of the school year. Both got 1 and 1.5 respectively. Their portfolios looked like an illustrated book with creative drawings, displayed their aesthetic skills. Moreover, many students talked with their parents about their work. It is the case for Angelina, whose mother wrote us: „… Mein Kind erzählt mir oft vom NWA-Unterricht, obwohl sie sich mit diesem Fach eigentlich recht schwer tut, - wie ich auch zu meiner Zeit. Ich freue mich deshalb besonders darüber, wenn sie strahlend von diesem Fach berichtet ..." (e-mail on 29 Jun 2003).

In the new project in the school year 2003-2004, the science teacher, T. E. of the same class sample, had taken photos of these students at work. They showed excited students working on their models and most of all; girls were involved in science activities requiring technical skills. For example, some girls were making models of a montgolfier and a water mill.

Figure 16: shows girls of the sample in their new project working on their models (Photos by T. Eggert).

Facit of the teaching setting: Science is more accessible and approved. It brought students fun and satisfaction.

28. 6. 1 Students' feedback about the portfolio work from the paper-and-pencil sheet.

All students have a positive attitude toward working with portfolio. Only one boy (Florian) was against repeating this experience again.

Students could realize by themselves the time and thinking consuming that a portfolio needs. They were realistic in choosing to do portfolios in an average of 2 times during the school year (Table 50).

Curiously, all students combined portfolios as a part of a scientist's work (Tables 47 and 48). Moreover, students acknowledged the serious brainstorming, they underwent while doing portfolios. This was obvious in their drawings; 3 students (2 boys and 1 girl recognized that they worked as scientists), Florian's brain „qualmt von Anstregung" (Table 47), while 2 girls drew students' brains.

Many students were proud of their work and they wanted to draw their teacher's attention to their *creation*. For this reason, many of them drew about their work instead of drawing their „Vorstellungen über das Portfolio" (Table 47).

Interestingly, many students were talkative. And they expressed as captions their thoughts and feelings about their portfolios. Girls mentioned explicitly their having fun with doing such work (Table 47).

ich möchte weiter mit Portfolios arbeiten	Männlich (N= 13)	Weiblich (N=19)
Immer	2	0
Ab und zu	6	14
Nie wieder	1	-
Abwesend/ keine Antwort	4	5

Wenn du weiter mit Portfolio arbeiten möchtest, gib uns bitte einen Hinweis darauf, wie oft:	Männlich (N= 13)	Weiblich (N=19)
1-2 mal	3	5
3-4 mal	4	7
öfter	1	2
Abwesend/ keine Antwort	5	5

Tables 49 and 50: summarize students' wish with working frequently with portfolios.

28. 6. 2 Students' feedback about portfolio from the post-interview.

All students in the class wrote during the approach 2 portfolios. Five students of the sample (3 boys and 4 girls) commented about portfolios. Interestingly, many students drew a sketch of their work instead of representing their conceptions about portfolios! Here are their comments.

- Tanja was one of these students:

Int: Also das ist das Bild von deiner Arbeit oder das ist deine Vorstellung von Portfolio hier?
Tanja: Das Bild von meiner Arbeit.
Int: Okay. Und wie kannst du vorstellen, was ist ein Portfolio für dich?
Tanja: Also wie so ein kleines Lexikon, wo dann halt das Wichtigste über ein bestimmtes Thema halt drin steht.

- Susen drew a picture representing 2 persons going to work in a bank. The first person, who is a man, is saying: "Arbeit ist langweilig". But the woman is convincing him: "Doch, Arbeiten macht Spaß!". During the post-interview, she was asked about her drawing too:

Int: Ja. Du hast dieses Bild gemalt über Portfolio. Kannst du mehr erklären?
Susen: Also das sollen zwei Arbeiter sein, die zu einer Bank gehen.
Int: Okay. Wieso eine Bank?
Susen: Weil das ist halt.
Int: Erzähl mal.
Susen: Da muss man halt arbeiten und beim Portfolio muss man auch arbeiten, dass man Informationen bekommt und es rausfindet.
Int: Und die beiden, was haben die mit dem Portfolio zu tun?
Susen: Die müssen auch arbeiten.
Int: Genau so wie du im Portfolio?
Susen: Ja.
Int: Und das macht es Spaß?
Susen: Ja.

- Julia:

Int: Du hast gezeigt, was du denkst oder was deine Vorstellung von Portfolio ist. Kannst du mir dieses Bild

erklären?
Julia: Ja, also dass es Spaß macht und dass man halt Neues dazu lernt und experimentieren kann.
Int: Also das geht in Portfolio?
Julia: Ja.

- Laura:

Int: Du hast ein Bild gemalt. Ist das deine Vorstellung von Portfolio oder ist das dein Portfolio? Hier.
Laura: Hm, Vorstellung.
Int: Das ist deine Vorstellung. Also was ist das Bild?
Laura: Ja also dass, wenn ich jetzt z.B. schreibe über Delphine, dass dann alles Mögliche dabei ist und net nur Unsinn halt. Halt was auch halt stimmt und net falsch ist.
Int: Und in deinem Vorwort, erinnerst du dich an dein erstes Portfolio über die Heuschrecken?
Laura: Net genau.
Int: Also, in deinem Vorwort für dieses Tierportfolio hast du genau wie beim ersten Portfolio geschrieben.
Laura: Ja.
Int: Wenn du schreibst z.B. dein drittes Portfolio, schreibst du auch dann das gleiche Vorwort oder anders?
Laura: Vielleicht auch Vorwort über Tiere.
Int: Aber in deinem Vorwort sagst du, ich bin Laura und du sprichst über deine Eltern, wie sie heißen und deinen Bruder und so. Normalerweise bei einem Portfolio, schreibst du über, das ist gut, schreibst du über dein persönliches Leben?
Laura: Ja, aber auch über Tiere soll ich das auch machen.
Int: Hm?
Laura: Über Tiere soll man das eigentlich auch machen.
Int: Okay. So in deinem Vorwort muss man auch über sein Portfolio schreiben oder was?
Laura: Nee, über die Tiere. Also, ja, was die auch machen. Also das Übliche.

- Mattias summarized a portfolio in one word: “eine Lösungsmappe”.

Int: Was war deine Vorstellung von Portfolio?
Mattia: Sachen also sich überlegen, ich hab jetzt zum Teil das eine genommen, wo ich zum Teil gar net gewusst hab wie es funktioniert, und das andere hab ich zum Teil gewusst.
Int: Also für dich, was ist ein Portfolio in einem Wort?
Mattia: Puh, eine Lösungsmappe.
Int: Lösungsmappe?
Mattia: Ja.
Int: Mhm. Kannst du das noch mal ein bisschen präzisieren, was eine Lösungsmappe ist?
Mattia: Das ist eine Mappe, wo man Sachen drin sammelt über Fragen. Also hauptsächlich dann die Antworten.
Int: Antwortmappe?
Mattia: Ja.
Int: Mhm. Kannst du das noch mal ein bisschen präzisieren, was eine Lösungsmappe ist?
Mattia: Das ist eine Mappe, wo man Sachen drin sammelt über Fragen. Also hauptsächlich dann die Antworten.
Int: Antwortmappe?
Mattia: Genau.

- Dennis:

Int: Was ist für dich ein Portfolio?
Dennis: Wie eine Arbeit. Also wenn ich jetzt eine Klassenarbeit schreibe, dann, ich weiß net, das ist halt genau, wie wenn ich jetzt im Portfolio arbeite oder so.
Int: Aber wer ist das hier?
Dennis: Irgendein Kind halt, ich.
Int: Du?
Dennis: Ja.
Int: Und was er denkt?
Dennis: Der denkt halt viel und denkt über das Portfolio nach, also was er da reinschreiben kann.
Int: Und hier?
Dennis: Hier denkt einer bei der Klassenarbeit und was er da reinschreiben kann.
Int: Also hier denkt er bei Portfolio und hier bei Klassenarbeit? Und die sind nicht ähnlich?
Dennis: Doch. Die Arbeit, also doch, hier tut man mehr halt erforschen, aber also
Int: Beim Portfolio?
Dennis: Ja. Aber hier net so arg.

Int: Und bei der Klassenarbeit, was macht man da?
Dennis: Vorher lernen. Das machen die meisten so.
Int: Aber die Anstrengung des Denkens ist gleich, ja?
Dennis: Ja.
Int: Deswegen hast du zwei gleich große Blasen gemalt. Stimmt das?
Dennis: Oder sollten gleich groß sein.
Int: Sollten gleich groß sein, ja.

- David:

Int: Du erinnerst dich noch an das Portfolio, ich habe ein Blatt Papier ausgegeben und ich hab gefragt, was für dich ein Portfolio ist?
David: Also viel schreiben und bauen.
Int: Mhm. Und das ist deine Vorstellung von einem Portfolio oder ist das deine Arbeit?
David: Meine Arbeit.
Int: Das ist deine Arbeit. Und deine Vorstellung von Portfolio?
David: Hm, die beschreibe ich auch so.
Int: Hm?

David: Beides.
Int: Wenn du jemandem erklären müsstest, was ein Portfolio ist, was würdest du dem erklären?
David: Also was rausfinden, man muss was rausfinden über sein Thema.

28. 6. 3 The teacher's feedback about the teaching setting.

1. **<u>Related to the science activities:</u>**

1. What do you think broadly of the teaching approach?
   - With regard to the organization.

Die Organisation war perfekt hinsichtlich Bereitstellung von Material und Vorbereitung. Die Einführung des Portfolio über eine zweistündige Powerpoint-Präsentation war zu lang.

   - With regard to the realization of the activities?

Sehr großer Erfolg.

   - With regard to the design of the work?
   - ------

2. Did you notice any change in students' attitudes toward science? If yes, please describe in what way. Please give an example, if possible.

Die Einstellung der Schüler gegenüber NWA ist durchgehend positiv bis zu begeistert. Das Portfolio verlangte den den Schülern viel ab, weshalb nur wenige nochmals diese Methode freiwillig anwenden würden.

3. Did you notice any change in girls' attitudes toward science? If yes, please describe in what way. Please give an example, if possible.

Die Beobachtungszeit war zu kurz, um diese Frage beantworten zu können, da ich erst seit 2003 in der Klasse unterrichtete und daher die Einstellungen vor der Untersuchung nicht beurteilen kann. Für einen Fall (Angelina) habe ich jedoch die Rückmeldung, dass diese Schülerin ihre Vorbehalte und Ängste gegenüber den Naturwissenschaften vollständig abgebaut hatte und sich mutig Forschungsvorhaben ausdenkt: Rostige Eisennägel und Eichenholz mit Wasser ergibt einen schwarzen Farbstoff, der anschließend von ihr mit einer Mitschülerin im Rahmen eines technischen Projekts untersucht wurde.

Gegenüber Technik haben viele Mädchen positive Einstellungen gewonnen und werkeln munter drauf los. Dennoch meine ich, dass die Einstellung gegenüber Wissenschaft nicht so ausgeprägt positiv ist, wie man es annehmen könnte. Meiner Meinung nach sind die Schülerinnen und Schüler nach einem anfänglichen Staunen stärker an der Herstellung eines Gegenstands als an der Klärung einer wissenschaftlichen Frage im naturwissenschaftlichen Sinne interessiert. Die Frage "warum" kommt vom Lehrer!
Eine unterschiedliche Beurteilung von Jungen gegenüber Mädchen ist meiner Meinung nach nicht zulässig, da hier ja Einzelfälle betrachtet werden und nicht geschlechterspezifisches Verhalten generell.
Positiv verändert haben sich in der Klasse durchweg:
Motivation, Eigeninitiative, Durchhaltevermögen (ungewöhnlich bei dieser Altersstufe: Viel Arbeit über einen langen Zeitraum, wobei der Effekt erst am Ende kommt und nur kurz ist. Die Schülerinnen bzw. Schüler haben dann das Gefühl, etwas gemeinsam geschafft zu haben und sind stolz auf ihre Leistungen), Einstellung/Arbeitshaltung, Selbstdisziplin (Unterricht in drei bis vier Fachräumen war gleichzeitig möglich!!).

2. Related to portfolio implementation:

4. What do you think of the teaching approach? What was missing and what should be improved by the next time?
   - With regard to its portfolio implementation.
   - With regard to the portfolio assessment.

Die Einführung des Portfolios müsste klarer und altersgerechter sein. Sonst war alles sehr gut und empfehlenswert.
Die Beurteilung erwies sich ja als sehr schwierig. Besonders die Notengebung. Hier könnte ein genauer Beurteilungsbogen mit konkreten Kriterien helfen. Aber das gilt nur für die Schule mit ihren Benotungspflichten, nicht hingegen für die Forschung.

4. Do you intend to use portfolio in your teaching? Please explain why.

Teilweise. Die Portfoliomethode verlangt den Schülern viel ab, was mit dem eigentlichen Vorhaben wenig zu tun hat: Die schriftliche Selbstreflexion. Das ist zwar sehr wichtig, jedoch hat deine Arbeit ja gezeigt, dass nur wenige Schüler imstande waren, tatsächlich zu verstehen, worum es dabei geht. Das ist nicht erstaunlich und zeigt, dass hier Übungsbedarf ist. Doch werden zuviele Ziele wie Selbständigkeit, Teamfähigkeit, Informationsbeschaffung und Auswertung, Plakatgestaltung und Präsentation usw. angestrebt, kann eine anspruchsvolle Methode wie das Portfolio kaum sinnvoll eingesetzt werden. Es bieten sich hier eher die kleinen Schritte an: Es ist oft ein Bericht abzugeben, der immer ein oder mehrere Teilaspekte des reflexiven Moments in Form eines Kapitels beinhaltet. Bsp: "Wie habe ich die benötigten Materialien beschafft? Gab es Probleme? Wie habe ich diese gemeistert? Oder habe ich mein Projekt ändern müssen? usw" .

3. Related to change in teaching method:

5. Has my teaching approach influenced your teaching?

Ja, schließlich bot es sich an, die Schüler individuelle Projekte selbständig durchführen und dokumentieren zu lassen.

6. Would you repeat this project in your teaching? And if so, what would be different?

Grundsätzlich ja, jedoch würde ich den materiellen Aufwand geringer halten und Gegebenheiten der Schule stärker oder ausschließlich nutzen.

7. Did I overlook important aspects in this questionnaire? Could you state in few words, what was the most important outcome in my teaching sessions?

Manche Schülerinnen haben ihre Probleme im Team beim technischen Projekt von selbst schriftlich reflektiert und auf ihr Plakat aufgenommen! Fast alle Schüler sind in der Lage konzentriert an ihrer eigenen Aufgabe zu arbeiten, ohne dauernd zu schauen, was andere Gruppen machen. Einige Schüler sind in der Lage, ihr Projekt in Form eines Berichts zu dokumentieren.