

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Hypothesis-Experiment Class – teacher´s influence on teaching
HEC

verfasst von | submitted by

Markus Wintersteller BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 520 523 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Mathematik Unterrichtsfach Physik

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von | Co-Supervisor:

Michael Malvern Hull PhD

Contents

ABSTRACT	1
ABSTRACT (DEUTSCH).....	2
INTRODUCTION	3
LITERATURE REVIEW.....	4
WHAT IS HEC?.....	4
WHAT IS A CLASSBOOK?.....	8
RADIATION AROUND US.....	8
<i>Alpha decay</i>	11
<i>Beta decay</i>	12
<i>Electron capture</i>	14
<i>Gamma emission</i>	14
<i>Natural and artificial radiation</i>	15
<i>Natural radiation exposure</i>	16
STUDENTS' PERCEPTIONS	18
THE TASK OF THE TEACHERS.....	20
METHODOLOGY	22
PROCEDURE	25
THE CLASSBOOK.....	25
BILDUNGSDIREKTION.....	28
TEACHERS GUIDE.....	28
INTERVIEW	29
AUDIO RECORDING AND TRANSCRIPTIONS	30
QUALITATIVE CONTENT ANALYSIS TECHNIQUES.....	32
<i>Methods</i>	36
COMPUTER-ASSISTED QUALITATIVE CONTENT ANALYSIS	37
<i>QCMap</i>	38
DATA ANALYSIS	39
RESULTS.....	42
DISCUSSION AND INTERPRETATION	46
COMPARISON OF VETERAN VS. INEXPERIENCED TEACHERS	46
IMPACT OF PRIOR KNOWLEDGE OF HEC.....	47
CHALLENGES IN MIDDLE SCHOOLS VS. GYMNASIUM	49
TECHNICAL AND LOGISTICAL CHALLENGES	50
PRE- AND POST-TEST OF THE CLASSES	55
CONCLUSION.....	60
LITERATURE	62
APPENDIX	65
PARENT INFORMATION SHEET	65
BILDUNGSDIREKTION - MASTERARBEIT VON MARKUS WINTERSTELLER	66
METHODEN.....	66
INTERVIEW TRANSCRIPTIONS	69
LESSON TRANSCRIPTIONS.....	77

Abstract

HEC (Hypothesis Experiment Class) is a teaching method Kiyonobu Itakura first introduced. Similar to a gameshow, students in HEC are given a series of problems with possible responses, a, b, or c, they then have to choose from. After a discussion phase, the correct answer is revealed. In repeating this procedure, the students are constantly learning more about a specific topic. I am the first teacher to conduct the HEC lesson "The Radiation Around Us" (TRAU) at an Austrian school. My impression is that TRAU has great potential and I am focusing my MS thesis on evaluating this potential. According to Itakura, HEC has three goals: growth in conceptual understanding, enjoyment of the lesson, and reproducibility of the lesson across classrooms. In my thesis, I investigate the last of those three points; namely, I am investigating the effectiveness of TRAU with different teachers with different levels of experience in teaching and using HEC.

Abstract (Deutsch)

HEC (Hypothesis Experiment Class) ist eine Lehrmethode, die erstmals von Kiyonobu Itakura eingeführt wurde. Wie bei einer Spielshow werden den Schüler*innen in HEC eine Reihe von Problemen gestellt, aus denen sie die Antworten a, b oder c wählen sollen. Nach einer Diskussionsphase wird die richtige Antwort bekannt gegeben. Durch die Wiederholung dieses Verfahrens lernen die Schüler*innen ständig mehr über ein bestimmtes Thema. Ich bin die erste Lehrperson, der die HEC-Lektion „The Radiation Around Us“ (TRAU) an einer österreichischen Schule durchgeführt hat. Mein Eindruck ist, dass TRAU viel Potenzial hat, und diese Arbeit fokussiert sich darauf, dieses Potenzial zu evaluieren. Nach Itakura verfolgt HEC drei Ziele: Wachstum des konzeptuellen Verständnisses, Freude an der Lektion und Reproduzierbarkeit der Lektion in verschiedenen Klassen. In meiner Dissertation untersuche ich den letzten dieser drei Punkte, d.h. ich untersuche die Wirksamkeit von TRAU bei verschiedenen Lehrern mit unterschiedlichem Erfahrungsstand im Unterrichten und im Einsatz von HEC.

Introduction

HEC is a teaching method designed in Japan. I was the first teacher to try out this teaching method in an Austrian school and saw great potential in this method right from the start. This was also the reason for this thesis. According to Itakura (2019), it claims to achieve three goals:

- Goal 1: Make sure each and every student gains the ability to use the central theory or concept.
- Goal 2: Structure the class so that most students report that they like both science and these science classes.
- Goal 3: Make all necessary preparations so that any teacher sufficiently passionate about education, not just special veteran teachers, will be able to teach this type of class.

In this thesis the third goal is investigated. In order to do so, the following research questions will be explored:

- Do veteran physics pedagogues teach HEC differently in contrast to inexperienced teachers?
- Is it necessary to have prior knowledge of HEC when using the method in class?

To answer the research questions, four different teachers are analyzed. These teachers differ in their experience in HEC and their experience in teaching. Their lessons are recorded and interviews are conducted. The data will be analyzed using a qualitative approach according to Mayring (2022).

Literature review

In the following chapter, the topic "Hypothesis-Experiment Class" is discussed first. This is the central teaching concept for this master thesis. Then the content of the lessons is elaborated. The topic is "Radiation around us". Finally, the question of whether it might make a difference if different teachers teach the same concept is also explored.

What is HEC?

HEC, written out as "Hypothesis-Experiment Class", is a teaching method Kiyonobu Itakura first introduced. Its philosophy is based on the following statement:

"Recognition of a physical object or scientific truth is established only through experiment."

- Dr. Kiyonobu Itakura, 1966

HEC can be seen as a game show like class environment, in which the students are allowed to bring in their own thoughts and discuss different *Problems* regarding a specific topic. The lesson is led by an already existing Classbook.

It claims to achieve three goals:

- *Goal 1: Make sure each and every student gains the ability to use the central theory or concept.*
- *Goal 2: Structure the class so that most students report that they like both science and these science classes.*
- *Goal 3: Make all necessary preparations so that any teacher sufficiently passionate about education, not just special veteran teachers, will be able to teach this type of class.*

(Itakura, 2019)

Furthermore, the teachers are asked to create a relaxed and open atmosphere in the classroom for each student to enjoy class. An important aspect is to cover the whole Classbook and not just pick a few parts of it. Even if some of the topics have already

been discussed in prior lessons. The design of the Classbook is done with a purpose, same as with the Problems the students will face.

The class management is structured into two sections: before class and during class. Before class it is important that the teacher prepares all necessary items for the class. This varies from Classbook to Classbook. Materials are needed for experiments, tools to solve the *Problems* and for showcase reasons. The Classbook is meant to be printed out (in this study a beamer is used to provide the Classbook), therefore it is important to keep the pages in order and hand them out as such. It is essential to not hand out the whole Classbook at once during class. The students should only get the sheets that are necessary for their current problem. This is due to the fact that the solutions to the problems the students are faced with are often times on the next page. One goal of HEC is that students like science. This can only be achieved by letting them work like little scientists, for example when they are “coming up with an expectation, and then performing an experiment.” Therefore they should not be presented with the whole material beforehand.

All the experiments addressed in the Classbook should be practiced before the actual class. The goal is that the pupils will be able to see the result properly.

During class, the teacher should introduce the method. After that the first pages are handed out and sorted into a binder. In our study, the students also got an answer sheet, where they were able to write down their answer for each *Problem*. Once all the pupils have access to the first pages of the Classbook, the first so called *Problem* should be read. It does not matter if a student or the teacher reads the *Problems*. In this section it is crucial that each pupil fully understands the *Problem* and its meaning. The Classbook differs between *Questions* and *Problems*. *Questions* should not receive too much focus. They only address prior experiences.

Each *Problem* has different answer options to be chosen from. The pupils should choose one and circle it on the sheet (in this study on the answer sheet, which is specially designed for this purpose). If they do not know the correct answer, the teacher should encourage them to just guess. They can still change their answers at a later point. After everyone has chosen their answer, the teacher counts (for example by raising hands) the number of students, who chose each answer. The amount of students per answer

are written on the chalkboard. By doing so the students can see the distribution of the answers. The teacher should also check if the total amount of votes matches with the class size. If not, the vote should be repeated. The students should realize that their vote is important.

After that the teacher asks students from each answer to give their reasons, why they chose a, b or c. If nobody wants to give a reason for their choice, the teacher may choose one pupil. If a student answers “I just guessed” the teacher should accept that answer. If a lot of students want to add something, the teacher should moderate this section, until all the points are made clear and then move on to the next part.

The teacher should motivate the students to discuss their point by saying something like “Does anyone disagree with the reasons we heard?”. If this does not lead to a discussion, it should also be accepted and the teacher moves on with the lesson. Some *Problems* animate students more than others. If the *Problem* results in a lively discussion, the teacher should leave the decision to the students whether they want to continue. If they want to continue discussing, the teacher can say something like “I will allow one or two more comments”. The teacher may add a few minor comments to the discussion but should not only support the correct choice.

After the discussion the students are free to change their answers if an argument from another person in the class was very convincing. The teacher should correct the tally on the chalkboard after he asked for the reasons of the students. A correction could look like the following:

Q5 The light bulb will			
A.turn on	28		final
B.does not turn on	3		29
C.other	2		1
			3

Figure 1: corrected chalkboard (Itakura, 2019)

The arrows signal when a child has switched from one answer choice to another. When everything is finished it is time for the actual experiment. In this study the experiments have already been conducted by Yamamoto, a physics teacher at a high school in Shizuoka. The results are presented in the Classbook in a way the students are able to

see the outcome. The teacher should clearly highlight the correct answer. Any further explanation is done by the Classbook itself and should generally not be the task of the teacher. If the students need further explanation, the teacher can help them out but should not give away any information from the following Classbook pages. The explanatory parts of the Classbook should usually be read by the teacher.

These steps are repeated after each *Problem* in the Classbook. The Classbook used in this thesis “The Radiation Around us” consists of 9 Problems and therefore requires 9 circles of the steps above. Furthermore, some HEC Classbooks contain enrichment tasks. These tasks are designed to give the students a deeper understanding of the topic.

At the end of the Classbook there is usually a *End-of-Book Evaluation*. In this evaluation the students may give feedback about the class. They can write down comments and rate the class from 1 to 5. This 5-rank scale is the following:

1. It was very boring
2. It was boring
3. No strong opinion either way
4. It was enjoyable
5. It was very enjoyable

Maximilian Jeidler did this evaluation via an online questionnaire at the end of each circle, in order to gauge the pupils enjoyment of the class. Hypothesis Experiment Classes are considered a success when most students choose either option four or five on the scale. The method claims that even teachers new to HEC can produce highly rated classes.

In summary the different steps of HEC are the following:

- Introduction
- Tallying Choices and Reasons for Each Choice
- Let’s Discuss!
- Changing One’s Expectation before the Experiment
- Performing the Experiment
- Enrichment and Evaluation

(Itakura, 2019)

What is a Classbook?

A Classbook can be seen as a textbook, a notebook as well as reading material. It is a (mostly) printed out copy of material about a topic. In this thesis, the topic is all about radiation, but there are many more Classbooks about other topics and subjects. The material presents specific task instructions to the class, including the teacher and the students. The Classbooks provide technologization through standardization of classes. This includes technical safeguarding of teaching results beyond the limits of the teacher's abilities. (Goto)

Radiation around us

In this chapter the technical background of the Classbook is analyzed. The topic of the lessons is *Radiation*. Students may have heard something about it in everyday life but should not have covered it in prior lessons. In Austrian schools, radiation and radioactivity are taught in 4th class middle school, as the “Lehrplan” suggests. The exact German wording from the “Rechtsinformationssystem des Bundes” of the curriculum is the following:

Das radioaktive Verhalten der Materie:

Ausgehend von Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler soll ein grundlegendes Verständnis wichtiger Vorgänge in Atomkernen erzielt werden.

- *Einsichten in Veränderungen im Atomkern als Ursache der „Radioaktivität“ gewinnen (Eigenschaften von Alpha-, Beta- und Gammastrahlen);*
- *radioaktiven Zerfall als ständig auftretenden Vorgang erkennen;*
- *grundlegende Vorgänge bei der Energieumsetzung in der Sonne, in Sternen und bei Kernreaktionen verstehen können (Kernfusion, Kernspaltung).*

(RIS, 2023a; RIS, 2023b)

Both the middle school and AHS gymnasium curriculum state that radioactivity has to be taught in 4th grade. Therefore, it does not matter which school type is concerned. The Classbook TRAU concentrates on the second of those three points. It says that students should recognize radioactive decay as a constantly occurring process.

Since I started writing this paper, the middle school and gymnasium curriculum in physics both have changed, but ionizing radiation is still included in the 4th grade. Only the wording and the focus on learning different skills have changed. You can now find radioactivity in the following chapter:

Kompetenzbereich Strahlung und Radioaktivität

Die Schülerinnen und Schüler können

- *Informationen zur Energie- und Informationsübertragung durch Strahlung recherchieren (W) und die Verlässlichkeit der Quellen bewerten (S).*
- *die Interaktion unterschiedlicher Strahlungsarten (ua. sichtbare Strahlung, UV-Strahlung, IR-Strahlung, ionisierende Strahlung) mit Materie anhand geeigneter (auch virtueller) Untersuchungen analysieren (E) und daraus Konsequenzen für die Risikobewertung ziehen (S).*
- *den radioaktiven Zerfall als Zufallsprozess im Atomkern verstehen und mit Hilfe von Modellen darstellen. (W)*
- *mit altersgemäßen Informationen zu aktueller physikalischer Forschung umgehen. (W, E, S)*

(RIS, 2025a; RIS, 2025b)

The middle school and AHS gymnasium curriculum, therefore, still state the identical requirements for 4th grade.

The physical background of the topic will be clarified in the following section. Atomic nuclei are considered radioactive when they transform from an unstable state to a more stable configuration or structure by emitting radiation and releasing energy. The chronology of these transformations is random, hence, it depends on chance and cannot be predicted for an atomic nucleus. When nuclear transformations occur without prior influence on the atomic nucleus, they are called spontaneous or natural radioactivity.

On the other hand, artificial or induced radioactivity occurs when the energy equilibrium of the atomic nuclei formed as reaction products is disturbed by nuclear reactions or nuclear fission. (Krieger, 2023, S. 95 ff.)

The higher the atomic number of a stable nucleus, the more pronounced its neutron excess. This can be observed especially in heavy nuclei, since repulsion of the protons would otherwise predominate. If this ratio of neutrons to protons is disturbed, the atomic nucleus becomes unstable. Binding energy is the cause for the decay of the nucleus. The final product is always smaller than the original nucleus. Stable nuclei are shown in an N-Z diagram for illustration. Here N stands for the neutron number and Z for the proton number. The stable nuclei are located in the vicinity of a slightly downward curved curve. For small atomic numbers $N=Z$. For larger atomic numbers, the excess of neutrons of the nuclide can be recognized by the curvature. (Krieger, 2023, S. 95 ff.)

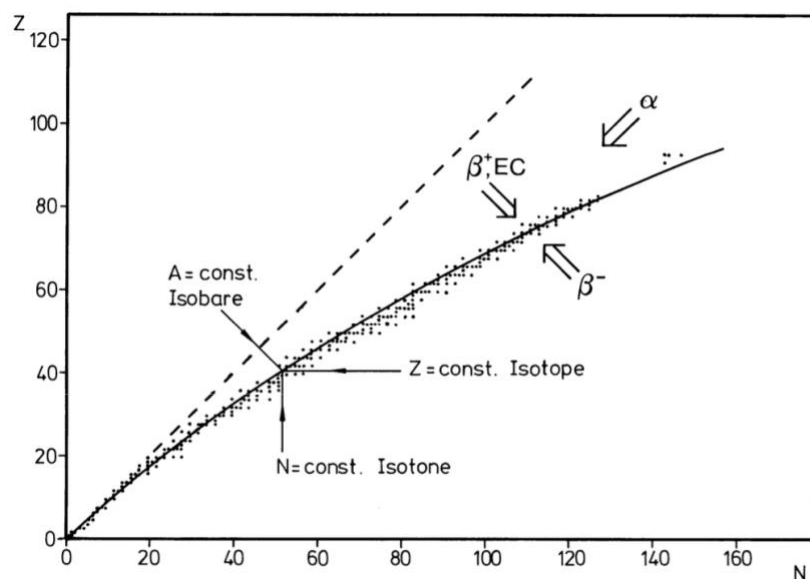


Figure 2: N-Z diagram (Krieger, 2023) S. 96

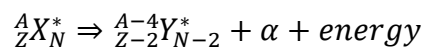
In Figure 2, neutron-rich nuclei lie below the stability curve, and neutron-poor or proton-rich nuclei lie above it. Also, isobars, isotons and isotopes are drawn, which are characterized by their constant mass number A, constant neutron number N or their constant proton number Z. However, they will not be relevant in the Classbook. Furthermore, the alpha and beta decay is also drawn in the figure. The arrows mark the

displacements of the nuclei in the different transformation types. These decay types will be investigated in the following. (Krieger, 2023, S. 96)

Radiation is the transfer of energy and mass independent of the medium. If, in addition to radiation, matter is also transferred, this is referred to as particle radiation. The carrier particles are called corpuscles. They can be charged or uncharged particles. (Krieger, 2023, S. 15)

Alpha decay

During the alpha decay of a nucleus, an alpha particle consisting of 2 protons and 2 neutrons is ejected from the parent nucleus. Therefore, the alpha particle is a doubly ionized 4He atom. This reduces the proton number and the neutron number by 2 and the mass number by 4. In alpha decay, no particle transformations occur compared to beta transformations. From these findings, the decay equation for alpha decays can now be established:



where X is the parent nuclide and Y is the daughter nuclide. Alpha decay from the ground state of the parent nucleus to the ground state of the daughter nucleus can occur only if the total mass of the parent nucleus is greater than the sum of the masses of the daughter and alpha particles together. Therefore, the energy difference corresponding to these masses must be greater than or equal to zero. It is available to the decay products in the form of kinetic energy. The lighter particle receives the larger, the heavier particle the smaller energy transfer. The sum of the two recoil energies is the decay energy. The conservation of energy and momentum applies. (Krieger, 2023, S. 101 ff.)

Beta decay

When a radionuclide has an isobaric neighbor with lower energy, a beta conversion normally takes place. In this case, the nucleons in the nucleus of the parent nuclide convert into each other. This takes place under the emission of charge. A neutron becomes a proton and a negative charge, and a proton becomes a neutron and a positive charge. The elementary charges are released in the form of electrons or positrons. These particles are called beta particles. Due to the conservation law of the lepton number, another light particle must be created during such a transformation. This resulting electron antineutrino $\bar{\nu}_e$ or electron neutrino ν_e compensate the newly formed electron or positron. The existence of these neutrinos has been experimentally proven. These particles are uncharged and have a rest mass which is nearly 0. The weak interaction causes such beta decays. The following two equations describe the transformations:

$$n \Rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}_e + \text{energy}$$

$$p \Rightarrow n + \beta^+ + \nu_e + \text{energy}$$

During the beta transformation, the mass number remains unchanged. Only the atomic number and the neutron number change. Thus, this type of transformation can be characterized as isobaric. Similar to alpha decay, the released energy is distributed among the decay products in the form of kinetic energy. The sum of all emitted electrons or positrons is called beta radiation. (Krieger, 2023, S. 106 ff.)

A β^- - transformation usually occurs when a radionuclide has an excess of neutrons compared to a stable nucleus. Due to this, a proton can convert into a neutron in the parent nuclide. Thus, the atomic number increases by 1, the neutron number decreases by 1 and the mass number remains the same. The released kinetic energy is distributed to the beta particle β^- and to the antineutrino $\bar{\nu}_e$. For β^- - transformations the following equation applies:

$${}^A_ZX_N^* \Rightarrow {}^A_{Z+1}Y_{N-1}^* + \beta^- + \bar{\nu}_e + \text{energy}.$$

(Krieger, 2023, S. 106 ff.)

Figure 3 shows such a β^- - transformation from ${}^{32}_{15}\text{P}$ decaying to the ground state of ${}^{32}_{16}\text{S}$.

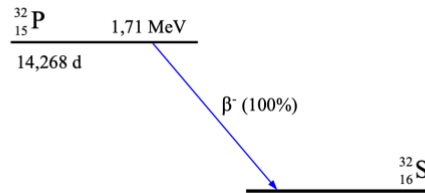


Figure 3 (Krieger, 2023, S. 114)

If atomic nuclei have too few neutrons compared to their neighboring nuclides, the number of neutrons can be increased by positron emission. In this process, a proton is converted into a neutron. This so-called β^+ decay decreases the atomic number by 1, increases the neutron number by 1, and again the mass number remains the same. The released energy is again divided among the emitted particles. The core equation is the following:

$${}^A_ZX_N^* \Rightarrow {}^A_{Z-1}Y_{N+1}^* + \beta^+ + \nu_e + \text{energy}.$$

(Krieger, 2023, S. 106 ff.)

The decay of the ${}^{19}_{10}\text{Ne}$ into the ${}^{19}_9\text{F}$ is exemplarily shown in figure 4.

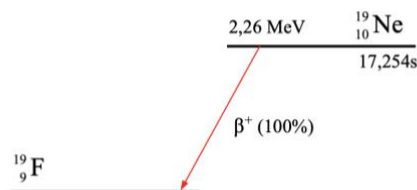


Figure 4 (Krieger, 2023, S. 117)

Electron capture

Besides the β^+ decay, nuclei with an excess of protons have another way to compensate for it. This is electron capture. In this process, electrons from one of the inner shells are captured by the nucleus itself. Mostly this concerns the innermost shell. This happens when for energy reasons no β^+ decay is possible.

$$p + e^- \Rightarrow n + \nu_e + \text{energy}$$

$${}_Z^AX_N^* + e^- \Rightarrow {}_{Z-1}^AY_{N+1}^* + \nu_e + \text{energy}.$$

As in β^+ decay, the atomic number is decreased by 1, the neutron number is increased by 1, and the mass number remains the same. Furthermore, a neutrino is emitted during this process.

(Krieger, 2023, S. 117 ff.)

In Figure 5 such an electron capture of ${}_{26}^{55}\text{Fe}$ is shown.

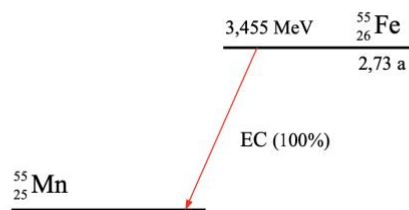


Figure 5: (Krieger, 2023, S. 117)

Gamma emission

In electromagnetic waves, the transported energy is electromagnetic energy. This type of radiation is called photon radiation. This includes, among others, gamma radiation. (Krieger, 2023, S. 15)

In radioactive decays, corpuscles do not necessarily have to be emitted. If the energy balance is not sufficient for a corpuscle emission, the excitation energy remaining with the parent nuclide can be emitted in the form of high-energy photon radiation. This

radiation consists of so-called gamma quanta and belongs to the family of electromagnetic radiation. The gamma quanta do not change the mass number of the nucleus, but its energy is reduced by the removed energy part of the photon. The gamma emission is therefore no real decay, but only a reduction of the energy of the atom and thus a corresponding reduction of the nuclear mass.

(Krieger, 2023, S. 118 ff.)

Natural and artificial radiation

Naturally occurring radiation is divided into two groups. On the one hand, there are the primordial radionuclides and on the other hand the cosmogenic radionuclides. The primordial radionuclides are the most important group. They were already formed during the formation of the earth. The reason for their continuing existence is their very large half-life, which is about $4.5 \cdot 10^9$ years. Primordial means "originating from primeval times." A total of 30 of these radionuclides exist. Most primordial radionuclides are heavier than lead and have atomic numbers above 82. They decay in a sequence of natural radioactive decay, which means that they have radioactive successors. The decay chain comes to a halt when a stable final nuclide is reached.

Cosmic radiation is a constant stream of high-energy ionizing radiation from outer space. This radiation hits the earth's atmosphere. Its energy is between 10^9 and 10^{20} eV. When it enters the atmosphere, interaction of the high-energy particle with the air atoms create a secondary radiation field of protons, neutrons, mesons, gamma quanta, and other particles. These pass through the Earth's atmosphere in the form of a broad particle shower. In other words, cosmogenic radionuclides are formed by constant interaction of cosmic ray quanta with the atoms and molecules of the Earth's atmosphere. This secondary particle shower partly hits humans directly and is thus part of the natural external radiation exposure.

Unstable radionuclides, however, can also be produced artificially. There are the following three possibilities for this:

- Nuclear reactions (neutron and proton capture or fusion)

- Fission
- Spallation.

(Krieger, 2023, S. 159 ff.)

In this paper, though, artificial radiation will not be discussed in detail because it is not a topic of the Classbook and the lessons analyzed. (Krieger, 2023, S. 159 ff.)

Natural radiation exposure

Radiation exposure is the exposure of a human being to ionizing radiation. The natural radiation exposure of a human being consists of an external and an internal part. The external radiation includes two components: First, terrestrial radiation from the ground, building materials, and gases in the atmosphere, and second, cosmic radiation from outer space. The internal component is absorbed through food and through the air we breathe. The radionuclides are the reason for this kind of radiation exposure. These influencing factors are strongly dependent on geological and geographical influences. Exemplary influencing factors are the living altitude, dietary habits, dominant rock types and predominantly used building materials.

Natural external terrestrial radiation originates from primordial radionuclides and cosmogenic radionuclides deposited on the Earth's surface. The gamma radiation from these radionuclides is mainly responsible for the radiation exposure of humans. The predominant part comes from the primordial radionuclides. The dose contributions vary depending on whether one is outdoors or in a building. In buildings one has additional contributions due to the building material. Especially granite has a high dose rate. The higher the concentration of primordial radionuclides in the ground, the higher the ground radiation. As a rule of thumb, radiation exposure over primary rocks is always higher than over sediments. In the cosmogenic fraction, only ^3H , ^7Be , ^{14}C and ^{22}Na contribute noticeably to radiation exposure. Their influences are small compared to the primordial radionuclides. This is due to the fact that, except for ^{22}Na , no radionuclide emits gamma radiation. However, as a result of their metabolic behavior, they contribute significantly to internal radiation exposure.

The difference in outdoor and indoor exposure is addressed increasingly throughout the Classbook. As already mentioned, the dose rate in buildings is higher than outdoors due to the building material. In addition to this, the average time people spend indoors (80% indoors, 20% outdoors) is also not negligible. These factors contribute to the natural radiation exposure.

Cosmic radiation is comprised of the primary radiation from space and the resulting secondary radiation on the one hand and of solar radiation on the other. The primary and secondary radiation has already been explained in the previous chapter. With increasing altitude, the radiation exposure of humans is also increased. However, for settlements at usual sea levels this difference is only small. However, when flying at high altitudes, additional contributions of cosmic radiation to the effective dose occur.

Solar radiation is also called solar wind. This is plasma streaming away from the sun. It consists of 85% low-energy protons, 13% alpha particles and electron radiation. However, the radiation from the solar winds is already absorbed in the upper atmospheric layer and thus does not contribute to human radiation exposure. Only during space flights, the radiation has to be considered. For this purpose, it is shielded by means of protective suits and appropriate capsule constructions.

Radionuclides from the biosphere are absorbed into our bodies through food and the air we breathe. There, some nuclides like potassium are evenly distributed in the body. Other nuclides like thorium or iodine prefer certain organs. Questionable radionuclides are again those of cosmogenic origin and primordial radionuclides. Radionuclides ingested through food lead to a significantly higher radiation exposure than inhaled radionuclides. However, this also depends on eating habits and available food. (Krieger, 2023, S. 579 ff.)

The effects of radiation on humans is dependent on both external and internal factors. This is best described in terms of the effective dose. The age of this group of people, the residential altitude (height above sea level), time spent outdoors and indoors, and their eating habits were averaged in Figure 6. External radiation exposure averages just under half of natural internal exposure. External radiation includes cosmic and terrestrial radiation in approximately equal proportions. The average annual effective dose due to natural exposure worldwide is about 2.4 mSv/year. Due to local conditions, the natural annual effective dose ranges from 1 to 10 mSv/year. These changes are mainly caused by different radon exposures, construction methods, and to a lesser extent by changes in local ground dose rates. (Krieger, 2023, S. 610 ff.)

Quelle	Effektive Dosisbeiträge (mSv/a)	
extern durch terrestrische Strahlung:	Mittel	(typ. Bereich)
Erwachsene	0,48	
Kleinkinder	0,61	
Jugendliche	0,54	
Weltmittel (β)	0,007	
Summe extern terrestrisch	0,48	(0,3-1,0)
extern durch kosmische Strahlung		
Neutronenkomponente	0,10	
direkt ionisierende Strahlung	0,28	
Summe kosmisch extern	0,38	(0,3-0,6)
intern durch kosmogene Radionuklide		
^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{22}Na	0,012	
intern durch primordiale Nuklide		
^{40}K Ingestion	0,17	
^{87}Rb Ingestion	0,006	
$^{238}\text{U} - ^{226}\text{Ra}$, $^{232}\text{Th} - ^{224}\text{Ra}$ Ingestion	0,11	
$^{238}\text{U} - ^{226}\text{Ra}$, $^{232}\text{Th} - ^{224}\text{Ra}$ Ingestion	0,006	
$^{222}\text{Rn} - ^{214}\text{Po}$ Inhalation	1,15	(0,2-10)
$^{220}\text{Rn} - ^{208}\text{Tl}$ Inhalation	0,1	
Summe intern primordial	1,54	
Summe intern + extern	$\approx 2,4$	(1-10)

Figure 6: Contributions to the average effective dose to humans from natural external and internal radiation exposure (Krieger, 2023, S. 610)

Students' perceptions

Student conceptions of physical phenomena and concepts are of great importance for the planning and implementation of physics lessons. (Hopf et al., 2022, S. 34). It is important to consider what students already bring with them in terms of prior knowledge, ideas, and thought patterns. These factors shape the learners' prior understanding of the subject matter to be studied. New information in class - conveyed by teacher explanations, experiments, textbook texts, worksheets or assignments - is processed on the basis of prior understanding. The research field of student perceptions

has a long tradition internationally, dating back to the 1970s. The authors address student conceptions that have been empirically proven according to the current state of subject didactic research. Naturally, not every student has all the ideas explained in the book. Statements such as "Learners imagine it as follows ..." should therefore be read as "One must expect that some learners imagine the facts as follows". (Schecker et al., 2018, S. V-VI)

Learning is an active process. The information offered in class must be processed by the students in order to develop a new understanding of the content for themselves or to construct new knowledge. The teacher provides important impulses for this, but the students can only learn through independent examination of the learning opportunities. This examination takes place through the "glasses" of their already existing knowledge. Therefore, one of the central elements of lesson planning is to familiarize oneself - as well as with illustrative experiments and good explanations - with the student conceptions to be expected in the learning group. This includes typical interpretations that students associate with prior experience. (Schecker et al., 2018, S. 3-4)

Pupils usually do not have their own experience with radiation. This happens since humans do not have a built-in sensor for this type of radiation. The only prior knowledge that children have is from other subjects and the media. According to Schecker and Hopf there are mainly two perceptions.

The first one is about the importance of natural radiation. Many students assume that radiation is dangerous, if not deadly. Only few students know about natural radiation exposure. This means, that we are constantly surrounded by radioactive materials (including in the air and in rocks) and are "bombarded" by ionizing radiation from cosmic rays. Most young people believe that exposure to radioactive radiation comes quite predominantly from civilizational sources, i.e., reactors or medical examinations. Some also think that every industrial plant is a source of ionizing radiation.

The second perception covers the topic "Radioactive' radiation is radioactive". Many students confuse two different topics. Firstly, radioactivity as the process of emitting radiation and secondly ionizing radiation coming from radioactive material. Radiation is confused with the transport of radioactive material. A considerable amount of this confusion results from everyday language usage. Although ionizing radiation itself does

not radiate, the term "radioactive radiation" is often used incorrectly. This does not only concern the media, but also most schoolbooks as the term is not used correctly. Therefore, it should not be surprising that students assume that material exposed to ionizing radiation itself becomes a source of radiation. This is a typical teaching-related student conception. Pupils then do not like to touch, for example, the sheet of paper that the teacher has held between an α -emitter and a counting tube. Many fears related to radioactivity result from the assumption that people exposed to ionizing radiation will be contaminated by it. Students also intuitively assume that the radiation will be retained. This leads to the notion that radiation is deposited in a body, resulting in cumulative effects. Processes in which materials actually become radioactive sources themselves through irradiation, such as the activation of silver foil by neutron irradiation, should clearly be separated from this idea of deposition.

(Schecker et al., 2018, S. 231-232)

The Classbook "Radiation around us" takes these perceptions into account. Especially the background radiation is a central concept of the lessons. Teachers should be familiar with these concepts in order to prepare effective lessons. In the Classbook these thought processes have already been made.

The task of the teachers

In their book "Physikdidaktik Kompakt" (Physics Didactics Compact), Hopf et al. describe that the task of teaching physics is no longer the sole transmission of technical knowledge. There must be a change of perspective. Rather, children should also learn about the central aspects of physics work. This is referred to as scientific literacy. It involves theoretical prediction, experimental investigation, and mathematical description. (Hopf et al., 2022, p. 16 ff.) Since physical work is related to problem-solving strategies, the Classbook also fulfills these requirements. The problems it contains meet these requirements for physics instruction. Planned class discussions also contribute to basic physics education. According to Hopf (2022), these competences should be acquired by the end of secondary level 1. Therefore, the use of HEC is age-appropriate for middle school and gymnasium.

After this elaboration, one last question now arises: what is the role of the teacher in this setting? HEC says of itself that any teacher sufficiently passionate about education, not just special veteran teachers, will be able to teach this type of class. (Itakura, 2019) At first glance, two obvious problems with this assumption stand out:

1. How will teachers perform who never heard of HEC?
2. How does teaching experience in general affect teaching HEC?

HEC is a teaching concept that can represent something new and unfamiliar for many. Because of this, the Classbook also provides teachers with an instruction manual, the "teachers guide". Whether and to what extent this assistance actually helps is examined in this paper. Prior experience with HEC will also be considered. Specifically, teachers with teaching experience with HEC are compared to teachers without teaching experience with HEC.

The second point deals with the teaching experience of teachers and the associated teaching success. Rowan et al. (2002) and Greenwald et al. (1996) report positive correlations between the professional experience of teachers and the achievement development of their students. (Rowan et al., 2002, p.1525 ff.) (Greenwald et al., 1996, p. 361 ff.) Thus, skepticism also arises regarding the quality of instruction using the Classbook from teachers with little teaching experience. Furthermore, teachers with more and less experience also differ in the flexibility of their actions, which in turn could speak for different success and experience reports with HEC. (Bromme, 1992)

With this elaboration, the foundation for the master thesis is laid. The following chapters deal with the methodology of the field research and the data evaluation.

Methodology

As already mentioned, HEC claims to achieve the following three goals (Itakura, K., 2019):

- *Goal 1: Make sure each and every student gains the ability to use the central theory or concept.*
- *Goal 2: Structure the class so that most students report that they like both science and these science classes.*
- *Goal 3: Make all necessary preparations so that any teacher sufficiently passionate about education, not just special veteran teachers, will be able to teach this type of class.*

Although HEC is known throughout Japan and has gained some attention outside of Japan as well, there is a scarcity of publications which include data demonstrating its effectiveness. Regarding the Classbook I have investigated, TRAU (“The Radiation Around Us” is often abbreviated as TRAU in the following), there is virtually nothing other than a MS thesis written by the curriculum developer, Mr. Takashi Goto. Particularly regarding the third point, there is reason to suspect that a given curriculum would NOT be equally effective with all teachers. For example, Renee Michelle Goertzen from the University of Maryland published an article (2009), where she observed different teachers (graduate students) the same way I am planning to do. An interesting outcome of that investigation was one teacher (Oscar) telling the students to ignore their intuition while teaching an OST (Open source tutorial), effectively short-circuiting the instruction (which is designed to build student confidence in their intuition by having them draw upon it and recognize its value in doing physics). The lesson topic was Newton's 3rd law. The following is an excerpt based on a transcript.

S4: The mass, the mass that describes it...

Oscar: They're—

S4: One is, the car is half. Yeah.

S2: One is twice as much.

Oscar: Right. Okay, so they're different masses.

S1: Right.

Oscar: Meaning...

S2: *They're going to have different... um...*
 Oscar: *I mean, you're on the right track.*
 S2: *Do you want us to talk about inertia? Or...*
 Oscar: *Uh, inertia is a little, just a little bit beyond this. I mean, if you can think of it in terms of inertia, that's fine. But that kind of, uh, makes answering these questions harder. The basic problem in pretty much every last physics question you'll ever answer is to figure out what's the same and what's different. Either before or after. So in this situation, what's the same?*
 S2: *The force.*
 Oscar: *Okay, and what's different?*
 S2: *The mass.*
 Oscar: *Is that it?*
 S4: *The velocity.*
 Oscar: *And the—is that it?*
 S1: *Yes.*
 S2: *I don't know.*
 S1: *No.*
 Oscar: *No. You're on the right track. You're close.*
 S2: *I feel like this question is designed to make us feel stupid.*
 Oscar: *Ah, yeah. They are, they are. That's why I told you guys, don't worry about calling it common sense. It's a guess.*
 S1: *Right.*
 Oscar: *Right?*
 S2: *Um...*
 S4: *Friction?*
 Oscar: *Say what?*
 S4: *Friction?*
 Oscar: *The what?*
 S4: *Friction.*
 Oscar: *Oh, no, no, don't worry about friction here.*
 S2: *The acceleration, maybe?*
 Oscar: *Yeah. Right. So what is, do you guys have a formula for the force?*
 S3: *Ah, mass times acceleration.*
 S4: *Acceleration.*
 Oscar: *Yeah.*

(Goertzen, 2009, S. 8-9)

The children argue here that the car will speed up twice as much as the truck slows, because the car has half the mass. The developers of the OST consider such an answer as appropriate. Nevertheless, Oscar refuses this approach and leads the children into the argumentation direction of Newton's formula $F = m \cdot a$. The instructor believed in this particular situation, that everyday ideas represent no useful foundation for building physics knowledge. He positioned himself away from the curriculum developers, who intentionally designed the question so that the students might feel stupid. (Goertzen, 2009, S. 8 ff) Therefore, it can be assumed that such cases may also occur with different teachers teaching HEC.

Mr. Jeidler and I are both writing our Master's theses on HEC, therefore we agreed on splitting up the three goals. This thesis focuses on the last of those goals. Therefore, four different teachers take this educational approach in an actual class. The chosen teachers are different in their knowledge about HEC and in general their teaching experience:

- Teacher 1 (T1) (gymnasium) already has teaching experience and experienced in HEC, but not in teaching TRAU
- Teacher 2 (T2) (gymnasium) who is relatively new in teaching and has never heard of HEC
- Teacher 3 (T3) (middleschool) does not have a lot of experience in teaching apart from the internships at university, does, however, have experience teaching TRAU specifically.
- Teacher 4 (T4) (middleschool) has teaching experience but has never heard of HEC

Maximilian Jeidler (T1) and his colleague T2 are teaching TRAU in a Lower Austrian gymnasium and T4 and me (T3) in a Viennese middleschool.

It was planned, that the classes were observed by me (and audio recorded) to find out any differences in how the teachers describe the happenings in the interview after the class (data triangulation). Unfortunately, this was not possible due to COVID regulations in Lower Austria and health issues during teacher 4's lessons. The teachers took the audio recordings on their own phones and sent them to me afterwards. Before that, the parents were asked to sign a consent form.

Teaching TRAU will take 2-3 instruction hours. The inexperienced teacher 2 (colleague of Mr. Jeidler) taught TRAU in three classes. This was done to see the differences in between those classes. This teacher, who is least-experienced, also has, in theory, the greatest potential to grow from one implementation of TRAU to the next. If no noticeable change is observed, it will be inferred that the other teachers also would be unlikely to demonstrate dramatic differences in their second teaching of TRAU.

Procedure

The research to find schools started in autumn 2021. During this time there were very strict COVID-19 regulations. Therefore everything, including finding schools, was much harder than expected. It took a long time until everything was settled. Furthermore, there are different regulations regarding research at schools in Lower Austria compared to Vienna. In Lower Austria you have to send an application to the “Bildungsdirektion Niederösterreich” (See attachment “Bildungsdirektion - Masterarbeit von Markus Wintersteller”). This application contained a description of the research, a confirmation from the University Vienna, the interview questions and the parent information sheet. In Vienna such an application is not needed. The headmaster is the only person who decides whether the research will be done or not. As we already gathered all the documents for the Bildungsdirektion, we sent those files to the headmaster of the Viennese school as well. Therefore, he had all the information he needed. Eventually both the Bildungsdirektion Niederösterreich and the headmaster of the Viennese middle school accepted the research.

For the study, it was important to have one middle school and one gymnasium, to compare the implementation of the Classbook between them, as these are the most common types of schools in Austria at secondary level 1. The middle school is located in Vienna and the gymnasium in Lower Austria. In addition to the different locations (city and countryside), it is also interesting to see how the Classbook fits into the different teaching styles of middle school teachers and high school teachers. The problems arising in the different types of schools are also analyzed.

The implementation of the Classbook started in January 2022 in Lower Austria. The last teacher finishing the lessons was Mr. Mohr in the middle school in Vienna. Because of logistical challenges like those discussed above, the data collection was at last completed only shortly before the summer break in 2022.

The Classbook

This thesis focuses on the Classbook “The Radiation Around Us” (TRAU). (Yamamoto, 2012). The aim of this Classbook is to teach the students that radioactivity is not

something you exclusively find around power plants or military weaponry, but it is all around us, as the name of the Classbook already foreshadows. The Classbook is divided into three parts. The first part is about visualizing radiation with the help of a dry ice-based cloud chamber. Due to restrictions on the transport of dry ice and safety concerns about its use in the classroom, we replaced the chambers with videos of similar chambers to have kids analyze the tracks of the radiation on the beamer. This decision was justified based upon Theyßen (2014), which found that learning gains of students studying geometric optics were unaffected whether students did hands-on experiments or used simulations. In relation to the topic of radiation, Marlene Freilinger found in her BS thesis (2022) that it makes no difference whether the children build their own cloud chamber or watch and analyze a video. In both cases the interest rating of the children is also above average and therefore the use of a video is on the one hand more manageable in Austrian schools and on the other hand the HEC goals are also taken into account.

The second chapter introduces the students into radiometers and the unit Sievert. After that the nine “problems” are presented. The students have to decide individually, if they think answer A, B or C is correct at each problem. The amounts of students choosing an answer are counted and written on the board. After that the teacher asks pupils, why they chose a specific answer. Everyone in the classroom is welcome to bring in their thoughts and discuss the problem. The students are also encouraged to switch from one answer to another if they think that it sounds more reasonable after the discussion. The last step is to read the next pages with the solution for the problems when the discussion is done. The solutions are usually experiments done by the teacher. In the case of TRAU, the results of the experiments are already on the pdf file. Problem 1 of TRAU and the result of this experiment is shown in Figure 7.

[Problem 1]

Woher kommt die Gammastrahlung um uns herum? Trägt Sonnenlicht zu unserer Strahlenbelastung bei? Gehen wir dieser Frage nach, indem wir die Strahlungsintensität im Schatten mit der in der Sonne vergleichen. Das Foto unten wurde auf dem Sportplatz vor einer Schule aufgenommen. Wie ihr sehen könnt, betrug der Messwert im Sonnenschein etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Was erwartest du? Wie hoch wird die Strahlung im Schatten sein?

Erwartung

- A) Die Strahlung in der Sonne ist stärker.
- B) Die Strahlung im Schatten ist stärker.
- C) Es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden.

Warum hast du deine Erwartung gewählt? Teile deine Ideen und Begründungen mit. Danach wirst du die nächste Seite lesen.



Strahlung in der Sonne und im Schatten



(Die experimentellen Ergebnisse für dieses und die verbleibenden Probleme sind mit freundlicher Genehmigung von Herrn Yamamoto, einem Physiklehrer an einer High School in Shizuoka, Japan.)

Der Durchschnitt der beiden Detektoren war gleich 0,03. Wir sehen also, dass die Strahlung im Sonnenschein ungefähr gleich ist wie im Schatten. Dies bedeutet, dass die Strahlung um uns herum nicht mit dem Sonnenlicht zusammenhängt.

Figure 7: Problem 1 of TRAU (Yamamoto, 2019)

As shown in Figure 7, Problem 1 is about radiation in the sun and whether it is higher, lower, or equal in the shadow. On the next page of the Classbook the actual measurement was done by Yamamoto M. and photographed.

The third chapter of TRAU is about Natural radiation exposure, in particular also about Radionuclides ingested through food. This was already discussed in the literature section

As already mentioned, a beamer was used to watch the cloud chamber videos. To save paper and to simplify the process for the teachers, we decided to read the Classbook from the beamer as well. Normally, the curricular materials are handed out page by page. The only sheet the students got were the answer sheets for the different problems. When the students decided on an answer option, they were told to mark it on their sheet.

In 2021, I was the first teacher, who implemented the Classbook in an Austrian school in Vienna. At that point the Classbook was only available in English. It was no language problem for the kids at that specific school, because they were taught bilingually. For our research, Mr. Jeidler and I were part of a team that translated the Classbook into German beforehand. This step was necessary to provide a consistent version of the Classbook for all schools and classes, not only for advanced English-speaking students.

Bildungsdirektion

After the Classbook was translated, the research design was set and all teachers were found, elaborate applications had to be submitted to the Education Directorate of Lower Austria due to the Covid-19 Pandemic. These included a project description, the interview questions for the teachers, the acceptance confirmation from the University of Vienna, and parent information. In Vienna, these documents were sent directly to the principal of the school. In addition to the above-mentioned documents, the Vienna Middle School also required a declaration of commitment to data protection when conducting a scientific survey at viennese schools. Furthermore, all persons had to be tested before entering the school.

Teachers guide

The teachers guide serves as an introduction to the teaching method for the teaching staff. In this text, the process of HEC is explained. (Itakura, 2019) Thus, it explains the flow of the problems, the blackboard and how the teacher should behave in the classroom in general. For teachers wanting to teach HEC, who are not part of this study, this would also act as a guide to be able to use this teaching method correctly.

The teachers in this study also received the teachers guide before using the method in class. Since only small organizational questions and questions about the course of the lesson were asked as feedback, the teachers did not receive any additional information regarding the lessons.

Interview

The interviews are the main data sources (with the audio files) for the qualitative content analysis. The analysis is based on Mayring (2022). This method focuses on preserving the advantages of quantitative content analysis and to develop/transfer them to qualitative-interpretative steps of analysis. Qualitative content analysis helps to systematically index text material. This material is reduced so that the essential content is retained. The analysis is rule-guided and follows a fixed procedure.

The interviews were held with the teachers after they taught the Classbook in their class. All teachers were asked the same questions, for later comparison reasons. The interviews were held as soon as possible after the implementation of TRAU via Zoom. Therefore, the audio recording was also done directly in Zoom.

Before the interview, the participants were informed about what will happen and how long the interview will take approximately. It was planned to take around 10-15 minutes.

The interview questions were the following:

- How difficult was the lesson to prepare and how long did it take?
- What was the biggest problem that occurred during the lesson?
- How does the style of instruction compare with what you usually do?
- Is there anything you found strange about the Classbook approach?
- Were there any times that you deviated from the Classbook? If so, how and why?
- Do you feel like your students were actively involved in their learning with the Classbook? More than usual? Less than usual?
- Do you feel like the discussion in the class was dominated by just a few students, or do you feel that everyone was contributing?
- Will you use the Classbook in future lessons?

Three teachers are teaching one cycle of the Classbook, which takes about 2-3 hours in class each. The only exception is the one who is least experienced in teaching HEC. She has, in theory, the greatest potential to grow from one implementation of TRAU to the next. Therefore, she teaches three cycles of the Classbook, which then are compared in the thesis. Because of that, only she is asked the following two questions during the interview in addition to the other questions.

- Has anything changed in teaching TRAU the second time compared to the first cycle?
- Was it easier for you? Did you feel more/less confident?

Audio recording and transcriptions

The following section presents a brief case study of the different teachers to give the reader an orientation before moving on to the detailed analysis. The teachers were abbreviated as T1, T2, T3 and T4 in the transcription, with the T standing for teacher in each case.

T1: This teacher teaches physics at a Gymnasium in Lower Austria. He already has some experience in the profession and in the “Hypothesis Experiment Class” teaching method. In his class, the teaching of TRAU took 2.5 lessons. These were recorded with his own cell phone.

T2: She has little experience in teaching and none in HEC. This teacher also teaches in a Gymnasium. Compared to the other teachers, T2 tested the method in 3 different classes. In each class, she required 2 lessons for the method. The basic idea was to find out her improvements within these lessons. Unfortunately, 2 of the 6 recorded audio files were defective and could no longer be played. Even after consulting the teacher, she said that the original file was also defective. This meant that 1 lesson from the first class, 2 lessons from the second class and 1 lesson from the third class could be transcribed and analyzed.

T3: I took on the role of T3 in this research work. I have little to no experience in regular lessons. However, due to seminars at the university, I am familiar with the HEC teaching concept and have also helped with the translation of TRAU from English into German. So that I could try out TRAU in a class, I was allowed to go to the same middle school where T4 teaches. Teaching the method took 3 lessons. These were recorded with my cell phone, which was in the middle of the room.

T4: As already mentioned, T4 teaches at a Viennese middle school. The implementation of the method took him the longest, namely 3.5 lessons. He already has experience in teaching but has never heard of HEC. His sequences were also recorded using a cell phone.

The lessons were recorded with 1 device in the classroom (in all cases a mobile phone). This is why the audio quality is weak and difficult to analyze. Unfortunately, there was also a technical problem with one teacher, which is why audio files are defective and cannot be recovered. This was Teacher 2, who taught the most lessons. Fortunately, recordings of all three different classes could be saved. Therefore, a comparison of the lessons is still possible.

Another problem is that I was not able to attend the other teachers' classes due to illness and Covid restrictions. Thus, comprehension problems and difficulties in assigning voices occurred with the transcripts. This could be solved with the help of the respective teachers. Of course, all names were also changed with the help of a random name generator. This was done to ensure the anonymity of the students.

Qualitative Content Analysis techniques

Qualitative content analysis is not an alternative to quantitative analysis. It starts with the qualitative components that are necessary in every content analysis, systematizes them through analysis steps and analysis rules, and makes them verifiable. Quantitative steps can be integrated in a meaningful way, only now they get a new significance. For this approach the term “qualitative content analysis” is only partly correct but will be maintained in this thesis. (Mayring, 2022, 49-53)

There are a lot of different definitions concerning content analysis. Mayring (2022) lists the following points to demonstrate the specifics of content analysis as a social science method:

Content analysis

1. has communication as information. In most cases, language or written text is the basis of the analysis. However, music, images etc. can also be objects of content analysis.
2. works with texts or images, where the communication is somehow documented and secured.
3. does not allow free interpretations compared to hermeneutic processes. The content analysis has a systematic approach.
4. has its systematic proceeding for verifiability reasons. The defined rules allow others to understand and review the analysis.
5. is theory-based. The content analysis does not simply report on a text. Its aim is to analyze material under a specific question. Theory-based here means drawing on the experiences of others with the subject under investigation.
6. aims to draw conclusions about certain aspects of communication. It is an inferential method that analyzes, for example, the intentions of a “sender” and the effects on a “receiver”.

Quantitative analysis differs from qualitative analysis in the use of figures. Therefore, in quantitative studies ordinal, interval and ratio-scaled scales are applied. Qualitative

analysis utilizes the nominal scale. (Mayring, 2022, 11-19) With the nominal scale, results can be differentiated but not ranked. Each object examined can be assigned to a category. The function of the numbers of the nominal scale is based on the mere naming of categories. Only the individual objects for identification or entire classes are numbered. (Berka, 1983, 159) However, qualitative content analysis also contains quantitative terms. An example of this would be the significance test, which is a quantitative method, but can also be carried out with nominally scaled data. (Mayring, 2022, 11-19)

Qualitative content analysis according to Mayring (2022) aims to be a method that uses quantitative approaches to develop procedures for systematic qualitative text analysis. The following points will clarify this approach:

- Embedding the material in the communication context

The content analysis procedure has one specific advantage over other text analysis approaches: it is based on communication science and therefore the context is always integrated in the interpretation of the material. Furthermore, the texts are analyzed in respect to its genesis and impact.

- Systematic, rule-based approach

The used approach of content analysis in this thesis is based on fixed rules. Each step is characterized by justified regulations. These regulations are established before the actual analysis. For this thesis those regulations consider how the data is approached and which parts of the material are analyzed after another. It is important that these rules are comprehensible for the readers and other researchers in this field.

- Categories at the center of the analysis

Making categories is one of the most important steps in content analysis. In qualitative content analysis finding and justifying the categories is crucial. If done rationally, the categorization is a sign of reliability of the study.

- Object reference instead of technique

It is important to present an object reference in the content analysis. This means that the mere analysis technique cannot be blindly transferred from one material to another. The method should not be understood as a universal approach. One must always adapt to the given material. Different studies acquire different methods. The adequacy for different studies needs to be examined individually.

- Verification of the specific instruments through pilot studies

Because there are different approaches in each research project, it could be criticized in the comparability of the method. Because of this the procedure and the categories are tested in a pilot study with the same data.

- Theory-guided analysis

As already mentioned, within the different steps of analysis this study is based on decisions done for this exact elaboration and therefore no fixed technique. However, the analysis still is theory-guided, which means the current state of research is considered and applied.

- Inclusion of quantitative analysis steps

Both qualitative and quantitative methods are used in this approach. Wherever results are generalized, it is important to fall back on quantitative methods. Each application of any method needs to be reasoned. In this thesis, the content analysis is done computer assisted. In the program QCMap both qualitative and quantitative analysis steps are integrated.

- Quality criteria

The approach of the qualitative content analysis may seem as if it violates quality criteria. The different criteria are objectivity, reliability and validity. (Mayring, 2022, 49-53)

Objectivity as a quality criterion in social research means recognizing the human perspective as binocular. Different perspectives or researchers provide a deeper insight into a subject area. Thus, the aim of qualitative research is always to document the process in such a way that different researchers could also carry out the research. Furthermore, it is also important that the research results are processed in such a way that they are justifiable. (Kirk, 1986, 9-14) Ideally, each person should therefore come to the same conclusion with the given category system of qualitative content analysis.

The criterion of validity describes the appropriateness of the scientific construction in relation to the facts. Qualitative research is fundamentally valid due to its initial data, as it usually involves observations, conversations and narratives. (Przyborski, 2021, 26-34)

The quality criterion of reliability describes the accuracy of a method. Specifically, it is about the reproducibility of examinations and measurement results. Replicability and the possibility of comparing data is therefore a central issue in qualitative content analysis in order to ensure reliability. (Przyborski, 2021, 26-34)

Thus it is important to analyze the data, as different researchers with the same material would do. (Mayring, 2022, 49-53) To make sure that the quality criteria are fulfilled, intrarater reliability as opposed to inter-rater reliability is applied. This means that the qualitative content analysis was not carried out by several different researchers, but only by one person with several repetitions. The aim is to find out how consistent a person is in the evaluation of data. In this master's thesis, the qualitative content analysis was carried out 3 times in a row. Since the data was always within a range of 5%, a high rater reliability can be assured. (Gwet, 2008)

Methods

In this chapter different methods are presented and discussed, whether they are useful for this thesis or not.

Interpretation techniques

According to Mayring (2022) the interpretation process has three different approaches.

- Summary:

This method summarizes the available material for the analysis, as the name already tells. The goal is to shorten the load of information without losing context.

- Explication:

The goal of this method is to find further information to specific topics of the material, for example to explain a statement made by a tested person.

- Structuring:

This method lays a cross section through the material with the help of ordering criteria in order to filter out certain aspects.

It is also possible to use a hybrid form of those techniques.

(Mayring, 2022, 66-67)

This thesis applies the “structuring” approach. Certain information should be filtered out of the transcripts in order to be able to answer the research questions. Furthermore, the “explication” approach is also considered, as statements from the teacher interviews are analyzed with the help of the material from the lessons.

Categorization techniques

As already mentioned, the categorization is an important step in qualitative content analysis. Mayring (2022, 84) differs between the following two methods:

Deductive categorization

The categories in this method are reproduced from other research. The structuring method is an example for deductive categorization.

Inductive categorization

Inductive categorization means the development of a category system from the material itself. This method is closely connected to the summarizing qualitative content analysis.

In this content analysis, a mixture of inductive and deductive categorization was chosen. The interview questions were selected as the starting point for finding the categories. Based on these, a fairly comprehensive system could already be found. Nevertheless, additional categories were added during the content analysis according to Mayring and existing categories were reformulated and made more precise.

Computer-assisted qualitative content analysis

As already reiterated, content analysis has a systematic procedure. Because of this computer programs became increasingly more important. PC-programs are mostly used in quantitative content analysis. The fact that only a few research questions generate meaningful results poses as a problem. With modern software it is possible, that the researcher does the interpretations, especially at qualitative content analysis. (Mayring, 2022, 109)

One of those programs is MAXQDA. It was developed by Udo Kuckartz in early 1990. It has a lot of features, but it lacks in the direct relatedness to the qualitative content analysis.

QCMap

The qualitative content analysis is done with the help of QCMap. This is an open access software which leads through the analysis. This web-based tool was developed by Philipp Mayring, Thomas Fenzl and Florian Letz. After the registration, the tool asks you to enter all the details about the study, such as your questions for analysis, the content analytical technique (categorization technique), the sensibility of the coding unit (smallest component of material which can be coded) and the coding guideline with the different categories. After uploading the requested text file, the qualitative content analysis can already be started.



Figure 8: QCMap webpage (<https://www.qcmap.org>)

As you can see in Figure 8, the program has three columns. The left-hand column shows all the information about the study. In the middle is the text to be analyzed, in the case of this study you can see the transcripts of the lessons. On the right side is the coding guideline with the different categories. These can also be edited and added directly, as was done in my study.

Data analysis

As already explained, the qualitative content analysis was implemented with the help of Mayring's (2020) online tool called "Qcamap" (<https://www.qcamap.org>). A mixed inductive and deductive approach was chosen.

Prior to the analysis, categories were created based on the interview questions and applied as a first approach to data analysis. The category system was adapted and expanded during the process. The definitions of the categories were specified so that text passages could be assigned more precisely. The category "Method used according to the teacher's guide" was added during the first round of qualitative content analysis, which is why the analysis had to be restarted. (Mayring, 2022, 86)

The final category system is as follows. The highlighted items are always the root category, while the sub-items are the subcategories for the qualitative content analysis.

Deviation from the material

C1: Omit passages of the Classbook.

definition: Leave out parts of the pdf.

C2: Answers of the pupils not counted.

definition: The teacher forgot (or skipped on purpose) to count the pupils and to write the number on the board.

Activation of the children

In order to answer the research question, the activation of the children must also be taken into account. In this content analysis, this is an indication of the "relaxed and open atmosphere" created by the teacher as described in the teachers' guide. (Itakura, 2019)

C3: Students bring arguments.

definition: Students justify their answer-choice.

C4: Discussion between students arise.

definition: At least two children debate. More precisely, a debate was defined as a debate as soon as a child responded to an argument of another child and contradicted it with a new argument. Debates never lasted longer than a few sentences, so the length does not need to be clearly defined.

C5: Students report on previous knowledge

definition: Anchor example: “Ahh, I have seen something like that”. In addition to this, however, the students also had to specify what previous experience they had in order to be included in this category.

Problems in the lesson

C6: Chatting.

definition: Students chat with each other about something not concerning the topic and are not listening to the teacher.

C7: Unclear what to do

definition: This category includes situations where students did not know what the question meant or did not understand the format, such as the answer sheet.

C8: Beamer problems.

definition: the picture is blurred, too small, does not work at all

Correct implementation

C9: Method used according to the teacher’s guide.

definition: The teacher answers a student's question or acts according to the teacher's guide of the class book. Here it is important to add, that not every single act was included. For example, the counting of the childrens' answers is not included because this is a recurring process, but the statement "you can also guess, it is no problem" was included. If the teacher repeated such a phrase several times per problem, it was not counted more than once. If the teacher has asked a student to read, this is a good idea according to the teacher's guide and is counted here. However, there were cases in which students were asked to take turns reading only a few sentences aloud. This was then counted as one correct use of the method by the teacher.

Results

To focus once again on the essentials of the work, the research questions are listed here again:

- Do veteran physics pedagogues teach HEC differently in contrast to inexperienced teachers?
- Is it necessary to have prior knowledge of HEC when using the method in class?

Teacher	School	Duration	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
T1	Gymnasium	2,5 lessons	0	0	40	1	4	0	1	0	49
T2 class 1	Gymnasium	1 lesson	0	0	7	1	4	0	0	0	15
T2 class 2	Gymnasium	2 lessons	0	0	36	0	3	1	0	1	37
T2 class 3	Gymnasium	1 lesson	0	0	12	0	3	1	0	0	10
T3	Middle School	3 lessons	2	0	29	1	1	5	0	2	54
T4	Middle School	3,5 lessons	0	1	16	2	0	3	3	2	57

Table 1: Results of the qualitative content analysis. T2 did teacher 2 lessons in all three classes, but for only one of those lessons complete data was collected.

To better understand the data, the explanations of the teachers' abbreviations are once again written down as well.

- Teacher 1 (T1) (gymnasium) veteran in teaching and in HEC.
- Teacher 2 (T2) (gymnasium) inexperienced in teaching and in HEC.
- Teacher 3 (T3) (middle school) inexperienced in teaching but veteran in HEC.
- Teacher 4 (T4) (middle school) veteran in teaching but inexperienced in HEC.

To clarify the **duration** section the audio recordings are discussed again. Lesson in this case mean around 45 minutes of recording. That is how long the audio recordings were on average. At T1, T3 and T4, the entire implementation of TRAU could be analyzed. Unfortunately, as mentioned above, the audio recordings of T2 were partially defect and could therefore not be used for analysis. For this teacher, however, it can be used as a reference that a run-through took 2 lessons in all classes. This shows that teaching TRAU takes longer in middle schools than in gymnasium. This may be due to the increased need to explain words in middle schools. Many children in the middle school of T3 and T4 do not have German as their first language and are therefore often overwhelmed

when confronted with large amounts of text and difficult words. This is why terms such as “detector of radiation” often had to be explained in more detail in class or a few students already knew what it means. As in the following situation, among others:

T4: Weiß jeder, was ein Detektor ist?

Joseph: Nein.

T4: Okay, kann es jemand erklären, also jemand, der gerade ja gesagt hat, der sagen kann, was ist ein Detektor?

Charlotte: Ein Messgerät.

Furthermore, children with a non-German mother tongue naturally read more slowly than children with German as their mother tongue. Therefore, these lessons may have taken longer than those at gymnasium.

The key findings from the qualitative content analysis are presented in the following paragraphs.

- If you analyze **C1**, you can see that T3 was the only teacher who left out parts of the pdf document. He justified this by stating that the paragraph constituted additional information, not relevant for the lesson.

T3: [...] Wir sehen hier [...] noch einmal, das können wir überspringen. Das wäre eine ergänzende Anmerkung. Und jetzt kommen wir zum achten Problem.

Although it is also marked as additional information in the Classbook, the paragraph should not be omitted. A situation similar to Goertzen 2009 S. 8-9 happened, where the teacher changed the intentional design of the Classbook spontaneously. The reason for shortening the Classbook in this case was the time problem and to not overwhelm the students with the already large amount of text. The students' slow reading and the need to explain a lot of words led to this spontaneous modification.

- T4 was the only teacher who did not count the answers of the students one time (**C2**)

T4: [...] Das sind wieder mal nicht alle. Gut, das ist mir jetzt aber auch egal. Es kann nicht sein, dass wir es nicht schaffen in einer Klasse irgendwann aufzuzeigen.

The teacher did not forget to count the answers in this situation but was annoyed that not everyone in the class had pointed out after repeating the counting process twice. Afterwards, he did not try again but asked the children, who had indicated their answer prior, about their arguments.

- In each lesson the students brought a lot of their own arguments. It can also be seen from the data that the students were encouraged to participate in all of the teachers' sessions. The data from T2 clearly shows that the extent to which the children get involved does not depend on the teacher. The second circle showed a high level of pupil participation, although this was somewhat lower in the first and third cycles. However, it should again be noted that only one lesson could be analyzed in each of the first and third circles. An exception to this is T4, in whose lessons the students never reported on prior knowledge. C3 also had a fairly low score of 16, considering the 3.5 hours of teaching time. On the other hand, there were 2 discussions in the class about the topic, which is the most frequent of all the results. **(C3, C4, C5)**
- Significantly more distraction and chatting of the students in the middle school recognizable. **(C6)**
- With T4 the students had 3 situations, where they did not know what to do. **(C7)**

*T4: Gut, fehlt immer noch eine Person, Alexander wo magst du aufzeigen?
Alexander: Ich versteh es nicht.*

Chloe: Warte, warte. Heißt das dann, dass es im Meer ist?

Finn: [...] Ich habe, ich habe gerade nur die Frage immer gelesen, ich habe sie gar nicht verstanden.

In all three situations, the students either did not understand the question or the context of the situation. This in turn could be attributed to the students' understanding of the language.

- The only problem with the projector was the size of the text. The pupils in question could not see anything because they had forgotten their glasses. Of course, this must always be expected, but it is a basic problem when working with the projector or blackboard. In one situation, T4 had one pupil come further forward in order to see the text better. This quickly solved the beamer problem. (C8)

T4: Felix, zwei Sätze vorlesen.

Felix: Ich kann von hier nicht lesen.

T4: Dann stehst du jetzt auf, gehst bis da vor und liest es vor.

Felix: Wie du sehen kannst, erscheinen weiße Striche, ausgehend von dem Stein.

- When analyzing the data in the last column (C9), it is noticeable that T2 has slightly lower values for all three classes. Even if the values of class 1 and 2 were doubled due to the lack of data (doubled because only one of the two lesson sequences was integrated into the table), the value would still be lower than that of the other teachers. T2 has values between 20 and 37, with the other teachers not falling below 49. It can be said that the inexperienced teacher, both in general teaching and in HEC, used methods from the teacher's guide less frequently than the other teachers in her cycles of TRAU. An increase within the first implementations cannot be determined. However, it must be taken into account that the other teachers were able to spend more time implementing TRAU, which in turn could lead to an increased use of strategies from the teacher's guide. This reduces the significance of the result.

Discussion and Interpretation

In this chapter, the data obtained is first summarized in chapters and discussed. The integration into the chapters helps to answer the research questions. The different interviews with the teachers are then compared with the results. This is done on the basis of data triangulation.

Comparison of Veteran vs. Inexperienced Teachers

When comparing experienced and less experienced teachers, differences in the data are difficult to discern. Both experienced teachers (T1 and T4) have a high value in **C9**, but this is also the case for T3. Student activation (**C3-C5**) is particularly high for T1, but very low for T4 (with the exception of **C4**). These values indicate the “relaxed and open atmosphere” described in the teacher’s guide, which the teachers should create. Even in the different classes of T2, there were large differences in this category. This allows few conclusions to be drawn about the experience of the teacher, but more about the relevance of the atmosphere within the class. However, this would have to be determined using other methods in another study.

An interesting finding, however, is that only the inexperienced teacher T3 omitted parts of the Classbook. This could be due to an overestimation of their own teaching. Although the teacher has little experience in dealing with children, he decided to leave out parts and spontaneously change the design of the Classbook. As I am teacher T3 in this study, I can report that I did not even notice the incident during the lesson. It was a spontaneous decision to omit the text because some children had problems with the long passages due to the language. As one of the passages was marked as additional information in the Classbook, it was decided to leave it out so as not to overwhelm the pupils and to save time.

T3: [...] das können wir überspringen. Das wäre eine ergänzende Anmerkung.

The two omitted parts of the document are the following:

Ergänzende Anmerkung: Außerhalb der Erdatmosphäre sind Protonen die vorherrschende Form der kosmischen Strahlung. Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre führen jedoch Kollisionen mit Luftmolekülen zu der Entstehung von Gammastrahlen, Betastrahlen, Neutronen und Myonen. Die meisten kosmischen Strahlen, die den Boden erreichen sind die Myonen (elektronenähnliche Elementarteilchen). Mit der Nebelkammer im Video haben wir zwei Spuren unterscheiden: Alpha und Beta. Tatsächlich handelt es sich bei der Myonenspur um eine dritte Art: die lange gerade Strecke im vorigen Foto.

Die Welt der Natürlichen Strahlung

Wie fühlst du dich jetzt? Wir haben gesehen, dass wir von Strahlung umgeben sind, sowohl von außerhalb der Erde als auch aus ihrem Inneren. Der Boden, auf dem wir stehen ist eine Strahlungsquelle, genauso wie die Luft die wir atmen und die Lebensmittel, die wir essen. Wir haben gelernt, dass selbst unsere eigenen Körper Quellen von Strahlung sind. Wenn all diese Strahlung in der Luft um uns herum Strahlungsspuren hinterlassen würde, so wie wir sie in der Nebelkammer beobachtet haben, wäre die Luft voller Spuren.

Zusätzlich zur Herkunft dieser Strahlung haben wir auch diskutiert, wie stark sie ist. Allein dadurch, dass wir auf diesem Planeten leben, bekommen wir eine Strahlendosis von 2,4 mSv Strahlung pro Jahr ab. Der Durchschnitt in Japan ist mit 2,1 mSv pro Jahr etwas geringer.

Dies ist die Welt, in der wir mit allen Lebewesen der Erde leben – eine Welt mit Strahlung.

Figure 9: Omitted parts (Yamamoto, 2019)

The Classbook is to be regarded as complete teaching material and therefore no individual sections should be omitted. Spontaneous changes are not intended by the designers of the Classbook.

Impact of Prior Knowledge of HEC

As already mentioned, T2 had the fewest applications of the teacher's guide in her lessons. (C9) However, this could also be due to her short implementation time, which means that she simply had less time than the other teachers to respond correctly to questions and discussions in the lessons. On the other hand, her limited experience with HEC could also be the reason for the low scores. However, if you compare this with T4, who also has little experience in HEC, you can see a substantial difference. However, this could again be due to the implementation time, as T4 took the longest to fully teach TRAU.

T1 and T3 have the most experience with HEC. This is also reflected in column **C9**, in which both achieved a high score of 49 and 54. However, since there are major differences in the duration of the teaching sequences, no clear differences can be derived from the inexperienced teachers. If 2 or 3 lessons of T2 could have been analyzed in all of their classes, the results could possibly be completely different. Under certain circumstances, the values could also come close to T3, but this can only be assumed. Unfortunately, this is not possible due to the technical problems with the recording devices and the generally shorter duration of the Classbook in the Gymnasium.

When analyzing **C6**, a big difference is noticeable between T3 and T1, who both have previous experience with the teaching method. Disruptions in teaching cannot therefore be remedied purely with prior knowledge of the HEC teaching method.

One reason for the high value in the “chatting” category **C6** may be that I (T3) did not know the class I was teaching beforehand and therefore did not know the general class rules regarding classroom disruption. Knowing a class for a longer period of time might therefore make it easier to deal with classroom disruptions as trust has already been built between the teacher and the pupils.

The following things are said by the different teachers regarding the duration of the preparation:

T1: Also zeitintensiv war es gar nicht und schwierig auch nicht. Man muss sagen, ich hab mich aber auch schon mal näher damit auseinandergesetzt

T2: [...] Ansonsten ist die Vorbereitung eigentlich schneller als gedacht gegangen, weil alles eigentlich im Guide super erklärt ist. Eben wie gesagt ein paar Sachen habe ich nicht ganz verstanden wie sie gemeint sind. Aber ansonsten hat das dann eigentlich relativ schnell funktioniert.

T4: Also ich muss persönlich sagen, sie war jetzt nicht mehr so zeitintensiv, weil schon ein großer Teil halt einfach vorgegeben war. Das heißt, der grundlegende Stundenablauf war halt einfach schon da.

All the teachers (including myself) reported that they had little preparation time. The inexperienced teachers regarding HEC (T2 and T4) also both mention the teacher’s guide, which successfully helped them with their preparation. There is no significant difference in preparation time between the different teachers.

In this context, however, T2 mentions that she felt most confident about the preparation in her third class, as she already knew what to expect and had done it several times before.

T2: [...] Ich habe gemerkt, dass ich bei der dritten Klasse auf jeden Fall am sichersten war. Da habe ich schon gewusst wie es abläuft und ich habe gemerkt, dass es gut war, dass ich es öfter gemacht habe und nicht nur ein Mal.

There were slightly different answers regarding the problems encountered in lessons. While T1 and T3 stated that they had not encountered any major problems, the new HEC teachers T2 and T4 responded to this question as follows:

T2: Ja, also es war für mich und die Schüler ungewohnt, dass wir so viel gelesen haben. Also das ist in meinem Unterricht eigentlich nicht so. Es wird zwar viel geredet und diskutiert, aber dass man so richtig lesen ist eher selten der Fall.

T4: [...] sprachliche Probleme, weil einfach manche Wörter für sie kompliziert waren [...] Bezüglich der Struktur und des Ablaufs gab es eigentlich keine Probleme.

Both teachers had difficulties with the text in the Classbook. T2 was generally unaccustomed to reading so much in class. This would normally not be the case for her in other lessons. T4, on the other hand, reported that his pupils had language difficulties, which will be discussed in more detail in the following chapter.

Of course, getting used to the teaching style can only be achieved with repeated use in practice. Since T1 and T3 already have experience with HEC in different classes, they report only minor problems, if any.

Challenges in Middle Schools vs. Gymnasium

One finding from the study that was not planned in advance is the difference that emerged between the school types. The implementation of the teaching method took considerably less time at Gymnasium than at middle school. In the class of T1, the complete implementation of TRAU took 2.5 teaching units. In T2, it took 2 teaching units

in all three classes. In contrast, it took 3 teaching units for T3 and even 3.5 teaching units for T4 at the middle school. This must of course be taken into account by the respective teachers when planning lessons in respect to the curriculum, as otherwise complications could arise. It is also very important to know that many children in the middle school observed had difficulty reading the text aloud and did not understand some of the words.

This is what T4 reports from his class at the middle school:

T4: [...] wenn, dann sprachliche Probleme, weil einfach manche Wörter für sie kompliziert waren, wenn die Einheit ging, wenn es einfach Fachbegriffe waren, die wir bis jetzt noch nicht gemacht haben oder die wir gemacht haben, die einfach komplizierter sind, aber grundlegend.

He describes that the only major problems in class were that some words were complicated for them. According to him, difficulties arose particularly with technical terms. The two teachers from the Gymnasium (T1 and T2) did not report any such comprehension problems. This is also shown by the data from **C7**. In T4's class, students repeatedly had the problem of not understanding the question. Therefore, the entire teaching method would not make sense. Adding targeted questioning for understanding the questions and certain words into the lesson takes more time but helps to ensure a successful HEC lesson.

I can also say retrospectively that in further uses of HEC at this middle school, problems with some words and the large amounts of text have always occurred. These comprehension problems often lead to distractions and engagement issues. If there is no time pressure these issues can be easily resolved. It is, however, not possible to finish TRAU in less than three lessons.

Technical and Logistical Challenges

Due to the massive amount of printing involved, Mr. Jeidler and I decided to use the projector instead of the fully printed Classbooks. As our own experience has shown that this often causes problems, we pointed out to the teachers in the preliminary discussion that they should make sure that everyone can read along and see something. The data

(C8) shows that 3 of the 4 teachers had difficulties with the projector at one point. However, this was mostly because children forgot their glasses. The same problem would therefore also occur on the standard blackboard in class. If you solve the situation like T4 and ask the child with poor eyesight to come to the front, the projector is an excellent, environmentally friendly and less costly (if available) alternative to the printed Classbook. Alternatively, you can also zoom in further on the projector, even if you can no longer see the whole page. Here, the teacher only needs to be more active and scroll regularly so that the reading flow is not hindered. Attention must also be paid to the completeness of the illustration with this approach.

As it is almost impossible to build a cloud chamber in most schools with the inventory available, a projector is needed to show the videos. It can be used as a medium for the Classbook. Furthermore, the projector is also a practical tool, as switching back and forth between the cloud chamber videos and the Classbook is possible with a few clicks.

One problem that did not arise in the course of this research, but has now arisen for the second time in my current lessons during the HEC lessons, is technical problems with the projector. These can include broken cables, broken HDMI plugs or technical problems with the projector itself. In these lessons it was not possible to teach the Classbook and had to be postponed to a subsequent lesson. The planned introductory lesson must then be changed spontaneously in such situations and must not deal with the topic of radiation, as HEC should be the introduction to the topic.

After consultation with the teachers, printing out the answer sheets did not cause any difficulties. The printed versions of the answer sheets were also important in that the children had something tangible in front of them at the same time as the projector so that they were not distracted so quickly.

T2: Also so richtige Probleme hat es nicht gegeben.

In my implementation as T3 in this study, as well as in all classes before and after, the printed answer sheets never caused any problems. You can always print out a few extra

sheets to make sure that lost sheets can be replaced. T1 also reports the same procedure in his lesson.

T1: Ansonsten vom Ausfüllen her, es gab Schüler die haben beim zweiten Mal ihr Antwortblatt nicht gehabt. Da habe ich aber schon vorgesorgt und mehr ausgedruckt bei der zweiten Einheit. Also das hätte ein Problem sein können, aber da habe ich eben schon vorgedacht.

What can be said is that T2 appears more self-confident in the third run-through, as she already knows how the teaching sequences will proceed. However, this cannot be determined on the basis of Table 1. It is much more due to the appearance and the more self-confident voice. A specific situation that illustrates this is the following:

Vincent: In fünf Minuten ist die Stunde vorbei.

T2: Ja ich weiß, lesen wir uns das noch durch. Auswirkungen des Atomunfalls, wer will das lesen? Laura, bitte.

This situation occurred in the third cycle of the Classbook. Since T2 already knew in this situation that the paragraph about nuclear power plants was a good time to stop, she reads it with the class before the bell rings. The statement “*Yes, I know*” underlines the teacher's self-confidence in the situation. By wanting to finish the chapter on nuclear accidents before the end of the lesson, she closes this chapter in the Classbook in a convenient place. This takes place subconsciously but enables an ideal introduction to problem 3 for the next lesson. In the first run-through, the lesson was ended during the resolution of a problem, which makes for a more confusing introduction to the next lesson. Thus, a clear increase in the quality of teaching is recognizable. This was also recognized by her in the interview with the following statement already mentioned.

T2: [...] Ich habe gemerkt, dass ich bei der dritten Klasse auf jeden Fall am sichersten war. Da habe ich schon gewusst wie es abläuft und ich habe gemerkt, dass es gut war, dass ich es öfter gemacht habe und nicht nur ein Mal.

The following chart shows the interview responses to the question of whether the respective teacher would use HEC again in their future lessons.

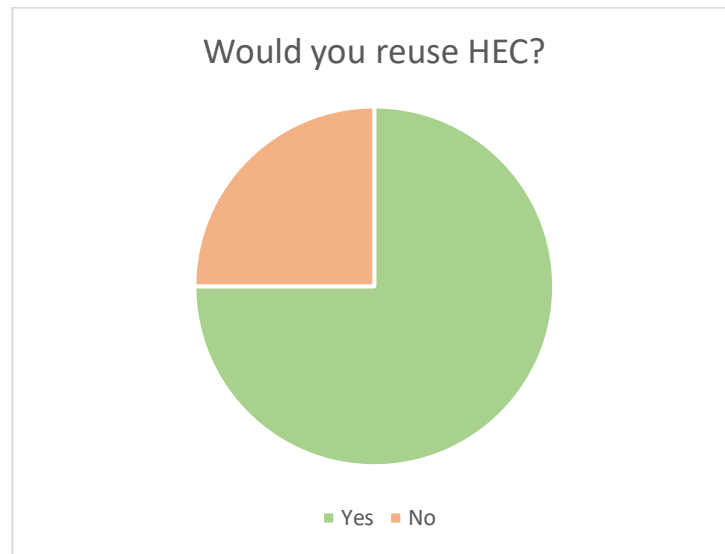


Diagram 1: Reuse of HEC

The graph shows that 3 of the 4 teachers would use the method again. T1 and T2 confirm the method with the following words:

T1: Sofort! Würd ich sofort. Gerade zu diesem Thema bietet das Classbook einen idealen Einstieg in das Thema. Für die Schüler ist es auch eine Abwechslung. Ich weiß nicht, ob ich nur so unterrichten würde, aber um es einzubauen ist es auf jeden Fall eine tolle Abwechslung für die Kinder. Es hat auch gutes Feedback bekommen, also es gab niemanden oder wenn dann nur vereinzelt welche, denen es nicht gefallen hat.

T2: Absolut ja. Ich war am Anfang ein wenig gespannt wie das wird, wie die Schüler das aufnehmen und wie ich das finde. Generell das Thema Radioaktivität habe ich heuer zum ersten Mal unterrichtet, weil das ist mein zweites Dienstjahr und letztes Jahr mit dem Distancelearning ist das Thema komplett untergegangen, habe es also fast garnicht mehr erwähnt, weil es sich nicht ausgegangen ist. Und ich habe jetzt e schon zum Maximilian gesagt, dass ich so froh bin, dass ihr die Arbeit schreibt. Ansonsten hätte ich das Thema sicher wieder am Ende des Schuljahres gemacht und hat man dann auch noch Stress und so.

As T3, I would not only use the method again but have already done so in 3 other classes since this field study. These lessons also gave me a very positive impression of TRAU,

reinforced by the positive feedback from the pupils. The method is now an integral part of my lesson preparations for 4th grade physics.

It should be noted in the diagram that T4, the only one who would not use the method again, liked the basic approach. He would reuse individual parts from the Classbook, but it should not take longer than 1 lesson. He says this in the following words:

T4: Grundlegend ja, aber ich glaube [...] das ist für eine Stunde mal ganz gut. Ich weiß, wenn sie es schon kennen, dann kann man halt immer wieder für eine Stunde machen. Ich glaube, zu viele Stunden hintereinander so, drängt halt die, die da halt nicht mitmachen wollen, eigentlich ein bisschen aus dem Unterricht raus. Weil die sicherlich einfach denken, muss ich nix machen.

The problem for him is that certain students who do not want to take part are excluded from the lesson because they think they do not have to do anything. If one compares this statement with **C3** and **C5**, the lower activation of the students in his lessons becomes clear.

Pre- and post-test of the classes

Mr. Jeidler examined the first two goals of HEC in the same schools in his master's thesis.

These are:

- Goal 1: Make sure each and every student gains the ability to use the central theory or concept.
- Goal 2: Structure the class so that most students report that they like both science and these science classes.

His methodology of the study included a pre-test-post-test approach per class. He also used a control group who were taught radiation in the traditional way and did not use the Classbook.

His findings are as follows:

“As far as the overall understanding of radioactivity is concerned, the experimental group did not have a significantly better understanding after the lessons than the control group, because both groups had the same average final test result. It could therefore be argued that in both cases the teaching brought the students to the same certain level of understanding, regardless of prior knowledge. At the same time, answering the research question only makes sense in my view if one can assume that both groups had comparable prior knowledge. In the results, however, you can see that the prior knowledge of the control group was greater. Therefore, I looked specifically at the gains of the students and specifically at the individual gains of certain students. The individual gains were greater in the experimental group, which indicates that this group improved more noticeably.” (Jeidler, 2023)

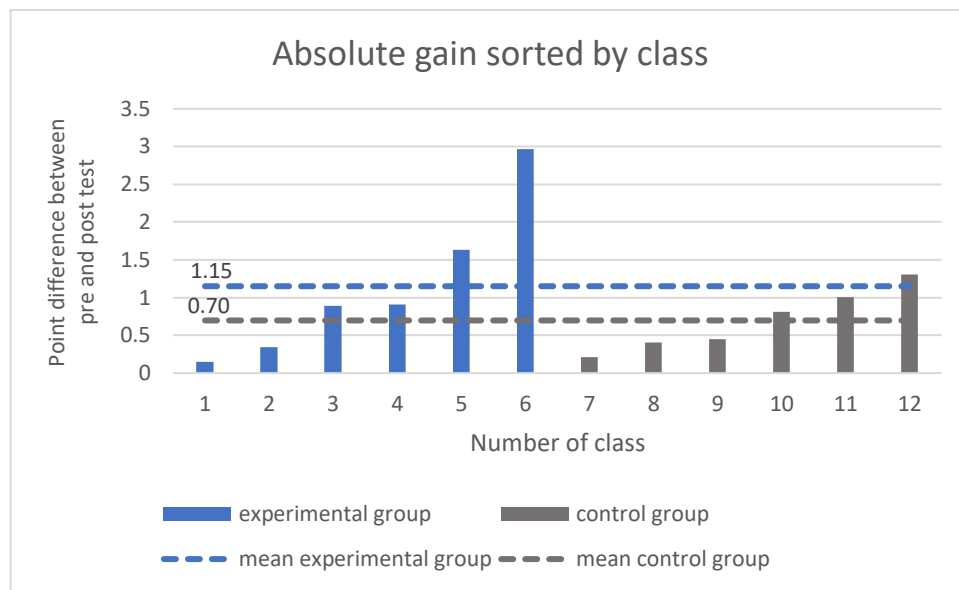


Table 2: Absolute gain of the different classes. (Jeidler, 2023)

The students' individual learning progress is shown in Table 2. The data from 1-6 are the different classes relevant in this study, whereby these are arranged in ascending order. The allocation of the number of classes is as follows:

- 1 = T3
- 2 = T4
- 3 = T2 (Class 3)
- 4 = T2 (Class 2)
- 5 = T2 (Class 1)
- 6 = T1

Class 7-12 are the classes from the control group. It is clear that the experimental group showed greater learning gains than the control group. More precisely, the increase in the experimental group from pre- to post-test was from 3.3 to 4.6 points and in the control group from 3.9 to 4.6 points. Both of these results were significant in Jeidler's study. This speaks for the method and also for the teachers who taught HEC in the course of this study.

The comparison of the different teachers is extremely interesting here. The students from T3 had the lowest increase in points and the students from T1 the highest.

However, it must be added that the post-test was only carried out at the very end of the radioactivity topic block. I (T3), on the other hand, only carried out the introduction with TRAU in the course of this study. Therefore, the data here is not fully representative but only provides a trend. The class of T4 also showed only a slight increase. This again underlines the difference between middle school and gymnasium. The middle school classes achieved a significantly lower increase in knowledge through the use of HEC. This may again be due to the large amount of text and the difficult to understand words. The data from T1's class shows that his classroom experience and prior knowledge of HEC had a positive effect on his teaching. The different classes of T2 are very similar to each other in the graph, but the first class has a higher learning gain. This contradicts the assumption that previous experience with HEC has a positive influence on the students' learning gains.

Another finding from Jeidler's study relates to problem 9, which deals with the question of whether people emit radiation. To check the understanding of this, he included a very similar question in his post-test. The result is extremely interesting and should therefore be mentioned again here.

“it is only disappointing that only about one third of the students in the experimental group chose the answer option “schoolchild” for question 1. This is far from 90% of the students who are supposed to correctly predict the last question in the Classbook. This target was not met in this study.” (Jeidler, 2023)

The question is about different things that emit radiation. The result of this question was as follows:

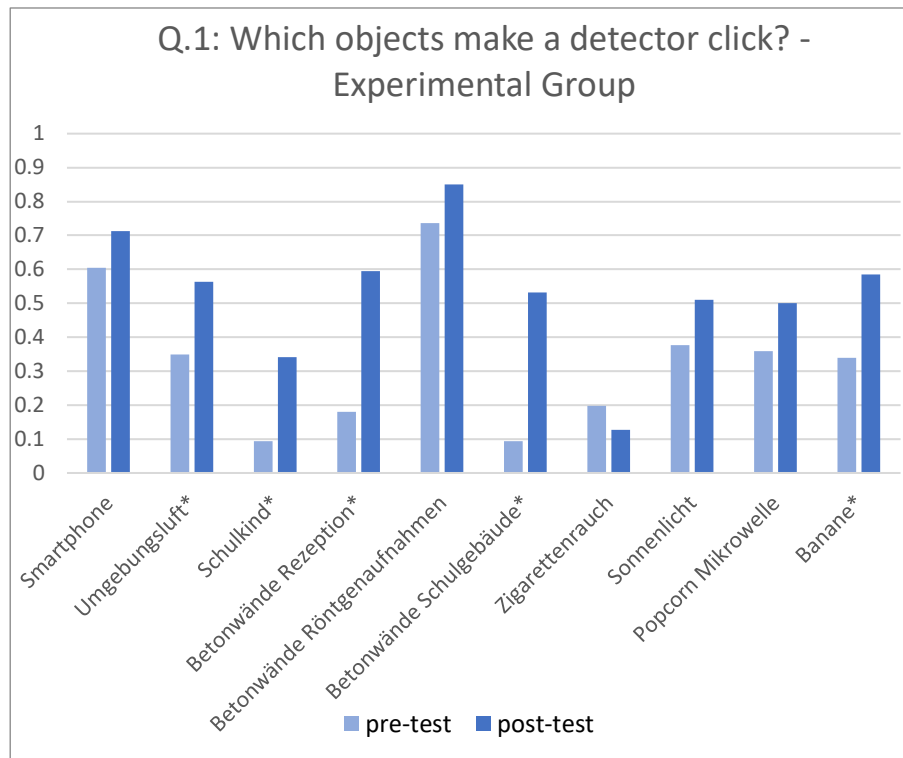


Table 3: Question 1 Experimental Group (Jeidler, 2023)

Students should select which of the given things are radiation emitters. In Table 3, the bars show the percentage of students who chose that answer option. As already mentioned, the answer option "schoolchild" was particularly surprising. Only around a third ticked this option, which is very few considering problem 9 from the Classbook, which teaches precisely this. The correct answer here would have been to check all of these objects. You can see from the graph that the students in the experimental group ticked things more often in the post-test compared to the pre-test, which indicates a better understanding of the topic in this question. Jeidler assumed a high increase in the experimental group here, as the Classbook deals with precisely this topic. As Mr. Jeidler has already mentioned, there can be different reasons for the wrong answers to this question. One of the possible reasons Jeidler suggested is the incorrect application of a teacher's method. However, this can be ruled out, as the data in Table 1 of this paper shows. All teachers basically used the method correctly. This is also evident from the audio recordings.

Table 4 shows the same question for the control group:

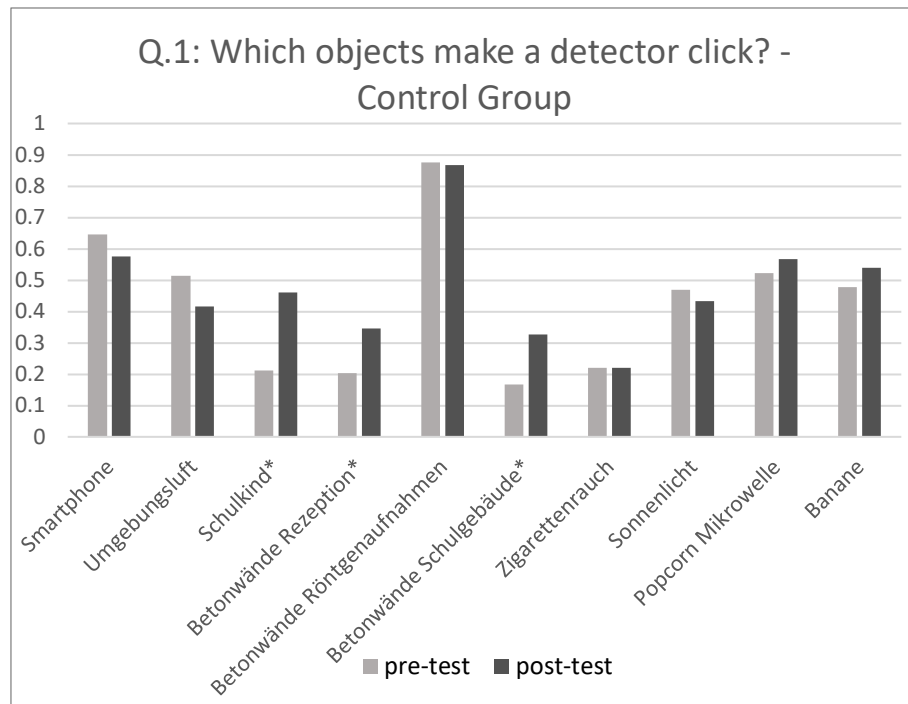


Table 4: Question 1 Control Group (Jeidler, 2023)

Although the experimental group generally showed a larger increase, more students from the control group selected "schoolchild" as an answer option in both the pre-test and the post-test. That speaks against the method, because this is precisely the learning objective of TRAU. It is, however, the teacher's task to ensure that the problems are comprehensible and to plan the follow-up lessons after the HEC.

The few correct answers leave room for doubt.

Conclusion

- Do veteran physics pedagogues teach HEC differently in contrast to inexperienced teachers?

As the data from Table 1 show, there is no significant difference between the experienced teachers (T1 and T4) and the inexperienced teachers (T2 and T3). Fluctuations can even be seen between the different classes of T2. Thus, little can be said about whether experienced teachers teach HEC differently from inexperienced teachers. The inexperienced teacher T3 was the only one to omit parts of the Classbook, which is to be recognized as a mistake and was identified as a difference to the other teachers. This happened despite his previous experience in HEC.

- Is it necessary to have prior knowledge of HEC when using the method in class?

It is not necessary to have much previous experience with HEC to conduct successful lessons. Nevertheless, prior experience is helpful in ensuring greater confidence in using the method and thus being able to react appropriately and spontaneously to a wide variety of situations. This is shown by the comparison of class 1 and 3 of T2. She is and feels more confident in HEC lessons now that she has previous experience with the teaching style. I am currently teaching TRAU minimum once per year and can confirm the increase in understanding the Classbook better each year. This helps in minimizing the preparation time and also in spontaneous reactions in certain situations according to the teacher's guide.

Finally, class dependency is now addressed once again. The composition of the class influences the length of the Classbook and also the interaction between the pupils. T1 states:

Ich: Also nachdem es ein großer Unterschied ist, ist dieser Unterrichtsstil für dich irgendwie eigenartig oder war es sehr natürlich und hat gut gepasst?

T1: Teils, teils. Was für mich ein wenig schwierig war, und das ist sicher Klassenabhängig, dass man die Schüler animiert, dass sie untereinander diskutieren. Es gab zwar schon immer Wortmeldungen dazu, warum man sich für eine gewisse Antwortmöglichkeit entschieden hat, aber dass jetzt wirklich darüber diskutiert worden ist, war eher seltener. Ich habe versucht sie zu animieren, aber das mir glaube ich nicht so gut gelungen, glaube auch weil ich es nicht gewohnt bin das zu machen. In kleineren Gruppen, so vierer oder fünfer Gruppen: ja, da sollen sie irgendeine Aufgabe bearbeiten und diskutieren sie ein bisschen, dann heize ich das ein wenig an und sage: sie oder er hat jetzt das gesagt, was sagst du jetzt dazu? Stimmt du da zu? Oder nicht? Aber das in der ganzen Klasse zu moderieren war ein wenig schwierig und ungewohnt.

Mr. Jeidler (T1) describes here that it was unusual for him to motivate an entire class to participate in the discussions. This was more natural for him in small groups, but not in the large class setting. He also mentions that the lack of discussions certainly depends on the class.

In addition, this difference between the classes was also evident in the learning growth. The two classes from the middle school had a significantly lower increase in knowledge from pre- to post-test compared to the classes from the gymnasium.

Finally, the greater increase in learning of the experimental group compared to the control group should be noted again. This is an indication of the success of the teaching method.

The fact that all teachers can use the method successfully without prior knowledge and without much preparation time means that TRAU is a useful introduction to the topic of radioactivity from the teachers' point of view.

From my own experience, I can report that the students also like the method because it represents a change from regular lessons.

Literature

Berka, K. (1983). Measurement: Its Concepts, Theories and Problems. Netherlands: Springer Netherlands.

Bromme, R. (1992). Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens. Bern: Hans Huber.

Demtröder, W. (2017). Experimentalphysik 4. Kern-, Teilchen- und Astrophysik. (5. Auflage, erste Auflage 1997). Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Goertzen, R. M. Scherr, R. E. Elby, A. (2009). Accounting for tutorial teaching assistants' buy-in to reform instruction. University of Maryland, College Park.

Goertzen, R. M. (2010). Investigating and Accounting for Physics Graduate Students' Tutorial Classroom Practice. University of Maryland, College Park.

Goto, T. 放射線に囲まれて生きている私たち 実感を伴った自然放射線の認識へ (We are living surrounded by radiation. To the recognition of natural radiation with actual feeling). Master's thesis: University of Kyoto.

Greenwald, R. Hedges, L.V. Laine, R.D. (1996). The effect of school resources on student achievement. In: Review of Educational Research 66.

Gwet, Kilem. (2008). Intrarater Reliability. Gaithersburg, Maryland.

Hopf, M. Schecker, H. Höttecke, D. Wiesner, H. (Hrsg.) (2022). Physikdidaktik kompakt. Hannover: Aulis Verlag in Friedrich Verlag.

Itakura, K. (2019). Hypothesis–Experiment Class (Kasetsu) : With practical materials for fun and innovative science classes (H. TRAU, Ed.). Kyoto: Kyoto Univ. Press & Melbourne: Trans Pacific Press. Accessible via: https://www.kasetsu.org/4_english/files/What_Hypothesis-Experiment_Class.pdf.

Jeidler, M (2023). The Hypothesis Experiment Class approach to radioactivity: effects on conceptual understanding and student interest. Masterarbeit der Universität Wien.

Kirk, J., Miller, M. L. (1986). Reliability and Validity in Qualitative Research. India: SAGE Publications.

Kolb, S. M. (2012). Grounded theory and the constant comparative method: Valid research strategies for educators. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies*, 3(1), 83–86.

Krieger, H. (2023). Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes. (7. Auflage, erste Auflage 2004). Ingolstadt: Springer Spektrum.

Mayring, Ph. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (13. Auflage, erste Auflage 1983). Weinheim: Beltz Verlag.

Przyborski, Aglaja; Wohlrab-Sahr, Monika (2021). Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch. München.

Rowan, B. Correnti, R. Miller, R. (2002). What large-scale survey research tell us about teacher effects on student achievement: Insights from the Prospects Study of Elementary Schools. In: *Teachers College Record* 104.

Schecker, H. Wilhelm, T. Hopf, M. Duit, R. (Hrsg.) (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Theyßen, H. (2014). Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In S. Spektrum (Ed.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 67–79). Berlin, Heidelberg.

Yamamoto, M. (2011). Radiation and Sievert (Japanese). Hippopoya Summer Conference Edition

Websites:

RIS (2023a). Lehrplan der Mittelschule. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850>. Accessed on 31st of July 2023.

RIS (2023b). Lehrplan der allgemeinbildenden höheren Schule. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>. Accessed on 31st of July 2023.

RIS (2025a). Lehrplan der Mittelschule. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850>. Accessed on 23rd of April 2025.

RIS (2025b). Lehrplan der allgemeinbildenden höheren Schule. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>. Accessed on 23rd of April 2025.

Mayring, P. (2020). QCAmap// a software for Qualitative Content Analysis. <https://www.qcamap.org>. Accessed on 23rd of April 2025.

Yamamoto, Miyuki (2012). Die Strahlung die uns umgibt (The Radiation around us (TRAU)). <https://u.kyoto-u.jp/hec-trau-d>. Accessed on 23rd of April 2025.

Appendix

Parent information sheet

Information about the study and the Audio recordings.

Elterninformation und Einverständniserklärung

Sehr geehrte Damen und Herren,

mein Name ist Markus Wintersteller, ich studiere die Fächer Mathematik und Physik für das Lehramt und im Zuge meiner Masterarbeit beforsche ich ein spezielles Unterrichtskonzept für den Physikunterricht, bei dem es sich thematisch um Radioaktivität handelt. Das Unterrichtskonzept trägt den Titel „Hypothesis-Experiment Class“.

Ich untersuche unterschiedliche Lehrpersonen und deren Unterricht. Die Lehrer*innen werden nach der Sequenz interviewt und um das Gesagte mit dem tatsächlichen Unterrichtsgeschehen vergleichen zu können, wird in den zwei Stunden der Ton aufgezeichnet. Diese **Aufnahmen** werden in der Masterarbeit **ausschließlich als anonymisiertes Transskript veröffentlicht**.

Die Audio-Aufnahmen werden gespeichert, anonymisiert und danach **sofort gelöscht**. Alle Daten werden **strikt vertraulich** behandelt und der **Datenschutz** gewahrt. Die Teilnahme ist **freiwillig** und würde einen Beitrag dazu leisten, den Unterricht für Ihre Tochter/Ihren Sohn in Zukunft interessanter zu gestalten.

Wenn Sie der Teilnahme Ihrer Tochter/Ihres Sohnes an meiner Studie zustimmen, würde ich Sie bitten die Einverständniserklärung unten auszufüllen und Ihrem Kind in die Schule mitzugeben.

Wenn Sie Fragen zur Studie haben, können Sie mich gerne unter folgender E-Mail-Adresse kontaktieren: a01637237@unet.univie.ac.at

Vielen Dank im Voraus!

Mit freundlichen Grüßen,

Markus Wintersteller, BEd



Ich habe die oben angeführten Informationen gelesen und verstanden und bin damit einverstanden, dass meine Tochter / mein Sohn

.....

an der Studie zur Erforschung des Unterrichtskonzepts „Hypothesis-Experiment Class“ teilnimmt und die Unterrichtssequenz aufgenommen wird.

.....

Thema und Inhalt der Arbeit

HEC ("Hypothesis Experiment Class") ist eine Unterrichtsmethode von Kiyonobu Itakura. Der Stil des Unterrichts ist aufgebaut wie eine Art „gameshow“: Schüler*innen müssen sich bei verschiedenen Fragestellungen für die Antwort a, b oder c entscheiden. Nach einer Diskussion des Themas wird die richtige Antwort und die Erklärung offen gelegt. Die Fragen werden im fortlaufenden Unterricht immer spezifischer und das Thema für die Kinder immer klarer.

Laut Itakura [1] hat HEC drei Ziele:

- Alle Schüler*innen erlernen die grundlegenden Konzepte des Themas.
- Die Stunden so zu gestalten, dass den Schüler*innen sowohl Wissenschaft an sich als auch die Unterrichtsstunde dahinter Spaß macht.
- Lehrer*innen können ohne großen Selbstaufwand diese Art von Stunde halten, so, als wären sie Expert*innen in HEC.

In meiner Masterarbeit wird der letzte dieser Punkte hinterleuchtet. Maximilian Jeidler erforscht parallel die ersten zwei Punkte, um alle Ziele dieser Unterrichtsmethode zu hinterleuchten.

Methoden

Die Arbeit basiert auf unterschiedliche Lehrer*innen, welche die zwei vorgefertigten Stunden zu Radioaktivität tatsächlich halten. Dazu wird eine Lehrkraft aus Wien und drei aus Niederösterreich herangezogen. Diese Lehrpersonen werden nach den beiden Stunden kurz in einem Interview (siehe Interviewfragen) über das Geschehen während des Unterrichts und zu ihrer Vorbereitung befragt. Die Dauer jedes Interviews beträgt in etwa 10 Minuten. Um das Gesagte mit dem Unterrichtsgeschehen vergleichen zu können, wird die Stunde Audio-aufgezeichnet (siehe Einverständniserklärung der Eltern). Die folgende Analyse der Daten basiert auf der qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring [2].

Die vier Lehrpersonen unterscheiden sich in ihrer Unterrichtserfahrung und ihr Vorwissen über HEC. Eine davon hat wenig Erfahrung und noch nie von HEC gehört. Bei ihr werden (falls zu beobachten) die größten Verbesserungen zwischen Stunden erwartet, weshalb hier zwei unterschiedliche Klassen analysiert werden.

Schule

- Kmh Gymnasium Katzelsdorf, Schulkennzahl: 323016
- Darüber hinaus wird auch eine Schule aus Wien in die Forschung miteingebunden.

Quellen

[1] Itakura, K. (2019). *Hypothesis-Experiment Class (Kasetsu)*.

[2] Mayring, Ph. (2000). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (7. Auflage, erste Auflage 1983). Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Wien am 17.11.2021

Unterschrift: _____

Datum, Unterschrift

Answersheet for the students

Frage 1

- A. "Nebelkammer"? Was ist das?
- B. Ich habe davon gehört.
- C. Ich habe schon eine gesehen.
- D. Ich habe schon eine gebaut.

Beschreibe unten kurz wie die Nebelkammer ausgesehen hat und an was du dich sonst noch erinnern kannst.

[Problem 0]

- A) Es werden keine Strahlungsspuren sichtbar sein.
- B) Gelegentlich werden Strahlungsspuren sichtbar sein.
- C) Es werden die ganze Zeit über Strahlungsspuren zu sehen sein.

Ergebnisse

[Problem 1]

- A) Die Strahlung in der Sonne ist stärker.
- B) Die Strahlung im Schatten ist stärker.
- C) Es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden.

Ergebnisse

[Problem 2]

- A) Die Strahlung ist draußen stärker.
- B) Die Strahlung ist im Inneren stärker.
- C) Die beiden sind ungefähr gleich.

Ergebnisse

[Problem 3]

- A) Die Strahlung ist innerhalb und außerhalb des Tunnels gleich.
- B) Die Strahlung ist im Tunnel stärker.
- C) Die Strahlung ist im Tunnel schwächer.

Ergebnisse

[Problem 4]

- A) Innerhalb des Gebäudes ist die Strahlung größer.
- B) Innerhalb des Gebäudes ist die Strahlung schwächer.
- C) Die Strahlung ist innerhalb und außerhalb des Gebäudes gleich.

Ergebnisse

[Problem 5]

- A) Die Strahlung ist schwächer als an Land.
- B) Sie ist gleich stark wie an Land.
- C) Die Strahlung ist stärker als an Land.

Ergebnisse

[Problem 6]

- A) Die Strahlung wird mit zunehmender Höhe schwächer.
- B) Die Strahlung bleibt gleich, unabhängig von der Höhe.
- C) Die Strahlung wird mit zunehmender Höhe stärker.

Ergebnisse

[Problem 7]

- A) Die Strahlung wird im Flugzeug schwächer sein als in 140 m Höhe am Tokyo Tower.
- B) Die Strahlung im Flugzeug ist stärker als am Boden.
- C) Es wird ungefähr das gleiche sein wie auf 140 m Höhe am Tokyo Tower.

Ergebnisse

[Problem 8]

- A) Die Strahlung an den heißen Quellen ist stärker als an anderen Orten.
- B) Die Strahlung an den heißen Quellen ist gleich wie anderswo.
- C) Die Strahlung an den heißen Quellen ist schwächer als an anderen Orten.

Ergebnisse

[Problem 9]

- A) Menschen senden Gammastrahlen aus.
- B) Menschen senden keine Gammastrahlung aus.

Ergebnisse

Kommentare zu / Eindrücke von dem Unterricht:

Wie fandest du den Unterricht diese Woche?

- 5. Er hat mir sehr gut gefallen.
- 4. Er hat mir gefallen.
- 3. Keine starke Meinung in irgendeine Richtung.
- 2. Es war langweilig.
- 1. Es war sehr langweilig.

Interview Transcriptions

Teacher 1:

Me: Wir haben jetzt den ersten interviewten Lehrer hier. Der in seiner Unterrichtsstunde HEC getestet hat. Ich würde dich ein paar Fragen stellen und du beantwortest sie einfach so ausführlich wie du willst.

T1: Ok passt.

Me: Kommen wir zur ersten Frage: Wie schwierig und zeitintensive war dein Vorbereitung auf diese zwei drei Stunden?

T1: Also zeitintensiv war es gar nicht und schwierig auch nicht. Man muss sagen, ich hab mich aber auch schon mal näher damit auseinandergesetzt. Das heißt ich hab mir wirklich nur mehr den teachers guide genau durchgelesen und das Pdf angeschaut. Und dann musste ich noch das Antwortblatt ausdrucken und bereitlegen. Schauen, dass die Video bereitstehen. Also bisschen was, aber nicht übertrieben viel.

Me: Was würdest du es in Stunden einschätzen, die du an Vorbereitungszeit gebraucht hast.

T1: Hm in etwa eine Stunde denke ich.

Me: Bei der zweiten Frage sind wir schon in der Stunde. Was war das größte Problem das während der Stunde aufgetreten ist?

T1: Muss ganz kurz überlegen was passiert ist. Ich sage jetzt einfach ein paar kleine Dinge die mir einfallen, das würde ich aber nicht als große Probleme bezeichnen. Als erstes das mit der Lesbarkeit von der Schrift am Pdf. Man muss relativ nahe heranzoomen am Pdf, dass es die hinteren Reihen noch gut lesen können und dann sieht man aber nur mehr wenig vom Text. Man muss die ganze Zeit neben dem Computer stehen bleiben wenn man gerade die Abfrage macht und die Ergebnisse an der Tafel sammelt, dann kann man sich ein bisschen durch die Klasse bewegen, aber dann muss man erst wieder zur Tafel vor. Also das war ein bisschen ungewohnt. Ansonsten vom Ausfüllen her, es gab Schüler die haben beim zweiten Mal ihr Antwortblatt nicht gehabt. Da habe ich aber schon vorgesorgt und mehr ausgedruckt bei der zweiten Einheit. Also das hätte ein Problem sein können, aber da habe ich eben schon vorgedacht. Ja und so hat alles funktioniert, die Videos haben funktioniert, es war alles gut erkennbar, der Beamer hat funktioniert. Es ist wirklich kein großes Problem aufgetreten, an das ich mich erinnern könnte.

Me: Wenn ich das kurz zusammenfassen darf, es war kein großes Problem, das aufgetreten ist, aber es sind doch ein paar Kleinigkeiten passiert, die aber überschaubar waren?

T1: Ja, ja. Auf jeden Fall.

Me: Dann zur dritten. Wie unterscheidet sich dieser Unterrichtsstil, also das HEC, zu anderen Stunden von deinem Unterricht?

T1: Schon recht groß eigentlich, weil irgendwie ich versuche die meisten Ding in Form von Gruppenarbeiten zu lösen. Versuche einfach Frontalunterricht so gut es geht zu vermeiden. Natürlich habe ich die Phasen, wo ich den Kindern einfach was erkläre, allen auf einmal, und das passiert dann einfach frontal. Aber dass ich die ganze Klasse permanent eingebunden habe, ist eigentlich selten. Insofern ist es schon anders, weil man immer die ganze Klasse dabei hat und immer zusammen über das Problem spricht. Ich habe einmal davor eine Stunde gehalten, wo ich es so ähnlich gemacht habe. Ich habe einen Lehrerversuch vorne gemacht und hab immer die ganze Klasse mitraten

lassen. Aber das war eigentlich eine Ausnahme, ist also schon ein großer Unterschied zu meinem sonstigen Unterricht.

Me: Also nachdem es ein großer Unterschied ist, ist dieser Unterrichtsstil für dich irgendwie eigenartig oder war es sehr natürlich und hat gut gepasst?

T1: Teils, teils. Was für mich ein wenig schwierig war, und das ist sicher Klassenabhängig, dass man die Schüler animiert, dass sie untereinander diskutieren. Es gab zwar schon immer Wortmeldungen dazu, warum man sich für eine gewisse Antwortmöglichkeit entschieden hat, aber dass jetzt wirklich darüber diskutiert worden ist, war eher seltener. Ich habe versucht sie zu animieren, aber das mir glaube ich nicht so gut gelungen, glaube auch weil ich es nicht gewohnt bin das zu machen. In kleineren Gruppen, so vierer oder fünfer Gruppen: ja, da sollen sie irgendeine Aufgabe bearbeiten und diskutieren sie ein bisschen, dann heize ich das ein wenig an und sage: sie oder er hat jetzt das gesagt, was sagst du jetzt dazu? Stimmt du da zu? Oder nicht? Aber das in der ganzen Klasse zu moderieren war ein wenig schwierig und ungewohnt. Aber ansonsten gab es auch gewohnte Dinge wie die restliche Klassenführung und das Auflösen und das sonstige Handling mit den Part, wo man liest dazwischen. Und auch das generelle Abfragen von Meinungen und sich mehrere anhören, das war ich schon gewohnt. Nur am ungewohntesten war sicher für mich diese Diskussionsphase irgendwie zu managen und die Schüler zu animieren.

Me: Ist natürlich auch klar, wenn man es eins der ersten Male unterrichtet. Bist du an irgendeinen Punkt vom Leitfaden abgekommen? Wenn du abgekommen bist, wo und weshalb? War es gewollt, dass du abkommst, oder war es unbeabsichtigt?

T1: Abgekommen bin ich eigentlich nie, ich habe schon versucht alles strikt einzuhalten. Die Diskussionsphase war aber immer sehr kurz oder fast nicht vorhanden. Ich habe sie nur eingeleitet mit irgendwelchen Worten wie: Ok, was sagst du jetzt zu diesem Thema, oder möchte jemand dazu noch Stellung beziehen und dann kamen immer nur Kinder die sich umentscheiden wollten, also ihre Auswahl dort oder dorthin ändern. Da habe ich dann auch gefragt, wieso das Kind die Meinung geändert hat. Das also ein bisschen probiert.

Me: Ok und hast du dann irgendwie auch probiert solche Schülerinnen und Schüler aktiv mit einzubeziehen, die eher leiser waren?

T1: Eigentlich nicht, weil auch gestand ist man sollte es nicht. Ich habe schon immer versucht darauf zu schauen, dass ich nicht immer die gleichen drannehme, das auf jeden Fall, aber ich hab auch nicht draufgeschaut, dass alle irgendwann einmal reden, aber auch irgendwie bewusst, weil ich weiß, dass es vereinzelt welche gibt, die nicht so gern vor der Klasse reden. Ja ich glaube es haben schon viele Mal etwas gesagt, aber sicher nicht alle, was aber auch bewusst war.

Me: Waren die angesprochenen Diskussionen nur von einzelnen Personen geleitet? Du hast ja gerade angesprochen, dass sich schon viele eingebracht haben, aber sind einzelne Schülerinnen und Schüler wirklich herausgestochen, die die Diskussionen geleitet haben, oder war das schon ein großer Teil der Klasse, die sehr aktiv waren?

T1: Nein, es gab definitiv welche, die quasi immer aufgezeigt haben und immer bereit dazu waren zu sagen, warum sie sich für eine Antwortmöglichkeit entschieden haben. Diese kamen auch oft dran, weil sie oft die einzigen waren, die aufgezeigt haben. Aber irgendwann im Verlauf des Ganzen haben sicher 80% irgendwann einmal aufgezeigt. Ich habe auch oft wirklich geartet. Es gibt natürlich oft die, die sofort die Hand heben und sich sofort entschieden haben, und dann habe ich ein wenig gewartet, ob sich auch andere noch melden. Bin mir jetzt nicht mehr sicher ob ich auch Leute angesprochen habe, die nicht aufgezeigt haben. Ich glaube aber schon. Und ich habe auch immer alles gelten lassen, auch wenn nur kam "ich weiß nicht, ich habe einfach geraten".

Me: Dann sind wir jetzt auch schon bei der letzten Frage, vielleicht auch eine sehr entscheidende. Es geht darum, ob du diese Unterrichtsmethode, also das HEC, auch in zukünftigen Stunden nochmals verwendet würdest?

T1: Sofort! Würd ich sofort. Gerade zu diesem Thema bietet das Classbook einen idealen Einstieg in das Thema. Für die Schüler ist es auch eine Abwechslung. Ich weiß nicht, ob ich nur so unterrichten würde, aber um es einzubauen ist es auf jeden Fall eine tolle Abwechslung für die Kinder. Es hat auch gutes Feedback bekommen, also es gab niemanden oder wenn dann nur vereinzelt welche, denen es nicht gefallen hat. Es gab schon manche, denen es glaube ich relativ egal war, ob es so oder anders gewesen wäre. Und dann gab es schon ein paar, denen es wirklich gefallen hat. Und eben der Feedbackteil am Ende war äußerst positiv. Es haben die meisten angekreuzt, dass es ihnen gefallen hat und eigentlich nur eine, die das "mir ist es egal" ausgewählt hat. Negativ hat niemand angekreuzt, oder ankreuzen getraut. Aber auch aus den Kommentaren war herauszulesen, dass es ihnen gefallen hat. Ich persönlich sehe es so, es gibt mir die Möglichkeit, dass ich wenn ich Versuche habe, die ich nicht in Gruppen durchführen lassen kann von den Kindern, sie trotzdem mit der Eingebundenheit der ganzen Klasse zu machen. Man kann sich 2-3 Fragen vorbereiten, die man mit dem Versuch beantwortet, dazu das Abfrageprozedere macht, um den Schülern zu zeigen, dass ihre Meinungen ernst genommen werden, und so kann man es sehr gut auch abgewandelt in den eigenen Unterricht einbauen. Und natürlich auch dieses HEC in zukünftigen Klassen.

Me: Ok perfekt. Dann war es das auch schon mit dem kurzen Interview. Vielen Dank Maximilian.

T1: Sehr gut, gerne gerne.

Teacher 2:

Me: Vielen Dank nochmal, dass du dir heute zeitgenommen hast. Wie gesagt das Interview wird in etwa 10-15 Minuten dauern. Und du kannst so lange wie du möchtest die Fragen beantworten. Dann kommen wir zur ersten Frage. Wie schwierig und zeitintensiv waren deine Vorbereitungen auf die Stunden. Du hast ja in drei Klassen unterrichtet, wie war da jeweils die Vorbereitung?

T2: Genau also ich habe mir das damals in den Semesterferien mal angeschaut und alles durchgelesen und ein paar Fragen mir notiert, wie das mit dem Abfragen genau gemeint ist und dem Notieren an der Tafel. Da habe ich dann den Maximilian Jeidler ein paar Dinge gefragt, wo mir Sachen unklar waren. Ansonsten ist die Vorbereitung eigentlich schneller als gedacht gegangen, weil alles eigentlich im Guide super erklärt ist. Eben wie gesagt ein paar Sachen habe ich nicht ganz verstanden wie sie gemeint sind. Aber ansonsten hat das dann eigentlich relativ schnell funktioniert. Ich habe gemerkt, dass ich bei der dritten Klasse auf jeden Fall am sichersten war. Da habe ich schon gewusst wie es abläuft und ich habe gemerkt, dass es gut war, dass ich es öfter gemacht habe und nicht nur ein Mal.

Me: Weil du gerade angesprochen hast, dass es besser gelaufen ist, was war denn das größte Problem, das irgendwann aufgetreten ist während der Unterrichtszeit?

T2: Ja, also es war für mich und die Schüler ungewohnt, dass wir so viel gelesen haben. Also das ist in meinem Unterricht eigentlich nicht so. Es wird zwar viel geredet und diskutiert, aber dass man so richtig lesen ist eher selten der Fall, bis auf Artikel oder solche Dinge ab und zu, aber aus Büchern eher nicht. Das war am Anfang etwas ungewohnt und habe mir gedacht, dass es schon lange dauert, bis man zur ersten Aufgabe kommt. Da war ich mir auch unsicher, ob ich die Kinder lesen lassen sollte, oder ich lesen sollte. Bei der letzten Klasse war ich da beruhigter und habe gemerkt, es wird dann später interaktiver und habe sie auch von Anfang an mehr lesen lassen. Bin also in der Hinsicht sicherer und entspannter geworden.

Es wurden auch ab und zu Fragen gestellt, bei denen ich überfragt war.

Also so richtige Probleme hat es nicht gegeben und es hat eigentlich eh bei der ersten Klasse auch super funktioniert, aber wie gesagt ich habe dann schon gewusst wie die Stunde abläuft und war somit entspannter.

Me: Ok, sehr gut. Das Dritte hast du eh schon angesprochen, es wäre nämlich die Frage, wie sich dieser Unterrichtsstil von anderen Stunden von dir unterscheidet und du hast jetzt schon angesprochen, dass dieses Lesen etwas anderes war. Gibt es noch etwas?

T2: Genau, also das war auf jeden Fall ein großer Unterschied, dieses gemeinsame Lesen. Jedoch auch die Fragen "was glaubst du". Hin und wieder stellt man natürlich auch im regulären Unterricht diese Fragen, aber man geht dann nicht näher darauf ein, dass man wirklich fragt, wer für a,b oder c ist. Das hat den Kindern auch extrem gut gefallen, ich habe es auch als Feedback bekommen, dass es ihnen voll Spaß gemacht hat, was wiederum mir Spaß gemacht hat. Was sehr interessant war, es haben wirklich Schüler mitgemacht, die sich ansonsten eher selten melden, vielleicht weil sie keine falsche Antwort geben konnten und nicht verurteilt worden sind. Das hat mir sehr gut gefallen und war auch ein Unterschied, weil das so ansonsten in meinem Unterricht nicht vorkommt.

Me: Darf ich es ganz kurz zusammenfassen, du meinst, dass dieser Unterrichtsstil, dadurch dass man nichts Falsches sagen kann und jede Meinung zählt, Schülerinnen und Schüler aktiviert, die ansonsten eher zurückgezogen sind?

T2: Richtig, genau.

Me: Jetzt haben wir von diesem Unterschied gesprochen, ist jetzt irgendetwas eigenartig an diesem Unterrichtsstil? Hat sich irgendwas nicht natürlich angefühlt oder wo du dir gedacht hast eigentlich komisch, aber der Guide sagt es so also mache ich es auch?

T2: Ja, tatsächlich. Ich habe mir den Guide eben vorher durchgelesen und dort ist gestanden, man sollte Experimente nicht genauer erklären. Also dass man auch nichts von weiterführenden Experimenten verrätet. Da habe ich mir sehr schwer getan. Es sind teilweise Fragen aufgekommen, wo ich mir dann gedacht habe, nein das kann ich jetzt nicht beantworten, weil nicht dass ich etwas verrate. Ich habe in solchen Situationen immer gesagt "Das besprechen wir dann später". Ich habe mich also nicht getraut, dass ich darauf eingehe. Ich habe auch gewusst man sollte ca. zwei bis drei Stunden brauchen und dann hatte ich auch den Zeitdruck, obwohl das im Nachhinein nicht wichtig war, weil ich hätte auch einfach länger brauchen können. Das war mir zu Beginn nicht ganz klar. Das war mir ein wenig unangenehm und ich wurde ein wenig unsicher in dieser Situation.

Ich. Bist du an irgendeiner Situation auch abgekommen vom Leitfaden und hast dich nicht immer dran gehalten und Sachen näher erklärt?

T2: Ich glaube schon dass ich mich immer dran gehalten habe und nichts verraten haben, außer bei einer Klasse habe ich mich bei der Seite vertan und dann habe ich schon weitergelesen, was aber schon die Antwort war.

Me: Tut mir leid dass ich kurz unterbreche, weißt du noch beim wievielten Mal unterrichten das war?

T2: Das ist mir beim letzten Mal passiert. Es ging um die Radioaktive Strahlung am Meer und ob sie dort oder größer oder niedriger ist als am Land.

Me: Ok sehr interessant. Du wolltest vorhin noch was anmerken, ob du noch wo abgekommen bist.

T2: Genau, aber ich habe schon gemerkt, dass ich in den späteren zwei Klassen mehr auf Fragen eingegangen bin als bei der ersten, beispielsweise bei der Frage mit der Radiothermie, da ist mir noch etwas eingefallen, da bin ich dann ein bisschen genauer drauf eingegangen, was das genau ist. Das habe ich in der ersten Klasse nur ganz kurz gesagt. Ansonsten fallen mir jetzt nicht wirklich Beispiele ein.

Me: Kein Problem. Du hast es vorhin auch schon kurz angesprochen, ob die Schülerinnen und Schüler aktiv im Unterrichtsgeschehen involviert waren. Du hast eben gesagt, dass es aufgefallen ist, dass es vor allem Kinder waren, die ansonsten etwas leiser sind. Wie würdest du es jetzt im Vergleich zum regulären Unterricht einschätzen? Waren sie im Vergleich mehr oder weniger aktiv im Unterrichtsgeschehen involviert?

T2: Also im Allgemeinen kann ich sagen, wenn ich alle Schüler betrachte, waren auf jeden Fall bei diesem Unterrichtskonzept mehr Schüler dabei, als wie im normalen Unterricht. Ist natürlich auch themenabhängig, aber grundsätzlich. Alle haben immer ein wenig aufgezeigt und ich habe teilweise auch welche drangenommen und gefragt, warum er das so gewählt hat. Es haben sich auch wirklich öfter mehrere Schüler sich zu Wort gemeldet. Ansonsten gibt es ein paar Spezialisten, die sich im normalen Unterricht immer melden und viel dabei sind, bei denen ist mir aufgefallen, dass sie sich eher zurückgehalten haben. Beispielsweise haben zwei Burschen, die ansonsten immer voll dabei sind, beim Feedback geschrieben, dass es für sie langweilig und immer dasselbe war mit dem Ablauf von Frage, dann Ergebnis und dann weiter. Sie sind meiner Meinung nach einfach für einen anderen Unterrichtsstil offener, so würde ich das jetzt interpretieren.

Me: Voll interessant. Das nächste haben wir eigentlich schon besprochen, aber vielleicht nochmal kurz, ob in den Diskussionen alle Schülerinnen und Schüler beteiligt waren, oder ob diese nur von wenigen geleitet wurde?

T2: Da ist es auch wieder unterschiedlich, weil in der dritten Klasse, in der ich unterrichtet habe, da sind nur 12 Schüler. Da haben sich natürlich alle beteiligt und sie sind sowieso super und melden sich häufig, aber sie habe hier wirklich alle aktiv teilgenommen. In den anderen Klassen, waren die Diskussionen nicht so intensiv. Ich kann mich an einen Schüler erinnern, er hat immer diese Antwortmöglichkeit gewählt, die ansonsten niemand genommen hat. Immer wenn ich ihn gefragt habe, wieso er das gewählt hat, hat er mit "einfach so" geantwortet. Er hat es nicht so ernst genommen und deshalb würde ich auch nicht sagen, dass er aktiv dabei war.

Me: Dann sind wir jetzt eh auch schon bei der letzten Frage. Diese ist auch dich und die Zukunft bezogen, ob diese Unterrichtsmethode auch in zukünftigen Stunden nochmals verwenden würdest?

T2: Absolut ja. Ich war am Anfang ein wenig gespannt wie das wird, wie die Schüler das aufnehmen und wie ich das finde. Generell das Thema Radioaktivität habe ich heuer zum ersten Mal unterrichtet, weil das ist mein zweites Dienstjahr und letztes Jahr mit dem Distancelearning ist das Thema komplett untergegangen, habe es also fast garnicht mehr erwähnt, weil es sich nicht ausgegangen ist. Und ich habe jetzt e schon zum Maximilian gesagt, dass ich so froh bin, dass ihr die Arbeit schreibt. Ansonsten hätte ich das Thema sicher wieder am Ende des Schuljahres gemacht und hat man dann auch noch Stress und so. Aber es ist wirklich so ein cooles Thema. Es wird von den Kindern so gut aufgenommen und man kann so viel drüber reden und diskutieren. Vor allem weil es eben so allgegenwärtig ist das Thema. Und da muss ich wirklich sagen, es ist es ein super Einstieg in das Thema. Ich hätte es sicher nicht so interessant gemacht, dass gleich mal alle Kinder wissen, ok Radioaktivität umgibt uns. Also das finde ich auch das Schwere, dass man es ihnen beibringt. Genau durch dieses Unterrichtskonzept wird das so gut übermittelt und ich glaube wirklich, dass ich das beibehalten werde.

Me: Ja ideal, das freut uns natürlich auch, wenn es eine so gute Erfahrung war und eben in zukünftigen Stunden verwendet wird. Sehr gut, gibt es jetzt noch irgendwas, das du anmerken willst?

T2: Nein ich glaube eigentlich nicht, war ein sehr nettes Interview.

Me: Auf jeden Fall, vielen Dank

Teacher 4

Me: Also vielen Dank, dass du heute da bist zum Interview. Nach deiner Stunde, nach deinen Stunden, würde sagen, wir starten gleich mit der ersten Frage, und da geht es jetzt um die Vorbereitung, und da geht es jetzt darum, also wie schwierig und zeitintensiv war die Vorbereitung auf deine Stunden?

T4: Also ich muss persönlich sagen, sie war jetzt nicht mehr so zeitintensiv, weil schon ein großer Teil halt einfach vorgegeben war. Das heißt, der grundlegende Stundenablauf war halt einfach schon da. Ich muss ihn dann halt nur ein bisschen anpassen. Schauen was verstehen meine Kids für Wörter? Welche Wörter muss ich ihnen vielleicht extra beibringen, dass wir da einfach noch ein bisschen darüber sprechen, dass ich das vorher überlege. Aber sonst konnte ich mit dem teachers guide und den Sachen, die schon da waren, eigentlich relativ schnell in die Stunde starten.

Me: Was würdest du das sagen? Welche Zeit könntest du dir deine Zeit nennen? Von Stunden oder Minuten?

T4: Ähm, geht es jetzt um eine einzelne Stunde oder geht es um alle Stunden zusammen?

Me: Vielleicht mal eine einzelne?

T4: Und für eine einzelne Stunde würde ich sagen: 20 Minuten, 30 Minuten einfach, wenn man sich wirklich noch mal durchgehen mag. Was sollten die Kinder wissen, was ist dafür notwendig? Das haben wir mit ihnen schon gemacht und das dann ganz halt auch einfach vorbereitet. Sachen ausdrückt für die erste Stunde zum Beispiel, ist auch ein Zeitaufwand, aber ja!

Me: Super, Dankeschön! Dann gehen wir gleich zur zweiten, und da geht es jetzt darum, was war denn das größte Problem, was untere Stunde aufgetreten ist, also falls es eins gegeben hat? Was war denn da das größte Problem, an das du dich noch erinnern kannst?

T4: Allem was, wenn, dann sprachliche Probleme, weil einfach manche Wörter für sie kompliziert waren, wenn die Einheit ging, wenn es einfach Fachbegriffe waren, die wir bis jetzt noch nicht gemacht haben oder die wir gemacht haben, die einfach komplizierter sind, aber grundlegend. Bezüglich der Struktur und des Ablaufs gab es eigentlich keine Probleme.

Me: Okay, sehr gut. Wie würdest du jetzt einschätzen? Wie unterscheidet sich dieser Unterrichtsstil von anderen Stunden, von deinem Unterricht?

T4: Mhm.

Me: Also jetzt vor allem auf den Physikunterricht bezogen.

T4: Ja, ja, das habe ich mir gedacht. Ich muss nur überlegen, wie ich es am besten in Worte fass. Ist relativ schwierig zu sagen, wenn ich das so sagen kann. Normaler Unterricht ist sehr häufig, vor allem in großen Klassen, dann doch sehr Lehrerin fixiert oder, wenn wir Experimente machen müssen, bisschen Kleingruppen machen. Hier war aber trotzdem für jeden mal die Möglichkeit, auch alleine was zu machen und mal zu überlegen: ich stimme mal dafür ab, und dann haben wir eigentlich noch diese Diskussionsrunde und diese offene Diskussionsrunde. Die hatten wir eigentlich so auf jeden Fall sonst selten, und auch vor allem, dass man, wenn man halt mal was redet oder wenn man sich nicht sicher ist, auch dass man nochmal umentscheiden kann. Das gab es so eigentlich auch noch nicht im Unterricht.

Me: Sehr gut, würdest du sagen. Ist deiner Meinung nach irgendetwas eigenartig? An diesem Unterrichtsstil, weil du hast jetzt viele positive Dinge genannt, ist deiner Meinung nach irgendetwas eigenartig?

T4: Ich glaube, dass es immer sehr abhängig sein könnte von der Klasse, ob der Unterrichtsstil gut funktioniert oder nicht. Wenn du eine Klasse, dass die wenig mitmachen mag, dann wirst du mit dem eher weniger ansprechen, weil du bekommst du halt vor allem: "warum hast du das gesagt? Keine Ahnung, weiß ich nicht." Wenn du eine Klasse hast, die sehr auf Mitarbeiter irgendwie pocht, dann sehe ich da halt sehr die Sinnhaftigkeit, aber es kommt halt, wie gesagt, auf die Klasse an.

Me: Ja, jetzt kommen wir zum Leitfaden. Bist du an irgendeinem Punkt von diesem teachers guide abgekommen, und wenn du dich noch erinnern kannst, dann bitte auch, an welchem Punkt der Stunde und warum?

T4: Ich glaube, ich bin nicht richtig abgewichen. Also ich glaube, ich bin dann eigentlich. Ich habe den eigentlich versucht, sehr stark zu folgen. Also ich glaube eigentlich nicht, dass ich abgewichen bin.

Me: Okay, jetzt zu der, auch zu der Frage davor, passt jetzt ganz gut dazu, würdest du sagen, war in deinen Stunden waren da die Schülerinnen aktiv in das Unterrichtest involviert? Mehr oder weniger als gewöhnlich.

T4: Mehr als gewöhnlich, weil es halt einfach durchgehend diese Abstimmungen und sowas gab, also da auf jeden Fall mehr als gewöhnlich.

Me: Okay, und waren in den Diskussionen alle Schülerinnen und Schüler beteiligt, oder wurde die nur von wenigen geleitet?

T4: Ich würde sagen, ungefähr die Hälfte, ja ungefähr die Hälfte.

Me: Jawohl, und jetzt sind wir dann auch schon bei der letzten Frage. Da geht es jetzt um vielleicht auch das nächste Schuljahr. Würdest du diese Unterrichtsmethode auch in zukünftigen Stunden nochmal verwenden?

T4: Grundlegend ja, aber ich glaube nicht über. Ich glaube, das ist für eine Stunde mal ganz gut. Ich weiß, wenn sie es schon kennen, dann kann man halt immer wieder für eine Stunde machen. Ich glaube, zu viele Stunden hintereinander so, drängt halt die, die da halt nicht mitmachen wollen, eigentlich ein bisschen aus dem Unterricht raus. Weil die sicherlich einfach denken, muss ich nix machen.

Me: Also du meinst jetzt in einer, innerhalb einer Klasse.

T4: Wenn es mal innerhalb von einer Klasse, wenn man das schon irgendwie mal das Thema, wenn man das einfach schon gemacht hat, dann kann man das ja immer mal wieder für eine Stunde machen, dass man sagt: Okay, die Stunde ist jetzt ein bisschen mit herausfinden, und dann geht man wieder ein bisschen experimentellen Unterricht, sowas, wo man versucht, wieder alle Leute mehr einzubringen. Aber ich glaube, über mehrere Stunden ist es für viele Kinder halt einfach dann irgendwann nicht mehr, wenn du halt nicht mitmachen magst, nicht mehr so spannend. Weißt du, was ich mein!

Me: Ja, also weil es hat ja bei dir, glaube ich, drei Stunden gedauert, oder?

T4: Ja

Me: Das heißt, du würdest es besser finden, wenn es nur eine Unterrichtsstunde, so in diesem Stil dauert.

T4: Genau, mal zu unterschiedlichen Themengebieten, immer mal wieder eine so eine Stunde!

Me: Okay, genau, da passt super. Dann vielen Dank.

T4: Bitte, bitte.

The names of the students have been randomly changed (ai generated), whereby the gender was not changed.

Teacher 1:

Teil 1.wav

T1: Okay, schön euch zu sehen, wie geht es?

Rebecca: Supi.

T1: Burschen da hinten, alles klar? Wie waren die Ferien?

Alexander: Wo ist der Tobias?

T1: Das ist eine gute Frage.

David: Der ist nicht da.

T1: Ich werde ihn fehlend eintragen, sollte er nicht rechtzeitig kommen. Gut, wir beginnen heute. Wir schieben in der Optik jetzt eben ein Thema ein, und zwar Radioaktivität und dazu machen wir zu Beginn ein sogenanntes Klassenbuch, ein Class Book auf Englisch, da sind viele Informationen drin, viele Aufgaben drin, es sind mehr oder weniger auch Experimente drin und die werden wir gemeinsam durchgehen. Ihr kriegt ein Antwortblatt von mir, wo ihr Vermutungen einkreisen könnt und so, und wir besprechen sie nochmal gemeinsam durch. Ihr könnt aber gleich mal euren Namen auf das Antwortblatt draufschreiben. So, das Klassenbuch blende ich da vorne ein. Ist es groß genug auch für die Leute dahinten, können die mitlesen?

David: Ja.

T1: Funktioniert das? Okay. Dann legen wir los. *Die Strahlung die uns umgibt. Woher kommt sie und wie stark ist sie? Zu Beginn steht da mal, was kommt dir in den Sinn, wenn du das Wort "Strahlung" hörst? Wie würdest du antworten, wenn z.B. ein Mittelschüler oder eine Mitschülerin dich das fragt? Diese Einheit wird dein Verständnis für dieses mysteriöse Thema vertiefen.* Und wir beginnen als Erstes mal eine Frage. *Frage 1, hast du je von einer „Nebelkammer“ gehört? Kreise einer der unten stehenden Antworten ein.* Das habt ihr jetzt auf eurem Antwortblatt. Da könnt ihr das mal einkreisen, was auf euch zutrifft. Entweder Nebelkammer, was ist das, oder ich habe davon gehört, ich habe schon eine gesehen, oder ich habe vielleicht sogar selbst eine gebaut. Dann habt ihr unten ein bisschen Platz, beschreibt kurz, wie die Nebelkammer ausgesehen hat, an was ihr euch erinnert.

Sebastian: Und wenn man nichts weiß?

T1: Wenn man nichts weiß, dann schreibst du nix, das ist überhaupt kein Problem.

Okay, fangen wir vielleicht an bei B, wer hat denn schon mal eine Nebelkammer gebaut? Das habe ich mir gemacht, ich auch noch nie. Punkt C. Ich habe schon eine gesehen. Hat wer schon davon gehört? Auch nicht. Wer hat eingekreist Nebelkammer, was ist das? Ok, alle. Ja, kein Problem, dann gehen wir einfach weiter. Wir werden natürlich klären, was eine Nebelkammer ist. So, aber zuerst ein bisschen Information.

Wenn du Strahlung sehen könntest. *Hast du je ein Zeichen wie das rechts gesehen?*

Dieses symbolisiert die Anwesenheit von Strahlung. So ein Zeichen ist notwendig, weil Strahlung nicht sichtbar ist. Auch wenn etwas mit den Augen nicht sichtbar ist, kann man es trotzdem anders detektieren. Wir können Wind auch nicht sehen, fühlen ihn aber

auf unserer Haut und wir können beobachten, wie er Bäume hin und her bewegt. Das Infrarotlicht von einem elektrischen Herd ist auch unsichtbar, aber wir können es wahrnehmen, weil es unsere Haut erwärmt. Die Strahlung, die wir in dieser Einheit besprechen, kann im Gegenzug zu Wind und Infrarotlicht, nicht gefühlt werden. Vor etwa 100 Jahren ereignete sich eine bahnbrechende Entdeckung bezüglich dieser Strahlung. Im Jahr 1895 begegnete der britische Wissenschaftler Wilson, während seinem Experiment zur Erzeugung künstlicher Wolken, einem mysteriösen Phänomen. Normalerweise werden Wolken gebildet, wenn sich Wasserdampf an kleine Staubpartikel in der Luft anlagert. Wilson fand allerdings heraus, dass egal wie viel Staub er aus der Luft entfernte sich immer noch einige Wolken bildeten. In seiner Suche nach der Ursache dieser Wolken entdeckte Wilson, dass diese aufgrund von Strahlung gebildet wurden. Er erkannte dies als Möglichkeit die unsichtbare Strahlung zu beobachten, Wilson änderte, verbesserte und vervollständigte seinen Apparat: Was ursprünglich zur Wolkenbildung gedacht war, konnte nun Strahlung beobachten. Dieses Gerät wird "Nebekammer" genannt und war vor 100 Jahren überaus nützlich für Wissenschaftler, die Strahlung untersuchten. Wie lässt uns eine "Nebekammer" Strahlung beobachten? Heute ist es einfacher eine Nebekammer zu bauen als zu Wilsons Zeiten. Ich habe einen Stein der Strahlung aussendet in eine Nebekammer gelegt. Vielleicht David, liest du mal weiter, was da unter dem Bild steht.

David: Wie du sehen kannst, erscheinen weiße Striche, ausgehend von dem Stein. Diese Striche sind lange Wolken, wie die Kondensationsstreifen, die fliegende Flugzeuge zurücklassen. Hier erscheinen die Kondensationsstreifen nicht hinter einem Flugzeug, sondern hinter der Strahlung, die sich durch die Nebekammer bewegt. Diese Art von Kondensationsstreifen wird auch "Strahlungsspur" genannt. Mit einer Nebekammer können wir, obwohl die Strahlung selbst unsichtbar ist, trotzdem die Strahlung anhand der Spuren, die sie zurücklässt, identifizieren.

T1: Genau, also diese weißen Striche die ihr da seht. Und ich habe ein Video für euch, wo man dieses Phänomen auch beobachten können. Schauts mal, so könnte zum Beispiel eine Nebekammer ausschauen. Und in der liegt ein Stein der Strahlung aussendet. Und ihr seht immer wieder auf der Seite solche Striche, seht ihr den? Manche deutlich, manche weniger deutlich. Da war jetzt ein Deutlicher zu sehen, immer wieder sieht man solche Strahlen. Das da drinnen ist eben so ein Nebel, da könnten sich jetzt Wolken bilden und da bilden sich auch Wolken, obwohl kein Staub in der Nebekammer ist. Okay, damit kommen wir auch zum Ersten Problem. *Problem 0.*

*Angenommen wir entfernen den Stein nun aus der Nebekammer. Bis auf den Alkoholdampf ist die Kammer einfach eine leere Box. Glaubst du, wir sehen immer noch Wolken wegen der Strahlung, in der leeren Box? Erwartung. A, es werden keine Strahlungsspuren sichtbar sein. B, gelegentlich werden Strahlungsspuren sichtbar sein. C, es werden die ganze Zeit über Strahlungsspuren zu sehen sein. Dann nochmal als Information. Sobald du und deine Klassenkamerad*innen eine Erwartung eingekreist haben, wird eure Lehrperson die Antworten miteinander vergleichen. Zuerst wird die Lehrperson eine Aufzählung führen wie viele von euch jeweils die Antworten gewählt haben. Anschließend, werden einige von euch gebeten, der Klasse mitzuteilen, welche Erwartung du gewählt hast und warum. Solltest du irgendwelche Fragen, Zweifel oder Einwände gegenüber den Ideen deiner Mitschüler*innen haben, teile diese mit der Klasse und diskutiere sie. Solltest du deine Erwartung ändern, teile bitte deiner Lehrperson deine neue Antwort mit und erkläre kurz, warum du dich umentschieden hast. Nachdem die Ideen aller gehört worden sind und zusätzliche Argumentationen keine Effekt mehr hat, bleibt nichts anderes mehr übrig als das Experiment tatsächlich zu versuchen und zu sehen was passiert! Und dann sehen wir immer ein Video.*

Rebecca: Strahlt der Stein selbst Strahlung aus, oder wird der bestrahlt?

T1: Der Stein strahlt selbst Strahlung aus, genau! Also, kreist mal eure erste Vermutung ein, A, B oder C. Es werden keine Strahlungsspuren sichtbar sein. Gelegentlich werden Strahlungsspuren sichtbar sein. Es werden die ganze Zeit über Strahlungsspuren zu sehen sein. Was glaubt ihr, was da stimmt? Kreist mal das ein. Wie viele haben jetzt A angekreuzt? Zeigt mal auf. Wer war für A? Eins, zwei. Wer war für B? Elf. Und wer war für C? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs. Okay, waren das jetzt alle? Habe ich mich eh nicht verzählt. 19, sind wir 19 heute?

Alexander: Zwei Leute fehlen.

T1: Okay. Warum hast du dich für A entschieden?

Johannes: Weil wenn der Stein weg ist, dann werden auch von dem Stein keine Strahlungen mehr ausgestoßen, weil der ja nicht mehr in der Nähe ist, und dann werden keine Strahlungsspuren mehr zu sehen sein.

T1: Okay, ja, danke, danke. Alexander. Hast du C genommen?

Alexander: Ja.

T1: Warum hast du C genommen?

Alexander: Also der Stein ist ja radioaktiv und ich glaube, dass das dann einfach bleibt.

T1: Dass das da bleibt, ok. Wer hat B, zum Beispiel. Sarah hast du B?

Sarah: Ich glaube, dass die Strahlung da eingeschlossen wird, aber sie lässt quasi nach, und deswegen nur gelegentlich sichtbar.

T1: Okay, ja. Möchte noch jemand was dazu sagen?

Victoria: Also ich habe C genommen, weil ich habe einen Film gesehen und da war eben auch radioaktive Strahlung draußen und die Leute mussten sich dann wirklich, wenn sie reingekommen sind in ein Gebäude, sich andere Kleidung anziehen und einmal abwaschen, deswegen denke ich das das vielleicht so einen ähnlichen Effekt haben könnte.

T1: Okay, ja spannend. Danke. Möchte noch jemand was dazu sagen, gibt es noch irgendwelche Vorschläge? Möchte wer seine Meinung noch ändern?

Rebecca: Ich möchte von C auf B, weil ich glaub auch dass es gelegentlich ist, weil es dann immer schwächer wird.

T1: Von C auf B, okay. Möchte noch wer ändern? Okay, das ist der neue Stand. Zwei bei A, zwölf bei B, fünf bei C. Okay, dann schauen wir uns die Nebelkammer ohne Stein an. Und schauen wir mal ob wir was sehen. Ok, das heißt ein bisschen was sieht man, oder? Habt ihr das auch sehen können?

Sebastian: Ja.

T1: Ich zeige euch vielleicht noch das Zweite. Das ist jetzt eine andere Nebelkammer leider, aber sie ist auch leer. Da ist auch kein Stein drinnen. So, das sieht man von oben. Und da sieht man dann doch immer was. Okay, gut. Das heißt ich würde sagen richtig war auf jeden Fall B, oder? Gelegentlich sieht man die Strahlen, die ganze Zeit wäre übertrieben, gar nicht stimmt auch nicht. Richtig ist B. Schreibt das Ergebnis noch auf euer Antwortblatt drauf und auch bisschen was notieren. So, dann schauen wir mal weiter.

Strahlungsspuren erscheinen auch in der leeren Nebelkammer. Obwohl es sich um eine leere Nebelkammer handelt, sehen wir wie Spuren entstehen. Wie kann das sein? Egal wie oft du das Experiment wiederholst, du wirst immer noch Spuren beobachten können. Manche kurz, manche lang, manche in einer geraden Linie, andere in Kurven - du kannst Spuren mit verschiedenem Aussehen beobachten. Zwei Arten von Spuren. Das liest mir jetzt der Johannes, bitte.

Johannes: *Du solltest zwei Arten von Spuren in der Nebelkammer identifizieren können, eine dick und die andere dünn. Die dick und ausgefranst aussehenden Spuren werden von “ α (alpha) Strahlen” und die schmalen werden von “ β (beta) Strahlen” erzeugt.*

T1: Sebastian, liest du vielleicht weiter?

Sebastian: *Alpha Strahlen fliegen in einer geraden Linie durch die Nebelkammer und ihre Spuren sind immer gerade. Beta Strahlen hingegen, machen viele Richtungswechsel während ihrer Reise. Aktuell ist das Wichtigste jedoch sich zu merken, dass es nicht nur eine Art von Spur gibt - wir können mindestens zwei in der Nebelkammer beobachten.*

T1: Genau, mag wer weiterlesen? Lukas.

Lukas: *Das Foto rechts zeigt schmale, gebogene Spuren, was auf Beta Strahlen hindeutet. Unten werden die Spuren, die im Zeitraum einer Minute sichtbar waren in einem Foto überlagert. Das waren so viele, dass das Bild völlig durcheinander erscheint!*

T1: Genau, das ist das, was wir da sehen. Mehrere Spuren übereinander, wir sehen gekrümmte, wir sehen gerade, dünnere, dickere, usw. Ok. Egal ob du das "Leere Nebelkammer" Experiment zu Hause, in der Schule, auf der Spitze eines Berges, oder irgendwo anders durchführst, du wirst immer viele Spuren erkennen können. Du fragst dich vielleicht Dinge wie "woher kommt diese Strahlung in der Leeren Nebelkammer?" oder "Was passiert mit der Strahlung, wenn die Spur verschwindet? Wohin verschwindet sie?" Du bist mit deiner Verwirrung nicht allein. Das sind die gleichen Fragen, die sich die ersten Wissenschaftler gestellt haben, die Strahlung untersucht haben. Obwohl Forscher das Mysterium der Strahlung in den letzten 100 Jahre untersucht haben, war davor die Existenz der Strahlung selbst völlig unbekannt. In dieser Einheit wirst du dieses Mysterium selbst entdecken und diskutieren. Ok, Kapitel zwei. Die Strahlung um uns herum. Mag wer weiterlesen? Bitte.

David: *Nachdem uns jetzt bewusst ist, dass wir von vielen fliegenden unsichtbaren Strahlungsteilchen umgeben sind, wollen wir einmal die Stärke dieser Strahlung messen. Es gibt verschiedene Geräte, die verwendet werden, um diese Strahlung zu messen. Wir verwenden dazu ein Gerät wie aus dem linken Bild. Dies ist ein Gerät, das Gammastrahlung einfangen kann. Gammastrahlung ist eine Art von Strahlung, die wir in unseren Nebelkammer leider nicht beobachten konnten.*

T1: Genau. Vielleicht wieder jemand anders weiterlesen. Julia, magst du vielleicht weiterlesen?

Julia: *Alpha- und Betastrahlen können nur kurze Strecke zurücklegen (gekennzeichnet durch die Länge der Spuren, die wir in der Nebelkammer beobachten). Gammastrahlen hingegen können eine viel größere Entfernung zurücklegen. Daher ist es nützlich, sie zu messen, um Informationen über Strahlungsquellen zu erhalten, die sich nicht in unserer unmittelbaren Nähe befinden.*

T1: Genau, vielleicht letzter Absatz noch.

Julia: *Bei jeder Messung mit diesem Detektor wird ein anderer Wert aufgezeichnet. Das liegt daran, da ein Atom beim radioaktiven Zerfall Gammastrahlen aussendet. Dies geschieht jedoch zufällig. Daher sollte man immer mehrmals messen und dann einen Durchschnitt von den Messungen bilden. Auf diese Weise kannst du nicht genau sagen, wie hoch die Strahlung exakt ist, aber du kannst Vergleiche anstellen, um zu sagen, dass die Strahlung an einem Ort höher ist als an einem anderen Ort. Das Gerät zeichnet 1 Minute lang auf und multipliziert dann den Wert mit 60, um die Dosisleistung pro Stunde abzuschätzen.*

T1: Genau. Eine Minute lang zeichnet das auf. Muss man eine Minute lang liegen lassen, dann multipliziert man es noch mit 60, damit man abschätzen kann, wie viel Strahlung, hätte man da jetzt eine Stunde lang messen können. Okay, die Einheit Sievert, das lese ich mit euch schnell durch. Im linken Bild siehst du, wie der vom Gerät gemessene Wert angezeigt wird. Wir können hier "0,045 Mikro-Sievert pro Stunde" lesen, aber was bedeutet das? Eine Möglichkeit Strahlung zu messen, besteht darin, die Anzahl der Teilchen zu zählen, die jede Sekunde von einer Quelle ausgesendet werden.

Eine gängige Einheit hierfür ist das Becquerel. Wenn wir jedoch wissen wollen, wie viel Strahlung vorhanden ist, interessiert uns oft mehr wie gefährlich sie für uns ist. Sievert ist eine Einheit, die ausdrückt, wie stark die Wirkung der Strahlungsteilchen auf den menschlichen Körper ist. Das Präfix μ (gelesen „mikro“) ist ähnlich dem „m“ in „mL“ (Milliliter), nur noch kleiner! So wie 1000 mL in 1 L enthalten sind, so sind 1000 mSv in 1 Sv enthalten. Es sind 1000 μ Sv in 1 mSv enthalten, also sind 1 Million μ Sv in 1 Sv enthalten. Das geht auch mit anderen Einheiten, ein Mikroliter, theoretisch würde auch gehen. Wir interpretieren die Anzeige also so, dass stündlich 0,045 Millionstel Sv an Gammastrahlung ankommen. Versuchen wir mit diesem Gerät die Gammastrahlung um uns herum zu messen. Versuche vor jedem der folgenden Experimente eine Schätzung des Messwertes abzugeben. Wenn sich deine Erwartungen nach der Diskussion mit der Klasse ändern, informiere deinen Lehrer oder deine Lehrerin darüber! Okay, so jetzt kommen wir zum Ersten wirklichen Problem. Woher kommt die Gammastrahlung um uns herum? Trägt Sonnenlicht zu unserer Strahlenbelastung bei? Gehen wir dieser Frage nach, indem wir die Strahlungsintensität im Schatten mit der in der Sonne vergleichen. Das Foto unten wurde auf dem Sportplatz vor einer Schule aufgenommen. Wie ihr sehen könnt, betrug der Messwert im Sonnenschein etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Also ein Gerät zeigt 0,033 an, ein Gerät zeigt 0,026 an. Also im Durchschnitt 0,03. Was erwartest du? Wie hoch wird die Strahlung im Schatten sein? A, die Strahlung in der Sonne ist stärker. B, die Strahlung im Schatten ist stärker. C, es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden. Okay, überlegt mal, kreist wieder eine Möglichkeit ein auf eurem Antwortblatt. Wartet mal kurz bis alle das eingekreist haben.

T1: Ich habe eine Frage. Geht es um radioaktive Strahlung oder um Strahlung im Generellen.

T1: Ja, radioaktive Strahlung, ionisierende Strahlung.

Sarah: Ich habe noch eine Frage. Die Ergebnisse, soll man da hinschreiben, ob man es richtig hatte, oder wie?

T1: Nein, einfach hinschreiben, was der Ausgang des Experiments war. Okay. Hat jeder eingekreist? Ich halte wieder fest. Wer war für A, dieses Mal? Eins, zwei, drei. Wer ist für B, die Strahlung im Schatten ist stärker? Eine Person. Wer glaubt es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden? 14. Eine Person habe ich glaub ich vergessen.

Sebastian: Bei A haben vier aufgezeigt.

T1: Bei A haben vier aufgezeigt. Danke, ihr seid super. Wunderbar. Ok. B, Lisa, ich glaub das warst du?

Lisa: Ja.

T1: Möchtest du sagen warum glaubst du B?

Lisa: Ich glaub vielleicht, weil die Sonne hat ja auch eine Strahlung und dass vielleicht dadurch die Strahlung vielleicht gestört wird, oder so. Und deswegen nicht so stark sein kann. Weil das Experiment war ja auch im Dunkeln.

T1: Ok, ja. Kann absolut sein. Danke für deinen Beitrag. Von den Leuten, die A gewählt haben, möchte da jemand sagen warum ihr glaubt in der Sonne ist es mehr? Rebecca, bitte.

Rebecca: Weil die Sonne hat eine Strahlung, deswegen dachte ich mir es ist mehr.

T1: Okay, ja, super. Danke für beide. Möchte jemand für C sagen, warum ihr das angekreuzt habt?

David: Ich finde das einfach am logischsten.

T1: Du findest das einfach am logischsten, okay, super. Sebastian.

Sebastian: Es ist ja damals so ein Atomkraftwerk ausgebrochen und das hat sich ja auch bei Sonnenlicht verbreitet, deswegen habe ich C gewählt.

Rebecca: Ich glaube C, weil dieses Atomkraftwerk ist ja in Tschernobyl ausgebrochen und halt näher bei diesem Reaktor war die Radioaktivität höher als weiter weg.

Deswegen, die Sonne ist egal.

T1: Okay. Hören wir uns noch die an die jetzt aufzeigen, dann lösen wir es einfach auf.

Johannes: Ich denke auch dass es egal an welchem Ort man ist, ob man am Berg zu Hause oder sonst wo ist. Deswegen dachte ich ist es egal ob man am Berg in der Nähe von der Sonne ist oder zuhause.

T1: Danke, Julia.

Julia: Ich denke, wenn sich das ausbreitet, dann wird sich das halt in der Luft, mehr oder weniger, ausbreiten und jetzt nicht ob dort die Strahlung von der Sonne hinkommt, weil die Strahlung von der Sonne ist ja keine radioaktive Strahlung.

T1: Okay. Danke für die Beiträge. Möchte noch jemand die Entscheidung ändern?

Sarah: Ich möchte von A zu C.

T1: Du möchtest von A zu C, okay. Sonst alle zufrieden? Das heißt der neue Stand ist drei, eins, 15. Okay. Dann lösen wir es auf. Also das waren die beiden Geräte in der Sonne. 0,033 und 0,026. So und das sind die Werte im Schatten. 0,025 und 0,035.

Strahlung in der Sonne und im Schatten. Die experimentellen Ergebnisse für dieses und die verbleibenden Probleme sind mit freundlicher Genehmigung von Herrn Yamamoto, einem Physiklehrer an einer High School in Shizuoka, Japan. Der Durchschnitt der beiden Detektoren war gleich 0,03. Einer bisschen drunter einer bisschen drüber. Wir sehen also, dass die Strahlung im Sonnenschein ungefähr gleich ist wie im Schatten.

Dies bedeutet, dass die Strahlung um uns herum nicht mit dem Sonnenlicht zusammenhängt. Das heißt C war richtig. Okay, tragt die Ergebnisse auf Antwortblatt ein. Kurze Notiz, im Notfall vielleicht einen Satz. Was war jetzt richtig und was nicht. Okay. Spannend. Gehen wir gleich zum zweiten Problem weiter. Problem zwei. Lasst uns dieses Mal untersuchen, ob die Strahlung im Klassenzimmer anders ist als draußen. Wie du auf dem Foto links außerhalb der Schule sehen kannst, betrug die Strahlungsleistung wieder etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Ändert sich die Stärke der Strahlung, wenn diese Messgeräte in die Schule gebracht werden? Erwartung. Die Strahlung ist draußen stärker. Die Strahlung ist im Inneren stärker. Die beiden sind ungefähr gleich. Kreist wieder eure Erwartung ein. Versucht jetzt vielleicht auch, eine Schätzung abzugeben, wie groß glaubt ihr wird die Strahlung sein im Gebäude. 0,03 haben wir jetzt draußen gehabt. Was glaubt ihr schätzungsweise was sie im Gebäude sein wird? Wer ist für A? Zeigt mal auf! Fünf, ok. Wer ist für B? Eins, zwei, drei, vier. Okay. Und wer ist für C? Zehn. 19. Perfekt. Von den B Menschen. Rebecca, ich glaube du hast B, warum?

Rebecca: Ich glaube, dass B richtig ist, weil zum Beispiel, wenn es jetzt draußen ist, verteilt sich das alles und drinnen bleibt das halt in der Schule.

T1: Okay, also Strahlung glaubst du verteilt sich. Okay, ja. David, was glaubst du?

David: Ich glaube, dass in der Schule Geräte sind die vielleicht Strahlung aussenden.

T1: Ok, Strahlung wird von Geräten vielleicht ausgesendet. Okay, super, danke für die Beiträge. Vielleicht von A jemand?

Johannes: Bei Atomunfällen werden Leute halt auch in Gebäude geschickt, deswegen wäre es eigentlich logisch dass sie in Gebäuden weniger ist. Wenn es überall gleich wäre, würde es ja keinen Sinn machen die Leute in Gebäude zu schicken.

T1: Okay, also du sagst bei einem Unfall werden die Leute in Gebäude geschickt. Das muss irgendeinen Sinn haben. Okay, ja du.

Julia: Also ich denke wieder, dass die Strahlung draußen durch die Luft verbreitet wird. Und dadurch, dass die Schule luftdichter ist als draußen, denke ich, dass da nicht so viel reinkommen kann.

T1: Okay, ja.

Victoria: Ich glaube auch, weil draußen ist ja die Luft ständig in Bewegung und wir halt dauernd neu aufgefrischt und in der Schule wird ja nur einmal ganz kurz gelüftet und dass es dadurch vielleicht weniger wird.

T1: Okay, kann auch gut sein. Tolle Beiträge, vielen Dank. Von C vielleicht. Andreas.

Andreas: Ich habe C genommen, weil das ist ja eigentlich quasi fast wie im Schatten.

T1: Ja, danke. Möchte da noch jemand etwas sagen. Ja, bitte.

Victoria: Ich möchte ändern von C zu A.

T1: Von C zu A, okay. Möchte noch wer ändern?

Johannes: Von C zu B.

T1: Von C zu B, interessant. Bitte.

Lukas: Ich wechsle auch von C zu B, weil ich glaube im Inneren ist es bisschen konzentrierter.

T1: Okay, also hat dich das Argument überzeugt. Möchte noch wer ändern?

Sebastian: Von C zu A.

T1: Von C zu A. Andreas.

Andreas: Von C zu B.

T1: Okay. Ich finde es cool, dass ihr hört, was die anderen sagen und euch das überzeugt. Mag noch wer ändern. Das heißt der neue Stand ist sieben A, sieben B, fünf C. Ok, sehr spannend. Schauen wir einfach mal an was passiert. Die Geräte zeigen an 0,071 und 0,089. *Die Strahlung in Außenbereichen und in Innenräumen. Herr Yamamoto maß eine größere Strahlenbelastung, als er in das Schulgebäude gegangen ist. Hier sehen wir also, dass die Strahlung etwa 0,08 Mikrosievert pro Stunde beträgt. Die Strahlung innerhalb der Schule war also stärker als draußen. Sprich, also richtige Antwortmöglichkeit war B. B war richtig. Herr Yamamoto hat dieses Experiment mehrere Jahre lang während des Unterrichts durchgeführt und immer festgestellt, dass die Strahlung im Gebäude stärker ist. Dies liegt daran, dass Beton Gammastrahlung aussendet. Auswirkungen des Atomunfalls. Als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi im März 2011 gab es Stellen, an denen das Ergebnis dieses Experiments umgekehrt ausfiel. Dies war zum Beispiel an einer Schule in Tokio kurz nach dem Unfall Ende März der Fall. Zu diesem Zeitpunkt war die Strahlung außerhalb der Schule stärker als im Inneren der Schule. Dies lag daran, dass sich draußen mehr radioaktives Material als üblich befand. Im Inneren von Gebäuden gibt der Beton Gammastrahlung ab, aber gleichzeitig diente er als Abschirmung gegenüber der Strahlung außerhalb des Gebäudes. Dies war eine ungewöhnliche Situation, aber sie zeigt, dass es im Falle einer nuklearen Katastrophe effektiv ist, sich in Innenräumen aufzuhalten. Als dieses Experiment später im November 2011 an einer Mittelschule in Tokio durchgeführt wurde, war dies nicht mehr der Fall: Die Strahlungsintensität draußen war wieder niedriger als die innen. Dies zeigt, dass beim Unglück von Fukushima die Freisetzung ungewöhnlich großer Mengen radioaktiven Materials aus dem Kraftwerk nur ein vorübergehendes Problem war. Gut, also ich würde sagen eins geht sich auf jeden Fall noch aus. Problem Nummer drei. Betrachten wir einen Tunnel, der durch einen Felsen führt, so wie auf dem Foto unten gezeigt. Ist die Strahlung innerhalb dieses Tunnels stärker als außerhalb? Der Strahlungsdetektor auf dem Foto unten zeigt einen Messwert von 0,035 Mikro-Sievert pro Stunde direkt außerhalb des Tunnels. Wie hoch wird deiner Meinung nach die Strahlung im Tunnel sein? Wir haben wieder: Die Strahlung ist innerhalb und außerhalb des Tunnels gleich. Die Strahlung ist im Tunnel stärker. Die Strahlung ist im Tunnel schwächer. Okay, überlegt noch kurz, was glaubt ihr? Ok, wie viele sind bei A, es ist wurscht? Zwei. Wie viele sind bei B? 16, ok. Wie viele sind für C? Eine Person. So, C. Wer war nochmal C? Möchtest du sagen, warum du C gewählt hast?*

Sebastian: Für mich klingt das einfach am logischsten. Ich kann das jetzt nicht erklären.

T1: Alles gut, für dich klingt es logisch, vollkommen okay. Ja, bitte.
 Andreas: Ich habe B genommen, weil ich denke es ist so ähnlich wie in der Schule.
 T1: Okay, also ähnlich wie vorher. Lisa, wieso A?
 Lisa: Weil ich glaub, dass anders wie in der Schule beim Tunnel der Wind durchzieht, also die Luft ist in Bewegung.
 T1: Okay, ja. Kann gut sein. Ja, bitte.
 Alexander: Also ich habe B genommen, weil der Tunnel aussieht, als würde er aus Beton bestehen und das war in der Klasse ja auch der Grund.
 T1: Genau. Ja. Passt. Ja, bitte.
 Victoria: Ich habe B genommen, weil ein Tunnel ist ja meistens durch einen Berg durch und im Berg ist Gestein und das Gestein strahlt auch.
 T1: Okay. Ja. Bitte.
 David: Ich sage auch B, wegen dem Beton im Tunnel.
 T1: Wegen dem Beton oder dem Berg?
 David: Nein, also wegen dem Beton aus dem der Tunnel ist.
 T1: Ok. Danke.
 Johannes: Ich habe eine Frage zu dem Beton. Verhindert der, dass die Strahlung durchkommt, oder nimmt der die auf?
 T1: Es sendet selbst Strahlung aus, gleichzeitig schirmt es aber auch gegen Strahlung, die von außen kommt ab. Also beides.
 Sarah: Ich habe auch eine Frage. Strahlt jedes Gestein radioaktive Strahlung ab, oder nur Beton?
 T1: Das werden wir jetzt gleich sehen. Aber es gibt Steine die Strahlung aussenden, das haben wir ganz am Anfang gesehen. Zwei machen wir noch, dann lösen wir auf.
 Alexander: Ich habe eine Frage. Kann es auch sein, dass ein Stein bestrahlt wird, sodass er dann auch selber ausstrahlt?
 T1: Nein.
 David: Ich würde gerne von B auf A.
 T1: Okay. Will noch wer wechseln?
 Victoria: Ja ich will auch von B auf A.
 Rebecca: Ich auch.
 Lukas: Von C auf A.
 T1: C auf A. Okay. Ganz schnell zur Auflösung. 0,091. Ok, ich lese das noch ganz kurz vor, dann sind wir fertig. *Die Strahlung in einem Tunnel. Als Herr Yamamoto diesen Tunnel betrat, stieg die Strahlungsleistung auf 0,09 Mikro-Sv pro Stunde an. Das ist etwa das Dreifache des Wertes außerhalb des Tunnels. Zu einem anderen Zeitpunkt hat er die Strahlungsleistung in einem langen Autobahntunnel gemessen. Außerhalb des Tunnels lag die Strahlungsleistung bei 0,06 Mikro-Sievert pro Stunde und im Inneren dann bei 0,131. Das ist mehr als doppelt so hoch. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Felsen, die die den Tunnel umgeben, eine starke Strahlungsquelle sind.* Okay, C war richtig. Felsen senden Strahlung aus. Danke fürs Mitmachen. Wir sehen uns wieder am Freitag.

Teil 2.wav

T1: Okay, ich wiederhole nochmal, wie weit wir letztes Mal gekommen sind. Wir haben festgestellt es gibt Strahlung um uns herum. Und wie wir in der Nebelkammer sehen könnten, in diesem Gerät, das Wolken erzeugt, tritt diese Strahlung scheinbar ständig auf. Auch können wir jetzt nichts hineintun, dass irgendwie Strahlung aussendet. Und

dann haben wir schon die ersten Probleme gehört. Erstens, ob in einer leeren Box auch Strahlungsspuren sichtbar sind. Das ist tatsächlich so. Da gibt es verschiedene Arten. Alpha Spuren, Beta Spuren. Dass egal, wo man das Experiment macht, dass man das immer findet. Und dann haben wir so ein Gerät kennengelernt, dass eine dritte Art von Strahlung misst, nämlich die Gammastrahlung. Die wir in der Wolkenkammer nicht sehen können, aber mit dem Gerät messen können. Gut, das gibt uns das in einer Einheit Sievert an, das ist eine Einheit, die ein bisschen auch was aussagt, wie gefährlich das für den Menschen ist. Gut, und dann ging es dann los. Dann haben wir mal verglichen, wie ist die Strahlung in der Sonne verglichen mit dem Schatten. Haben festgestellt, dass das in der Sonne und im Schatten ungefähr gleich ist. Dann haben wir noch mal verglichen, wie ist das außerhalb von einem Klassenzimmer, wie ist es innerhalb von einem Klassenzimmer. Da haben wir festgestellt, dass es im Klassenzimmer größer ist und dass das am Beton liegt, weil der Strahlung aussendet. Dann steht da auch noch kurz eine Info. Nach einem Atomunfall in Japan war die Strahlung außerhalb größer. Da ist dann viel radioaktives Material in der Luft. Drinnen war es dafür geringer, weil der Beton dagegen auch schützt, und nach einer Zeit war es dann wieder im Betongebäude größer. Gut, bis zu dem sind wir noch gekommen, in einem Tunnel, der durch Felsen führt. Und auch im Tunnel war, die Strahlungsleistung größer. Und wenn man da in einem längeren Autobahntunnel durchquert, dann ist das sogar noch länger. Das heißt in Gebieten, die von Felsen umgeben sind, sind größere Strahlungswerte. Okay und dann gehen wir weiter zu Problem vier. Gut, also Problem vier. *Wenn die Steine in einem Tunnel Strahlung aussenden, würden dann auch die Steine in einem Steingebäude Strahlung aussenden? Gebäude werden oft aus einem Stein namens Granit gebaut. Granit wird an vielen Stellen verwendet, beispielsweise auf den Stufen von Bahnhöfen, an Wänden von Gebäuden, Denkmälern und Grabsteinen. Es ist das am häufigsten vorkommende Gestein der Erdkruste. Die Wände im Inneren des Wohnhauses auf dem Foto sind aus Granit. Außerhalb des Gebäudes zeigte der Strahlungsdetektor einen Messwert von 0,039 Mikro-Sv pro Stunde. Was erwartest du welchen Wert das Gerät im Inneren des Gebäudes anzeigen wird?* Also, Erwartung. *Innerhalb des Gebäudes ist die Strahlung größer. Innerhalb des Gebäudes ist die Strahlung schwächer. Die Strahlung ist innerhalb und außerhalb des Gebäudes gleich.* Okay, entscheidet euch mal. Also, ich überflieg es nochmal schnell. Ähm, die Steine in einem Tunnel senden Strahlung aus, haben wir gesehen. Könnte das jetzt auch bei Steinen sein, die man beim Gebäudebau verwendet, ein so ein Gestein ist Granit. Das ist das häufigst vorkommende der Gesteine der Erdkruste und wir sehen da außerhalb von so einem Gebäude mit Granitwänden beträgt der Wert 0,039 Mikro-Sv pro Stunde. Und die Frage ist jetzt, wie hoch wird diese, wie hoch wird das Gerät anzeigen in diesem Gebäude mit Granitwänden. A, innerhalb des Gebäudes ist die Strahlung größer. B, innerhalb des Gebäudes ist die Strahlung schwächer. C, die Strahlung ist innerhalb und außerhalb des Gebäudes gleich. Okay, ich werde wieder an der Tafel festhalten. A, B und C. Okay, haben alle eine Wahl getroffen? Okay, wer ist für A? Okay, ziemlich viele. 13. Wer ist für B? Drei. Und wer ist für C? Vier. Also einen Favoriten gibts. Da hinten, wieso habt ihr B gewählt?

Benjamin, bitte.

Benjamin: Ich habe B gewählt, weil die Strahlung bei Problem zwei in Innenräumen stärker war. Dann dachte ich mir, wenn es da stärker ist, dann kann es ja vielleicht hier schwächer sein.

T1: Okay, danke für den Beitrag. Wollt ihr da noch was dazu sagen? Nein, ok. Okay, sonst ein C Mensch. Ich glaube da vorne war jemand. Wieso habt ihr C gewählt.

Johannes: Also ich habe mir halt gedacht vielleicht, weil im Berg auch Granit vorkommt. Und dann kann es der gleiche Effekt sein, wie im Gebäude.

T1: Okay, danke. Und von den A Menschen noch jemand bitte.

Rebecca: Also ich habe A genommen, weil ich mir halt denk es war ja auch vorher bei dieser Schule da. Da war es ja auch so, dass drinnen das da höhere Gammastrahlung war. Und ich denke halt, dass das jetzt bei dem Gebäude genau so sein wird, weil Gebäude werden ja praktisch immer aus dem gleichen Materialien gebaut.

T1: Genau, das vorher war mit Beton. Da wissen wir, Beton sendet Strahlung aus. Das ist jetzt aus Granit. Genau, habt ihr da hinten nicht auch gesagt, dass es gleich ist wie bei Problem zwei, aber dass es schwächer sein wird?

Benjamin: Ja.

T1: Aber bei Problem zwei war es ja dann auch im Gebäude stärker, oder?

Benjamin: Ja, aber es ist am Bild das Dach offen.

T1: Ja, das ist noch außerhalb. Ja, ja. Das ist außerhalb vom Gebäude. Und es ist die Frage, ist es innerhalb dann stärker oder schwächer?

Benjamin: Stärker.

T1: Also was?

Benjamin: Im Haus ist es halt stärker.

T1: Du glaubst doch im Haus ist es stärker, okay. Ähm, sie könnten doch gleich groß sein. Was sagt ihr dazu?

Sarah: Draußen ist es schwierig sie zu halten, drinnen ist sie eingesperrt.

T1: Okay, deswegen kann es nicht gleich sein.

Benjamin: Wir wechseln auf A.

T1: Ihr wollt auch zu A. Alle drei B Menschen wechseln zu A, okay.

Sebastian: Wir wollen auch zu A.

Lukas: Ich würd auch gern zu A.

T1: Auch zu A, okay. Möchte noch jemand wechseln? Okay. Es meinen alle innerhalb des Gebäudes wird es größer sein. Es gab auch ein paar Argumente dafür, dass das nicht so ist. Wollen trotzdem alle bei A bleiben? Okay. Das heißt, wir haben jetzt 20 Leute bei A. Okay, dann schauen wir einfach mal, was das Gerät drinnen anzeigt. 0,134 im Vergleich zu 0,039. Das heißt, A war tatsächlich richtig. Die Strahlung von Granit. Ihr seht da jetzt zum Beispiel eine Granitplatte. *Dies ist ein Foto von dem, was im Inneren des Gebäudes gemessen wurde: Das Gerät zeigt 0,134 Mikro-Sv pro Stunde, also mehr als die dreifache Stärke der Strahlung von außen. Ginza, ein Bezirk in Tokyo, hat viele Gebäude aus Granit. Infolgedessen erhält ein Fußgänger, der in Ginza herumläuft, mehr Strahlung als in einer der umliegenden Städte. Wohlhabende Stadtteile mit viel Steinverbrauch haben entsprechend höhere Strahlendosen. Die mittlere Gammastrahlungsleistung der Steine im Land Japan liegt bei 0,05 Mikro-Sv pro Stunde.* Alle Steine sind da schon mit einberechnet. Also die Durchschnittsleistung von einem Stein in Japan ist 0,05. Granit offensichtlich höher. Okay, dann gehen wir zu Problem fünf. *Angenommen, wir verlassen das Land und fahren auf einem Schiff aufs Meer hinaus. Was glaubst du, wie hoch ist die Strahlenbelastung auf dem Meer?* Ihr wisst jetzt schon am Land war es außerhalb immer so ungefähr 0,03. So, wie schauts jetzt aus, wenn wir aufs Meer hinausfahren? *A, die Strahlung ist schwächer als an Land. B, sie ist gleich stark wie an Land. C, die Strahlung ist stärker als an Land.* Was könnte es sein. Ja.

Julia: Ein Segelboot oder ein hochmodernes Boot?

T1: Ähm, ist das wichtig? Wieso wäre das wichtig?

Julia: Wegen der Elektrizität.

T1: Dann sagen wir, es ist ein Fischerboot.

Julia: Ein Fischerboot aus Holz?

T1: Ja. Ein hölzernes Fischerboot.

Sebastian: Ich habe eine Frage.

T1: Ja.

Sebastian: Ist das ein verseuchtes Gewässer, wo was drinnen ist?

T1: Nein, das ist ein beliebiges Meer. Ein Durchschnittsmeer. Okay, wer ist für A?

Okay, jetzt bin ich gespannt, alle sind für A. Jetzt will ich ein paar Argumente hören.

Lisa: Wenn man denkt, dass die Strahlung ja vom Gestein ausgeht und ja in der Umgebung gespeichert wird. Im Meer, da ist ja nur Wasser quasi, das speichert vielleicht auch, aber wenn, dann nicht so viel, und das ist sicherlich nicht so viel.

T1: Okay, das heißt, bei dem Stein haben wir gesehen, da kommt auf jeden Fall Strahlung raus, aber über dem Meer ist nur Wasser. Das war das Argument. Möchte da noch wer was dazufügen? Oder hat sich wer aus einem anderen Grund für A entschieden? Also ich wäre voll interessiert.

Johannes: Ich würde vielleicht doch zu B wechseln, weil im Meer sind ja auch Steine. Aber ich bleib doch bei A.

T1: Okay, vielleicht da hinten, Julian.

Julian: Ich hätte das gleiche gesagt, wie die Lisa.

T1: Okay, gut. Mag noch jemand was hinzufügen? Okay. Dann brauchen wir da nichts ändern. Gut, wie gesagt, 0,03 war so der Wert immer über Land. Schauen wir, was es über Wasser anzeigt. 0,005.

Sarah: Hä, es ist stärker?

T1: Das ist schwächer. 0,03 ist mehr als 0,005. A war richtig. Ihr habt alle Recht gehabt. *Das linke Foto zeigt das Ergebnis der Messung der Radioaktivität auf einer Fähre in der Ise-Bucht. Vor der Bootsfahrt, am Hafenboden, war das Ergebnis 0,05 Mikro-Sievert pro Stunde. Auf hoher See, wie auf dem Foto zu sehen ist, fiel der Messwert auf 0,005 Mikro-Sievert pro Stunde. Das entspricht einem Zehntel von der Messung im Hafen. Das zweite Foto entstand im Schwimmbad einer Schule. Hier war der Strahlungswert 0,021 Mikro-Sievert. Das ist die Hälfte der Strahlung über dem Boden rundherum. Wir sehen, dass über dem Wasser weniger Strahlung messbar ist als über dem Land. Auch wenn das Land unter dem Wasser Gammastrahlen aussendet, wirkt das Wasser wie eine Barriere gegen Strahlung.* Okay, das heißt auf hoher See ist es sehr sehr niedrig. Und sogar nur ein Schwimmbad reicht schon aus, um den Wert zu senken. Okay, spannend, spannend. *Problem sechs. Ein anderer Weg uns von der Erde zu entfernen ist unseren Abstand zum Boden zu erhöhen. Dieses Foto zeigt die Strahlungsmessung am Boden des Tokyo Towers. Wie du sehen kannst, war die gemessene Dosisleistung 0,065 Mikro-Sievert pro Stunde. Wenn wir von hier aus 140 m die Treppe hinaufsteigen, wie verändert sich dann die Strahlung? A, die Strahlung wird mit zunehmender Höhe schwächer. B, die Strahlung bleibt gleich, unabhängig von der Höhe. C, die Strahlung wird mit zunehmender Höhe stärker.* Diese 140 Meter steigen wir die Treppe hinauf. Wenn wir von hier aus 140 Meter die Treppe hinaufsteigen, wie verändert sich dann die Strahlung? Okay, wer ist für A? Sieben. Ok. Wer ist für B? Zwei. Wer ist für C? Elf. Okay. Rebecca, warum B? Du sagst, es ist unabhängig von der Höhe.

Rebecca: Weil ganz am Anfang hat es geheißen, dass egal wo du dieses Experiment mit diesem Stein durchführst, ob auf einem Berg oder im Wasser oder sonst irgendwo, dass immer gleich viel Strahlung ist.

T1: Es ist gestanden wir werden immer Strahlungsspuren sehen. Es ist nicht gestanden wir werden immer gleich viele Strahlungsspuren sehen.

Rebecca: Nein, aber wir werden immer was sehen und ich denk mir halt es wird sich nicht viel verändern.

T1: Okay. Benjamin, was war dein Grund?

Benjamin: Ja ich wollte eigentlich genau das gleiche wie Rebecca sagen. Aber jetzt haben Sie ja gesagt dass es nur die Spuren waren, jetzt macht das weniger Sinn.

T1: Okay. Macht ja nix. Ich würde gerne von den A Leuten Argumente hören. Lisa.

Lisa: Also ich glaube auch dass da nicht so viel Unterschied sein wird, nicht allzu viel. Aber kann jetzt auch sein, dass ich da voll falsch lieg, aber mit der Höhe wird ja die Luft normalerweise dünner. Und dass sich deswegen die Strahlung nicht so gut verbreiten kann, oder so, weil es halt auch weiter vom Boden weg ist, vom Gestein. Ähnlich so wie beim vorigen mit dem Meer.

T1: Okay, ja. Also Luft ist dünner und wir sind weiter vom Boden weg, vom Gestein. Deswegen sagt die Lisa es ist schwächer. Möchte noch wer was dazu sagen? Findet wer das ist Blödsinn oder findet ihr das passt? Okay. Wie schauts bei den C Leuten aus, mit zunehmender Höhe wird es stärker? Das waren doch recht viele. Wieso glaubt ihr, dass es stärker wird.

Benjamin: Ich hab C genommen, weil es kann ja, zum Beispiel radioaktive Strahlung, kann ja auch in den Wolken bleiben, wenn es da oben ist, dass es stärker als unten ist.

T1: Okay, es könnte die radioaktive Strahlung aus den Wolken kommen.

Sebastian: Ich hätte auch gedacht, dass es so irgendwie ist. Weil CO₂ wird ja auch in der Ozonschicht gespeichert und vielleicht wird da die radioaktive Strahlung auch irgendwie gespeichert.

T1: Okay, dass die da oben irgendwie abhängt in der Ozonschicht. Möchte noch wer was dazu sagen? Möchte wer die Meinung ändern? Hat sich wer umentschieden oder alle sehr sicher mit ihrer Entscheidung. Okay, wenn keiner mehr was sagen will, lösen wir das auf. Also 0,065 waren es herunten. 0,011 auf dem einen Gerät 0,005 auf dem anderen Gerät. Das heißt es ist weniger geworden, das heißt A war richtig. A war richtig. Okay, die Strahlung am Tokyo Tower. *Herr Yamamoto ging 600 Stiegen auf eine Höhe von 140 m und maß die Strahlung. Die Messung ist am Foto dargestellt. Wie du sehen kannst, war die Strahlungsbelastung der Gammastrahlung 0,01 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist etwa sechs Mal schwächer als die Strahlung am Boden. Gut gefallen hat mir das Argument, dass wir eben so ähnlich wie auf dem Meer einfach ein bisschen weiter weg sind vom Boden, der definitiv Strahlung aussendet. Problem 7. Stell dir vor, wir gehen noch höher hinauf und entfernen uns noch weiter vom Erdboden. Wie hoch, glaubst du, wird die Gammastrahlung in einem Flugzeug in 10.000 m Höhe sein? Also der Tokyo Tower 140 Meter, jetzt steigen wir mit einem Flugzeug auf 10.000 Meter, 10 Kilometer in die Höhe. A, die Strahlung wird im Flugzeug schwächer sein als in 140 m Höhe am Tokyo Tower. B, die Strahlung im Flugzeug ist stärker als am Boden. C, es wird ungefähr das gleiche sein wie auf 140 m Höhe am Tokyo Tower. Also die ist gesunken bis zur Spitze des Tokyo Towers und dann ist es schon wieder egal. Überlegt euch gleich ein Argument, warum ihr das glaubt. Okay, wer ist für A? Acht. Wer glaubt B ist richtig? Die Strahlung im Flugzeug ist sogar noch stärker als am Boden. Acht.*

Johannes: Neun!

T1: Neun, okay. Und wer glaubt C ist richtig, dass die Strahlung ungefähr gleich sein wird wie auf dem Tokyo Tower. Drei. Ja, bitte.

Sarah: Also ich habe A genommen, weil ich dachte wegen dem Problem sechs, mit der Höhe ist die Strahlung schwächer. Dann muss es ja schwächer werden, wenn das Flugzeug noch höher ist.

T1: Okay, also du sagst wenn es vorher schwächer geworden ist, dann wird es jetzt auch schwächer werden. Okay, ja. Sebastian, was hast du genommen und warum?

Sebastian: Ich habe C genommen, weil ich mir dachte: Okay, wir sind jetzt zwar nur die Stiegen hinaufgegangen und im Flugzeug sind wir ja noch höher, aber ich denke halt, dass im Flugzeug auch wieder was ausgestrahlt wird. Und sich das dann ausgleicht.

T1: Okay, also du würdest sagen es ist weniger noch, aber das Flugzeug selbst strahlt was aus. Okay. Bitte.

Lukas: Ich habe B genommen, weil es gibt ja, ich weiß den Grund nicht, aber es gibt ja einen Flugmodus, den man im Flugzeug anschalten muss. Ich glaub, dass das wegen der Strahlung ist. Dass dann irgendwie das Handy kaputt geht oder das Flugzeug halt.

T1: Okay und deswegen glaubst du es ist noch stärker da oben. Und damit dem Handy nichts passiert muss man es abschalten oder in den Flugmodus. Okay, jetzt haben wir schon paar verschiedene Argumente gehört. Andreas, was hast du genommen?

Andreas: Also ich habe B genommen, weil ich man gelesen habe, dass Menschen auch Strahlung aussenden und das ist ja ein geschlossener Raum, quasi, und das kann ja dann nicht weg.

T1: Okay, ja.

Andreas: Und dann sammelt sich das so ein bisschen.

T1: Okay, es sammelt sich im Flugzeug. Was sagen die anderen dazu? Benjamin, was sagst du?

Benjamin: Es wurde ja festgestellt, dass außerhalb eines Gebäudes die Strahlung schwächer ist als es drinnen ist. Und im Flugzeug ist es ja auch wie in einem Gebäude, deswegen denke ich, dass da mehr Strahlung ist als auf dem Boden.

T1: Okay. Wir haben gesehen in Gebäuden war die Strahlung bis jetzt immer größer. Jetzt sollte sie im Flugzeug auch größer sein, laut dem Argument. Mag noch wer die Antwort ändern, mag noch wer was sagen?

Julia: Ich würde zu B wechseln.

T1: Von?

Julia: Von A zu B.

T1: Von A zu B. Okay, warum?

Julia: Weil dem Benjamin seine Antwort Sinn ergeben hat. Im Gebäude ist auch mehr Strahlung als draußen.

T1: Okay, ja.

Rebecca: Ich würde gerne von C zu B wechseln.

T1: Von C zu B, warum?

Rebecca: Ja auch wegen dem Argument.

T1: Okay. Drei Leute haben gewechselt. Wie schauts mit den anderen aus? Okay. Dann haben wir nur noch sieben bei A. Elf bei B und zwei bei C. Okay, dann schauen wir mal. Ich erinnere noch einmal, unten waren es 0,065, da waren es jetzt nur noch 0,01.

Schauen wir wie hoch es am Flugzeug war. Okay. *Die Strahlung in einem Flugzeug: kosmische Strahlung. Als Herr Yamamoto vom Erdboden abhob wurde die Strahlungsbelastung allmählich schwächer und schwächer. Dieses Foto zeigt einen Messwert von 0,001 Mikro-Sievert pro Stunde. Als er jedoch immer höher stieg, kehrte sich die Entwicklung um und die Strahlungsbelastung erhöhte sich. Das untere Foto wurde bei einer Höhe von 11.800 m über Amerika aufgenommen. Die Messung ergab 0,811 Mikro-Sievert, was zwanzig Mal so groß ist wie auf der Erdoberfläche. Wir sehen also, dass ab einem bestimmten Punkt, je höher du gehst, die Strahlung stärker wird. Das bedeutet, dass Personen, die in Flugzeugen arbeiten, mehr Strahlung ausgesetzt sind als Personen, die am Land arbeiten. Was ist mit Menschen, die an Orten arbeiten, die noch weiter von der Erdoberfläche entfernt sind? Astronauten in einer Raumstation, die 400 km vom Erdboden entfernt ist, erhalten Berichten zufolge etwa 40 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist 1000-mal mehr, als wir normalerweise ausgesetzt sind. Das heißt, ich möchte noch mal festhalten, Antwort B war richtig. Die Strahlung wird zwar zuerst niedriger, aber bei 10.000 Metern Höhe ist sie beträchtlich größer als am Boden. Okay. Was ist die Ursache für die zunehmende Strahlungsbelastung bei steigendem Abstand zur Erdoberfläche? Das liegt daran, dass viel Strahlung ihren Ursprung im Weltraum hat (sie besteht aus sogenannter „kosmischen Strahlung“.) Die Belastung von kosmischer Strahlung ist bei großen Höhen, in denen die Luft dünn ist, stärker. Noch*

stärker ist sie im Weltraum, wo keine Atmosphäre sie behindern kann. Also ähnlich wie das Wasser schützt uns auch unsere Atmosphäre vor Strahlung, in dem Fall vor Strahlung aus dem Weltall. Einige kosmische Strahlen erreichen uns auch auf der Erdoberfläche. Wir erhalten insgesamt ca. 380 Mikro-Sievert pro Jahr durch kosmische Strahlung. Tatsächlich war die kosmische Strahlung verantwortlich für einige der Spuren, die du in den Nebelkammern beobachtet hast! Ja, also einige dieser Spuren in der leeren Nebelkammer kommen von kosmischer Strahlung. Okay. Die Strahlung auf hohen Bergen. Jetzt wirds interessant. Wir haben ja ein paar Berge, die sind doch ein paar Kilometer hoch. Die Intensität der kosmischen Strahlung verdoppelt sich beim Aufstieg etwa alle 1500 m. Am Gipfel des Fuji, einem Berg Japans, ist die kosmische Strahlung etwa 4-mal so groß wie in der Stadt am Fuße des Berges. Die Stadt Lhasa in der Nähe des Himalayas liegt auf einer Höhe von 3600 m über dem Meeresspiegel. Ein dort ansässiger Bewohner erhält pro Jahr 1700 Mikro-Sievert Strahlung durch kosmische Strahlung. In der Erwartung viel kosmische Strahlung zu finden, trug Herr Yamamoto eine Nebelkammer auf einen hohen Berg bis zu einer Höhe von 2600 m. Hier ist ein Foto von dem, was er beobachtet hat. Du siehst eine Spur, die sich über die ganze 13 cm lange Nebelkammer erstreckt. So eine lange, gerade, aber dünne Linie ist charakteristisch für die kosmische Strahlung. Diese Linie da. Wir sehen auch ein paar andere Spuren. Wie gesagt, die können von was ganz anderem kommen, von den Steinen zum Beispiel. Auf dem folgendem Foto sind alle Spuren, die in der Zeit von einer Minute erschienen sind, überlagert. Es gibt deutlich mehr dünne, gerade Linien, als man es auf der Erdoberfläche beobachten kann. Das ist der Beweis dafür, dass hier die kosmische Strahlung erhöht ist. Für Menschen, die in hochgelegenen Städten leben, gehört es zum Alltag von relativ vielen kosmischen Strahlen umgeben zu sein. Hier sehen wir das Foto. Wie gesagt viele gerade, dünne Strahlen die man da sieht. So, da gibt es noch eine ergänzende Anmerkung. Außerhalb der Erdatmosphäre sind Protonen die vorherrschende Form der kosmischen Strahlung. Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre führen jedoch Kollisionen mit Luftmolekülen zu der Entstehung von Gammastrahlen, Betastrahlen, Neutronen und Myonen. Die meisten kosmischen Strahlen, die den Boden erreichen sind die Myonen (elektronenähnliche Elementarteilchen). Mit der Nebelkammer im Video haben wir zwei Spuren unterscheiden: Alpha und Beta. Tatsächlich handelt es sich bei der Myonenspur um eine dritte Art: die lange gerade Strecke im vorigen Foto. Also das war von einem Myon. Wie gesagt, die Strahlung besteht aus Protonen. Wir haben es fast geschafft. Zwei Probleme haben wir noch. Problem acht. Hast du schon einmal von „Radiumthermen“ gehört? Radium ist das Atom, das von Marie Curie und ihrem Mann entdeckt wurde. Es kommt in der Natur vor, zerfällt leicht und setzt dabei Strahlung frei. Könnten diese „heißen Radiumquellen“ eine größere Strahlungsbelastung aufweisen als anderswo? Oder ist es nur ein Ort mit einem außergewöhnlichen Namen, aber normaler Strahlung? Was ist deine Erwartung? Also das sind so Einrichtungen so ähnlich wie unsere Thermen und angeblich gibt es da drin Radium. Die Strahlung an den Radiumthermen ist stärker als an anderen Orten. Die Strahlung an den Radiumthermen ist gleich wie anderswo. Die Strahlung an den Radiumthermen ist schwächer als an anderen Orten. Okay, wer ist für A? Dass die Strahlung dort tatsächlich größer ist. Sieben. Okay, wer glaubt B? Einer. Und wer glaubt C, dass die Strahlung dort schwächer ist als an anderen Orten? 12. Da fehlt noch wer. Radiumthermen sind so Einrichtung, wie unsere Thermen, die wir haben, nur dass es dort Radium gibt und Radium ist eben ein Atom das wenn es zerfällt Strahlung aussendet. Okay möchte wer sagen warum? Julia. Julia: Die heißen ja Radiumthermen und das wahrscheinlich nicht ohne Grund. Ich weiß nicht, ob es wirklich mehr ist, aber mit dem Namen würde das Sinn machen.

T1: Okay, die Julia sagt müssen ja ihren Namen irgendwo herhaben. Ob es jetzt wirklich mehr ist, weiß sie nicht. Andreas.

Andreas: Ich habe auch A gesagt, weil ich glaube vielleicht wenn sie zerfallen und radioaktiv sind, dann müssen sie ja die Strahlung schon irgendwie in sich haben.

T1: Danke. Wir geben jetzt kurz Gas, damit wir zum letzten Problem noch kommen, dass sich das heute noch ausgeht. Möchte noch irgendwer wechseln? Bitte.

Johannes: B auf A.

T1: B auf A. Okay. Ja.

Lukas: C auf A.

T1: C auf A.

Lisa: Ich auch.

Sarah: Ja, ich auch.

T1: Vier Leute zu A. Fünf. Das heißt wir haben 14 und nur noch fünf dort. Okay. Vier Minuten haben wir noch, das geht sich noch aus. Richtig ist A. Okay, ich lese das ganz schnell vor. *Die Strahlung an heißen Radiumquellen. Dieses Foto wurde am Murasugi Onsen im Bundesland Niigata aufgenommen. Die Messung zeigt 0,1 Mikro-Sievert pro Stunde an. Messungen wurden außerdem am Misasa Onsen im Bundesland Tottori, am Masutomi Onsen im Bundesland Yamanashi und an mehreren anderen Thermen gemacht, die behaupten „Radiumthermen“ zu sein. An all diesen Orten reichte die Strahlungsbelastung von 0,1 – 0,3 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist viel größer als der Durchschnittswert in Japan von 0,05. Der Name „Radiumtherme“ ist nicht nur ein schicker Name – die Strahlung ist dort wirklich stärker. Die Radiumtherme mit der höchsten Strahlenbelastung ist das Tamagawa Onsen im Bundesland Akita. Anscheinend können einige Bereiche der Therme einen Strahlungswert von bis zu 2,8 Mikro-Sievert erreichen. Die Therme mit dem höchsten Strahlenwerten der Welt befindet sich in der Stadt Ramsar in Iran. Die Stadt beherbergt zehntausende Menschen und mehr als 50 Thermen mit relativ hohen Konzentrationen von Radium im Wasser. Laut einem Bericht des United Nations Scientific Ausschusses beträgt die jährliche Strahlung in Ramsar etwa 10 Milli-Sievert (10.000 Mikro-Sievert). Im Jahr 2003 haben Forscher Ramsar untersucht und dort Werte von 1 bis 5 Mikro-Sievert pro Stunde gemessen. Das sind 20- bis 100-mal höhere Werte als der Durchschnittswert in Japan.* So, letztes Problem, das schaffen wir noch. *Problem neun. Wir haben gelernt, dass der Boden, die Luft und der Weltraum alle Strahlungsquellen sind. Wir leben auf einem Planeten mit radioaktiven Atomen überall. Was ist mit unserem eigenen Körper? Da wir ein Teil der Erde sind, könnte es sein, dass radioaktive Atome auch in uns eingedrungen sind? Oder haben Lebewesen vielleicht einen Mechanismus, um zu verhindern, dass radioaktive Atome eindringen können. Was erwartest du? A, Menschen senden Gammastrahlen aus. B, Menschen senden keine Gammastrahlung aus.* Okay, überlegt ganz kurz. Das ist das letzte, was wir noch machen. Okay, wer ist für A? Menschen senden Gammastrahlen aus. Zwölf. Wer ist für B? Acht. Hören wir uns vielleicht noch ganz kurz Argumente an warum. Oder merken wir uns das, heben wir uns das für nächste Woche auf. Vielen Dank fürs Mitmachen, wir sehen uns nächste Woche.

T1: Ok, wir gehen alles nochmal kurz durch, dann schauen wir uns die letzte Aufgabe nochmal an. Ich habe mir gemerkt, wie ihr abgestimmt habt, aber wir werden noch drüber diskutieren, wie gehabt. Und natürlich kann man die Meinung dann auch noch ändern. Und dann werden wir diesen Zwischentest machen, Fragebogen ausfüllen und danach noch immer so rekapitulieren, was wir jetzt gelernt haben. Bisschen was festhalten und so weiter. So wiederholen wir nochmal ganz kurz. Im Schnelldurchlauf, also wir haben gesagt man kann Strahlung sichtbar machen mit einer Nebelkammer. Da kann man solche Spuren sehen. Es gibt Geräte, mit denen man Gammastrahlung messen kann. Gemessen wird das in der Regel in Sievert. Und dann haben wir uns so gewisse Probleme angeschaut. Das erste, da ging es darum, ob die Strahlung in der Sonne größer ist oder im Schatten. Dann haben wir festgestellt sie ist in der Sonne und im Schatten gleich groß. Dann ging es darum, ob sie außen oder innen stärker sind. Dann haben wir festgestellt, Strahlung ist in Gebäuden oft größer, vor allem wenn sie aus Beton gebaut sind. Weil Beton selbst strahlt. Und dann haben wir festgestellt, dass die Strahlung auch einem Tunnel größer ist, weil verschiedenes Gestein im Boden strahlt, vor allem Granit, der sehr häufig vorkommt. Das haben wir dann auch gesehen. Das Gebäude, die Granitwände und Granitböden haben, mehr strahlen. Dann haben wir gesehen, dass die Strahlung über dem Meer abnimmt. Weil man sich einerseits vom Boden entfernt, aber andererseits das Wasser auch bisschen abschirmt. Dann haben wir gesehen, wenn man sich anders vom Boden entfernt, nämlich in die Höhe steigt, dann nimmt die Strahlung auch ab. Geht man dann in sehr große Höhen, mit einem Flugzeug, nimmt die Strahlungsbelastung wieder zu, wegen der kosmischen Strahlung, die aus dem All kommt. Dann haben wir gesehen es gibt solche Radiumthermen, wo Menschen hingehen. Dort ist die Strahlung auch tatsächlich größer, weil sich im Radium, das ist ein radioaktives Material, im Wasser befindet. Und dann sind wir zur letzten Aufgabe gekommen. Ich lese mal vor, was dasteht. *Wir haben gelernt, dass der Boden, die Luft und der Weltraum alle Strahlungsquellen sind. Wir leben auf einem Planeten mit radioaktiven Atomen überall. Was ist mit unserem eigenen Körper? Da wir ein Teil der Erde sind, könnte es sein, dass radioaktive Atome auch in uns eingedrungen sind? Oder haben Lebewesen vielleicht einen Mechanismus, um zu verhindern, dass radioaktive Atome eindringen können. Was erwartest du?* Dann haben wir A, Menschen senden Gammastrahlen aus und B, Menschen senden keine Gammastrahlung aus. Und ich glaube, es war zwölf zu acht, letztes Mal. Genau zwölf waren für A, acht für B. Ich schreibe das nochmal auf. Okay. Könnt ihr euch noch erinnern, wer was genommen hat? Wisst noch ungefähr wieso? Henrik.

Henrik: Ich habe A.

T1: Du hast A genommen? Warum hast du A genommen?

Henrik: Also eigentlich, weil da oben steht, ob Menschen das aufnehmen können oder nicht. Also ja, weil wenn sie in so radioaktiven Gebieten sind, dann können sie auch Krankheiten bekommen.

T1: Okay, ja. Also radioaktive Strahlung hat einen Einfluss auf uns. Genau. Wer hat noch A genommen? Rebecca, warum du?

Rebecca: Ich habe mal gehört, dass Menschen und einige Lebewesen auch ganz leicht, wirklich leicht, im Dunklen leuchten.

T1: Okay. Menschen, die im Dunklen leuchten, deswegen senden sie Gammastrahlung aus. Wer hat denn B genommen von euch? Niemand traut sich etwas sagen. Wollen wir vielleicht nochmal neu abstimmen? Wer ist denn jetzt für A? 15. Okay. Wer sagt B, Menschen senden keine Gammastrahlung aus? Zwei. Das passt jetzt nicht, oder fehlen heute welche?

Rebecca: Es fehlen zwei.

T1: Es fehlen zwei, dann geht es sich aus. Okay. Möchte noch jemand etwas dazu sagen, oder sich umentscheiden? Okay, dann schauen wir uns das einfach mal an. Gehen wir weiter im Text. *Das hervorragende Experiment von Sievert. 1950 erschuf der schwedische Wissenschaftler Sievert (1896-1966) eine Maschine zur Messung der von Menschen emittierten Gammastrahlung (Foto links). Nach dem Herrn ist eben auch die Einheit benannt. Die Maschine misst die von einer Person im Inneren der Maschine emittierte Strahlung für eine Dauer von vier Stunden. Zur Reduzierung der Strahlung außerhalb der Person, befindet sich die Maschine im Keller (um von kosmischer Strahlung abgeschirmt zu sein) in einem Raum mit dicken Wänden (um die Strahlung von der Erde zu blockieren). Das Ziel der Maschine war es, die natürliche Radioaktivität eines Menschen zu messen. Sievert maß damit die Radioaktivität von vielen Personen, von Erwachsenen bis zu Kindern. Sein Befund wurde durch Zeitungsartikel wie diesen, der die Überschrift „Radioaktivität im menschlichen Körper“ trägt, weit verbreitet. Als Ergebnis dieses Experiments wissen wir heute, dass unsere eigenen Körper radioaktiv sind und Strahlung an die Welt um uns herum absenden. Im Folgenden findest du eine Liste der Strahlungsquellen in unserem Körper. Die Strahlungswerte wurden in Experimenten von heutigen Wissenschaftlern gemessen (erinnere dich, dass die Einheit Becquerel die Anzahl der pro Sekunde freigesetzten Strahlungsteilchen ist). Also nur um festzuhalten, A ist tatsächlich richtig. Auch wir Menschen senden Gammastrahlung aus. Und für eine 60 kg schwere Person bedeutet das wir haben radioaktives Kalium im Körper. Mit 4000 Becquerel. Also 4000 so Strahlungsteilchen pro Sekunde setzt das Kalium in unserem Körper frei. Wir haben radioaktiven Kohlenstoff in unserem Körper. 2500 Becquerel. Wir haben radioaktives Rubidium in unserem Körper. Radioaktives Blei und Polonium. Aber ihr seht, ganz wenig, nur 20 Becquerel. Und radioaktives Cäsium. Und das sind 7000 Becquerel, die der menschliche Körper ungefähr hat. Also jeder von uns jetzt gerade sendet ungefähr 7000 Strahlungsteilchen pro Sekunde aus. Und von denen kommt mehr als die Hälfte von Kalium. Ein Stoff den wir im Körper haben. Okay. Nahrungsmittel als Quelle von Strahlung. Mag da vielleicht wer lesen? Julia.*

Julia: Nahrungsmittel als Quelle von Strahlung. Nicht nur Menschen leben, sondern auch Pflanzen und Tiere, welche früher oder später von Menschen gegessen werden. Es überrascht nicht, dass diese ebenfalls radioaktive Atome enthalten. Dies ist ein Foto der Strahlung, die (von oben nach unten) von Schweinefleisch, einer Banane, Bananenscheiben und Ingwer ausgesendet wird (mit freundlicher Genehmigung von em. Professor Chizuo Mor, Universität Nagoya). Das am stärksten radioaktive Element der Lebensmittel ist radioaktives Kalium, das nur 0.01% des natürlich vorkommenden Kalium ausmacht.

T1: Genau. Also da ist dieses Bild. Das zeigt eben, von oben nach unten, Schweinefleisch, eine Banane, eine Bananenscheibe und Ingwer. Dort, wo es gelb ist, dort kommt sehr viel radioaktive Strahlung raus, dort wo es blau ist, weniger. Kalium ist ein notwendiges Atom für Lebewesen und kommt überall auf der Welt vor. Zum Beispiel weist das radioaktive Kalium in 1 kg Reis eine Aktivität von etwa 33 Becquerel auf. Mag da wieder wer weiterlesen? Julia.

Julia: Man findet es auch im Meer, wo es dazu führt, dass 1 L Meerwasser rund 12 Becquerel Strahlung aussendet. Auch wenn du Fleisch, Fisch, Milchprodukte oder sogar nur Gemüse isst, nimmst du ganz selbstverständlich radioaktives Kalium mit einer entsprechenden Aktivität von schätzungsweise 100 Becquerel auf. Die Aufnahme von radioaktiver Nahrung ist ein Teil unseres täglichen Lebens – es ist natürlich. Laut Messungen waren durchschnittliche Menschen aus Japan im Laufe des Jahres 2008 0,99 mSv durch Nahrung ausgesetzt. Die absolute Dosis ist je nach Wohnort sowie Lebensstil unterschiedlich.

T1: Genau. Bitte ja, da hinten.

Sebastian: *Das linke Foto zeigt einen Sack mit Kaliumdünger, wie es ihn im Baumarkt zu kaufen gibt. Wie zu sehen ist, zeigt die Messung der Gammastrahlung, die den Sack verlässt, einen Wert von 0,248 Mikrosievert pro Stunde an. Kalium emittiert auch Beta-Strahlen, wenn es zu Calcium zerfällt. Die Beta-Strahlen lassen sich in einer Nebelkammer sichtbar machen. Der weiße Teil in der Mitte des Fotos unterhalb ist eine Ansammlung von Kaliumdünger. Wie zu sehen ist, kommt der Beta-Strahl vom Dünger.*

T1: So, da sehen wir das. Also dieser Strahl, der sich da so entlang krümmt, aber sehr dünn ist, ist ein Betastrahl. Wir werden später noch diese Arten von Strahlung genauer kennenlernen, aber der kommt vom Dünger. Okay, ich lese den letzten Teil noch schnell vor. *Die Welt der Natürlichen Strahlung. Wie fühlst du dich jetzt? Wir haben gesehen, dass wir von Strahlung umgeben sind, sowohl von außerhalb der Erde als auch aus ihrem Inneren. Der Boden, auf dem wir stehen ist eine Strahlungsquelle, genauso wie die Luft, die wir atmen und die Lebensmittel, die wir essen. Wir haben gelernt, dass selbst unsere eigenen Körper Quellen von Strahlung sind. Wenn all diese Strahlung in der Luft um uns herum Strahlungsspuren hinterlassen würde, so wie wir sie in der Nebelkammer beobachtet haben, wäre die Luft voller Spuren. Zusätzlich zur Herkunft dieser Strahlung haben wir auch diskutiert, wie stark sie ist. Allein dadurch, dass wir auf diesem Planeten leben, bekommen wir eine Strahlendosis von 2,4 mSv Strahlung pro Jahr ab. Der Durchschnitt in Japan ist mit 2,1 mSv pro Jahr etwas geringer. Dies ist die Welt, in der wir mit allen Lebewesen der Erde leben – eine Welt mit Strahlung.* Wir sehen da jetzt noch so ein paar Grafiken, wo wir sehen, wo der größte Teil der Strahlung, die wir in einem Jahr aufnehmen, herkommt. Ihr seht, die Hälfte kommt wirklich einfach vom Essen. Ein Viertel ungefähr kommt aus der Luft. Da gibt es ein Element, das heißt Radon. Ein Teil ungefähr vom Weltraum, diese kosmische Strahlung. Und dann, ungefähr ebenso großer Teil, eben von der Erde, vom Boden. Genau. Das ist so der Durchschnitt auf der Erde. Das war jetzt in Japan. Auf der Erde ist durchschnittlich eher der größte Anteil von der Luft. Da ist das Essen dann nicht so groß. Das hängt immer davon ab wo man ist. Da geht es eben darum, warum in Japan der Anteil von Essen so groß ist, ist weil im Fisch ein radioaktives Material enthalten ist. Okay. Zum Abschluss seht ihr jetzt auch noch auf eurem Antwortblatt, ihr könnt da ausfüllen, wie es euch gefallen hat. Und dann habt ihr noch Platz, ein paar Kommentare und Eindrücke zu hinterlassen. Ihr könnt das auch gerne auf die Rückseite schreiben. Da habt ihr Platz. Und das ist wirklich nur Feedback für mich, damit ich weiß, wie hat es euch gefallen, was war gut, was war schlecht? Was kann man in Zukunft anders machen? Wollt ihr so was nochmal in der Form haben oder nicht? Darum geht es mir. Genau, wenn etwas unklar geblieben ist, dann schreibt das bitte auch dazu. Ich bedanke mich auf jeden Fall fürs Mitmachen. Ich hoffe es hat euch gefallen. Ich bin gespannt eure Kommentare zu lesen, Verbesserungsvorschläge zu lesen, und damit beende ich jetzt auch die Aufnahme, weil damit ist der Teil für die Studie auch erledigt.

Teacher 2:

Class 1, Lesson 2:

T2: Also, wo sind wir gestern stehen geblieben? Was haben wir uns da überlegt? Helena bitte.

Helena: Wir haben uns überlegt, ob die radioaktive Strahlung am Boden höher ist als am Flugzeug ganz oben. Das stimmt aber nicht, weil sie am Flugzeug höher war.

T2: Super, ja. Und was haben wir da noch gelesen, ganz interessant mit diesem Astronauten? Wer möchte das nochmal vorlesen? Bitte Phillip.

Phillip: *Astronauten in einer Raumstation, die 400 km vom Erdboden entfernt ist, erhalten Berichten zufolge etwa 40 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist 1000-mal mehr, als wir normalerweise ausgesetzt sind*

T2: Genau, 1000-mal mehr. Bitte, Anni.

Anni: Ab wieviel Sievert ist es bedenklich und ab wieviel ist es lebensgefährlich?

T2: Ja sehr gute Frage, aber da möchte ich nicht zu viel vorwegnehmen. Bitte Andi.

Andi: Ist außerhalb der Raumstation so viel, oder innerhalb, weil die Raumstation ist ja auch abgeschirmt.

T2: Ja also in der Raumstation. Wer möchte jetzt noch weiter vorlesen diese zwei Absätze? Phillip bitte.

Phillip: *Was ist die Ursache für die zunehmende Strahlungsbelastung bei steigendem Abstand zur Erdoberfläche? Das liegt daran, dass viel Strahlung ihren Ursprung im Weltraum hat (sie besteht aus sogenannter „kosmischen Strahlung“.) Die Belastung von kosmischer Strahlung ist bei großen Höhen, in denen die Luft dünn ist, stärker. Noch stärker ist sie im Weltraum, wo keine Atmosphäre sie behindern kann. Einige kosmische Strahlen erreichen uns auch auf der Erdoberfläche. Wir erhalten insgesamt ca. 380 Mikro-Sievert pro Jahr durch kosmische Strahlung. Tatsächlich war die kosmische Strahlung verantwortlich für einige der Spuren, die du in den Nebelkammern beobachtet hast!*

T2: Dankeschön, genau so ist es. Das ist also die Erklärung dafür, wieso mit der Höhe die Strahlung zunimmt. Gut, also weiter gehts. *Die Strahlung auf hohen Bergen. Die Intensität der kosmischen Strahlung verdoppelt sich beim Aufstieg etwa alle 1500 m. Am Gipfel des Fuji, einem Berg Japans, ist die kosmische Strahlung etwa 4-mal so groß wie in der Stadt am Fuße des Berges. Die Stadt Lhasa in der Nähe des Himalayas liegt auf einer Höhe von 3600 m über dem Meeresspiegel. Ein dort ansässiger Bewohner erhält pro Jahr 1700 Mikro-Sievert Strahlung durch kosmische Strahlung. In der Erwartung viel kosmische Strahlung zu finden, trug Herr Yamamoto eine Nebelkammer auf einen hohen Berg bis zu einer Höhe von 2600 m. Hier ist ein Foto von dem, was er beobachtet hat. Du siehst eine Spur, die sich über die ganze 13 cm lange Nebelkammer erstreckt. So eine lange, gerade, aber dünne Linie ist charakteristisch für die kosmische Strahlung. Und da haben wir jetzt dieses Foto. Wo wurde also dieses Foto aufgenommen, Johannes?*

Johannes: auf einem Berg auf 2600 m.

T2: Genau, richtig. *Auf dem folgenden Foto sind alle Spuren, die in der Zeit von einer Minute erschienen sind, überlagert. Es gibt deutlich mehr dünne, gerade Linien, als man es auf der Erdoberfläche beobachten kann. Das ist der Beweis dafür, dass hier die kosmische Strahlung erhöht ist. Für Menschen, die in hochgelegenen Städten leben, gehört es zum Alltag von relativ vielen kosmischen Strahlen umgeben zu sein. Ergänzende Anmerkung: Außerhalb der Erdatmosphäre sind Protonen die vorherrschende Form der kosmischen Strahlung. Beim Durchgang durch die*

Erdatmosphäre führen jedoch Kollisionen mit Luftmolekülen zu der Entstehung von Gammastrahlen, Betastrahlen, Neutronen und Myonen. Die meisten kosmischen Strahlen, die den Boden erreichen sind die Myonen (elektronenähnliche Elementarteilchen). Mit der Nebelkammer im Video haben wir zwei Spuren unterscheiden, nämlich Alpha und Beta. Tatsächlich handelt es sich bei der Myonenspur um eine dritte Art: die lange gerade Strecke im vorigen Foto. Ok, wir kommen nun zum Problem 8. Hast du schon einmal von „Radiumthermen“ gehört? Radium ist das Atom, das von Marie Curie und ihrem Mann entdeckt wurde. Es kommt in der Natur vor, zerfällt leicht und setzt dabei Strahlung frei. Wer hat schonmal was davon gehört?

Adrian: Ich war schonmal in einer drinnen

T2: Du warst schonmal in einer drinnen? Und wie war das?

Der Junge: Es ist irgendwie voll arg. 50 m tiefer sind die Quellen und es ist sehr heißes Wasser. Wenn man sich flach auf das Wasser legt, schwimmt man einfach. Und es reicht auch es bisschen komisch nach verfaulten Eiern. Es ist ein ganz arges Gefühl und es sieht auch ein bisschen komisch aus, weil wenn man hinuntersieht, sieht man nur schwarz, weil es eben 50 m hinunter geht.

T2: Okay interessant. Und was ist jetzt genau eine Radiumtherme, kannst du das erklären?

Adrian: erklären eher schwer.

T2: Es ist im Grunde einfach das Wasser mit Radiumgefüllt.

Ein anderer Junge antwortet dann: ist das wie so ein Geysir dann so ähnlich?

T2: Naja aber so ähnlich.

Adrian: Ich kann mich auch noch erinnern, dass es unten richtig richtig heiß sein sollte, an die 100 Grad.

T2: Ja da wäre schwimmen dann eher schwierig. Also dann gehen wir zur

Frage: Könnten diese „heißen Radiumquellen“ eine größere Strahlungsbelastung aufweisen als anderswo? Oder ist es nur ein Ort mit einem außergewöhnlichen Namen, aber normaler Strahlung? Was ist deine Erwartung? Die Strahlung an den Radiumthermen ist stärker als an anderen Orten. Sie ist gleich wie anderswo, oder sie ist schwächer als an anderen Orten.

Adrian: Es steht jetzt anders da, also heiße Radiumquellen.

T2: Ja Dankeschön, für den Einwand, damit sind die Radiumthermen gemeint. [...]

(gemurmelt) Ok, jetzt geht es wieder los. Wer ist für A, wer glaubt, dass die Strahlung hier stärker ist?

Ein Junge: Ich bin für B!

T2: Also 19 für A und einer für B. Passt sind insgesamt wieder die 20 Personen. Super.

Dani, warum entscheidest du dich für B?

Dani: Ich glaube es ist einfach gleich wie an anderen Orten, weil es nichts damit zu tun hat meiner Meinung nach.

T2: Ok, also du glaubst es heißt einfach nur so?

Dani: Ja, außer ich verwechsle das halt. Ich war auch mal bei einer Quelle, aber ich weiß nicht, ob das eine Radiumquelle oder nur so eine heiße Quelle war. Wenn die so ähnlich sind wie die heißen Quellen sind, dann sollte B stimmen. Ich bin mir hier nicht ganz sicher, aber ich könnte es mir vorstellen.

T2: Warum haben die anderen 19 Personen A gewählt?

Ein Junge antwortet: Weil ich geh mal davon aus, dadurch dass es Radiumquelle heißt und Radium ist radioaktiv, also denke ich mir ja, A wird stimmen.

T2: Ok, also dass sie stärker ist die Strahlung. Adrian?

Adrian: Also kann ich erzählen, wie es dort angeschrieben war?

T2: Ja

Adrian: Es ist gestanden, wenn man Krebs hat, ist es gut wenn man lange drinnen ist, wenn man aber gesund ist, sollte man nicht zu lange drinnen bleiben, weil es eben radioaktiv ist. Es war auch an jedem Schild, an dem man vorbeigegangen ist, das radioaktive Zeichen zu sehen.

T2: Super vielen Dank Adrian. Möchte sich jetzt jemand umentscheiden?

Der Junge von vorhin: Es wird A sein, aber ich bleibe bei B.

T2: Okay passt. Für C entscheidet sich niemand. Gut, schauen wir was herauskommt. *Die Strahlung an heißen Radiumquellen.* Ihr seht, das sieht ähnlich aus wie auch in einer Therme bei uns. *Dieses Foto wurde am Murasugi Onsen im Bundesland Niigata aufgenommen. Die Messung zeigt 0,1 Mikro-Sievert pro Stunde an. Messungen wurden außerdem am Misasa Onsen im Bundesland Tottori, am Masutomi Onsen im Bundesland Yamanashi und an mehreren anderen Thermene gemacht, die behaupten „Radiumthermen“ zu sein. An all diesen Orten reichte die Strahlungsbelastung von 0,1 – 0,3 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist viel größer als der Durchschnittswert in Japan von 0,05. Der Name „Radiumtherme“ ist nicht nur ein schicker Name – die Strahlung ist dort wirklich stärker. Die Radiumtherme mit der höchsten Strahlenbelastung ist das Tamagawa Onsen im Bundesland Akita. Anscheinend können einige Bereiche der Therme einen Strahlungswert von bis zu 2,8 Mikro-Sievert erreichen.*

Adrian: Ich glaube dort, wo ich war, waren es 0,6 Mikro Sievert, aber ich bin mir nicht mehr sicher.

T2: *Die Therme mit dem höchsten Strahlenwerten der Welt befindet sich in der Stadt Ramsar in Iran. Die Stadt beherbergt zehntausende Menschen und mehr als 50 Thermene mit relativ hohen Konzentrationen von Radium im Wasser. Laut einem Bericht des United Nations Scientific Ausschusses beträgt die jährliche Strahlung in Ramsar etwa 10 Milli-Sievert (10.000 Mikro-Sievert). Im Jahr 2003 haben Forscher Ramsar untersucht und dort Werte von 1 bis 5 Mikro-Sievert pro Stunde gemessen. Das sind 20- bis 100-mal höhere Werte als der Durchschnittswert in Japan. Also falls irgendjemand mal in Iran ist, könnt ihr das gerne ansehen.*

Ein Mädchen fragt: Warum macht man sowas? Ist doch voll ungesund, oder?

Eine Klassenkollegin antwortet daraufhin: Für Krebskranke ist es ja anscheinend sehr gesund.

T2: Genau, wie es eben Adrian schon erzählt hat. Bitte Andi.

Andi: Naja früher hat man ja auch gesagt, dass Radium gesund ist, und dann sind ihnen aber nach einiger Zeit die Gebisse ausgefallen, weil sie Dinge abgeschleckt haben und alles Mögliche. Da gabs glaub irgendein Medikament, irgendein Arzt hat das verkauft und das haben dann ganz viele eingenommen.

T2: Genau, damals war vielen noch nicht bewusst, wie gefährlich das sein kann.

Adrian: Ich glaub als gesunder Mensch durfte man 2 Stunden am Stück drinnen sein. Danach musste man wieder ein bis zwei Stunden warten, bis man wieder hineindurfte, Also nur wenn man wirklich etwas hat, darf man länger.

T2: Ok gut, dann gehen wir weiter zu Problem 9, ich glaub das ist auch das letzte Problem. *Wir haben gelernt, dass der Boden, die Luft und der Weltraum alle Strahlungsquellen sind. Wir leben auf einem Planeten mit radioaktiven Atomen überall. Was ist mit unserem eigenen Körper? Da wir ein Teil der Erde sind, könnte es sein, dass radioaktive Atome auch in uns eingedrungen sind? Oder haben Lebewesen vielleicht einen Mechanismus, um zu verhindern, dass radioaktive Atome eindringen können. Was erwartest du?*

Ein Mädchen: Hm, sie können Gammastrahlung aber annehmen.

T2: Ja, und die Frage ist jetzt, können sie auch Gammastrahlung aussenden.

Adrian: Am Winter ist es dort am coolsten, weil das Wasser so heiß ist.

T2: Ja Adrian, wir sind jetzt schon bei der nächsten Frage. Wir können gerne später noch darüber reden. Hier gibt es nur A oder B.

Ein Mädchen fragt: Frau Professor, ist die Frage so gemeint, wenn man jetzt nicht von der Radioaktivität verseucht ist, dass man dann Gammastrahlung aussendet?

T2: Genau, ob Menschen jetzt wie du und ich Gammastrahlung aussenden, das ist die Frage. Ja Andi?

Andi: Also geht es nur in dem Körper selbst, oder auch wenn man irgendetwas radioaktives gegessen hat, zählt das auch dazu?

Adrian: Ich glaub eher, dass es so gemeint ist, wenn man ein normaler Mensch ist und zum Billa oder zum Spar gehst und Essen kaufst.

T2: Genau, absolut richtig. So wie wir jetzt, wir Menschen, senden wir Gammastrahlung aus? Gut, also wer ist für A? Bitte aufzeigen. Menschen senden Gammastrahlung aus. 8 sind dafür. Wer sagt, Menschen senden keine Gammastrahlung aus? 12? Perfekt. Kommen wir wieder auf die insgesamt 20. Jetzt hätte ich aber wieder gerne Gründe gehört. Warum glaubt ihr, senden wir Gammastrahlung aus?

Ein Mädchen antwortet: Ich glaube, wenn alles auf der Welt radioaktiv ist, warum wir dann nicht?

T2: Warum wir dann nicht, ja macht Sinn. Johannes?

Johannes: Ich glaube, dass alles Gammastrahlung aussendet, zwar nicht hoch oder messbar, aber trotzdem aussendet.

T2: Ok, ja Dankeschön. Wer hat sich denn noch für A entschieden. Ja, Elias.

Elias: Ich denke genau das gleiche wie Johannes. Ich glaube, dass alles Gammastrahlung aussendet, aber halt nicht so stark ist.

T2: Helena, du sagst das auch?

Helena: Ja.

T2: Ja gut. Was sagen jetzt die B Personen dazu? Wieso habt ihr euch dagegen entschieden? Oliver?

Oliver: Ich glaube eher nicht, dass er strahlt. Dann müsste es ja auch nahe an unser mehr anzeigen, als weiter weg vom Körper.

T2: Ja das könnte man vielleicht sogar ausprobieren, könnte sein, dass es auch so ist.

Adrian: Ich glaube es nicht, weil was würden dann die Gammastrahlungszähler bringen, wenn du selber so viel ausstrahlst, dass es verfälscht wird?

Junge, der Antwort A gewählt hat: Ja aber vielleicht strahlst du so wenig aus, dass es nicht ausschlaggebend ist, du aber trotzdem ausstrahlst.

T2: Mhm, mhm, Natalie, was meinst du dazu?

Natalie: Es ist ja auch schädlich für den Körper, deswegen glaube ich nicht, dass er es selber aussendet und es müssten ja irgendwelche Atome ja zerfallen oder so. Soweit ich das weiß, ist das im menschlichen Körper nicht so, dass Protonen und Neutronen zerfallen und ich kann es mir nicht so gut vorstellen.

T2: Ok, ja. Dani, hat es da eine Diskussion gegeben? Möchtest du uns das alle mitteilen?

Dani: Ja ich habe den Johannes gefragt, was wäre, wenn zum Beispiel wir alle geringe Strahlung aussenden. Das wäre doch beispielsweise in Tokyo irgendwann problematisch, wenn eine riesige Menschenmenge auf engem Platz versammelt ist?

T2: Ja Johannes, was hättest du darauf gesagt?

Johannes: Ja, aber es ist ja nicht so, dass es nicht sein darf, dass die Radioaktivität steigt.

Andi: Könnte ich wechseln auf A?

T2: Ja natürlich. Also du willst von B auf A. Sehr gerne. Und Andi weshalb?

Andi: Aus dem Grund, weil ich draufgekommen bin weil zum Beispiel Bananen sind auch radioaktiv und wenn der Mensch eine Banane ist, dann strahlt er selber auch etwas

aus. Und wenn man beispielsweise ein bisschen Erde auf den Fingern hat, und wir wissen ja Erde ist auch ein bisschen radioaktiv, das strahlt auch.

T2: Ok, ja, wer hat sich noch für B entschieden und warum? Rudi, für was hast du dich entschieden?

Rudi: Ich habe mich auch für B entschieden, aber ich bleibe trotzdem bei B, weil ich nicht glaube, dass der Mensch radioaktive Strahlung aussenden kann.

T2: Ok als du bleibst bei B. Felix, was hast du gewählt?

Felix: Ich habe A gewählt.

T2: Warum?

Felix: ich glaube jetzt nicht, dass der Mensch eine hohe Radioaktivität hat, aber vielleicht ein bisschen.

T2: Ok super, Dankeschön. Möchte sich noch jemand umentscheiden von A nach B oder von B nach A? Nein? Ok also wir haben eigentlich 9 Personen für A und 11 Personen für B. Gut, also schauen wir was passiert. *Das hervorragende Experiment von Sievert 1950 erschuf der schwedische Wissenschaftler Sievert (1896-1966) eine Maschine zur Messung der von Menschen emittierten Gammastrahlung (Foto links). Was heißt emittiert?*

Adrian: Abgeben oder aussenden.

T2: Ja genau. *Die Maschine misst die von einer Person im Inneren der Maschine emittierte Strahlung für eine Dauer von vier Stunden. Zur Reduzierung der Strahlung außerhalb der Person, befindet sich die Maschine im Keller (um von kosmischer Strahlung abgeschirmt zu sein) in einem Raum mit dicken Wänden (um die Strahlung von der Erde zu blockieren). Das Ziel der Maschine war es, die natürliche Radioaktivität eines Menschen zu messen. Sievert maß damit die Radioaktivität von vielen Personen, von Erwachsenen bis zu Kindern. Sein Befund wurde durch Zeitungsartikel wie diesen, der die Überschrift „Radioaktivität im menschlichen Körper“ trägt, weit verbreitet. Als Ergebnis dieses Experiments wissen wir heute, dass unsere eigenen Körper radioaktiv sind und Strahlung an die Welt um uns herum absenden. Im Folgendem findest du eine Liste der Strahlungsquellen in unserem Körper. Die Strahlungswerte wurden in Experimenten von heutigen Wissenschaftlern gemessen (erinnere dich, dass die Einheit Becquerel die Anzahl der pro Sekunde freigesetzten Strahlungsteilchen ist).*

Ein Junge antwortet: Ah ja, der Mensch hat ja ganz viele Mineralien in sich die irgendwann Strahlung aussenden.

T2: Richtig. Ihr seht hier jetzt Radioaktives Kalium mit 4000 Becquerel. Radioaktiver Kohlenstoff mit 2500 Becquerel. Radioaktives Rubidium mit 500 Becquerel. Radioaktives Blei und Polonium mit 20 Becquerel und Radioaktives Cäsium: 20-60 Becquerel. *Das sind 7000 Becquerel, von denen mehr als die Hälfte von Kalium kommt.* Und Jetzt geht es weiter mit den Nahrungsmitteln als Quelle von Strahlung. Da sehen wir jetzt auch schon die vorhin angesprochene Banane. *Nicht nur Menschen leben, sondern auch Pflanzen und Tiere, welche früher oder später von Menschen gegessen werden. Es überrascht nicht, dass diese ebenfalls radioaktive Atome enthalten. Dies ist ein Foto der Strahlung, die (von oben nach unten) von Schweinefleisch, einer Banane, Bananenscheiben und Ingwer ausgesendet wird (mit freundlicher Genehmigung von em. Professor Chizuo Mor, Universität Nagoya). Das am stärksten radioaktive Element der Lebensmittel ist radioaktives Kalium, das nur 0.01% des natürlich vorkommenden Kalium ausmacht.* Genau, also hier seht ihr das Schweinefleisch, eine Banane, Bananenscheiben und Ingwer. *Kalium ist ein notwendiges Atom für Lebewesen und kommt überall auf der Welt vor. Zum Beispiel weist das radioaktive Kalium in 1 kg Reis eine Aktivität von etwa 33 Becquerel auf.*

Ein Junge fragt: Frau Professor, dürfte ich aufs Klo gehen?

T2: Ja. *Man findet es auch im Meer, wo es dazu führt, dass 1 L Meerwasser rund 12 Becquerel Strahlung aussendet. Auch wenn du Fleisch, Fisch, Milchprodukte oder sogar nur Gemüse isst, nimmst du ganz selbstverständlich radioaktives Kalium mit einer entsprechenden Aktivität von schätzungsweise 100 Becquerel auf. Die Aufnahme von radioaktiver Nahrung ist ein Teil unseres täglichen Lebens – es ist natürlich.* Bitte Johannes.

Johannes: Ist Radioaktivität dann nur in sehr großen Mengen und sehr konzentriert für uns gefährlich? Also wenn ein Mensch ja 7000 Strahlungsteilchen pro Sekunde aussendet, das ist ja nicht so wenig, ist das dann nur sehr konzentriert für uns gefährlich?

T2: Genau, richtig, das ist hier jetzt einfach eine natürliche Radioaktivität, was für uns nicht gefährlich ist. Es sei denn ich habe eben eine riesige Menge an Strahlung, die auf mich eintrifft, dann hätte man ein Problem. Gut, *Laut Messungen waren durchschnittliche Menschen aus Japan im Laufe des Jahres 2008 0,99 mSv durch Nahrung ausgesetzt. Die absolute Dosis ist je nach Wohnort sowie Lebensstil unterschiedlich.* Was ist damit gemeint? Warum ist es abhängig vom Wohnort? Ja Helena?

Helena: Nein ich weiß doch nicht.

T2: Johannes?

Johannes: Erstens, wenn man in einer Großstadt wohnt und man eben in einer höher gelegenen Stadt wohnt.

T2: Genau, super. Das haben wir da jetzt schon immer gesehen. Andi?

Andi: Und eben auch, wo das Essen herkommt, weil wenn das Essen neben einem Atomkraftwerk wächst, hat es auch eine höhere Strahlungsbelastung.

T2: Genau und es unterscheidet sich auch in den Nahrungsmitteln, wie viel Radioaktivität vorkommt. Also hat auch die Ernährung einen Einfluss. Adrian?

Adrian: Es kommt auch darauf an, zum Beispiel im Schwarzwald in Deutschland ist auch sehr viel Uranerz, also es kommt auch drauf an, wo man wohnt, nicht nur in einer Stadt oder auf einem Berg.

T2: Ja richtig. Johannes?

Johannes: Bei diesem Tokyo Tower war die Strahlung ja schwächer, ab wann springt es um, dass sie dann höher wird?

T2: Erst ab einer bestimmten Höhe. Wo das genau ist, weiß ich jetzt gar nicht.

Irgendwann springt es jedenfalls um, dass die Strahlung dann wieder zunimmt. Passt, Michi liest du bitte weiter?

Michi: *Das linke Foto zeigt einen Sack mit...* Man kann es gerade sehr schwer lesen.

T2: Ja stimmt, einen Moment, jetzt sollte es gehen.

Michi: *Das linke Foto zeigt einen Sack mit Kaliumdünger, wie es ihn im Baumarkt zu kaufen gibt. Wie zu sehen ist, zeigt die Messung der Gammastrahlung, die den Sack verlässt, einen Wert von 0,248 Mikrosievert pro Stunde an. Kalium emittiert auch Beta-Strahlen, wenn es zu Calcium zerfällt. Die Beta-Strahlen lassen sich in einer Nebelkammer sichtbar machen. Der weiße Teil in der Mitte des Fotos unterhalb ist eine Ansammlung von Kaliumdünger. Wie zu sehen ist, kommt der Beta-Strahl vom Dünger.*

T2: Genau, perfekt.

Johannes: Wie zerfällt sowas?

T2: Diese Zerfallsprozesse und was da genau passiert werden wir erst später durchgehen.

Johannes: Aber wodurch zerfällt das.

T2: Radioaktive Atome sind eben instabile Atome, die zerfallen. Genau, also hier seht ihr wieder sehr schön diese Spur in der Nebelkammer, was eben diese Betastrahlung

ist. *Die Welt der Natürlichen Strahlung*. Wer möchte diesen Absatz vorlesen? Dani bitte.

Dani: Wie fühlst du dich jetzt? Wir haben gesehen, dass wir von Strahlung umgeben sind, sowohl von außerhalb der Erde als auch aus ihrem Inneren. Der Boden, auf dem wir stehen ist eine Strahlungsquelle, genauso wie die Luft, die wir atmen und die Lebensmittel, die wir essen. Wir haben gelernt, dass selbst unsere eigenen Körper Quellen von Strahlung sind. Wenn all diese Strahlung in der Luft um uns herum Strahlungsspuren hinterlassen würde, so wie wir sie in der Nebelkammer beobachtet haben, wäre die Luft voller Spuren. Zusätzlich zur Herkunft dieser Strahlung haben wir auch diskutiert, wie stark sie ist. Allein dadurch, dass wir auf diesem Planeten leben, bekommen wir eine Strahlendosis von 2,4 mSv Strahlung pro Jahr ab. Der Durchschnitt in Japan ist mit 2,1 mSv pro Jahr etwas geringer. Dies ist die Welt, in der wir mit allen Lebewesen der Erde leben – eine Welt mit Strahlung.

T2: Super, Dankeschön. Genau, hier sehen wir jetzt noch diese Empfangene Dosis aus natürlichen Quellen. Der Durchschnitt in Japan eben wie gesagt 2,1 mSv und Durchschnitt der Erde ist 2,4 mSv. Das heißt diese Zahlen haben die Einheit mSv. Wer kann mir nochmal kurz erklären, was das alles einen Einfluss hat? Bitte Natalie.

Natalie: Also 0,99 sind vom Essen, 0,33 von der Erde, ein bisschen weniger mit 0,3 vom Weltraum und von der Luft 0,48 mSv.

Ein Junge fragt: Was steht da in der Mitte?

T2: Genau das ist die Gesamtdosis in Japan, also die 2,1 milli Sv, wie wir es oben auch gelesen haben. Und darunter sehen wir die Strahlenbelastung in Bezug auf den Durchschnitt der ganzen Erde. Das sind 2,4 milli Sv. *Zum Abschluss: Wie fandest du den Unterricht diese Woche?* Bitte auf eurem Antwortblatt ankreuzen von 1-5. 1 heißt es war sehr langweilig und 5 heißt es hat mir sehr gut gefallen. Genau, also kreuzt das mal an und danach noch Kommentare zum Unterricht abgeben. Ich lese euch das kurz vor: *Was hat dir Spaß gemacht oder war interessant? Was hat dich beeindruckt oder überrascht? Worüber hast du heute gelernt, was du mit jemandem außerhalb der Klasse teilen möchtest? Was fandest du unbefriedigend oder enttäuschend? Was sind deine Ideen, wo und was du mit dem Strahlungsdetektor selbst messen wirst?* Alle Kommentare sind hier willkommen. Wenn irgendetwas unklar geblieben ist, entweder mit der Nebelkammer aus dem ersten Teil des Unterrichts oder mit den Problemen 1-9 in der zweiten Hälfte des Unterrichts, berichte bitte auch das hier. Das ist hilfreiches Feedback für die nächsten Male, wenn dieser Unterricht durchgeführt wird. Das heißt ihr habt jetzt hier Platz euch das zu notieren. Ich weiß es ist nicht viel Platz, aber es sollte sich ausgehen. Nutzt den Platz da seitlich aus und schreibt wirklich dazu, wie ihr diese drei Stunden, heute und gestern die zwei, gefunden habt. Gut dann würde ich euch jetzt noch bitten, dass ihr eure Handys herausholt und diesen online-Fragebogen nochmals ausfüllt. Ich habe euch dazu den Link auf Teams in der Klassengruppe geteilt. Der Klassencode ist wieder Gym 2, das werdet ihr am Ende wieder angeben müssen.

Class2, Lesson 1

T2: Ich habe hier Antwortzettel, die ich euch austeilten werde. Schreibt da bitte eure Namen drauf. Keine Sorge das werde nur ich lesen. Gut, ich würde euch wirklich bitten,

leise zu sein, damit man auf der Aufnahme alles hört. Wir brauchen den Zettel jetzt sicher die heutige Stunde, die morgige Stunde und eventuell auch noch eine dritte Stunde. Also ihr seht jetzt hier das PDF, das wir uns immer gemeinsam durchlesen werden und wo dann verschieden Probleme auf uns warten und eure Meinung dann gefragt ist. Es gibt immer wieder Teile, die ich vorlese und teilweise auch Dinge, die ihr vorlest. Und zwar: *Die Strahlung die uns umgibt. Woher kommt sie und wie stark ist sie? Das Ziel: Was kommt dir in den Sinn, wenn du das Wort "Strahlung" hörst? Wie würdest du antworten, wenn z.B. ein Mittelschüler oder eine Mitschülerin dich das fragt? Diese Einheit wird dein Verständnis für dieses mysteriöse Thema vertiefen.* Wir kommen gleich zur Frage 1: *Hast du je von einer "Nebelkammer" gehört? Kreise eine der unten stehenden Antworten ein. Antwort A. "Nebelkammer"? Was ist das?! B. Ich habe davon gehört. C. Ich habe schon eine gesehen. D. Ich habe schon eine gebaut.* Kreuzt also bitte eure Antwort an.

Ein Junge fragt (Hansi(erfunden, aber prägnante Stimme)): Ich habe davon gehört, aber kann nicht erklären was es ist. Sollte ich dann B ankreuzen, auch wenn ich nicht mehr genau weiß, was es ist?

T2: Ja, dann kannst du gerne ankreuzen "Ich habe davon gehört". Gut, also bei jeder Frage wird hier und auch später immer gezählt, wie viele Personen sich für eine Antwortmöglichkeit entschieden haben. Wer hat angekreuzt "Nebelkammer"? Was ist das?? Bitte aufzeigen, ich zähle durch. Ok, also 11 Personen haben noch nie etwas von einer Nebelkammer gehört. Wie siehts mit B aus, wer hat schonmal etwas davon gehört? 8 also. Wer hat C angekreuzt, ich habe schonmal eine gesehen? Niemand also und wer hat D angekreuzt? Ok also das heißt ihr seid heute 19? Sehr gut. *Hast du je ein Zeichen wie das rechts gesehen? Dieses symbolisiert die Anwesenheit von Strahlung. So ein Zeichen ist notwendig, weil Strahlung nicht sichtbar ist. Auch wenn etwas mit den Augen nicht sichtbar ist, kann man es trotzdem anders detektieren. Wir können Wind auch nicht sehen, fühlen ihn aber auf unserer Haut und wir können beobachten, wie er Bäume hin und her bewegt. Das Infrarotlicht von einem elektrischen Herd ist auch unsichtbar, aber wir können es wahrnehmen, weil es unsere Haut erwärmt. Die Strahlung, die wir in dieser Einheit besprechen, kann im Gegensatz zu Wind und Infrarotlicht, nicht gefühlt werden. Vor etwa 100 Jahren ereignete sich eine bahnbrechende Entdeckung bezüglich dieser Strahlung. Wer von euch möchte denn diesen nächsten Absatz vorlesen? Nicole bitte.*

Nicole: *Im Jahr 1895 begegnete der britische Wissenschaftler Wilson (1869-1959), während seinem Experiment zur Erzeugung künstlicher Wolken, einem mysteriösen Phänomen. Normalerweise werden Wolken gebildet, wenn sich Wasserdampf an kleine Staubpartikel in der Luft anlagert. Wilson fand allerdings heraus, dass egal wie viel Staub er aus der Luft entfernte sich immer noch einige Wolken bildeten. In seiner Suche nach der Ursache dieser Wolken entdeckte Wilson, dass diese aufgrund von Strahlung gebildet wurden. Er erkannte dies als Möglichkeit die unsichtbare Strahlung zu beobachten, Wilson änderte, verbesserte und vervollständigte seinen Apparat: Was ursprünglich zur Wolkenbildung gedacht war, konnte nun Strahlung beobachten. Dieses Gerät wird "Nebelkammer" genannt und war vor 100 Jahren überaus nützlich für Wissenschaftler, die Strahlung untersuchten.*

T2: Perfekt, Dankeschön. Das heißt das wird Nebelkammer genannt. Wir werden da jetzt dann e gleich einiges sehen. *Wie lässt uns eine "Nebelkammer" Strahlung beobachten? Warum wollen wir das überhaupt beobachten? Was haben wir vorhin gerade gelesen? Was ist das Mysteriöse an der Strahlung oder vielleicht auch das Gefährliche? Konsti.*

Konsti: Also man kann sie nicht sehen und nicht fühlen.

T2: Genau absolut richtig. Und mit so einer Nebelkammer kann man sie tatsächlich sichtbar machen. *Heute ist es einfacher eine Nebelkammer zu bauen als zu Wilsons Zeiten. Ich habe einen Stein der Strahlung aussendet in eine Nebelkammer gelegt (siehe Bild unten). Wie du sehen kannst, erscheinen weiße Striche, ausgehend von dem Stein. Diese Striche sind lange Wolken, wie die Kondensationsstreifen, die fliegende Flugzeuge zurücklassen. Hier erscheinen die Kondensationsstreifen nicht hinter einem Flugzeug, sondern hinter der Strahlung, die sich durch die Nebelkammer bewegt. Diese Art von Kondensationsstreifen wird auch "Strahlungsspur" genannt. Mit einer Nebelkammer können wir, obwohl die Strahlung selbst unsichtbar ist, trotzdem die Strahlung anhand der Spuren, die sie zurücklässt, identifizieren.* Du siehst nun dieses Phänomen in einem Video! Und genau dieses Video sehen wir uns jetzt an. Dann machen wir es noch groß, damit es alle gut sehen können. Ihr müsst hier diese Spuren dann beobachten. Seht ihr das hier, das sieht aus wie Blitze, die von diesem Stein weggehen. Habt ihr das gesehen, da war gerade wieder ein Streifen.

Einige Kinder der Klasse: Ja.

Ein Junge fragt: Und das ist die Strahlung?

T2: Genau. Diese kleinen Spuren machen die Strahlung sichtbar. Und so sieht jetzt eben eine Nebelkammer aus. Wenn man eben diese radioaktive Probe da hineinlegt, kann man diese Spuren erkennen. [Wechselt zurück aufs Pdf] Problem Nummer

0: *Angenommen wir entfernen den Stein nun aus der Nebelkammer. Bis auf den Alkoholdampf ist die Kammer einfach eine leere Box. Glaubst du, wir sehen immer noch Wolken wegen der Strahlung (bzw. Strahlungsspuren), in der leeren Box?* Antwort

A, Es werden keine Strahlungsspuren sichtbar sein. B, es werden gelegentlich Strahlungsspuren sichtbar sein oder es werden die ganze Zeit über Strahlungsspuren sichtbar sein? Was glaubt ihr. Ich lese euch in der Zwischenzeit das da unten noch durch was da steht. So wird das eben später bei jedem Problem ablaufen. *Sobald du und deine Klassenkamerad*innen eine Erwartung eingekreist haben, wird eure Lehrperson die Antworten miteinander vergleichen. Zuerst wird die Lehrperson eine Aufzählung führen wie viele von euch jeweils die Antworten gewählt haben. Anschließend, werden einige von euch gebeten, der Klasse mitzuteilen, welche Erwartung du gewählt hast und warum. Solltest du irgendwelche Fragen, Zweifel oder Einwände gegenüber den Ideen deiner Mitschüler*innen haben, teile diese mit der Klasse und diskutiere sie. Solltest du deine Erwartung ändern, teile bitte deiner Lehrperson deine neue Antwort mit und erkläre kurz, warum du dich umentschieden hast. Nachdem die Ideen aller gehört worden sind und zusätzliche Argumentationen keine Effekt mehr hat, bleibt nichts anderes mehr übrig als das Experiment tatsächlich zu versuchen und zu sehen was passiert!* Das heißt, wer hat sich für Antwort A entschieden, dass keine Strahlungsspuren sichtbar sind? 6, ok passt. Wer hat sich für B entschieden? Auch 6, und wie viele für C? 7, sehr gut. Jetzt würde ich gerne wissen, wieso ihr euch so entschieden habt. Personen aus A, wieso glaubt ihr, dass dann keine Strahlungsspuren mehr zu sehen sind?

Sophie(?? schwer verstanden): Wenn dieser radioaktive Stein herausgenommen wird, sind keine Spuren mehr zu sehen.

T2: Hat noch jemand A genommen? Ja Konstantin?

Konstantin: Ist der Stein radioaktiv?

T2: Ja.

Konstantin: Ja dann glaube ich auch, dass sobald eben der Stein herausgenommen wird, keine Spuren mehr zu sehen sind.

T2: Ok, sehr gut Konstantin. Marco, was meinst du?

Marco: (unverständlich)

T2: Ok ja, es geht einfach nur darum, was ihr glaubt und wieso ihr etwas angekreuzt habt. Ok noch jemand eine andere Begründung für A? Ok passt, wie siehts mit B aus? Gelegentlich könnten noch Spuren sichtbar sein? Emma.

Emma: Ich glaube, wenn dieser radioaktive Stein entfernt wird, dass immer noch Radioaktivität drinnen herrscht. nur sie wird mit der Zeit immer weniger.

T2: Ja ok, wer sieht das noch so, oder sieht das jemand anders? Anna?

Anna: Ich sehe es genauso.

T2: Du siehst es also genauso, sehr gut. Bei C, wie siehts bei C aus? Vitaly.

Vitaly: Vielleicht weil der Stein radioaktiv war, so wie die Strahlung. Und die Strahlung breitet sich in der Luft aus und deswegen ist sie vielleicht die ganze Zeit da. Ich glaube einfach nicht, dass sie verschwinden kann.

T2: Also, wenn sie einmal vorhanden ist, dann bleibt sie auch da?

Vitaly: Ja genau.

Fabi: Wo eine Atombombe eingeschlagen ist, dort bleibt dann auch radioaktiv.

T2: Mhm, also du glaubst die Radioaktivität bleibt dann auch. Was wäre hier der Unterschied zu einem Atombombeneinschlag und zu unserem Experiment?

Fabi: Es ist eine viel stärkere Kraft.

T2: Genau absolut richtig, da reden wir von viel mehr Radioaktivität als wie bei unserem kleinen Stein, aber ja Fabi, es ist dasselbe Phänomen. Möchte sich jemand umentscheiden, also seine Antwort nochmal ändern. Also gut, dann sehen wir uns jetzt Video 2 an, was hier tatsächlich passiert, wenn sich der Stein nicht mehr in der Nebelkammer befindet. Wir sehen hier jetzt eine leere Nebelkammer. Erkennt ihr irgendwelche Spuren, wie vorher.

4 Kinder aus der Klasse: Ja.

T2: Ja absolut richtig. Man sieht tatsächlich diese Blitze oder diese Spuren hin und wieder. Da war gerade ein ganz ein schöner. Sehr gut genauso ist es. Möchtet ihr ein drittes Video auch noch sehen?

Viele Kinder der Klasse hören auf zu rascheln und sagen gemeinsam: Ja

T2: Das ist jetzt eine andere Nebelkammer. Man sieht es hier aber viel besser. Das ist ebenfalls eine leere Nebelkammer und schaut euch hier bitte an, wie da diese Spuren sichtbar werden. Also hier sieht man es eindeutig, wir haben eine leere Nebelkammer und trotzdem gibts Spuren.

Hansi: Aber ist jetzt A, B oder C richtig? Weil man sieht schon viele Spuren, aber weniger als zuvor.

T2: B, man sieht jetzt gelegentlich Spuren.

Im Hintergrund ärgern sich ein paar Kinder und einige freuen sich, über ihre Antwort.

T2: Ihr könnt jetzt auf eurem Antwortblatt die richtige Antwort einkreisen und schreibt bitte auch dazu, was ihr gesehen habt. Also dann geht es weiter: *Strahlungsspuren erscheinen auch in der leeren Nebelkammer Obwohl es sich um eine leere Nebelkammer handelt, sehen wir wie Spuren entstehen. Wie kann das sein? Egal wie oft du das Experiment wiederholst, du wirst immer noch Spuren beobachten können. Manche kurz, manche lang, manche in einer geraden Linie, andere in Kurven - du kannst Spuren mit verschiedenem Aussehen beobachten.* Es gibt zwei Arten von Spuren. Wer möchte denn hier lesen? Emma bitte.

Emma: Können wir ein bisschen näher ranzoomen?

T2: Ja gern, so sollte es passen.

Emma: *Du solltest zwei Arten von Spuren in der Nebelkammer identifizieren können, eine dick und die andere dünn. Die dick (und ausgefranst) aussehenden Spuren werden von “ α (alpha) Strahlen” und die schmalen werden von “ β (beta) Strahlen” erzeugt. Alpha Strahlen fliegen in einer geraden Linie durch die Nebelkammer und ihre Spuren sind immer gerade. Beta Strahlen hingegen, machen viele Richtungswechsel während*

ihrer Reise. Aktuell ist das Wichtigste jedoch sich zu merken, dass es nicht nur eine Art von Spur gibt - wir können mindestens zwei in der Nebelkammer beobachten.

T2: Sehr gut, danke Emma. Das Foto rechts zeigt schmale, gebogene Spuren, was auf Beta Strahlen hindeutet. Wir sehen wir haben da so richtige gebogene Spuren. Unten werden die Spuren, die im Zeitraum einer Minute sichtbar waren in einem Foto überlagert. Das waren so viele, dass das Bild völlig durcheinander erscheint! Also das sieht schon um einiges voller aus, fast wie so ein Sternbild. Also das sind diese ganzen Spuren, die innerhalb von einer Minute sichtbar waren. Egal ob du das "Leere Nebelkammer" Experiment zu Hause, in der Schule, auf der Spitze eines Berges, oder irgendwo anders durchführst, du wirst immer viele Spuren erkennen können. Du fragst dich vielleicht Dinge wie "woher kommt diese Strahlung in der Leeren Nebelkammer?" oder "Was passiert mit der Strahlung, wenn die Spur verschwindet? Wohin verschwindet sie?" Du bist mit deiner Verwirrung nicht allein. Das sind die gleichen Fragen, die sich die ersten Wissenschaftler gestellt haben, die Strahlung untersucht haben. Obwohl Forscher das Mysterium der Strahlung in den letzten 100 Jahre untersucht haben, war davor die Existenz der Strahlung selbst völlig unbekannt. In dieser Einheit wirst du dieses Mysterium selbst entdecken und diskutieren. Ja Bitte.

Hansi: Frage zur Nebelkammer, braucht man da einen radioaktiven Gegenstand?

T2: Gute Frage, haben wir zum Teil ja jetzt schon besprochen, will ich aber jetzt nicht vorwegnehmen, weil später dazu auch noch etwas kommt. Gut, die Strahlung um uns herum. Nachdem uns jetzt bewusst ist, dass wir von vielen fliegenden unsichtbaren Strahlungsteilchen umgeben sind, wollen wir einmal die Stärke dieser Strahlung messen. Es gibt verschiedene Geräte, die verwendet werden, um diese Strahlung zu messen. Wir verwenden dazu ein Gerät wie aus dem linken Bild. Dies ist ein Gerät, das Gammastrahlung einfangen kann. Gammastrahlung ist eine Art von Strahlung, die wir in unseren Nebelkammer leider nicht beobachten konnten. Alpha- und Betastrahlen können nur kurze Strecke zurücklegen (gekennzeichnet durch die Länge der Spuren, die wir in der Nebelkammer beobachten). Gammastrahlen hingegen können eine viel größere Entfernung zurücklegen. Daher ist es nützlich, sie zu messen, um Informationen über Strahlungsquellen zu erhalten, die sich nicht in unserer unmittelbaren Nähe befinden. Bei jeder Messung mit diesem Detektor wird ein anderer Wert aufgezeichnet. Das liegt daran, da ein Atom beim radioaktiven Zerfall Gammastrahlen aussendet. Dies geschieht jedoch zufällig. Daher sollte man immer mehrmals messen und dann einen Durchschnitt von den Messungen bilden. Auf diese Weise kannst du nicht genau sagen, wie hoch die Strahlung exakt ist, aber du kannst Vergleiche anstellen, um zu sagen, dass die Strahlung an einem Ort höher ist als an einem anderen Ort. Das Gerät zeichnet 1 Minute lang auf und multipliziert dann den Wert mit 60, um die Dosisleistung pro Stunde abzuschätzen. Warum zeigen Messgeräte nicht immer dasselbe an? Also denselben Wert? Alicia?

Alicia: Weil die Gammastrahlen zufällig herkommen.

Julia: Richtig, genau, weil dieser radioaktive Zerfall zufällig passiert und da immer leicht unterschiedliche Werte auftreten können. Deswegen macht man nach der Messung was? Bitte, Eva?

Eva: Man multipliziert das Ergebnis mal 60?

Julia: Richtig, man misst eine Minute lang und hat somit auch den Durchschnitt. Sehr gut, jetzt kommt ein bisschen etwas theoretisches. Und zwar wie hier jetzt gemessen wird. Die Einheit Sievert. Im linken Bild siehst du, wie der vom Gerät gemessene Wert angezeigt wird. Wir können hier "0,045 Mikro-Sievert pro Stunde" lesen, aber was bedeutet das? Hier unten auf dem Bild könnt ihr das sehen. Eine Möglichkeit Strahlung zu messen, besteht darin, die Anzahl der Teilchen zu zählen, die jede Sekunde von einer Quelle ausgesendet werden. Eine gängige Einheit hierfür ist das Becquerel. Wenn wir

jedoch wissen wollen, wie viel Strahlung vorhanden ist, interessiert uns oft mehr wie gefährlich sie für uns ist. Sievert ist eine Einheit, die ausdrückt, wie stark die Wirkung der Strahlungsteilchen auf den menschlichen Körper ist. Genau, dann kennt ihr dieses Präfix mikro schon aus Mathematik? Nicht? es ist ähnlich wie das m in Milliliter. Nur noch kleiner! So wie 1000 mL in 1 L enthalten sind, so sind 1000 mSv in 1 Sv enthalten. Es sind 1000 μ Sv in 1 mSv enthalten, also sind 1 Million μ Sv in 1 Sv enthalten. Wir interpretieren die Anzeige also so, dass stündlich 0,045 Millionstel Sv an Gammastrahlung ankommen. Versuchen wir mit diesem Gerät die Gammastrahlung um uns herum zu messen. Versuche vor jedem der folgenden Experimente eine Schätzung des Messwertes abzugeben. Wenn sich deine Erwartungen nach der Diskussion mit der Klasse ändern, informiere deinen Lehrer oder deine Lehrerin darüber! Wir kommen zum Problem 1. Woher kommt die Gammastrahlung um uns herum? Trägt Sonnenlicht zu unserer Strahlenbelastung bei? Gehen wir dieser Frage nach, indem wir die Strahlungsintensität im Schatten mit der in der Sonne vergleichen. Das Foto unten wurde auf dem Sportplatz vor einer Schule aufgenommen. Wie ihr sehen könnt, betrug der Messwert im Sonnenschein etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Was erwartest du? Wie hoch wird die Strahlung im Schatten sein? Also hier haben wir zwei Messgeräte, die in der Sonne liegen. Ihr seht, die zeigen etwas unterschiedliches an. Warum sagen sie dann, dass 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde angezeigt werden? Wer hat sich das gemerkt? Igel?

Igel: Sie haben es halt mal 60 davor gerechnet.

T2: Ok ja, Anna?

Anna: Sie haben ja eine Minute lang gemessen.

Emma: Weil bei verschiedenen Messungen leichte Unterschiede sein können, also das ist der Durchschnitt?

T2: Ja richtig, hier geht es um den Durchschnitt. Wenn ich den Durchschnitt der beiden Ergebnisse nehme, komme ich auf die 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Und die Frage an euch ist jetzt, ist die Strahlung stärker, wenn das Messgerät in der Sonne liegt? Nimmt die Strahlung zu, wenn es im Schatten ist, ist sie also vielleicht stärker? Oder gibt es keine Unterschiede zwischen den beiden? Was glaubt ihr?

(Gemurmel in der Klasse)

T2: Jeder selber überlegen. Jeder überlegt für sich. Ok, wer ist dafür, dass die Strahlung in der Sonne stärker ist? 9? passt. Wie schauts aus mit B, im Schatten ist die Strahlung stärker? Eins, zwei, ja. Und C, es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden? 8? Perfekt, dann sind wir wieder vollzählig. Gut, die A Personen, Alek, wieso glaubst du ist die Strahlung in der Sonne stärker?

Alek: Das ist einfach eine Vermutung.

T2: Eine Vermutung, ok. Einfach ohne wirklichen Grund.

Alek: Ja genau.

T2: Wer hat denn noch A angekreuzt? Bitte Peep.

Peep: Vielleicht weil die Sonnenstrahlen Strahlung enthalten?

T2: Ok weil die Sonnenstrahlen Strahlung enthalten. Eli, was meinst du?

Eli: Bin auch der Meinung von Peep.

T2: Ok, mhm. Konstantin?

Konstantin: Auch mit Sonne.

T2: Ok passt. Die zwei Personen, die B angekreuzt haben. Im Schatten ist es stärker.

Nicole?

Nicole: Ich glaube vorhin stand irgendetwas von zerteilen und ich kann mir vorstellen, dass das im Schatten passiert und somit Gammastrahlung aussendet.

T2: Ah ok also du glaubst aufgrund des Zerfalls? Ja das haben wir vorhin gelesen.

Michi?

Michi: Ich glaube, dass die Strahlung in der Sonne zerstört werden und somit weniger sind und in der Sonne eben nicht.

T2: Ok ja könnte auch eine Option sein. Gute Überlegung. C, es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden. Tobias?

Tobias: Ich glaube es gibt einfach keinen Unterschied, weil es ist jetzt nichts großes wenn

Schatten oder Sonne ist.

T2: Ok, also du Tobias sagst, es ist relativ egal ob jetzt Schatten oder Sonne ist. Was sagen die anderen, warum habt ihr C angekreuzt? Lennard?

Lennard: Weil es geht ja nicht ums Licht sondern es geht um die Strahlung. Deswegen glaube ich auch nicht, dass es einen Unterschied gibt.

T2: Ok, ja passt. Gut Dankeschön, es sind jetzt schon einige gute Argumente angebracht worden. Möchte sich jemand umentscheiden? Bleibt also jeder bei seiner Antwort?

Oder waren irgendwelche anderen Argumente sehr überzeugend für euch? Nein? Jeder bleibt also bei seiner Meinung. Dann schauen wir uns jetzt an, wie es weitergeht. *Strahlung in der Sonne und im Schatten. Der Durchschnitt der beiden Detektoren war gleich 0,03. Wir sehen also, dass die Strahlung im Sonnenschein ungefähr gleich ist wie im Schatten. Dies bedeutet, dass die Strahlung um uns herum nicht mit dem Sonnenlicht zusammenhängt.*

Emma: Müsste dann nicht eigentlich in der Antwort stehen, es gibt "kaum einen Unterschied" zwischen den Messungen?

T2: Ja könnte, aber eigentlich sehen wir ja, dass der Durchschnitt wieder 0,03 ist. Schreibt bitte das Ergebnis auch wieder unten dazu und dann gehen wir auch schon zu Problem 2. *Lasst uns dieses Mal untersuchen, ob die Strahlung im Klassenzimmer anders ist als draußen. Wie du auf dem Foto links außerhalb der Schule sehen kannst, betrug die Strahlungsleistung wieder etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Ändert sich die Stärke der Strahlung, wenn diese Messgeräte in die Schule gebracht werden?* Wieder drei Möglichkeiten: *Die Strahlung ist draußen stärker. Die Strahlung ist im Inneren stärker. Oder die beiden sind ungefähr gleich.* Bitte versucht jetzt, auch wenn ihr sagt sie ist stärker oder schwächer, um wie viel es sich jeweils ändert, also wieviel das Messgerät anzeigen wird. Anna?

Anna: Ich hätte eine Frage. Und zwar ist dort eine Schule, wo ein Atomkraftwerk explodiert ist, oder ist das normal?

T2: Nein das ist normal. Das können wir uns jetzt denken wie bei uns, wenn wir draußen messen würden und dann im Klassenzimmer, würde es da Unterschiede geben? Aber danke für die Frage. Also überlegt mal, was es sein könnte.

(wieder leichtes Gemurmel)

T2: Also wer ist für A, dass die Strahlung draußen stärker ist? Eins, zwei. Wer ist für B? Die Strahlung ist im Inneren stärker. Sechs, ok. Und C sagen ... zehn. Einer fehlt. Ok nein es sind doch elf bei C. Dann passt es. In dem Fall jetzt sehr eindeutig haben die meisten von euch C gewählt, dass die beiden Strahlungen ungefähr gleich sind. Warum habt ihr euch so entschieden? Marc, warum glaubst du das?

Marc: Weils richtig klingt.

T2: Ok, weils richtig klingt. Helena?

Helena: Ich glaube es ist dasselbe wie oben.

T2: Ja da haben wir auch gesehen, es ist egal ob in der Sonne oder im Schatten gemessen wird, also könnte es auch drinnen oder draußen egal sein. Wer hat sich noch für C entschieden? Andre hat glaube noch aufgezeigt.

Andre: Ich glaube die Strahlung kann durch Wände durchdringen und deswegen glaube ich, ist sie überall gleich.

T2: Ok, sehr interessant. Wie sieht es mit B aus? Wieso glaubt ihr könnte die Strahlung im Inneren stärker sein? Tobias?

Tobias: Ich glaube, dass sich in Häusern schon mehr Strahlung aufgesammelt hat, als draußen.

T2: Ah ok, auch ein sehr interessanter Ansatz. Bitte Emma.

Emma: Ich glaub die Menschen sind auch ein bisschen radioaktiv. Also glaube ich, dass es in der Schule oder an Orten, wo viele Leute sind, die Strahlung auch höher sein kann.

Nicole: Ich denke im Inneren gibt es auch noch andere Faktoren, also Dinge, die Strahlung aussenden können und eben wie vorher schon gesagt kann es sich im Inneren dann nicht so ausbreiten und ist deshalb höher.

T2: Ok Dankeschön, hört sich nach einem sehr gutem Argument an.

Hansi: Ich habe mal gehört, dass radioaktive Farbe verwendet wurde, das könnte auch beitragen.

T2: Aha ok, sehr interessant, vielleicht bei alten Häusern. Gut wie sieht mit den zwei Personen aus, die gesagt haben draußen ist es stärker? Julian?

Julian: Ich habe mir gedacht, das Haus schirmt die Strahlung von außen ab.

T2: Ja, ok. Also, möchte sich jemand umentscheiden?

Konstantin: Zu B.

T2: Von wo?

Konstantin: von C.

T2: Passt, also von C zu B. Warum?

Michi: Weil ich denke, dass die Strahlung sich draußen doch auf längere Strecken sich ausbreitet und sich dabei verringert.

T2: Ok, passt. Da haben dich also die Argumente überzeugt. Julia?

Julia: Ich möchte auch zu B, von A.

T2: Ja.

Julian: ich möchte auch von C zu B.

T2: Ok warum?

Julian: Selbes Argument wie der Konstantin.

T2: Ok passt. Bibi?

Bibi: Auch zu B.

T2: Auch zu B? Ok. Welche Argumente überzeugen euch da jetzt?

Bibi: Ich glaube das hat die Nicole gesagt, dass mehrere Faktoren mitspielen und auch mehr Leute sind.

T2: Ok ja super.

Leise Stimme im Hintergrund: Ich will auch zu B.

T2: Auch zu B. Sehr gut, ok passt. Das heißt wir haben jetzt schon elf Personen bei B, eine bei A und sieben bei C. Also, dann sehen wir nach was stimmt. *Herr Yamamoto maß eine größere Strahlenbelastung, als er in das Schulgebäude gegangen ist.*

(einige erfreute Stimmen in der Klasse)

T2: *Hier sehen wir also, dass die Strahlung etwa 0,08 Mikrosievert pro Stunde beträgt. Die Strahlung innerhalb der Schule war also stärker als draußen. Herr Yamamoto hat dieses Experiment mehrere Jahre lang während des Unterrichts durchgeführt und immer festgestellt, dass die Strahlung im Gebäude stärker ist. Dies liegt daran, dass Beton Gammastrahlung aussendet.*

(Faszination in der Klasse)

Hansi: Wow, das heißt, dass wir das nicht mitbekommen und der Beton das aussendet?

T2: Richtig, genau. Wer möchte die Auswirkungen des Atomunfalls vorlesen? Ilvy bitte.

Ilvy: *Als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi im März 2011 gab es Stellen, an denen das Ergebnis dieses Experiments umgekehrt ausfiel. Dies war zum Beispiel an einer Schule in Tokio kurz nach dem Unfall Ende März der Fall. Zu diesem Zeitpunkt war die Strahlung außerhalb der Schule stärker als im Inneren der Schule. Dies lag daran, dass sich draußen mehr radioaktives Material als üblich befand. Im Inneren von Gebäuden gibt der Beton Gammastrahlung ab, aber gleichzeitig diente er als Abschirmung gegenüber der Strahlung außerhalb des Gebäudes. Dies war eine ungewöhnliche Situation, aber sie zeigt, dass es im Falle einer nuklearen Katastrophe effektiv ist, sich in Innenräumen aufzuhalten. Als dieses Experiment später im November 2011 an einer Mittelschule in Tokio durchgeführt wurde, war dies nicht mehr der Fall: Die Strahlungsintensität draußen war wieder niedriger als die innen. Dies zeigt, dass beim Unglück von Fukushima die Freisetzung ungewöhnlich großer Mengen radioaktiven Materials aus dem Kraftwerk nur ein vorübergehendes Problem war.*

T2: Super, Dankeschön. Genau, das heißt, was sollte man eigentlich tun bei so einem Atomunfall? Wo ist es gut sich aufzuhalten? Konstantin?

Konstantin: In Innenräumen.

T2: Genau, in Innenräumen. Obwohl wir jetzt eigentlich gerade gesehen haben, dass die Strahlung drinnen stärker ist als draußen, nur was ist bei so einem Atomunfall das Ausschlaggebende, weshalb man sich trotzdem drinnen aufhalten sollte?

Konstantin: Weil eine ungewöhnlich hohe Strahlungsbelastung draußen ist.

T2: Genau und die Wände eben abschirmen. Problem 3. Das geht sich auch noch aus. *Betrachten wir einen Tunnel, der durch einen Felsen führt, so wie auf dem Foto unten gezeigt. Ist die Strahlung innerhalb dieses Tunnels stärker als außerhalb? Der Strahlungsdetektor auf dem Foto unten zeigt einen Messwert von 0,035 Mikro-Sievert pro Stunde direkt außerhalb des Tunnels. Wie hoch wird deiner Meinung nach die Strahlung im Tunnel sein? A) Die Strahlung ist innerhalb und außerhalb des Tunnels gleich. B) Die Strahlung ist im Tunnel stärker oder die Strahlung ist im Tunnel schwächer.* Bitte Konstantin?

Konstantin: Ist der Tunnel aus Beton?

(ein Stöhnen geht durchs Klassenzimmer)

Helena: Ja natürlich.

Emma: Vielleicht ist er auch aus Stein Helena.

(weiteres Gemurmel)

T2: Ok, wer ist für A?

Hansi: Sind alle ready? Wir brauchen noch kurz, das ist eine schwere Entscheidung, weil wie gesagt, vielleicht ist der Tunnel aus Beton.

T2: Ok passt... Jetzt alle bereit? Wer ist für A? Ok. Wer ist für B? fünfzehn. Und C? Zwei? Ok das sind zu wenig. Wer ist für A? Einer. Wer ist für C? Zwei. Gut dann habe ich mich bei B verzählt und es waren 16. Gut, Alan bitte eine Begründung, warum du A gewählt hast.

Alan: Weil ich glaube, dass es gleich ist.

T2: Hast du auch eine Begründung oder einfach so?

Alan: Nur so.

T2: Gut, wie siehts mit B aus? Tim.

Tim: Ich denke, dass die Strahlung gespeichert wird.

T2: Danke, Helena was wolltest du sagen?

Helena: Also ich denke auch, dass das wie bei der vorigen Frage ist, dass es eben gespeichert wird. Bitte Hansi.

Hansi: Also ich glaube auch, dass wenn Autos hineinfahren, dass die Strahlung sich hineinbewegt, aber weniger hinauskommt.

T2: Ok ja, Anna?

Anna: Ja ich glaube es ist wieder Beton drinnen und der sendet die Strahlung aus.
T2: C, wer waren die zwei Personen, die C angekreuzt haben? Emma?
Emma: Ich glaube nicht, dass es wieder so ist wie bei der vorigen Frage. Ich glaube nicht, dass die Strahlung dort gespeichert werden kann.
T2: Ok und warum?
Emma: Weil vorne und hinten offen ist und die Strahlung entweichen kann.
T2: Ah ok, sehr interessante Überlegung. Möchte sich jetzt jemand umentscheiden? (Gemurmel in der Klasse)
T2: Ja wer mag sich umentscheiden? Niemand? Ok. Wer liest vor zum Schluss? Hansi bitte.
Hansi: *Die Strahlung in einem Tunnel. Als Herr Yamamoto diesen Tunnel betrat, stieg die Strahlungsleistung auf 0,09 Mikro-Sv pro Stunde an. Das ist etwa das Dreifache des Wertes außerhalb des Tunnels. Zu einem anderen Zeitpunkt hat er die Strahlungsleistung in einem langen Autobahntunnel gemessen. Außerhalb des Tunnels lag die Strahlungsleistung bei 0,06 Mikro-Sievert pro Stunde und im Inneren dann bei 0,131. Das ist mehr als doppelt so hoch. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Felsen, die die den Tunnel umgeben, eine starke Strahlungsquelle sind.*
T2: Super, das heißt tatsächlich, dass die Strahlung im Tunnel stärker ist. Wir stoppen hier und machen morgen dann weiter.

Class 2, Lesson 2

T2: Es geht wieder weiter. Ok gut, vielleicht kurz zur Wiederholung, was habt ihr euch von gestern gemerkt? Was haben wir da schon für Probleme durchbesprochen, oder was war neu für euch? Konstantin.
Konstantin: Dass man in einer Nebelkammer die radioaktive Strahlung sichtbar machen kann.
T2: Perfekt, super. Die Nebelkammer haben wir besprochen. Nicole?
Nicole: Dass Schatten und Licht nichts damit zu tun hat, wie der Durchschnitt der Strahlungen ist.
T2: Sehr gut. Das heißt in der Sonne und im Schatten zeigt das Messgerät dasselbe an. Emma?
Emma: Betonwände strahlen auch Strahlung aus.
T2: Super, genau. Maxi?
Maxi: Wenn ein Gegenstand bestrahlt wird, ist er nicht für immer bestrahlt, sondern hört irgendwann auf und wird immer schwächer.
T2: Ok, ja.
Marc: Und die Felsen beim Tunnel sind auch radioaktiv.
T2: Genau, absolut richtig. Das haben wir gestern bei unserem letzten Beispiel gesehen. Ok, Strahlung in einem Tunnel, das haben wir uns gestern noch durchgelesen, dass die Felsen, die den Tunnel umgeben auch eine Strahlungsquelle sind. Wir kommen zu Problem 4. Wer möchte das vorlesen? Vinco bitte.
Vinco: *Wenn die Steine in einem Tunnel Strahlung aussenden, würden dann auch die Steine in einem Steingebäude Strahlung aussenden? Gebäude werden oft aus einem Stein namens Granit gebaut. Granit wird an vielen Stellen verwendet, beispielsweise auf den Stufen von Bahnhöfen, an Wänden von Gebäuden, Denkmälern und Grabsteinen. Es ist das am häufigsten vorkommende Gestein der Erdkruste. Die Wände im Inneren des Wohnhauses auf dem Foto sind aus Granit. Außerhalb des Gebäudes zeigte der*

Strahlungsdetektor einen Messwert von 0,039 Mikro-Sv pro Stunde. Was erwartest du welchen Wert das Gerät im Inneren des Gebäudes anzeigen wird?

T2: Genau, vor dem Gebäude 0,039 Mikro Sv. Also was glaubt ihr, wie die Strahlung im Gebäude sein wird?

Maxi: Ist das Gebäude nur außen oder auch innen aus Granit?

T2: Ich würde schon sagen, dass das gesamte Gebäude aus Granit besteht. Gut, wer hat sich für A entschieden, dass die Strahlung im Gebäude größer ist? 2? OK. Wie siehts mit B aus? 12, perfekt. Und C, dass es egal ist, wo man sich befindet? 5, perfekt wir sind eh wieder 19 Personen also das passt. Nun kommen wir wieder zum Argumentieren und Diskutieren. Warum haben sich die zwei Personen für A entschieden? Hansi?

Hansi: Also es klang so logisch, aber jetzt nicht mehr, weil gestern haben wir gesagt dass es abschirmt, jetzt würd ich glaub ich doch eher B wählen.

T2: Also nochmal kurz zur Erinnerung, was haben wir gestern gesagt wir messen draußen im Innenhof und herinnen im Klassenzimmer. Was ist da herausgekommen?

Emma: Das es herinnen stärker ist als draußen aufgrund der Wände.

T2: Richtig, genau

Hansi: Ja ok dann bleib ich natürlich bei A.

T2: Ja gut in Ordnung, Maxi?

Maxi: Da wohnt man aber ja drinnen, deswegen kann es nicht so hoch sein, deswegen würde ich von A zu B wechseln.

T2: Was sind die Argumente der Personen die B gestimmt haben? Tobias?

Tobias: Ich glaube, dass es auf das Gebäude ankommt.

T2: Ok, Konstantin?

Konstantin: Vielleicht weil das Granit vor der Strahlung schützt.

T2: Ok, dass es uns schützt.

Helena: Ja ich denk halt auch wir habe das ja gestern mit Beton gelernt, vielleicht ist das jetzt absichtlich die Frage für Granit damit wir dann sehen, dass es hier anders ist.

T2: Ja ok, könnte sein. Und wie siehts bei den C Personen aus? Emma?

Emma: Es wurde ja erwähnt, dass Granit auch Strahlung ausstrahlt und ich glaube halt, dass es gleich ist, weil vielleicht kommt es daher, weil Granit bearbeitet ist oder so und somit ist es jetzt gleich.

T2: Ok, super danke. Lennard wofür hast du gestimmt?

Lennard: B, weil es logisch geklungen hat.

T2: Passt, möchte sich jetzt noch jemand umentscheiden? Ok, niemand, dann haben wir nur noch eine Person bei A. Und jetzt noch eine Frage an die Gruppe B, um wie viel glaubt ihr wird die Strahlung schwächer sein? Nicole?

Nicole: 0,029

Maxi: 0,07.

T2: 0,07? Dann wäre sie stärker.

Maxi: Nein ich meinte um so viel schwächer.

T2: Achso, spannend. Und Vinco noch?

Vinco: 0,0187.

T2: Dann schauen wir was rauskommt. Die Strahlung von Granit. Was wird angezeigt? Stärker, richtig. *Dies ist ein Foto von dem, was im Inneren des Gebäudes gemessen wurde: Das Gerät zeigt 0,134 Mikro Sv pro Stunde, also mehr als die dreifache Stärke der Strahlung von außen. Ginza, ein Bezirk in Tokyo, hat viele Gebäude aus Granit. Infolgedessen erhält ein Fußgänger, der in Ginza herumläuft, mehr Strahlung als in einer der umliegenden Städte. Wohlhabende Stadtteile mit viel Steinverbrauch haben entsprechend höhere Strahlendosen. Die mittlere Gammastrahlungsleistung der Steine im Land Japan liegt bei 0,05 Mikro-Sv pro Stunde. Also was war jetzt richtig? A, genau.*

Dann kommen wir zum nächsten Problem: *Angenommen, wir verlassen das Land und fahren auf einem Schiff aufs Meer hinaus. Was glaubst du, wie hoch ist die Strahlenbelastung auf dem Meer?* Schwächer, stärker oder gleich stark. Was könnte das Wasser da für einen Einfluss haben glaubt ihr? Wie siehts aus mit A, die Strahlung ist schwächer als am Land? 4 Personen, passt. Wie sieht es aus mit B? 7. Und bei C? 8, dann sind wieder 19, ideal. Wie glauben die meisten, dass die Strahlung stärker ist als am Land? Helena?

Helena: Ich glaube es hat etwas mit dem Wasser zu tun.

T2: Ja ok, also dass das Wasser die Strahlung verstärkt?

Helena: Genau.

T2: Elisa du hast auch für C gestimmt, nachdem du zwischen A und C geschwankt bist, wieso?

Elisa: Die anderen haben nicht so viel Sinn ergeben für mich und das ist übrig geblieben.

Maxi: Alte Tiere, die jetzt ausgestorben sind, die verwesen alle im Wasser und ich glaube, dass die auch radioaktiv sind und Strahlung aussenden.

T2: Ok, ja danke. Nicole?

Nicole: Ich glaube, wenn man am Meer ist, dann kann sich die Strahlung weiter ausbreiten, weil nirgends Gebäude sind diese verändern.

T2: Was sagen die A Personen? Tim für was hast du gestimmt?

Tim: C.

T2: C, ok. Juliane du warst glaub ich für A. Warum?

Juliane: Ich habe einfach geraten.

T2: Ok. Marc was hast du getippt?

Marc: B.

T2: Warum?

Marc: Weil ich vermute, dass das Wasser die Strahlung aufnimmt.

T2: Ok, dass sie es aufnimmt. Aber wäre sie dann nicht stärker?

Marc: Nein ich glaube, dass es sich ausgleicht.

T2: Vinco für was hast du?

Vinco: B.

T2: Wieso?

Vinco: Weil ich glaube, dass Wasser damit nichts zu tun hat.

T2: Ok also so wies bei der Sonne war. Ok. Möchte sich jetzt noch jemand umentscheiden? Nein es bleibt also jeder bei seiner Antwort. *Das linke Foto zeigt das Ergebnis der Messung der Radioaktivität auf einer Fähre in der Ise-Bucht. Vor der Bootsfahrt, am Hafenboden, war das Ergebnis 0,05 MikroSievert pro Stunde. Auf hoher See, wie auf dem Foto zu sehen ist, fiel der Messwert auf 0,005 Mikro-Sievert pro Stunde. Das entspricht einem Zehntel von der Messung im Hafen. Also was ist tatsächlich passiert mit der Strahlung?*

Maxi: Sie wird schwächer.

T2: Genau. *Das zweite Foto entstand im Schwimmbad einer Schule. Hier war der Strahlungswert 0,021 Mikro-Sievert. Das ist die Hälfte der Strahlung über dem Boden rundherum. Wir sehen, dass über dem Wasser weniger Strahlung messbar ist als über dem Land. Auch wenn das Land unter dem Wasser Gammastrahlen aussendet, wirkt das Wasser wie eine Barriere gegen Strahlung. Also gut. Problem 6. Ein anderer Weg uns von der Erde zu entfernen ist unseren Abstand zum Boden zu erhöhen. Dieses Foto zeigt die Strahlungsmessung am Boden des Tokyo Towers. Wie du sehen kannst, war die gemessene Dosisleistung 0,065 Mikro-Sievert pro Stunde. Wenn wir von hier aus 140 m die Treppe hinaufsteigen, wie verändert sich dann die Strahlung? Also ihr seht hier diesen Tokyo Tower mit dem gemessenen Wert und jetzt steigen wir 140 m die Treppen*

hinauf. Was wird mit der Strahlung passieren? Schwächer, stärker oder gleichbleibend. Wer glaubt, dass die Strahlung abnimmt? Also für A? 13, ziemlich eindeutig. Wer ist für B, dass die Strahlung gleich bleibt? 1 Person. Und C? 5, passt. Also ihr glaubt ziemlich eindeutig, dass die Strahlung schwächer wird, je höher man hinaufgeht. Welche Gründe gibt es da von eurer Seite? Bitte.

Emma: Also ich habe keine Ahnung, ich habe einfach A genommen wegen dem vorigen, weil da war ja nirgends wo Land, sondern nur Wasser und war deshalb geringer. Deswegen glaube ich, wenn man höher geht und da ist kein Land, dass es dann auch schwächer wird.

T2: Ok interessant. Sehr gute Erklärung. Felix wieso hast du A genommen?

Felix: war eine Vermutung.

T2: Ok. Konstantin, wieso hast du B genommen?

Konstantin: Ich glaube einfach, dass es unabhängig von der Höhe ist.

T2: Ja, also wieder wies bei der Sonne und beim Schatten war. Und C? Helena?

Helena: Ich glaub man kommt näher an das Universum und vielleicht dadurch.

T2: Ah ok, hat noch jemand daran gedacht? Nicole?

Nicole: Ja ich habe auch kurz daran gedacht, ob das irgendetwas mit der Erdatmosphäre zu tun haben könnte, weil wir sind ja alle bisschen **radioaktiv** und vielleicht hat es ja auch damit etwas zu tun. Aber es hat mich dann doch nicht ganz überzeugt.

T2: Ok perfekt. Möchte sich jemand umentscheiden?

Ein Junge: Von C zu A.

T2: Gut, möchte sich noch jemand umentscheiden? Nein? passt. *Herr Yamamoto ging 600 Stiegen auf eine Höhe von 140 m und maß die Strahlung. Die Messung ist am Foto dargestellt. Wie du sehen kannst, war die Strahlungsbelastung der Gammastrahlung 0,01 MikroSievert pro Stunde. Das ist etwa sechs Mal schwächer als die Strahlung am Boden.* Sehr gut.

Felix: Und warum ist es jetzt schwächer?

T2: Steht das da? Nein ich sehe es nicht. Das werden wir aber gleich noch ein bisschen weiter unten herausfinden. Beim nächsten Problem wird das behandelt. *Stell dir vor, wir gehen noch höher hinauf und entfernen uns noch weiter vom Erdboden. Wie hoch, glaubst du, wird die Gammastrahlung in einem Flugzeug in 10.000 m Höhe sein? Die Strahlung wird im Flugzeug schwächer sein als in 140 m Höhe am Tokyo Tower. Die Strahlung im Flugzeug ist stärker als am Boden. Oder es wird ungefähr das gleiche sein wie auf 140 m Höhe am Tokyo Tower.* Also, wer ist für A? 3? Ok. Die Strahlung ist stärker? 16, wow. Und null Personen für C oder? Ja. Also das interessiert mich sehr.

Wir haben ja gerade vorhin gelesen bei 140 Metern wird die Strahlung schwächer.

Warum glauben jetzt so viele, dass sie auf einmal stärker wird? Peep?

Peep: Vielleicht dass manche Meteoriten mehr Strahlung aussenden, das heißt das Flugzeug ist ja dann näher an denen dran und vielleicht deswegen.

T2: Ok, ja danke. Helena?

Helena: Ich glaube immer noch an dieselbe Theorie. Es ist das Universum.

T2: Ah ok, also das, was du vorhin schon gesagt hast.

Felix: Vielleicht weil wir näher an der Sonne sind?

T2: Ja, wir sind näher an der Sonne. Können wir das vielleicht schon ausschließen, dass es keine großen Auswirkungen hat? Weil wir haben ja gestern schon gesehen, dass die Sonnenstrahlen die Messung nicht beeinflussen. Bitte Nicole.

Nicole: Ich hab zum einen gedacht weil man ja im Flugzeug drinnen ist und zum Anderen wegen dem Universum dass es B sein könnte.

T2: Alles klar, super. Die drei Personen die A gewählt haben, wieso habt ihr euch so entschieden? Hansi?

Hansi: Wegen dem vorigen Beispiel.

T2: Ja, das macht natürlich Sinn.

Peep: Das ist aber zu einfach. Es ist doch für eine Masterarbeit, die wollen uns bestimmt austricksen.

T2: Ahh spannender Gedankengang. Möchte sich jemand umentscheiden? Dann lösen wir es auf. *Als Herr Yamamoto vom Erdboden abhob wurde die Strahlungsbelastung allmählich schwächer und schwächer. Dieses Foto zeigt einen Messwert von 0,001 Mikro-Sievert pro Stunde. Als er jedoch immer höher stieg, kehrte sich die Entwicklung um und die Strahlungsbelastung erhöhte sich. Das untere Foto wurde bei einer Höhe von 11.800 m über Amerika aufgenommen. Die Messung ergab 0,811 Mikro-Sievert, was zwanzig Mal so groß ist wie auf der Erdoberfläche. Wir sehen also, dass ab einem bestimmten Punkt, je höher du gehst, die Strahlung stärker wird. Das bedeutet, dass Personen, die in Flugzeugen arbeiten, mehr Strahlung ausgesetzt sind als Personen, die am Land arbeiten. Was ist mit Menschen, die an Orten arbeiten, die noch weiter von der Erdoberfläche entfernt sind? Astronauten in einer Raumstation, die 400 km vom Erdboden entfernt ist, erhalten Berichten zufolge etwa 40 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist 1000-mal mehr, als wir normalerweise ausgesetzt sind. Was ist die Ursache für die zunehmende Strahlungsbelastung bei steigendem Abstand zur Erdoberfläche? Das liegt daran, dass viel Strahlung ihren Ursprung im Weltraum hat (sie besteht aus sogenannter „kosmischen Strahlung“.) Die Belastung von kosmischer Strahlung ist bei großen Höhen, in denen die Luft dünn ist, stärker. Noch stärker ist sie im Weltraum, wo keine Atmosphäre sie behindern kann. Einige kosmische Strahlen erreichen uns auch auf der Erdoberfläche. Wir erhalten insgesamt ca. 380 Mikro-Sievert pro Jahr durch kosmische Strahlung. Tatsächlich war die kosmische Strahlung verantwortlich für einige der Spuren, die du in den Nebelkammern beobachtet hast! Genau. Wir schauen uns jetzt die Strahlung auf hohen Bergen an. Mag das jemand vorlesen? Alessia bitte. Alessia: Die Strahlung auf hohen Bergen Die Intensität der kosmischen Strahlung verdoppelt sich beim Aufstieg etwa alle 1500 m. Am Gipfel des Fuji, einem Berg Japans, ist die kosmische Strahlung etwa 4-mal so groß wie in der Stadt am Fuße des Berges. Die Stadt Lhasa in der Nähe des Himalayas liegt auf einer Höhe von 3600 m über dem Meeresspiegel. Ein dort ansässiger Bewohner erhält pro Jahr 1700 Mikro-Sievert Strahlung durch kosmische Strahlung. In der Erwartung viel kosmische Strahlung zu finden, trug Herr Yamamoto eine Nebelkammer auf einen hohen Berg bis zu einer Höhe von 2600 m. Hier ist ein Foto von dem, was er beobachtet hat. Du siehst eine Spur, die sich über die ganze 13 cm lange Nebelkammer erstreckt. So eine lange, gerade, aber dünne Linie ist charakteristisch für die kosmische Strahlung.*

T2: Super, perfekt, danke schön. Also seht euch das bitte einmal an. bitte Nicole.

Nicole: Wenn sie gerade ist, dann ist sie eine Alpha Strahlung oder?

T2: Richtig. Das haben wir gestern uns angesehen, dass bei der Beta Strahlung immer diese Richtungswechsel zu erkennen sind und bei der Alpha Strahlung gerade Linien auftreten. Also hier ist die kosmische Strahlung dargestellt. Alessia magst du vielleicht auch diesen Absatz weiterlesen?

Alessia: *Auf dem folgendem Foto sind alle Spuren, die in der Zeit von einer Minute erschienen sind, überlagert. Es gibt deutlich mehr dünne, gerade Linien, als man es auf der Erdoberfläche beobachten kann. Das ist der Beweis dafür, dass hier die kosmische Strahlung erhöht ist. Für Menschen, die in hochgelegenen Städten leben, gehört es zum Alltag von relativ vielen kosmischen Strahlen umgeben zu sein.*

T2: Dankeschön, also hier sehen wir jetzt wieder das Foto, wo eine Minute lang aufgenommen wurde und dann alle Spuren überlagert wurden. *Ergänzende Anmerkung: Außerhalb der Erdatmosphäre sind Protonen die vorherrschende Form der kosmischen Strahlung. Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre führen jedoch Kollisionen mit Luftmolekülen zu der Entstehung von Gammastrahlen, Betastrahlen, Neutronen und*

Myonen. Die meisten kosmischen Strahlen, die den Boden erreichen sind die Myonen (elektronenähnliche Elementarteilchen). Mit der Nebelkammer im Video haben wir zwei Spuren unterscheiden: Alpha und Beta. Tatsächlich handelt es sich bei der Myonenspur um eine dritte Art: die lange gerade Strecke im vorigen Foto. Das heißt, wir haben hier nicht nur Alpha- und Betastrahlung, sondern so eine Myonenspur. Problem Nummer 8. Das ist jetzt unser vorletztes Problem. Hast du schon einmal von „Radiumthermen“ gehört? Radium ist das Atom, das von Marie Curie und ihrem Mann entdeckt wurde. Es kommt in der Natur vor, zerfällt leicht und setzt dabei Strahlung frei. Könnten diese „heißen Radiumquellen“ eine größere Strahlungsbelastung aufweisen als anderswo? Oder ist es nur ein Ort mit einem außergewöhnlichen Namen, aber normaler Strahlung? Was ist deine Erwartung? Also das könnt ihr euch vorstellen, wie so eine Therme, die es bei uns gibt, wo man in heißem Wasser entspannen kann. Wer ist für A? 5? Ok. Wer ist für B, sie ist gleich wie anderswo? 9. Und wer ist für C, dass es schwächer ist? 5. Gut warum glaubt die B Gruppe, dass es gleich ist? Alek was hast du getippt?

Alek: ich habe C getippt.

T2: Warum hast du C getippt?

Alek: Nur eine Vermutung.

T2: Ok, Nicole?

Nicole: Sie heißen ja Radiumquellen und heiße Thermen, deswegen hab ich mir gedacht es könnte sein, dass dort mehr Strahlung ist.

Maxi: Ich hab auch A genommen, weil Radium radioaktiv ist.

T2: Ja ok, Phillip?

Phillip: Was ist nochmal mit einer Radiumtherme gemeint.

T2: So wie bei einer Therme bei uns wo es Becken gibt, ist dort in diesem Wasser Radium drinnen.

Peep: Am Meer draußen ist es ja auch schwächer, deshalb glaube ich C.

Helena: Auch wenn sie Radiumthermen genannt werden, ich glaube nicht, dass das eine Besonderheit ist sondern die Strahlung einfach gleich ist.

T2: Ok, das heißt du hast für B gestimmt, oder?

Helena: Ja.

T2: Ja Bibi?

Bibi: Also ich habe für C gestimmt, weil in solch einer Therme sollte man ja auch entspannen und deshalb wird nicht so viel Radioaktivität da sein. Des ist ja überall Radioaktivität aber dort zur Entspannung eben weniger.

T2: Ok, ja super dankeschön. Möchte sich jemand umentscheiden? Es waren jetzt sehr gute verschiedene Argumente dabei. Alek?

Alek: Auf A.

T2: Von wo?

Alek: Von C.

T2: Ok, also von C auf A. Weshalb? Welches Argument hat dich überzeugt?

Alek: Insgesamt.

Hansi: Von B auf C.

T2: Ok weshalb?

Hansi: Auch gute Argumente.

T2: Ok, ja. Alessia?

Alessia: Ich möchte von C zu A, weil es besser klingt.

Tobias: Ich möchte auch von B zu A.

T2: Tobias, hast du eine Erklärung warum?

Tobias: Die meisten Argumente waren für A und die haben für mich alle sehr gut geklungen.

T2: Ok, Ja Pia?

Pia: Von B zu A.

T2: Ok gut, dann schauen wir uns an wie es tatsächlich ist. *Dieses Foto wurde am Murasugi Onsen im Bundesland Niigata aufgenommen. Die Messung zeigt 0,1 Mikro-Sievert pro Stunde an. Messungen wurden außerdem am Misasa Onsen im Bundesland Tottori, am Masutomi Onsen im Bundesland Yamanashi und an mehreren anderen Thermen gemacht, die behaupten „Radiumthermen“ zu sein. An all diesen Orten reichte die Strahlungsbelastung von 0,1 – 0,3 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist viel größer als der Durchschnittswert in Japan von 0,05. Das heißt die Strahlung ist dort tatsächlich höher. Der Name „Radiumtherme“ ist nicht nur ein schicker Name – die Strahlung ist dort wirklich stärker. Die Radiumtherme mit der höchsten Strahlenbelastung ist das Tamagawa Onsen im Bundesland Akita. Anscheinend können einige Bereiche der Therme einen Strahlungswert von bis zu 2,8 Mikro-Sievert erreichen. Die Therme mit dem höchsten Strahlenwerten der Welt befindet sich in der Stadt Ramsar in Iran. Die Stadt beherbergt zehntausende Menschen und mehr als 50 Thermen mit relativ hohen Konzentrationen von Radium im Wasser. Laut einem Bericht des United Nations Scientific Ausschusses beträgt die jährliche Strahlung in Ramsar etwa 10 Milli-Sievert (10.000 Mikro-Sievert). Im Jahr 2003 haben Forscher Ramsar untersucht und dort Werte von 1 bis 5 Mikro-Sievert pro Stunde gemessen. Das sind 20- bis 100-mal höhere Werte als der Durchschnittswert in Japan.* Bitte Eli.

Eli: Und warum gehe ich dann dort hin?

T2: Das ist eine gute Frage, Eli wäre es in Ordnung, wenn wir das auf nach diese Einheit verlegen? Es ist wirklich eine sehr spannende Frage, wieso Menschen denn da dann überhaupt hingehen. Ich schreibe es mir gleich auf. Also gut, Problem Nummer 9. Wer möchte das vorlesen? Bitte Nicole.

Nicole: Könnten Sie es noch ein bisschen größer machen? Dankeschön. *Wir haben gelernt, dass der Boden, die Luft und der Weltraum alle Strahlungsquellen sind. Wir leben auf einem Planeten mit radioaktiven Atomen überall. Was ist mit unserem eigenen Körper? Da wir ein Teil der Erde sind, könnte es sein, dass radioaktive Atome auch in uns eingedrungen sind? Oder haben Lebewesen vielleicht einen Mechanismus, um zu verhindern, dass radioaktive Atome eindringen können. Was erwartest du?*

T2: Gut, was erwartest du? Glaubst du, Menschen senden Gammastrahlen aus, oder Menschen senden keine Gammastrahlen aus. Erinnert euch, was ihr bei den 8 Problemen davor alles kennengelernt habt und überlegt euch eine Antwort. Also gut, Menschen senden Gammastrahlung aus, wer ist da dafür? Bitte aufzeigen. Alle? Nur Alek nicht. Möchtest du dir 18 Argumente anhören? Oder wir hören uns dein Argument an Alek und alle anderen entscheiden sich um. Also warum glaubt ihr senden Menschen Gammastrahlung aus? Tim?

Tim: Ich denke mal weil alles Strahlung aussendet.

T2: Ja ok, Ilvy?

Ilvy: Sind nicht Menschen auch ein bisschen radioaktiv?

T2: Ok, bitte Konsti.

Konstantin: Ich glaub dass wir sehr wenig Strahlung aussenden.

T2: Ok, sehr wenig aber ein bisschen was. Helena?

Helena: Wir haben in Chemie mal angesprochen, dass wir eigentlich auch ganz viele Vorgänge haben, die radioaktive Strahlung aussendet, deswegen glaube ich auch, dass wir es trotzdem ausstrahlen, obwohl wir es nicht mitkriegen.

T2: Ok passt, bitte Emma?

Emma: Also wir nehmen ja Strahlung auf und wir davon einen Teil wieder abstrahlen, weil gefährlich wäre.

T2: Ok, Nico, warum hast du das angekreuzt?

Nico: Auch wegen dem Chemieunterricht, weil wir das mal gelernt haben.

T2: Ok ja weil ihr das schonmal gehört habt. David?

David: Wir haben ja auch gelernt, dass im Klassenraum die Strahlung höher war, also sie umgibt uns ja.

T2: Ok, auch ein Punkt. Gut Alek, dein Argument zu Menschen senden keine Gammastrahlung aus.

Alek: Ich glaube wir senden einfach nichts aus. Wir nehmen es auf das macht Sinn, aber senden es nicht aus.

T2: Ok, möchte sich jemand umentscheiden? Niemand? Ok. *Das hervorragende Experiment von Sievert 1950 erschuf der schwedische Wissenschaftler Sievert (1896-1966) eine Maschine zur Messung der von Menschen emittierten Gammastrahlung (Foto links). Die Maschine misst die von einer Person im Inneren der Maschine emittierte Strahlung für eine Dauer von vier Stunden. Zur Reduzierung der Strahlung außerhalb der Person, befindet sich die Maschine im Keller (um von kosmischer Strahlung abgeschirmt zu sein) in einem Raum mit dicken Wänden (um die Strahlung von der Erde zu blockieren). Das Ziel der Maschine war es, die natürliche Radioaktivität eines Menschen zu messen. Sievert maß damit die Radioaktivität von vielen Personen, von Erwachsenen bis zu Kindern. Sein Befund wurde durch Zeitungsartikel wie diesen, der die Überschrift „Radioaktivität im menschlichen Körper“ trägt, weit verbreitet. Als Ergebnis dieses Experiments wissen wir heute, dass unsere eigenen Körper radioaktiv sind und Strahlung an die Welt um uns herum absenden. Im Folgenden findest du eine Liste der Strahlungsquellen in unserem Körper. Die Strahlungswerte wurden in Experimenten von heutigen Wissenschaftlern gemessen (erinnere dich, dass die Einheit Becquerel die Anzahl der pro Sekunde freigesetzten Strahlungsteilchen ist). Für eine 60 kg schwere Person gilt das. Das heißt tatsächlich, Menschen senden Gammastrahlung aus. Alek bist du von diesem Experiment überzeugt?*

Alek: Hmm, ja schon.

T2: Sehr gut. Wir haben also radioaktives Kalium, radioaktiven Kohlenstoff, radioaktives Rubidium, radioaktives Blei und Polonium und radioaktives Cäsium das wir an die Umwelt abgeben. Wir hätten jetzt nicht mehr viel, nur noch vier Seiten die wir uns durchlesen. Das geht sich aber leider nicht mehr aus, das heißt wir machen das nächste Woche fertig und dann gibt es auch nochmal einen Online-Fragebogen. Und klebt den Zettel bitte gleich ins Physikheft ein.

Class 3, Lesson 1

T2: Gut, so! Also, es geht los. Kennt ihr das alle gut. Es gibt Teile, die dann ich vorlese, manche Teile würde ich gerne durch euch vorgelesen bekommen. Ich fange mal an. So, *die Strahlung, die uns umgibt. Woher kommt sie und wie stark ist sie?* Das Ziel. *Was kommt dir in den Sinn, wenn du das Wort „Strahlung“ hörst? Wie würdest du antworten, wenn z.B. ein Mittelschüler oder eine Mitschülerin dich das fragt? Diese Einheit wird dein Verständnis für dieses mysteriöse Thema vertiefen.* Wir kommen gleich zur Frage eins: *Hast du je von einer Nebelkammer gehört? Kreise eine der unten*

stehenden Antworten ein. A Nebelkammer, was ist das, also ihr habt noch nie davon gehört. B Ich habe schon mal davon gehört. C ich habe schon eine gesehen und D ich habe schon eine gebaut. Wenn jemand C oder D ankreuzt, bitte unten auch was hinschreiben, wie das ausgesehen hat oder an was man sich noch erinnern kann. Denkt nach. Jeder überlegt bitte für sich.

Olivia: Ich habe das schon mal gehört. Aber ich weiß nicht in welchem Zusammenhang.

T2: Dann kreuzt du B an. Wenn du schon einmal diesen Namen gehört hast, oder den Begriff, dann kreuzt du B an. Wie viele Personen haben A angekreuzt? 1, 2, 3, 4. B. Wie viele haben davon gehört? 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Und das war es, oder 4 und 8 sind 12? Gut. Okay. So, Ich habe davon gehört. Olivia, hast du gesagt, aber du weißt nicht, in welchem Zusammenhang. Okay, sonst die anderen acht Personen. Ich habe davon gehört, wo habt ihr das gehört? Können Sie sich erinnern? Bitte, Isabella.

Isabella: Mir kommt der Begriff bekannt vor, aber ich kann es auch nicht einordnen.

T2: Ja, Olivia.

Olivia: Also, ich weiß nur, dass ich es halt mal in den Nachrichten gehört habe im Fernsehen, aber jetzt nicht in welchem Zusammenhang.

T2: Ja, Lily?

Lily: Ich habe das Mal in einem Film gesehen als Bestrafung für irgendetwas.

T2: Aha. Okay. Bitte Mia.

Mia: Mein Opa hat davon erzählt, aber ich habe damals nicht wirklich verstanden.

T2: Okay? Was er damit meint oder was er sagt. Ja.

Max: Irgendwann einmal habe ich den Namen gehört.

Samuel: Zählt das zur Note, ob wir das wissen oder nicht?

T2: Nein, das zählt überhaupt nicht zu dem, was du da ankreuzt. Ganz entspannt antworten. Wichtig ist wirklich, dass du es so ankreuzt, wie eure Meinung oder euer Gefühl ist. So, wer möchte denn das vorlesen, wenn du Strahlung sehen könntest?

Emily, bitte.

Emily: *Hast du je ein Zeichen wie das rechts gesehen? Dieses symbolisiert die Anwesenheit von Strahlung. So ein Zeichen ist notwendig, weil Strahlung nicht sichtbar ist.*

Auch wenn etwas mit den Augen nicht sichtbar ist, kann man es trotzdem anders detektieren.

T2: Was heißt das Wort detektieren?

Emily: Halt, dass man es weiß, so so rausfinden?

T2: Ja. Vincent?

Vincent: Damit kann man was erkennen, messbar.

T2: Ja genau erkennen. Richtig messbar wahrnehmen. Super. Ja. Ja, bitte weiter.

Emily: *Wir können Wind auch nicht sehen, fühlen ihn aber auf unserer Haut und wir können beobachten, wie er Bäume hin und her bewegt. Das Infrarotlicht von einem elektrischen Herd ist auch unsichtbar, aber wir können es wahrnehmen, weil es unsere Haut erwärmt. Die Strahlung, die wir in dieser Einheit besprechen, kann im Gegensatz zu Wind und Infrarotlicht, nicht gefühlt werden.*

T2: Genau richtig. Das heißt, radioaktive Strahlung ist unsichtbar und für uns nicht fühlbar. Das heißt, das ist ein bisschen dieses gefährliche vielleicht daran, weil es einfach für uns nicht sichtbar ist. Gut so, bitte Olivia.

Olivia: *Vor etwa 100 Jahren ereignete sich eine bahnbrechende Entdeckung bezüglich dieser Strahlung.*

Im Jahr 1895 begegnete der britische Wissenschaftler Wilson (1869-1959), während seinem Experiment zur Erzeugung künstlicher Wolken, einem mysteriösen Phänomen. Normalerweise werden Wolken gebildet, wenn sich Wasserdampf an kleine

Staubpartikel in der Luft anlagert. Wilson fand allerdings heraus, dass egal wie viel Staub er aus der Luft entfernte sich immer noch einige Wolken bildeten. In seiner Suche nach der Ursache dieser Wolken entdeckte Wilson, dass diese aufgrund von Strahlung gebildet wurden.

T2: Genau, danke. Er erkannte dies als Möglichkeit die unsichtbare Strahlung zu beobachten, Wilson änderte, verbesserte und vervollständigte seinen Apparat: Was ursprünglich zur Wolkenbildung gedacht war, konnte nun Strahlung beobachten. Dieses Gerät wird "Nebekammer" genannt und war vor 100 Jahren überaus nützlich für Wissenschaftler, die Strahlung untersuchten. Wie lässt uns eine "Nebekammer" Strahlung beobachten? Heute ist es einfacher eine Nebekammer zu bauen als zu Wilsons Zeiten. Hier steht: Ich habe einen Stein der Strahlung aussendet in eine Nebekammer gelegt (siehe Bild unten).

Wie du sehen kannst, erscheinen weiße Striche, ausgehend von dem Stein. Diese Striche sind lange Wolken, wie die Kondensationsstreifen, die fliegende Flugzeuge zurücklassen. Hier erscheinen die Kondensationsstreifen nicht hinter einem Flugzeug, sondern hinter der Strahlung, die sich durch die Nebekammer bewegt.

Diese Art von Kondensationsstreifen wird auch "Strahlungsspur" genannt. Mit einer Nebekammer können wir, obwohl die Strahlung selbst unsichtbar ist, trotzdem die Strahlung anhand der Spuren, die sie zurücklässt, identifizieren. Du siehst nun dieses Phänomen in einem Video! Wir schauen uns Video eins an und schauen uns an, ob wir erkennen, was in der Nebekammer passiert. Genau. Ohne Ton. Das ist die Nebekammer. Hier habe ich diesen radioaktiven Stein. Also einen Stein, der Strahlung aussendet. Könnt ihr solche Spuren erkennen? Ja? Und dann immer wieder so blitzähnlich. Wollen wir uns das nochmal anschauen? Jetzt wisst ihr schon, auf was schauen müsst. Genau da seht ihr diese ganzen Strahlen. Die werden tatsächlich dadurch sichtbar in so einer Nebekammer.

Vincent: Also muss man da nur Glas drüber geben?

T2: Genau, die Nebekammer ist so gebaut, dass du reinschauen kannst, sie ist beleuchtet. Das heißt Strahlen kann man mit einer Nebekammer sichtbar machen. Gut.

Problem Nummer null. Angenommen wir entfernen den Stein nun aus der Nebekammer. Bis auf den Alkoholdampf ist die Kammer einfach eine leere Box.

Glaubst du, wir sehen immer noch Wolken wegen der Strahlung (bzw.

*Strahlungsspuren), in der leeren Box? Erwartung (kreise deine eigene Wahl auf dem Antwortblatt ein). Es werden keine Strahlungsspuren sichtbar sein. Gelegentlich werden Strahlungsspuren sichtbar sein und es werden die ganze Zeit über Strahlungsspuren sichtbar sein. Während ihr das ankreuzt oder einringelt, lese ich euch das kurz vor. So wird es nämlich dann immer sein, wenn man zu einem Problem kommen. Sobald du und deine Klassenkamerad*innen eine Erwartung eingekreist haben, wird eure Lehrperson die Antworten miteinander vergleichen. Zuerst wird die Lehrperson eine Aufzählung führen wie viele von euch jeweils die Antworten gewählt haben.*

*Anschließend, werden einige von euch gebeten, der Klasse mitzuteilen, welche Erwartung du gewählt hast und warum. Solltest du irgendwelche Fragen, Zweifel oder Einwände gegenüber den Ideen deiner Mitschüler*innen haben, teile diese mit der Klasse und diskutiere sie. Solltest du deine Erwartung ändern, teile bitte deiner Lehrperson deine neue Antwort mit und erkläre kurz, warum du dich umentschieden hast. Nachdem die Ideen aller gehört worden sind und zusätzliche Argumentationen keine Effekt mehr hat, bleibt nichts anderes mehr übrig als das Experiment tatsächlich zu versuchen und zu sehen was passiert! Okay. Wer ist für A? Wer glaubt, dass keine Strahlungsspuren sichtbar sind? Null Personen. Okay. B Gelegentlich werden Strahlungsspuren sichtbar sein. Okay, also 11 Personen. Und C. 1, passt. Gut, so. Ich*

möchte mehr von den B Personen wissen. Warum glaubt ihr hier gibt es Strahlungsspuren, obwohl kein Stein mehr drinnen ist? Sophia?

Sophia: Weil es hier sicher noch Strahlung gibt, die der Stein abgegeben hat. Und diese dann noch immer drinnen ist. Der Stein also schon draußen, aber die Strahlung noch drinnen bleibt. Aber teilweise nur natürlich, weil der Stein kann ja noch welche abgeben.

T2: Ja, ok, super. Olivia?

Olivia: Also ich denke so ähnlich wie die Sophia, weil Radioaktivität die überträgt sich über Strahlung und deswegen denke ich, dass man dann nicht mehr so viel hat, weil der Stein, der die Quelle sozusagen ist, ist ja dann weg. Aber trotzdem das, was aufgenommen wurde ist dann noch da.

T2: Super danke. Bitte Laura.

Laura: Ich habe irgendwie das Gefühl, es ist ja vorher von Alkoholdampf geredet worden und vielleicht hat sich dann die Radioaktivität irgendwie den Alkoholdampf dann zum Anheften genommen und deshalb sieht man die noch.

T2: Ok, spannend, super Überlegung, Luca.

Luca: Es war ja zu Beginn Strahlung vorhanden, und wenn man den Stein entnimmt, ist diese Strahlung immer noch vorhanden und wird mit der Zeit weniger.

T2: Ok, ja. Erik jetzt würde es mich interessieren, wieso hast du dich für C entschieden?

Erik: Ich wusste nicht, was gelegentlich heißt.

T2: Du wusstest nicht, was gelegentlich heißt okay, gut, man kann sich auch immer noch umentscheiden. Möchtest du dich umentscheiden? Ja, okay. Also Erik, von C nach?

Erik: Auf jeden Fall A. Nein Spaß B.

T2: Okay, das ist ziemlich genau einstimmig, wir sehen wieder ein Video von einem Experiment, wo dieser Stein nicht mehr in der Nebelkammer drinnen ist. Kann man hier Spuren sehen? Ich glaube jetzt am Ende des Videos sollte man es besser erkennen. Schauen wir uns es noch mal an. Gleich zu Beginn sieht man doch gleich diese Spuren. Obwohl die Nebelkammer wirklich leer ist. Es gibt noch ein Video, wollt ihr das auch sehen? Ja, passt. Beim dritten Video ist eine andere Nebelkammer gefilmt. Aber es geht im Grunde um dasselbe. Das heißt auch diese Nebelkammern ist hier leer. Und seht jetzt mal, da sieht man es jetzt viel schöner, diese vielen Spulen da hinten. Genau. Okay. Das heißt, Strahlungsspuren erscheinen auch in der leeren Nebelkammer. Super. Also tatsächlich, B ist richtig. *Obwohl es sich um eine leere Nebelkammer handelt, sehen wir wie Spuren entstehen. Wie kann das sein? Egal wie oft du das Experiment wiederholst, du wirst immer noch Spuren beobachten können. Manche kurz, manche lang, manche in einer geraden Linie, andere in Kurven - du kannst Spuren mit verschiedenem Aussehen beobachten.* Das heißt, bitte kreuzt hier B an. Und genau bei Ergebnisse schreibt ihr noch etwas hin, was ihr gesehen habt. Zwei Arten von Spuren. Vincent magst du vorlesen?

Vincent: *Zwei Arten von Spuren. Du solltest zwei Arten von Spuren in der Nebelkammer identifizieren können, eine dick und die andere dünn. Die dick (und ausgefranst) aussehenden Spuren werden von " α (alpha) Strahlen" und die schmalen werden von " β (beta) Strahlen" erzeugt. Alpha Strahlen fliegen in einer geraden Linie durch die Nebelkammer und ihre Spuren sind immer gerade. Beta Strahlen hingegen, machen viele Richtungswechsel während ihrer Reise. Aktuell ist das Wichtigste jedoch sich zu merken, dass es nicht nur eine Art von Spur gibt - wir können mindestens zwei in der Nebelkammer beobachten.*

T2: Sehr gut. Danke schön. Zwei Arten von Spuren. Wie heißen diese Strahlenspruen?

Isabella: α Strahlen und β Strahlen

T2: Sehr gut. α Strahlen und β Strahlen. Wodurch unterscheiden sie sich, α und β ? Vincent.

Vincent: Die α Strahlen haben eine genaue Richtung.

T2: Ja, sagen wir so, gerade, genau.

Vincent: Und die β Strahlen fahren Kurven.

T2: Richtig, super genau. *Das Foto rechts zeigt schmale, gebogene Spuren, was auf Beta Strahlen hindeutet. Unten werden die Spuren, die im Zeitraum einer Minute sichtbar waren in einem Foto überlagert. Das waren so viele, dass das Bild völlig durcheinander erscheint!* Okay. Wer möchte das hier lesen? Sophia, bitte.

Sophia: *Egal ob du das "Leere Nebelkammer" Experiment zu Hause, in der Schule, auf der Spitze eines Berges, oder irgendwo anders durchführst, du wirst immer viele Spuren erkennen können. Du fragst dich vielleicht Dinge wie "woher kommt diese Strahlung in der Leeren Nebelkammer?" oder "Was passiert mit der Strahlung, wenn die Spur verschwindet? Wohin verschwindet sie?" Du bist mit deiner Verwirrung nicht allein. Das sind die gleichen Fragen, die sich die ersten Wissenschaftler gestellt haben, die Strahlung untersucht haben.*

Obwohl Forscher das Mysterium der Strahlung in den letzten 100 Jahre untersucht haben, war davor die Existenz der Strahlung selbst völlig unbekannt. In dieser Einheit wirst du dieses Mysterium selbst entdecken und diskutieren.

T2: Sehr gut, danke schön. So, *die Strahlung um uns herum. Nachdem uns jetzt bewusst ist, dass wir von vielen fliegenden unsichtbaren Strahlungsteilchen umgeben sind, wollen wir einmal die Stärke dieser Strahlung messen.* Olivia kannst du weiterlesen, bitte.

Olivia: *Es gibt verschiedene Geräte, die verwendet werden, um diese Strahlung zu messen. Wir verwenden dazu ein Gerät wie aus dem linken Bild. Dies ist ein Gerät, das Gammastrahlung einfangen kann. Gammastrahlung ist eine Art von Strahlung, die wir in unseren Nebelkammer leider nicht beobachten konnten. Alpha- und Betastrahlen können nur kurze Strecke zurücklegen (gekennzeichnet durch die Länge der Spuren, die wir in der Nebelkammer beobachten). Gammastrahlen hingegen können eine viel größere Entfernung zurücklegen. Daher ist es nützlich, sie zu messen, um Informationen über Strahlungsquellen zu erhalten, die sich nicht in unserer unmittelbaren Nähe befinden. Bei jeder Messung mit diesem Detektor wird ein anderer Wert aufgezeichnet. Das liegt daran, da ein Atom beim radioaktiven Zerfall Gammastrahlen aussendet. Dies geschieht jedoch zufällig. Daher sollte man immer mehrmals messen und dann einen Durchschnitt von den Messungen bilden. Auf diese Weise kannst du nicht genau sagen, wie hoch die Strahlung exakt ist, aber du kannst Vergleiche anstellen, um zu sagen, dass die Strahlung an einem Ort höher ist als an einem anderen Ort. Das Gerät zeichnet 1 Minute lang auf und multipliziert dann den Wert mit 60, um die Dosisleistung pro Stunde abzuschätzen.*

T2: Genau. Okay. Das heißt das ist ein Gerät. Was misst dieses Gerät? Isabella.

Isabella: Gammastrahlen.

T2: Ja, sehr gut. Okay und wie lange wird sie gemessen? Emily.

Emily: Eine Minute.

T2: Was passiert dann mit diesem Wert? Olivia.

Olivia: Wird mal 60 multipliziert damit man dann die Strahlung von einer Stunde hat.

T2: Genau. Die Dosisleistung pro Stunde. Sehr gut. Genau. Man nimmt das immer den Durchschnitt dann also man macht mehrere Messungen und nimmt dann den Durchschnitt. Warum ist die Messung nicht immer gleich, wenn ich das jetzt messe?

Emily: Weil viele stärker sind.

T2: Super. Richtig. Genau. Perfekt. Okay. So, das lese ich jetzt kurz vor. *Die Einheit Sievert.*

Im linken Bild siehst du, wie der vom Gerät gemessene Wert angezeigt wird. Wir können hier „0,045 Mikro-Sievert pro Stunde“ lesen, aber was bedeutet das? Eine Möglichkeit Strahlung zu messen, besteht darin, die Anzahl der Teilchen zu zählen, die jede Sekunde von einer Quelle ausgesendet werden. Eine gängige Einheit hierfür ist das Becquerel. Wenn wir jedoch wissen wollen, wie viel Strahlung vorhanden ist, interessiert uns oft mehr wie gefährlich sie für uns ist. Sievert ist eine Einheit, die ausdrückt, wie stark die Wirkung der Strahlungsteilchen auf den menschlichen Körper ist. Das Präfix μ (gelesen „mikro“) ist ähnlich dem „m“ in „mL“ (Milliliter), nur noch kleiner! So wie 1000 mL in 1 L enthalten sind, so sind 1000 mSv in 1 Sv enthalten. Es sind 1000 μ Sv in 1 mSv enthalten, also sind 1 Million μ Sv in 1 Sv enthalten. Wir interpretieren die Anzeige also so, dass stündlich 0,045 Millionstel Sv an Gammastrahlung ankommen. Versuchen wir mit diesem Gerät die Gammastrahlung um uns herum zu messen. Versuche vor jedem der folgenden Experimente eine Schätzung des Messwertes abzugeben. Wenn sich deine Erwartungen nach der Diskussion mit der Klasse ändern, informiere deinen Lehrer oder deine Lehrerin darüber! So, wir kommen zu Problem 1.

Woher kommt die Gammastrahlung um uns herum? Trägt Sonnenlicht zu unserer Strahlenbelastung bei? Gehen wir dieser Frage nach, indem wir die Strahlungsintensität im Schatten mit der in der Sonne vergleichen. Das Foto unten wurde auf dem Sportplatz vor einer Schule aufgenommen. Wie ihr sehen könnt, betrug der Messwert im Sonnenschein etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Was erwartest du? Wie hoch wird die Strahlung im Schatten sein? Erwartung. A) Die Strahlung in der Sonne ist stärker. B) Die Strahlung im Schatten ist stärker. C) Es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden. Warum hast du deine Erwartung gewählt? Teile deine Ideen und Begründungen mit. Schauen wir uns das mal kurz an. Das sind diese zwei Werte. 0,032 und 0,026. Also zwei Messgeräte haben unterschiedliche Werte herausgefunden. Warum sagen wir jetzt, dass es ungefähr 0,03 Microsite pro Stunde ist? Wie kommen wir jetzt auf das? Lily.

Lily: Weil man beim ersten abrundet und beim zweiten aufrundet.

T2: Okay, Vincent.

Vincent: Weil es der Durchschnitt ist.

T2: Genau, der Durchschnitt davon ist 0,03. So. Okay, mich interessieren eure Ergebnisse. Wer hat A angekreuzt? Die Strahlung in der Sonne ist stärker. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. B, die Strahlung im Schatten ist stärker. Okay. Und C. 1, 2, 3, 4, 5. Ok, gut passt. Okay, für B ist mal keine Stimme. Dass die Strahlung im Schatten stärker sein könnte. Warum glauben sieben Personen, dass die Strahlung in der Sonne stärker ist? Bitte um eure Begründung. Erik.

Erik: Die Sonne gibt ja auch Strahlungen ab.

T2: Ok, die Sonne gibt auch Strahlung ab. Bitte, Vincent.

Vincent: Also es könnte sein, dass auch C richtig ist, also ich tendiere auch zu C.

T2: Okay. Ja, Danke. Luca, für was hast du dich entschieden?

Luca: Für C.

T2: Für C, warum?

Luca: Weil die Sonne gibt ja Strahlung ab.

T2: Okay. Gut. Emily für was hast du dich entschieden?

Emily: Für C.

T2: Warum?

Emily: Weil meiner Meinung nach wird das Gerät wahrscheinlich, falls eine Strahlung kommt, das aufnehmen. Und wenn man das dann in den Schatten legt, wird das wahrscheinlich gleichbleiben.

T2: Okay. Ja, Laura.

Laura: Ich habe A genommen, weil ich glaube, dass, wenn es im Schatten ist, muss es ja irgendwas geben, was die Sonne abhält und an dem könnte es sein, dass die Strahlen entweder an dieser Wand umkehren oder abprallen.

T2: Okay, ja das klingt sehr logisch. Ok, Vincent.

Vincent: Bei einem Atomkraftwerk ist es ja auch so, dass Leute die dort arbeiten eine bestimmte Kleidung anziehen müssen, damit sie nicht bestrahlt werden oder nicht zu sehr bestrahlt werden. Und zum Beispiel glaube ich auch, dass wenn ich zum Beispiel vor einem Atomkraftwerk stehen würde, würde ich nicht so viel Strahlung erleiden, wie wenn ich noch näher dran bin.

T2: Okay, gut, Sophia noch.

Sophia: Also ich bin für A, weil die Strahlung von der Sonne ist ja schon so stark, dass das das einzige ist was für mich einen Sinn ergibt.

T2: Okay. Ja. Gut, wir lösen das Ganze auf. *Der Durchschnitt der beiden Detektoren war gleich 0,03. Wir sehen also, dass die Strahlung im Sonnenschein ungefähr gleich ist wie im Schatten. Dies bedeutet, dass die Strahlung um uns herum nicht mit dem Sonnenlicht zusammenhängt.* Weiter geht es mit Problem zwei. *Lasst uns dieses Mal untersuchen, ob die Strahlung im Klassenzimmer anders ist als draußen. Wie du auf dem Foto links außerhalb der Schule sehen kannst, betrug die Strahlungsleistung wieder etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Ändert sich die Stärke der Strahlung, wenn diese Messgeräte in die Schule gebracht werden? Was glaubt ihr?* Das heißt, man ist hier draußen vor der Schule und dann geht man in die Schule hinein, in ein normales Klassenzimmer und misst wieder. Was glaubt ihr passiert? Jeder kreuzt bitte das an, was er selber glaubt. So, wie viele glauben, dass die Strahlung draußen stärker ist. Wer hat sich für A entschieden? 3 Personen Okay. Wie schaut's bei B aus? Die Strahlung ist im Inneren stärker. 1, 2, 3 und C, die beiden sind ungefähr gleich. 6. Gut. Okay. Wieder mehr eigentlich bei der Antwort C. Warum glaubt ihr das?

Sophia: Ich habe ja jetzt A gesagt. Es gibt ja verschiedene Strahlungsarten. Also drinnen gibt es sicherlich auch Strahlung. Zum Beispiel die Mikrowelle gibt auch Strahlungen ab, oder die Wärmestrahlung. Draußen kann sein, dass die Sonne Strahlung abgibt oder irgendwelche Strommasten können ja auch Strahlung abgeben wir haben. Also ich glaube draußen gibt es mehrere Faktoren, die eine Strahlung abgeben können wie drinnen.

T2: Okay, super. Danke schön, Sophia.

Sophia: Ich habe B, weil ich glaube, dass im Inneren sehr viele Strahlen von verschiedenen Dingen kommen.

T2: Ok, also dass es drinnen stärker ist. Mia.

Mia: Ich denke, dass es draußen stärker sein muss, weil wie das in Tschernobyl war, durften ja die Menschen das Haus eigentlich nicht verlassen.

T2: Ja, aber das war halt ein Atomunfall. Da waren extrem große Mengen an Radioaktivität. Da ist jetzt wirklich nur das gemeint, so wie jetzt du stehst draußen im Garten misst und gehst rein und misst da auch. Das ist damit gemeint, aber gut, du glaubst trotzdem, dass es draußen stärker ist. Isabella.

Isabella: Ich habe C angekreuzt, weil ich glaube, dass es irgendwie egal ist, ob man drinnen oder draußen steht.

T2: Okay, ja, passt. Laura

Laura: Ich habe B angekreuzt, weil ich schon immer gehört hab ich soll mich nicht direkt vorm Computer setzen, weil der dann Strahlung oder so abgibt. Ich denk mir auch im Menschen selbst ist wahrscheinlich auch ein bisschen Radioaktivität drinnen. Das der die dann vielleicht auch ein bisschen abgibt.

T2: Okay. Danke. Emily.

Emily: Ich glaub das es C ist, weil es ist eigentlich genau wie vorhin bei der vorherigen Nummer, nur dass man diesmal in einem Gebäude ist.

T2: Okay, passt. Samuel.

Samuel: Also ich habe B genommen. Also wenn man draußen steht und damit reingeht, dann glaub ich wird das stärker oder bleibt gleich. Und wenn man draußen damit bleibt, dann bleibt es gleich, aber dann geht es immer weiter runter.

T2: Okay. Also wenn du draußen jetzt je nach Tageszeit misst, wird es immer weniger werden. Okay. Ja, Sophia.

Sophia: Ich glaube, da gibt es einen Unterschied, wo man es draußen und wo man es drinnen misst. Wenn man jetzt irgendwo misst wo weit und breit nichts ist, dann wird es anders sein, als wenn man mitten in der Stadt geht.

T2: Ja, das könnte sein. Okay, möchte sich jemand umentscheiden? Es sind jetzt sehr viele Gründe und Argumentationen gefallen. Erik.

Erik: Zu B.

T2: Wo warst du?

Erik: Bei C.

T2: Ok, also du wechselst von C zu B. Was hat dich da überzeugt?

Erik: Weil im Inneren viel mehr Gegenstände sind.

T2: Ja gut, sollen wir es auflösen? *Herr Yamamoto maß eine größere Strahlenbelastung, als er in das Schulgebäude gegangen ist. Hier sehen wir also, dass die Strahlung etwa 0,08 Mikrosievert pro Stunde beträgt. Die Strahlung innerhalb der Schule war also stärker als draußen. Herr Yamamoto hat dieses Experiment mehrere Jahre lang während des Unterrichts durchgeführt und immer festgestellt, dass die Strahlung im Gebäude stärker ist. Dies liegt daran, dass Beton Gammastrahlung aussendet.*

Vincent: In fünf Minuten ist die Stunde vorbei.

T2: Ja ich weiß, lesen wir uns das noch durch. Auswirkungen des Atomunfalls, wer will das lesen? Laura, bitte.

Laura: *Als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi im März 2011 gab es Stellen, an denen das Ergebnis dieses Experiments umgekehrt ausfiel. Dies war zum Beispiel an einer Schule in Tokio kurz nach dem Unfall Ende März der Fall. Zu diesem Zeitpunkt war die Strahlung außerhalb der Schule stärker als im Inneren der Schule. Dies lag daran, dass sich draußen mehr radioaktives Material als üblich befand. Im Inneren von Gebäuden gibt der Beton Gammastrahlung ab, aber gleichzeitig diente er als Abschirmung gegenüber der Strahlung außerhalb des Gebäudes. Dies war eine ungewöhnliche Situation, aber sie zeigt, dass es im Falle einer nuklearen Katastrophe effektiv ist, sich in Innenräumen aufzuhalten.*

Als dieses Experiment später im November 2011 an einer Mittelschule in Tokio durchgeführt wurde, war dies nicht mehr der Fall: Die Strahlungsintensität draußen war wieder niedriger als die innen. Dies zeigt, dass beim Unglück von Fukushima die Freisetzung ungewöhnlich großer Mengen radioaktiven Materials aus dem Kraftwerk nur ein vorübergehendes Problem war.

T2: Dankeschön Laura. So, Emily bitte, was hat Laura vorgelesen?

Emily: Die Auswirkungen des Atomunfalls.

T2: Ja, die Überschrift kann ich auch lesen. Was hat sie vorgelesen?

Laura: Das, was dasteht.

T2: Das zählt schon auch zur Mitarbeit. Sophia, bitte.

Sophia: Ich habe noch eine Frage. Um welche Strahlung geht es?

T2: Um radioaktive Strahlung. Bitte, Erik.

Erik: Gammastrahlung wird durch den Beton abgeschirmt.

T2: Genau. Richtig. Das heißt, wo sollte man sich bei so einer nuklearen Katastrophe trotzdem aufhalten, Vincent.

Vincent: In einem Gebäude.

T2: Ja, richtig. Es ist trotzdem besser, man befindet sich herinnen. Aber das ist halt nur bei so einer nuklearen Katastrophe der Fall. Sonst sind wir eigentlich hier von mehr Strahlung betroffen wie draußen.

Teacher 3:

Lesson 1

T3: Passt, also dann, wie gesagt, es geht heute um das Thema Strahlung. Wie wir da sehen, die Strahlung, die uns umgibt, also woher kommt sie und wie stark ist sie. Das Ziel, dass da jetzt angebracht wird ist, *was kommt dir in den Sinn, wenn du das Wort "Strahlung" hörst? Wie würdest du antworten, wenn z.B. ein Mittelschüler oder eine Mitschülerin dich das fragt? Diese Einheit wird dein Verständnis für dieses mysteriöse Thema vertiefen.* Irgendjemand von euch. Was würdet ihr auf diese erste Frage antworten? Was kommt denn in Sinn, wenn du das Wort Strahlung hörst? Gibt es da vielleicht irgendwelche Ideen?

Sophia: Ich denke an Sonnenstrahlen.

T3: Sonnenstrahlen okay. Woanders noch, ganz hinten.

Olivia: Handystrahlung.

T3: Handystrahlung, ja.

Mason: Irgendwas mit Licht.

T3: Mit Licht, ja.

Joseph: Radioaktive Strahlung.

T3: Radioaktive Strahlung. Um dieses Thema wird es auch heute gehen. Also um die radioaktive Strahlung. Jetzt kommen wir zu einer ersten Frage. Genau, ich habe jetzt noch vergessen, diese Antwortbögen auszuteilen. Könnte ihr die bitte nach hinten durchgeben. Ihr könnt euch währenddessen noch überlegen, ob ihr schon einmal von einer Nebelkammer gehört habt. Und die erste Frage war eben, *hast du je von einer "Nebelkammer" gehört? Kreise eine der unten stehenden Antworten ein.* Ihr könnt entweder A, B, C oder D wählen. Dann würde ich ganz kurz fragen, ich glaube, das haben wir schon alle gemacht, wer hat denn jetzt von euch A angekreuzt oder eingekreist? "Nebelkammer"? Was ist das, noch nie gehört. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn. Richtig?

Lily: Ja.

T4: Wir sind 19 Leute heute, das heißt, es wäre schön, wenn wir immer alle schaffen.

T3: Also A haben zehn angekreuzt. B, ich habe davon schon einmal gehört.

Oliver: Elf.

T3: Elf?

Oliver: Ja.

T3: Du auch noch bei A?

Joseph: Äh, zwölf.

T3: Zwölf?

Jonas: Dreizehn.

T3: Okay, wie viele?

Jonas: Dreizehn.

T3: Ok dann machen wir mal vierzehn. B ich habe davon schon mal gehört. Keine Sorge, ihr müsst jetzt da nichts erklären oder so. Es geht nur um die Frage. Eins, zwei. Dann C, ich habe schon eine gesehen. Eine Person, ok.

Olivia: Das ist so ne Box, oder?

T3: Ja, das hört sich schon sehr gut an. Und D, ich habe schon mal eine gebaut. Das wird wahrscheinlich eher unwahrscheinlich vorkommen, aber könnte ja sein, vielleicht auf irgendeiner Exkursion oder sowas. Niemand? So, jetzt schauen wir mal nach. 14, 16, 17, also zwei fehlen. Schauen wir uns nochmal A an. Wie viele haben jetzt A

angekreuzt? Zeigen nochmal alle auf, die A angekreuzt haben. Das wäre sehr wichtig, dass jede Person einmal aufzeigt. 16. Perfekt, also 16. Dann können wir schon weitergehen. Wir haben eine Person, die C angekreuzt hat. Sehr gut, Olivia. Du hast gesagt, es ist irgendwie eine Box. Das hört sich schon sehr gut an, wir werden dann später gleich sehen, wie das aussieht. Wir werden das alle vorlesen. Ich fange mal an zu lesen und später werdet ihr auch lesen können. *Wenn du Strahlung sehen könntest. Hast du je ein Zeichen wie das rechts gesehen? Dieses symbolisiert die Anwesenheit von Strahlung. So ein Zeichen ist notwendig, weil Strahlung nicht sichtbar ist. Auch wenn etwas mit den Augen nicht sichtbar ist, kann man es trotzdem anders detektieren. Wir können Wind auch nicht sehen, fühlen ihn aber auf unserer Haut und wir können beobachten, wie er Bäume hin und her bewegt. Das Infrarotlicht von einem elektrischen Herd ist auch unsichtbar, aber wir können es wahrnehmen, weil es unsere Haut erwärmt. Die Strahlung, die wir in dieser Einheit besprechen, kann im Gegensatz zu Wind und Infrarotlicht, nicht gefühlt werden. Also hier, dieses Radioaktivitätszeichen habt ihr sicher schon mal irgendwo gesehen, oder auch in Gelb, wie es bei uns auch üblich ist. Vor etwa 100 Jahren ereignete sich eine bahnbrechende Entdeckung bezüglich dieser Strahlung. Im Jahr 1895 begegnete der britische Wissenschaftler Wilson, während seinem Experiment zur Erzeugung künstlicher Wolken, einem mysteriösen Phänomen. Normalerweise werden Wolken gebildet, wenn sich Wasserdampf an kleine Staubpartikel in der Luft anlagert. Wilson fand allerdings heraus, dass egal wie viel Staub er aus der Luft entfernte sich immer noch einige Wolken bildeten. In seiner Suche nach der Ursache dieser Wolken entdeckte Wilson, dass diese aufgrund von Strahlung gebildet wurden. Ich würde jetzt sagen, wir fangen da vorne an, dass die Personen lesen. Ganz rechts vorne, ich weiß deinen Namen leider nicht.*

Joseph: Joseph.

T3: Joseph. Kannst du bitte diesen Part vorlesen?

Joseph: *Er erkannte dies als Möglichkeit die unsichtbare Strahlung zu beobachten, Wilson änderte, verbesserte und vervollständigte seinen Apparat: Was ursprünglich zur Wolkenbildung gedacht war, konnte nun Strahlung beobachten. Dieses Gerät wird "Nebekammer" genannt und war vor 100 Jahren überaus nützlich für Wissenschaftler, die Strahlung untersuchten.*

T3: Genau, also, diese Nebekammer lässt uns diese Strahlung sehen. Aber wie? *Wie lässt uns eine "Nebekammer" jetzt diese Strahlung beobachten? Heute ist es einfacher eine Nebekammer zu bauen als zu Wilsons Zeiten. Auf diesem Bild sieht man jetzt... da wurde eben ein Stein in dieser Nebekammer gelegt. Und man erkennt da diese weißen Striche.*

Lily: *Wie du sehen kannst, erscheinen weiße Striche, ausgehend von dem Stein. Diese Striche sind lange Wolken, wie die Kondensationsstreifen, die fliegende Flugzeuge zurücklassen. Hier erscheinen die Kondensationsstreifen nicht hinter einem Flugzeug, sondern hinter der Strahlung, die sich durch die Nebekammer bewegt.*

T3: Genau. Dann mach ich diesen Part wieder. *Diese Art von Kondensationsstreifen wird auch "Strahlungsspur" genannt. Mit einer Nebekammer können wir, obwohl die Strahlung selbst unsichtbar ist, trotzdem die Strahlung anhand der Spuren, die sie zurücklässt, identifizieren. Wir schauen uns jetzt ein Video an. Wir sehen hier jetzt so eine Nebekammer und so einen Stein. Wir erkennen ganz leicht rundherum immer diese weißen Striche und Wolken, die sich da bilden. Seht ihr das?*

Sophia: Ja.

T3: Und ab und zu erkennt man solche Striche. Da rechts oben hat man sehr gut gesehen, genau. Und jetzt, was eigentlich diese, diese Unterrichtsart jetzt so einzigartig macht, ist, dass wir jetzt solche Probleme und solche Probleme gestellt werden. Die

werden dann aussehen, wie, wie ihr da seht, so Quiz-Show mäßig. Und ihr müsst euch wie am Anfang schon immer entscheiden, ob ihr glaubt A, B oder C ist richtig. Unsere erste Frage ist: Angenommen wir entfernen den Stein nun aus der Nebelkammer. Also wir haben ja gerade dieses Video gesehen, da war dieser Stein drinnen, und es wurden diese, diese, diese Strahlung wurde eben durch diese weißen Kondensationsstreifen, diese Striche, sichtbar. Angenommen wir entfernen den Stein nun aus der Nebelkammer. Bis auf den Alkoholdampf ist die Kammer einfach eine leere Box. Glaubst du, wir sehen immer noch Wolken wegen der Strahlung, in der leeren Box? A, B oder C. *A ist es werden keine Strahlungsspuren sichtbar sein. B, gelegentlich werden sie sichtbar sein und C es werden die ganze Zeit Strahlungsspuren sichtbar sein.* Entscheidet euch wieder. Kreist irgendeine Antwortmöglichkeit ein, die ihr glaubt, ist richtig. Ich glaube alle haben sich entschieden. Dann fangen wir wieder mit A an. Es werden keine Strahlungsspuren sichtbar sein. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs. B, gelegentlich werden Strahlungsspuren sichtbar sein, also seltener als davor, aber man wird doch noch was erkennen. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun. Und C, es werden die ganze Zeit Strahlungsspuren zu sehen sein. Also so wie beim Ersten. Eins, zwei, drei, vier. Stimmt das?

T4: Ja, sind 19.

T3: Sind 19, perfekt. Das haben wir jetzt schon gemacht. Kurz zum Zusammenfassen: *Sobald du und deine Klassenkamerad*innen eine Erwartung eingekreist haben, wird eure Lehrperson die Antworten miteinander vergleichen. Zuerst wird die Lehrperson eine Aufzählung führen wie viele von euch jeweils die Antworten gewählt haben. Anschließend, werden einige von euch gebeten, der Klasse mitzuteilen, welche Erwartung du gewählt hast und warum. Solltest du irgendwelche Fragen, Zweifel oder Einwände gegenüber den Ideen deiner Mitschüler*innen haben, teile diese mit der Klasse und diskutiere sie. Solltest du deine Erwartung ändern, teile bitte deiner Lehrperson deine neue Antwort mit und erkläre kurz, warum du dich umentschieden hast. Nachdem die Ideen aller gehört worden sind und zusätzliche Argumentationen keinen Effekt mehr hat, bleibt nichts anderes mehr übrig als das Experiment tatsächlich zu versuchen und zu sehen was passiert!* Genau, also wie eben dasteht, würde ich jetzt gerne jemanden bitten, der oder die A gewählt hat und fragen wieso. Also, wieso glaubt die Person es werden keine Strahlungsspuren mehr sichtbar sein. Wer von euch hat A gewählt? Ja, du. Wieso hast du dich für A entschieden.

Jonas: Weil es klang einfach am logischsten.

T3: Es klang am logischsten, okay. Ja, gibt es noch andere Idee für A? Also dass keine Strahlungsspuren mehr sichtbar sind? Ja, ganz hinten.

Noah: Ja wie sollen welche entstehen, wenn nichts mehr drinnen ist?

T3: Okay, ja, das ist auch eine Argumentation. Dann B, dass gelegentlich Strahlungsspuren sichtbar sind. Da haben sich ja die meisten dafür entschieden. Wieso haben sich denn neun von euch dafür entschieden? Gibt es irgendeine Idee? Niemand? Wer von euch hat B gewählt?

T4: Ich nehme sonst jemanden dran.

T3: Es wird jemand drangenommen. Ich weiß ihr zwei da vorne ihr habt B gewählt. Wieso haben ihr euch für B entschieden? Wenn ihr einfach geraten habt, könnt ihr das auch einfach sagen.

Mason: Geraten.

T3: Ihr habt geraten, ok. Ein Drittel Chance, kann natürlich funktionieren. Und C, es werden die ganze Zeit Strahlungsspuren sichtbar sein.

Liam: Weil ja ständig um uns herum Strahlung ist.

T3: Ohh, okay. Das ist natürlich auch ein Argument. Passt, dann es steht da unten ja du siehst wieder ein Video von diesem Experiment. Das schauen wir uns jetzt an. Das

zweite und das dritte Video. Also, Video zwei wurde jetzt dieser Stein eben entfernt. Ich hoffe, man kann das erkennen. Derzeit passiert noch relativ wenig. Ja, da war in der Linie, habt ihr die gesehen? Da war wieder eine. Also ab und zu, gegen Ende des Videos, haben wir jetzt zwei, drei Linien gesehen, aber seltener als beim Ersten. Dann schauen wir uns noch das andere Video an. Video 3. Ihr seht hier, das ist jetzt eine andere Bauweise einer Nebelkammer. Und das hat mir sehr gut gefallen, deine vorige Erklärung von einer Box. Das erinnert jetzt so an so eine Box und an dieser Bauweise erkennen wir viel mehr solche Strahlungsspuren. Genau also, Nebelkammer war leer. Beim vorigen Video haben wir gesehen, es waren weniger solcher Spuren zu sehen, aber es waren immer noch Spuren da. Also war B richtig, gut geraten. Schreibt jetzt auf eurem Antwortblatt, was das richtige Ergebnis ist, damit ihr dann später noch wisst, was dann wirklich korrekt war. Passt, möchtest du weiterlesen?

Oliver: *Obwohl es sich um eine leere Nebelkammer handelt, sehen wir wie Spuren entstehen. Wie kann das sein? Egal wie oft du das Experiment wiederholst, du wirst immer noch Spuren beobachten können. Manche kurz, manche lang, manche in einer geraden Linie, andere in Kurven - du kannst Spuren mit verschiedenem Aussehen beobachten.*

T3: Genau und das erkennt ihr auch auf dem Bild. Diese Spuren können ganz verschieden aussehen. Da erkennen wir ganz rechts eine sehr lange Gerade. Da sind Kurven, da auch. Also die können ganz unterschiedlich aussehen.

Vincent: Ich habe eine Frage.

T3: Ja.

Vincent: Gibt es ein Unterschied, wenn das kurvig oder gerade ist?

T3: Ja. Das können wir uns jetzt anschauen. Zwei Arten von Spuren. Möchtest du gleich vorlesen?

Vincent: *Du solltest zwei Arten von Spuren in der Nebelkammer identifizieren können, eine dick und die andere dünn. Die dick (und ausgefranst) aussehenden Spuren werden von " α (alpha) Strahlen" und die schmalen werden von " β (beta) Strahlen" erzeugt. Alpha Strahlen fliegen in einer geraden Linie durch die Nebelkammer und ihre Spuren sind immer gerade. Beta Strahlen hingegen, machen viele Richtungswechsel während ihrer Reise. Aktuell ist das Wichtigste jedoch sich zu merken, dass es nicht nur eine Art von Spur gibt - wir können mindestens zwei in der Nebelkammer beobachten.*

T3: Genau, also diese Alpha und Beta Strahlen, das müsst ihr euch zu diesem Zeitpunkt noch nicht merken, einfach nur es gibt verschiedene Arten von dieser Strahlung von der wir sprechen.

Sophia: Gibt es noch mehrere andere Arten von Strahlen?

T3: Zu diesem Zeitpunkt, jetzt nehmen wir eben nur zwei Arten von Spuren. Also, wir haben jetzt diese Nebelkammer gebaut und wir haben jetzt diese zwei Unterschiede gesehen. Das werden wir später sehen. Ich möchte nicht zu viel vorwegnehmen. Also wir haben jetzt Alpha und Beta Strahlung beobachten können. Wir konnten auch nichts anderes beobachten, mit dieser Box. Bei diesem Foto rechts, dass das Foto das zeigt jetzt eine schmale, gebogene Linie. Was eben auf eine Beta Strahlung hindeutet. *Unten werden die Spuren, die im Zeitraum einer Minute sichtbar waren in einem Foto überlagert. Das waren so viele, dass das Bild völlig durcheinander erscheint!* Also, da wurde eben eine Kamera herangezogen, und die hat innerhalb einer Minute alle solche Spuren fotografiert und auf einem Bild festgehalten und ihr seht die völlig zufällig sind die irgendwie angeordnet und auch gebogen und gerade. So, möchtest du bitte vorlesen.

Charlotte: Meine Brille ist kaputt.

T3: Deine Brille ist auch kaputt. Oh nein, oh nein, oh nein. Ja dann fangen wir mit der zweiten Reihe an.

Vincent: *Egal ob du das "Leere Nebelkammer" Experiment zu Hause, in der Schule, auf der Spitze eines Berges, oder irgendwo anders durchführst, du wirst immer viele Spuren erkennen können. Du fragst dich vielleicht Dinge wie "woher kommt diese Strahlung in der Leeren Nebelkammer?" oder "Was passiert mit der Strahlung, wenn die Spur verschwindet? Wohin verschwindet sie?" Du bist mit deiner Verwirrung nicht allein. Das sind die gleichen Fragen, die sich die ersten Wissenschaftler gestellt haben, die Strahlung untersucht haben. Obwohl Forscher das Mysterium der Strahlung in den letzten 100 Jahre untersucht haben, war davor die Existenz der Strahlung selbst völlig unbekannt. In dieser Einheit wirst du dieses Mysterium selbst entdecken und diskutieren.*

T3: Passt. Vielen Dank. Dann kommen wir jetzt zu einem Teil der für uns später, also wahrscheinlich für die morgigen Einheiten sehr wichtig sein wird, nämlich diese Geräte. Ich lese das kurz vor. *Nachdem uns jetzt bewusst ist, dass wir von vielen fliegenden unsichtbaren Strahlungsteilchen umgeben sind, wollen wir einmal die Stärke dieser Strahlung messen. Es gibt verschiedene Geräte, die verwendet werden, um diese Strahlung zu messen. Wir verwenden dazu ein Gerät wie aus dem linken Bild. Dies ist ein Gerät, das Gammastrahlung einfangen kann. Gammastrahlung ist eine Art von Strahlung, die wir in unseren Nebelkammer leider nicht beobachten konnten. Was vielleicht deine Frage beantwortet. Also es gibt auch noch eine andere Art von Strahlung, die wir in der Nebelkammer nicht sehen können. Aber mit diesen Geräten können wir sie messen. Könntest du bitte vorlesen kurz.*

Mia: Ich?

T3: Ja.

Mia: *Alpha- und Betastrahlen können nur kurze Strecke zurücklegen (gekennzeichnet durch die Länge der Spuren, die wir in der Nebelkammer beobachten). Gammastrahlen hingegen können eine viel größere Entfernung zurücklegen. Daher ist es nützlich, sie zu messen, um Informationen über Strahlungsquellen zu erhalten, die sich nicht in unserer unmittelbaren Nähe befinden. Bei jeder Messung mit diesem Detektor wird ein anderer Wert aufgezeichnet. Das liegt daran, da ein Atom beim radioaktiven Zerfall Gammastrahlen aussendet. Dies geschieht jedoch zufällig. Daher sollte man immer mehrmals messen und dann einen Durchschnitt von den Messungen bilden. Auf diese Weise kannst du nicht genau sagen, wie hoch die Strahlung exakt ist, aber du kannst Vergleiche anstellen, um zu sagen, dass die Strahlung an einem Ort höher ist als an einem anderen Ort. Das Gerät zeichnet 1 Minute lang auf und multipliziert dann den Wert mit 60, um die Dosisleistung pro Stunde abzuschätzen.*

T3: Genau also, was wir uns da jetzt merken müssen ist, dass diese Geräte... die messen einfach diesen Durchschnitt in einer Minute, also wie viel Strahlung ist an diesem Ort vorhanden. Das wird für später wichtig sein. Dankeschön. Und das letzte, was wir jetzt noch brauchen, ist die Einheit, in der gemessen wird.

Sophia: Ist das ein Geigerzähler gewesen?

T3: Ja, sehr gut, da wurde auch schon der Name gesagt. Eben ein Geiger-Müller Zähler ist das. Vielen Dank. Perfekt, eben die Einheit Sievert.

Oliver: *Im linken Bild siehst du, wie der vom Gerät gemessene Wert angezeigt wird. Wir können hier "0,045 Mikro-Sievert pro Stunde" lesen, aber was bedeutet das? Eine Möglichkeit Strahlung zu messen, besteht darin, die Anzahl der Teilchen zu zählen, die jede Sekunde von einer Quelle ausgesendet werden. Eine gängige Einheit hierfür ist das Becquerel. Wenn wir jedoch wissen wollen, wie viel Strahlung vorhanden ist, interessiert uns oft mehr wie gefährlich sie für uns ist. Sievert ist eine Einheit, die ausdrückt, wie stark die Wirkung der Strahlungsteilchen auf den menschlichen Körper ist.*

T3: Genau, das ist jetzt sehr wichtig, also diese Einheit, in der wir jetzt mit unserem Geigerzähler messen, die ist eben Sievert und die sagt wie gefährlich ist die Strahlung für den Menschen. Also wenn jetzt eine Person an diesem Ort ist, wie gefährlich ist die Strahlung für diese Person. Je höher diese Zahl, desto gefährlicher. Ich lese das ganz kurz da oben vor, das ist nämlich ein bisschen schwieriger mit diesen Einheiten. *Das Präfix μ (gelesen „mikro“) ist ähnlich dem „m“ in „mL“ (Milliliter), nur noch kleiner! So wie 1000 mL in 1 L enthalten sind, so sind 1000 mSv in 1 Sv enthalten. Es sind 1000 μ Sv in 1 mSv enthalten, also sind 1 Million μ Sv in 1 Sv enthalten.* Das heißt, es ist eine kleine Einheit, und in der wird eben oben gemessen. *Wir interpretieren die Anzeige also so, dass stündlich 0,045 Millionstel Sv an Gammastrahlung ankommen. Versuchen wir mit diesem Gerät die Gammastrahlung um uns herum zu messen. Versuche vor jedem der folgenden Experimente eine Schätzung des Messwertes abzugeben. Wenn sich deine Erwartungen nach der Diskussion mit der Klasse ändern, informiere deinen Lehrer oder deine Lehrerin darüber!* Passt. Und jetzt kommen wir eben zu unseren Problemen. Problem eins, könntest du das bitte kurz vorlesen.

Mia: *Woher kommt die Gammastrahlung um uns herum? Trägt Sonnenlicht zu unserer Strahlenbelastung bei? Gehen wir dieser Frage nach, indem wir die Strahlungsintensität im Schatten mit der in der Sonne vergleichen. Das Foto unten wurde auf dem Sportplatz vor einer Schule aufgenommen. Wie ihr sehen könnt, betrug der Messwert im Sonnenschein etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Was erwartest du? Wie hoch wird die Strahlung im Schatten sein?*

T4: Kurz, weiß jeder, was das Wort Intensität bedeutet?

Vincent: Die Stärke.

T4: Genau, wie stark ist es eigentlich. Sehr gut, Vincent. Das ist wichtig für die Beispiele, das Wort wird öfter vorkommen.

T3: Also wie wir eben vorher schon gesagt haben, diese Geräte zeichnen auf, wie gefährlich es für den Menschen ist, also wie stark die Strahlung ist, und diese Strahlungsintensität ist einfach ein anderes Wort für, ein wissenschaftlicheres Wort für, wie stark die Strahlen an diesem Ort wirken.

T4: Ja, genau, und wenn ihr irgendein Wort nicht kennt, bitte zeigt auf. Es ist wichtig für die Sache, bitte fragt nach.

T3: Passt, also folgende Situation. Wir haben jetzt auf dem Sportplatz vor einer Schule mit diesen zwei Geräten die Strahlung, die Gamma Strahlung, gemessen in der Sonne. Wir sehen, hier 0,033 Mikro Sievert wird angezeigt und beim anderen wird 0,026 Mikro Sievert angezeigt. Hat irgendjemand eine Idee, wieso diese zwei Werte nicht exakt gleich sind?

Mason: Weil sie nicht an derselben Position liegen.

T3: Okay, weil sie nicht auf derselben Position liegen. Andere Ideen?

Jonas: Weil die Strahlung manchmal sinkt und manchmal steigt.

T3: Ja, das hört sich sehr gut an. Also diese kleinen Positionsunterschiede können natürlich Auswirkungen haben, aber wir haben vorhin gehört, die Gammastrahlung, die reicht ja sehr weit. Und auf ganz kleinen Ortsunterschieden, ist die eigentlich dieselbe. Aber ganz wichtig, genau sie ist ja nicht immer völlig konstant, also nicht immer derselbe Wert. Wir haben ja vorhin gehört, diese Geräte messen einen Durchschnitt in eine Stunde und dieser Durchschnitt kann natürlich variieren, und wir haben eine gewisse Abweichung, weil die Strahlung nicht immer gleich stark ist, und deswegen variieren auch diese zwei Messgeräte. Aber wir merken, sie sind schon recht ähnlich. 0,033 und 0,026 ist ca. gleich. Jetzt die Frage für euch. Glaubt ihr, dass die Strahlung jetzt in der Sonne stärker ist als später dann im Schatten. Glaubt ihr, dass die Strahlung im Schatten stärker ist oder glaubt ihr es gibt keinen Unterschied zwischen den beiden Messungen. Also, wir haben das jetzt in der Sonne, wir legen diese Messgeräte einfach

irgendwo in den Schatten neben dem Sportplatz und messen dann noch einmal. Kreist bitte eure Antwort ein. Ja, die meisten sehen schon wieder auf den Beamer vor. Wer von euch hat sich für A entschieden, dass die Strahlung in der Sonne stärker ist? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben. Wer von euch hat sich für B entschieden, dass die Strahlung im Schatten stärker ist, als in der Sonne? Zwei, drei, vier, fünf. Und wie viele von euch haben sich für C entschieden, dass es keinen Unterschied gibt, wo wir da messen, im Schatten oder in der Sonne? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben. Passt, perfekt, dann stimmt das wieder. Das heißt dann fangen wir gleich mit euch an. Wieso habt ihr zwei euch für C entschieden? Dass es keinen Unterschied gibt zwischen den beiden Messungen.

Joseph: Das war mehr oder weniger geraten.

T3: Geraten wieder, ok. Da hinten gibt es eine Idee.

Vincent: Ja, weil die Strahlung ja trotzdem da ist und es keinen Unterschied macht, ob es in der Sonne oder im Schatten ist.

T3: Ok, also sie sind trotzdem da, es gibt keinen Unterschied. Ja, du bitte.

Sophia: Es werden ja nicht die Sonnenstrahlen, sondern die Gamma Strahlen gemessen. So macht es keinen Unterschied, ob es in der Sonne oder im Schatten ist.

T3: Ok, das heißt das waren jetzt die Ideen für C. Jetzt für B, dass die Strahlung im Schatten stärker ist. Ja, hier vorne.

Xavier: Weil die Nebelkammer war ja auch im Dunkeln.

T3: Okay, also die Nebelkammer wurde auch im Dunkeln gemacht, und da waren auch noch Strahlen vorhanden, wie wir das gemessen haben. Eine Idee zu A? Die Strahlung in der Sonne ist stärker. Irgendjemand ein Argument oder eine Idee? Oder haben auch alle geraten? Ja, da hinten.

Oliver: Weil die Sonne direkt bestrahlt und beim anderen wird die Sonne geblockt.

T3: Okay, also, du glaubst, dass die Strahlung der Sonne eben da auch einen Einfluss hat. Sehr gut, passt. Wir haben jetzt verschiedene Argumentationen gehört. Ihr dürft jetzt, wenn ihr wollt, auch noch gerne umentscheiden. Also wenn ihr jetzt sagt, okay, diese Argumentation da hinten, die hat mich voll überzeugt, ich würde jetzt gerne von B auf A wechseln, dann dürfte das jetzt gerne noch machen. Will noch irgendjemand wechseln? Niemand? Vertraut ihr alle auf eure erste Antwortmöglichkeit?

Charlotte: Ja.

T3: Passt, dann schauen wir uns an was richtig ist. Also, wir merken uns, gemessen wurde da 0,033 und 0,026. Also so in etwa 0,03 Mikro-Sievert. *Strahlung in der Sonne und dem Schatten*. Möchtest du bitte vorlesen.

Sophia: *Die experimentellen Ergebnisse für dieses und die verbleibenden Probleme sind mit freundlicher Genehmigung von Herrn Yamamoto, einem Physiklehrer an einer High School in Shizuoka, Japan.) Der Durchschnitt der beiden Detektoren war gleich 0,03. Wir sehen also, dass die Strahlung im Sonnenschein ungefähr gleich ist wie im Schatten. Dies bedeutet, dass die Strahlung um uns herum nicht mit dem Sonnenlicht zusammenhängt.*

T3: Ok, also wir sehen C war also richtig. Es gibt keinen Unterschied zwischen Sonne und den Schatten, also die haben dasselbe gemessen. Wir merken zwar: Okay, der hat 0,025, der 0,035, aber im Durchschnitt eben wieder in etwas diese 0,03. Genau, bitte korrigiert eure Antworten, dass C richtig war. Dann kommen wir zu unserem zweiten Problem. Die Nachbarin bitte.

Sophia: *Lasst uns dieses Mal untersuchen, ob die Strahlung im Klassenzimmer anders ist als draußen. Wie du auf dem Foto links außerhalb der Schule sehen kannst, betrug die Strahlungsleistung wieder etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Ändert sich die Stärke der Strahlung, wenn diese Messgeräte in die Schule gebracht werden?*

T3: Genau also, es wird von der Schule gemessen. Ja.

Sophia: Also es kommt ja auch darauf an was für eine Schule das ist.

T3: Ja, also, wir stellen uns vor, das ist eine sehr gute Frage. Stellt es euch vor, einfach an eurer Schule, jetzt hier. Wir haben vorhin am Loquaipplatz haben wir gemessen, sind dann hereingekommen und dann in der Schule gemessen. Also jetzt noch gar nicht wichtig aus was die Schule besteht, einfach eure Schule hier. Was glaubt ihr, wo wird es höher sein? Also A, die Strahlung ist draußen stärker also im Park. B, die Strahlung ist im Inneren stärker und C, die beide sind ungefähr gleich. Ich hoffe, alle haben sie für eine Antwort entschieden. Wer von euch hat sich für A entschieden, dass die Strahlung draußen stärker ist. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. Dann B, die Strahlung ist im Inneren stärker, also im Schulgebäude. Eine Person. Und C, die beiden sind ungefähr gleich, also egal ob draußen oder drinnen gemessen wird, es ist wieder dasselbe wie vorhin. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun. Passt, jetzt bei A. Die Strahlung ist draußen stärker. Kommen wir jetzt wieder zu unserer Argumentationsphase. Wer hätte denn etwas vorzubringen?

Sophia: Also, ich glaube fast, dass sie draußen stärker ist, weil die Strahlungen kommen ja nicht so durch Gebäude durch. Und in Tschernobyl hat man sich ja auch drinnen aufhalten sollen, dass die Strahlung nicht reinkommt.

T3: Ok, also ihr glaubts, dass das Gebäude die Strahlung von draußen abschirmt.

Sophia: Ja ganz wirds ja nicht gehen, aber so ein bisschen.

T3: Ja, okay. B, die Strahlung ist im Inneren stärker, das ist ja eigentlich genau das Gegenteil. Was hast du dir dabei gedacht? Du warst ja die Einzige, die sich für B entschieden hat.

Charlotte: Ich habe einfach geraten.

T3: Geraten okay, völlig valide, gar kein Problem. Und die beiden sind ungefähr gleich, haben wir neun. Bei euch zwei, ihr zwei habt euch ja dieses Mal gegensätzlich entschieden und dann vor immer gleich. Wer von euch hat jetzt C gesagt? Wieso hast du dich für C entschieden und nicht auch wieder für A?

Oliver: Äh für C, ja auch geraten.

T3: Okay, passt, wenn alle geraten haben, schauen wir uns das an. Also da war die Argumentation mit die Strahlung ist draußen stärker. Wenn ihr wollt, wie gesagt, ihr könnt euch umentscheiden, wenn euch irgendwie etwas gefallen hat. Ich mein ich hatte geraten würde ich vielleicht nicht vertrauen, aber jetzt zum Beispiel hier bei der Argumentation, das Gebäude schwächt die Strahlung ab. Wenn jetzt irgendwer von B oder C sagen würde, er/sie will jetzt zu A wechseln, dann dürft ihr jetzt wenn ihr wollt. Nicht? Dann schauen wir uns es an. Kannst du bitte lesen.

Xavier: *Herr Yamamoto maß eine größere Strahlenbelastung, als er in das Schulgebäude gegangen ist. Hier sehen wir also, dass die Strahlung etwa 0,08 Mikrosievert pro Stunde beträgt. Die Strahlung innerhalb der Schule war also stärker als draußen. Herr Yamamoto hat dieses Experiment mehrere Jahre lang während des Unterrichts durchgeführt und immer festgestellt, dass die Strahlung im Gebäude stärker ist. Dies liegt daran, dass Beton Gammastrahlung aussendet.*

T3: Perfekt, Dankeschön. Also wir sehen in der Schule wurde was Höheres gemessen als draußen. Jetzt aber zu deiner Idee von vorhin. Das werde ich ganz kurz vorlesen. *Auswirkungen des Atomunfalls. Als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi im März 2011 gab es Stellen, an denen das Ergebnis dieses Experiments umgekehrt ausfiel. Dies war zum Beispiel an einer Schule in Tokio kurz nach dem Unfall Ende März der Fall. Zu diesem Zeitpunkt war die Strahlung außerhalb der Schule stärker als im Inneren der Schule. Dies lag daran, dass sich draußen mehr radioaktives Material als üblich befand. Im Inneren von Gebäuden gibt der Beton Gammastrahlung ab, aber gleichzeitig diente er als Abschirmung gegenüber der Strahlung außerhalb des Gebäudes. Dies war eine ungewöhnliche Situation, aber sie*

zeigt, dass es im Falle einer nuklearen Katastrophe effektiv ist, sich in Innenräumen aufzuhalten. Als dieses Experiment später im November 2011 an einer Mittelschule in Tokio durchgeführt wurde, war dies nicht mehr der Fall: Die Strahlungsintensität draußen war wieder niedriger als die innen. Dies zeigt, dass beim Unglück von Fukushima die Freisetzung ungewöhnlich großer Mengen radioaktiven Materials aus dem Kraftwerk nur ein vorübergehendes Problem war. Also, wenn so ein Atomunfall in einem Kraftwerk passiert, dann ist natürlich die Strahlungsbelastung draußen größer, aber das ändert sich dann, wie gesagt hier nach einem halben Jahr, war es auch wieder anders. Also im Gebäude war sie höher. Passt, also genau bei Antwortzetteln: Schaut wieder, B glaube ich war die richtige Antwort. Markiert euch das. Dann kommen wir zu unserem letzten Problem für heute, bitte ganz hinten in der Ecke.

Leo: Betrachten wir einen Tunnel, der durch einen Felsen führt, so wie auf dem Foto unten gezeigt. Ist die Strahlung innerhalb dieses Tunnels stärker als außerhalb? Der Strahlungsdetektor auf dem Foto unten zeigt einen Messwert von 0,035 Mikro-Sievert pro Stunde direkt außerhalb des Tunnels. Wie hoch wird deiner Meinung nach die Strahlung im Tunnel sein?

T4: Weiß jeder, was ein Detektor ist?

Joseph: Nein.

T4: Okay, kann es jemand erklären, also jemand, der gerade ja gesagt hat, der sagen kann, was ist ein Detektor?

Charlotte: Ein Messgerät.

T3: Ein Messgerät, genau. Alle, die nein gesagt haben, der Detektor ist dieses Messgerät, mit dem wir jetzt davor auch schon immer gemessen haben. Es ist wieder ein anderes Wort für Messgerät. Also wir sehen hier diesen Tunnel, und da wurde davor eben wieder diese 0,03 Mikro-Sievert gemessen. Die Frage ist jetzt, ist die Strahlung innerhalb des Tunnels höher oder niedriger, oder gleich? A ist jetzt, dass die Strahlung drinnen und draußen gleich ist. B, dass sie im Tunnel stärker ist und C dass sie im Tunnel schwächer ist als draußen. Kreuzt wieder an was ihr glaubt. A, B oder C. Also das ist ein Fußgängertunnel und der führt eben durch diesen Berg durch. Dann würde ich wieder durchzählen. Wer von euch hat sich für A entschieden, dass die Strahlung drinnen und draußen gleich ist? Eins, zwei, drei, vier, fünf. Wer hat sich für B entschieden, dass die Strahlung im Tunnel stärker ist, also dass da eine höhere Zahl angezeigt wird. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben. Und C, die Strahlung ist im Tunnel schwächer als draußen. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben. Passt, das werde ich mir merken bis morgen.

Lesson 2

T3: Jetzt geht es los. Nochmal eine kurze Zusammenfassung für dich. Wir, der Großteil der Stunde, wird eben über dieses PDF-Dokument laufen. Alle anderen kennen es schon. Und grundsätzlich, wir stellen uns verschiedene Probleme zum Thema Strahlung. Es geht um verschiedenste Strahlungstypen. Wir haben, wir haben ein Messgerät kennengelernt, das sehen wir hier vorne, das würde schon als Geigerzähler betitelt also, das heißt so, dieses Messgerät, und das misst einfach die Strahlung und wie gefährlich sie auf den menschlichen Körper ist. Wir haben uns schon ein paar Sachen angeschaut, ob die Strahlung in der Sonne oder im Schatten stärker ist, mit diesem

Messgerät. Wir haben gesehen, okay, sie ist gleich stark, egal ob in der Sonne oder im Schatten. Wir haben uns auch angesehen, ist es draußen im Park oder innerhalb der Schule stärker, und damit gesehen, sie waren in der Schule stärker. Aufgrund von den Wänden und vom Beton, weil der die Strahlung aussendet. Bevor wir jetzt zu unserem dritten Problem kommen, eben ob es im Tunnel oder außerhalb stärker ist, will ich ganz kurz fragen, habt ihr alle eure Zettel dabei? Von gestern. Da vorne noch einen. Alle anderen bitte den Zettel auf den Tisch legen. Passt also, dann schauen wir uns noch mal dieses dritte Problem an, das wir uns gestern am Ende gestellt haben. Ich lese es noch mal ganz kurz vor. *Betrachten wir einen Tunnel, der durch einen Felsen führt, so wie auf dem Foto unten gezeigt. Ist die Strahlung innerhalb dieses Tunnels stärker als außerhalb? Der Strahlungsdetektor auf dem Foto unten zeigt einen Messwert von 0,035 Mikro-Sievert pro Stunde direkt außerhalb des Tunnels. Wie hoch wird deiner Meinung nach die Strahlung im Tunnel sein?* Noch mal ganz kurz die Frage, was war nochmal dieser Strahlungsdetektor? Wir haben gesagt, Detektor, das kennen einige nicht, das Wort. Ja, ganz hinten.

Jonas: Ein Messgerät.

T3: Genau, ein Messgerät. Also dieses Messgerät, das wir da auf dem Bild erkennen. Wie hoch wird deiner Meinung nach die Strahlung im Tunnel sein? Und da haben wir jetzt drei Antwortmöglichkeiten. Also A, die Strahlung ist im Tunnel und außerhalb des Tunnels gleich stark. B, die Strahlung ist im Tunnel stärker und C, die Strahlung ist im Tunnel schwächer. Für dich Mason, du kannst jetzt auf deinem Zettel eine Antwortmöglichkeit einkreisen oder ankreuzen, die du glaubst das richtig ist.

Mason: Wie eine LZK?

T3: Nein nein, es gibt kein Richtig und Falsch, einfach was du glaubst, das richtig ist. Also, es wird dann nicht abgesammelt und benotet, also gar kein Stress, einfach wo du glaubst, das könnte am ehesten stimmen.

Noah: Ist der nur für Fußgänger der Tunnel?

T3: Ja, wir sehen es hier. Da ist so ein Fußgänger Logo, also das ist nur für Fußgänger.

Sophia: Die Frage ist wie lange der Tunnel ist. Ist das ein langer oder kurzer Tunnel?

T3: Das ist, glaube ich, wird, glaube ich, nicht gesagt. Wir sehen, es wird nicht ganz ein Kurzer sein, weil da ein bisschen ein Schatten zu erkennen ist. Also, es wird sicher, so würde sagen, 100 Meter lang sein. Okay, haben sie sich alle entschieden? Dann wie gestern. Wir machen es wieder gleich. Wer von euch hat denn A angekreuzt? Bitte alle aufzeigen, die A angekreuzt haben. Zeigt richtig auf, dass ich ordentlich sehen kann, wie viele. Eins, zwei. Sind das alle?

Noah: Ja.

T3: Ja, ok. Dann, wer von euch sagt, die Strahlung ist im Tunnel stärker als außerhalb? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. Und wer sagt von euch C, die Strahlung ist im Tunnel schwächer? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs. Jetzt haben wir 16. Stimmt, 16 passt. Perfekt. Im Vergleich zu gestern, wir haben ja gestern am Ende das auch schon angeschaut, und ich habe mir das abfotografiert wie viele von euch gestern geantwortet haben und gestern war es noch fünf, sieben, sieben. Also ein paar von euch haben sich jetzt doch nicht für A entschieden. Ich will jetzt mal ganz kurz fragen. Wer war für A? Ihr zwei wart für A. Wieso, ganz drüben am Fenster, wieso glaubst du, dass die Strahlung innerhalb und außerhalb gleich ist?

Oliver: Geraten.

T3: Geraten, okay. Und wieso habt ihr euch beide für das entschieden? Habt ihr euch abgesprochen?

Oliver: Nein.

T3: Nicht? War einfach Zufall?

Oliver: Ja.

T3: Okay, was glauben die anderen? B haben ja die meisten gesagt. Ja, was glaubst du? Wieso ist B richtig?

Jonas: Ach so, B? Ich bin bei C.

T3: Bist du bei C, ok. Wieso glaubst du, das C richtig ist?

Jonas: Ich habe C gewählt, weil die Strahlung muss in den Tunnel. Natürlich ist da immer noch Strahlung, aber jetzt nicht so viel wie außen.

T3: Okay, also, weniger Luft, und man ist abgeschützt im Tunnel. Okay, du hast B genommen, wieso?

Sophia: Ich habe am Anfang A, weil ich nicht wusste, wie lange der Tunnel ist, wenn es jetzt nur so ein ganz kurzer ist, dann denke ich mir, wird sie gleich sein. Aber wenn es jetzt ein bisschen längerer ist, denke ich, dass es wie, zum Beispiel wie bei der Schule ist.

T3: Okay, also, ähnliches Argument wie in der Schule. Bei der Schule war ja das Argument, das eben durch die Wände und den Beton eben die Strahlung abgegeben wird und somit ist in eine erhöhte Strahlung. Wolltest du noch was sagen?

Sebastian: Ich wollte gerade sagen, Sie haben ja den Beton erwähnt, also ist da mehr Strahlung durchs Material.

T3: Ja, okay, also vom Material vom Tunnel, passt.

Sebastian: Ist das richtig?

T3: Das werden wir gleich sehen, das werden wir gleich sehen. Die nächste Phase. Gestern hat sich ja niemand umentschieden. Das nächste wäre, das, ihr habt jetzt die Argumente gehört und ihr dürft es jetzt noch sagen, wenn du jetzt sagst, okay, ich habe zwar C gewählt, aber das Argument hier vorne hat sehr richtig geklungen, dann dürftest du noch gerne sagen, okay, nein, ich bin jetzt doch für B. Will das noch jemand? Was würdest du sagen?

Vincent: Ja, B.

T3: Du willst B, wo warst du vorher?

Vincent: C.

T3: Von C auf B. Also haben wir hier neun, hier sechs.

Xavier: Hä, aber warum?

T3: Einfach, um eure Motivation für diese Spiele ein bisschen erhöhen.

Xavier: Warum Vincent?

T3: Genau, wieso hast du dich umentschieden?

Vincent: Wegen dem Beton, weil in der Schule was ja auch so.

Mason: Das ist aber schon ein Unterschied, wenn zum Beispiel, wenn du zum Beispiel ein verlassenes Haus, stell dir vor du bist in einem verlassenen Haus und das ist ganz stark voller Strahlung. Dann ist es in dem Haus doch anders als draußen.

T3: Ja, einen Moment ganz kurz, lassen wir kurz diese Diskussion, du darfst gerne dein Argument fertig sagen.

Mason: Also ich weiß nicht ab das eine blöde Idee ist. Aber gerade war auf jeden Fall draußen stärker als drinnen. Drinnen war weniger als draußen.

Mia: Gestern wurde es in einer Schule gemessen. Und da wurde das auch gesagt mit Tschernobyl, aber da war es nur kurze Zeit draußen mehr, wegen dem Atomunfall. Aber dadurch, dass der Beton die Strahlung abgibt, ist drinnen mehr Strahlung.

T3: Absolut richtig. Ganz kurz, ganz kurz zu gestern, zu dieser Argumentation, weil das wurde nämlich gestern schon geklärt. Das schauen wir uns ganz kurz, noch einmal, Robin, ganz kurz, das haben wir uns nämlich gestern durchgelesen, das fehlt dir vielleicht in dieser Argumentation. Da wurde nämlich gesagt, als dieses, also in der Schule, wurde eine erhöhte Strahlung gemessen. Als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi im März 2011 gab es Stellen, an denen das Ergebnis dieses Experiments umgekehrt ausfiel. Dies war zum Beispiel an einer Schule in Tokio

kurz nach dem Unfall Ende März der Fall. Zu diesem Zeitpunkt war die Strahlung außerhalb der Schule stärker als im Inneren der Schule. Weil eben die Schule als Abschirmung gedient hat. Wir haben jetzt nicht gesagt, dass da ein Atomunfall in der Nähe ist.

Oliver: Kann man noch wechseln?

T3: Ja, ist noch erlaubt.

Oliver: Zu C zu B.

T3: Von C zu B, ja auch. Also das Argument mit dem Material im Tunnel hat sehr gut gezogen. Passt. Wenn es jetzt keine weiteren Zusätze mehr gibt zu diesem Thema, schauen wir uns die Lösungen an. Also, wir sehen, oben wurde 0,035 gemessen. Genau, fangen wir wieder ganz vorne an, wie gestern. Möchtest du das bitte wieder vorlesen, diesen Text.

Leo: *Als Herr Yamamoto diesen Tunnel betrat, stieg die Strahlungsleistung auf 0,09 Mikro-Sv pro Stunde an. Das ist etwa das Dreifache des Wertes außerhalb des Tunnels.*

T3: Genau, also wir sehen es ist der dreifache Wert. Was war jetzt nochmal die Strahlungsleistung, das ist auch gestern schon vorgekommen. Ist auch so ein Wort. Ja.

Olivia: Mikro-Sievert.

T3: Ja, das ist die Einheit, das ist die Einheit von dieser Strahlungsleistung. Aber was bedeutet die Strahlungsleistung? Was bedeutet jetzt dieser Satz? Stieg die Strahlungsleistung auf 0,09 Mikro-Sievert pro Stunde.

Xavier: Ist das die Gammastrahlung?

T3: Ja, genau. Das ist der Typ der Strahlung, den wir messen. Aber was bedeutet die Strahlungsleistung? Was bedeutet es, wenn die Strahlungsleistung niedrig ist oder wenn sie hoch ist? Ja.

Leo: Wie viel Strahlung in einer Stunde vorhanden ist.

T3: Genau also, wie viel Strahlung dort vorhanden ist. Genau, wie intensiv die Strahlung davon ist. Das haben wir gestern gesehen. Genau, Strahlungsleistungen bedeutet, wie stark dort die Strahlung ist. Dann der zweite Absatz. Bitte der Banknachbar.

Jonas: Ich habe wieder keine Brille dabei.

T3: Wieder keine Brille dabei. Dann machst du weiter.

Xavier: *Zu einem anderen Zeitpunkt hat er die Strahlungsleistung in einem langen Autobahntunnel gemessen. Außerhalb des Tunnels lag die Strahlungsleistung bei 0,06 Mikro-Sievert pro Stunde und im Inneren dann bei 0,131. Das ist mehr als doppelt so hoch. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Felsen, die den Tunnel umgeben, eine starke Strahlungsquelle sind.*

T3: Genau also wieder das Material um den Tunnel. Die Felsen geben die Strahlung ab und sind eben diese Strahlungsquelle und somit wird eine erhöhte Strahlungsleistung gemessen. Genau wie du gesagt hast. Und auch eine gute Frage. Wie lange ist der Tunnel? Wir sehen nämlich hier, dass bei einem langen Autobahntunnel das Ergebnis noch höher ist. Haben wir diese 0,091 gemessen, hier 0,131. Genau, gehen wir zum Nächsten. Problem vier. Kannst du das bitte vorlesen? Bisschen lauter bitte, dass es alle hören und die anderen bisschen ruhiger sein, wenn es geht.

Sophia: *Wenn die Steine in einem Tunnel Strahlung aussenden, würden dann auch die Steine in einem Steingebäude Strahlung aussenden? Gebäude werden oft aus einem Stein namens Granit gebaut. Granit wird an vielen Stellen verwendet, beispielsweise auf den Stufen von Bahnhöfen, an Wänden von Gebäuden, Denkmälern und Grabsteinen. Es ist das am häufigsten vorkommende Gestein der Erdkruste.*

T3: Genau. Also eben dieser Granit sendet diese Strahlung aus, und jetzt kommen wir zu unserem vierten. *Die Wände im Inneren des Wohnhauses auf dem Foto sind aus Granit. Außerhalb des Gebäudes zeigt der Strahlungsdetektor einen Messwert von*

0,039 Mikro-Sievert pro Stunde an. Wie wir wieder auf dem Bild sehen. Was erwartest du, welchen Wert das Gerät im Inneren des Gebäudes anzeigen wird? Also wieder vor dem Gebäude. Es gibt wieder drei Antwortmöglichkeiten, A, B, C. A, innerhalb des Gebäudes wird die Strahlung größer sein. B, innerhalb wird sie schwächer sein oder die Strahlung wird gleich sein. Kreist wieder ein, was ihr glaubt, was richtig ist und wieso. Und wenn hier jetzt A, B oder C auswählt, ganz kurz, wenn ihr jetzt A, B oder C auswählt. Es steht ja oben, wie hoch glaubt ihr, wird die Strahlungsbelastung sein. Schreibt auch einen Wert dazu, den ihr glaubt, wie hoch es sein wird. Wenn ihr sagt, es ist niedriger, dann schreibt den niedrigeren Wert auf, und wenn ihr sagt, dass es höher ist, schreibt einen höheren Wert auf. Wie ihr ungefähr glaubt, dass das sein wird. Wir haben ja jetzt schon verschiedenste Werte gesehen, vorher. Genau! Dann wieder dasselbe Muster wie vorhin. Wer von euch glaubt A, dass die Strahlung im Gebäude größer sein wird? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. Wer von euch glaubt B, dass die innerhalb des Gebäudes schwächer sein wird, die Strahlung? Eins, zwei, drei. Wer glaubt C, dass die Strahlung innerhalb und außerhalb gleich sein wird? Eins, zwei, drei. Das geht sich jetzt aber nicht ganz aus. Ein paar haben vergessen aufzuzeigen oder waren sich unsicher. Wie gesagt, das Allerwichtigste ist, dass ihr einfach abstimmt. Wir schauen dann immer am Ende, ob alle abgestimmt haben. Wir wären jetzt eigentlich 17 aber jetzt haben nur 14 angekreuzt. Machen wir es nochmal. Wer von euch glaubt A? Dass es innerhalb des Gebäudes größer ist. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn. Wer glaubt B, dass es innerhalb schwächer sein wird? Eins, zwei, drei, vier. Wer glaubt C, dass es gleich sein wird? Eins, zwei, drei, passt perfekt. Dann haben wir jetzt 17. Ideal. Ihr habt euch für gleich entschieden, ihr wart euch ein bisschen unsicher. Wieso habt ihr euch für gleich entschieden?

Vincent: Ja, weiß ich es nicht.

T3: Du weißt es nicht? Bauchgefühl oder völlig geraten.

Vincent: Völlig geraten.

T3: Ok. Wer von euch hat denn B genommen? Das es innerhalb schwächer war. Ja, hier vorne. Wieso?

Jonas: Wegen dem Granit, der die Strahlung abstößt.

T3: Das er sie abschwächt, ok. Wer hat von euch hat A genommen? Ganz hinten, wieso?

Mason: Dass die Wände aus Granit sind und er die Strahlung abschwächt.

T3: Okay, das schwächt da ab. Ok, passt. Wir lernen ja ein neues Thema dazu, also bei uns ist noch niemand ein Experte, alles gut, das werden wir am Ende sein. Also, wie steht ihr dazu? Habt ihr noch irgendwelche Gegenargumente für irgendjemanden? Ihr vorne habt ein paar Geräusche gemacht, während ein paar Argumente gesagt wurden. Wollen ihr noch irgendwas dazu sagen? Was habt ihr gewählt?

Fiona: Wir haben A gewählt.

T3: Ihr habt A gewählt, beide. Ok. Wieso?

Fiona: Weil haben wir nicht gelesen, dass Granit das verstärkt?

T3: Einen Moment, ganz kurz, ganz kurz. Schauen wir uns das noch einmal an. Da ist jetzt die Frage, die oben erklärt wurde. Genau, die Felsen, die den Tunnel umgeben eine starke Strahlungsquelle sind. Und die Angabe war, wenn die Steine in einem Tunnel Strahlen aussenden, würden dann auch die Steine in einem Steingebäude Strahlung aussenden? Genau das ist ja die Frage. Wir wissen es noch nicht, ob es auch in einem Gebäude der Fall ist. Genau das ist die Frage. Und jetzt, die Wände im Inneren des Wohnhauses sind aus Granit. Ja, ganz drüben. Was hast du gewählt?

Jonas: Ich habe A gewählt.

T3: Ok, dass es stärker ist. Was wolltest du dazu sagen?

Jonas: Der Granit ist ja immun.

T3: Okay, er ist immun, meinst du, meinst du, dass sie? Meinst du, dass er, dass er die Strahlung abschirmt? Oder inwiefern immun? Die Sache ist nur, die Sache ist nur, es geht nicht durch Beton durch. Sondern der Beton war von sich aus die Quelle der Strahlung, also der Beton hat die Strahlung ausgesendet. Strahlung war ja auch außerhalb geringer als drinnen. Somit ist dann nicht die Strahlung von außen hineingekommen. Also die Strahlung ging vom Beton aus. Jetzt ist die Frage, eben auch die Felsen, die den Tunnel umgeben, haben diese Strahlung ausgesendet, und jetzt die Frage, ob dieser Granitstein in diesem Wohngebäude, einfach ein ganz normales Wohngebäude, auch diese Strahlung abgibt. Ich glaub wir haben jetzt genug diskutiert, wir sind bereit für die Auflösung. Sehen wir uns nochmal zur Erinnerung an 0,039 war es außerhalb. Magst du das kurz vorlesen?

Olivia: *Dies ist ein Foto von dem, was im Inneren des Gebäudes gemessen wurde: Das Gerät zeigt 0,134 Mikro-Sv pro Stunde, also mehr als die dreifache Stärke der Strahlung von außen.*

T3: Nächster bitte.

Oliver: *Ginza, ein Bezirk in Tokyo, hat viele Gebäude aus Granit. Infolgedessen erhält ein Fußgänger, der in Ginza herumläuft, mehr Strahlung als in einer der umliegenden Städte. Wohlhabende Stadtteile mit viel Steinverbrauch haben entsprechend höhere Strahlendosen. Die mittlere Gammastrahlungsleistung der Steine im Land Japan liegt bei 0,05 Mikro-Sv pro Stunde.*

T3: Genau also, wir haben gesehen, innerhalb von diesem Gebäude war die Strahlung höher und vor allem eben Granit ist ein sehr, sehr ein Stein, der sehr viel von dieser Gammastrahlung aussendet, weil eben in diesem Stadtteil auch die Strahlungsleistung, wie wir sie jetzt schon kennen, viel höher ist. Genau, wer von euch? Ich will ganz kurz fragen, welche Werte, die die A gewählt haben. Ist jemand nahe dran gewesen an diesem 0,134. Was hast du für einen Wert gewählt?

Olivia: 0,182

T3: 0,182 das war schon sehr nah dran. Ja, was habt ihr?

Jonas: Ich habe geschrieben das Dreifache.

T3: Das Dreifache, darf ich kurz schauen. Doppelt bis dreifach, also auch sehr, sehr nahe dran. Das war nämlich im Endeffekt das Dreifache. Alle schon sehr nahe dran. Sehr gut. Also, wir wissen jetzt aus den letzten drei Problemen, dass eben Steine Felsen und Beton alle die Gammastrahlung aussehen. Das merken wir uns. Gehen wir zum Nächsten. Jetzt haben wir ein anderes Problem, nicht mehr Gebäude, sondern wir schauen uns jetzt das Schiff an. Angenommen, wir verlassen das Land und fahren auf einem Schiff aufs Meer hinaus. Was glaubst du, wie hoch ist die Strahlungsbelastung auf dem Meer? Ganz kurz, ganz kurze Phase, überlegt ganz kurz, was richtig sein könnte. Kreuzt alle noch unvoreingenommen Antworten an. A, B oder C. A, ist die Strahlung schwächer, also am Meer als am Land. B, sie ist gleich wie am Land und C, die Strahlung ist stärker als am Land. Also C sagt, dass die Strahlung am Meer draußen stärker ist, und A sagt, dass die Strahlung draußen geringer sein wird. Also, wer von euch hat A gewählt, dass die Strahlung schwächer sein wird am Meer? Oh, sehr viele Hände. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13. Wer von euch sagt B, dass sie gleich stark sein wird wie am Land? Niemand. Und wer von euch sagt C, die Strahlung wird stärker sein am Meer als am Land? Es sollen jetzt vier sein. Genau, eins, zwei, drei, vier. Perfekt, wieso habt ihr euch für C entschieden, ihr zwei?

Xavier: Ich habe geraten.

T3: Keinen Grund? Irgendeine Argumentation. Vielleicht wird dem Schiff oder mit dem Wasser oder mit dem Meer? Wieso? Wieso war für euch intuitiv C? Die anderen bitte nicht dazwischenreden, während die anderen überlegen und ihre Argumente bringen. Ja, genau auf dem Meer oder am Land.

Oliver: Ist da am Meer nichts außer Wasser?

T3: Genau also, stellt es euch vor, ihr seid irgendwo im Urlaub, weiß nicht Kroatien, Italien, Spanien, könnt ihr euch aussuchen. Ihr seid es davor am Land, in einer Stadt, und dort messt ihr mit eurem Messgerät. Dann geht ihr aufs Schiff und fährt aufs Meer hinaus, und dann am Meer draußen, ihr fahrt, weiß nicht, eine Stunde, zwei Stunden, sodass ihr kein Festland mehr seht und dann messt ihr wieder mit eurem Messgerät. Was wird das Messgerät anzeigen? Also einfach geraten ihr zwei? Oder hättest du eine Idee?

Sophia: Ich habe da jetzt nicht wirklich eine Argumentation.

T3: Intuitiv, das Bauchgefühl sagt das.

Sophia: Ja.

T3: Okay, was sagen die anderen? Es haben sich ja jetzt 13 für A entschieden, da werden doch jetzt Argumente fallen. Vielleicht mal andere als immer dieselben drei, vier. Was sagst du dahinten? Du hast dich ja später für A entschieden.

Leo: Geraten.

T3: Geraten, ok. Sonst niemand? Ja, bitte.

Vincent: Ich glaube am Land ist es schwächer, weil..

T3: Du glaubst am Land ist es schwächer?

Vincent: Am Land, ja.

T3: Okay, dann bist du aber auch bei C. Weil C sagt, dass die Strahlung am Meer stärker als am Land ist. Also du glaubst am Land ist schwächer?

Vincent: Ja.

T3: Okay, aber dann bist du bei C.

Vincent: Bei A, oder?

T3: Nein, nein, es steht, es steht in die... Dieser Satz bedeutet, die Strahlung ist am Land, ist am Meer stärker als am Land. Dieses Meer ist einfach weggelassen. Die Frage war ja, was glaubst du, wie hoch ist die Strahlungsbelastung auf dem Meer? Auf den Meer ist die Strahlungsbelastung stärker als an Land. Also, du bist bei C. Was glaubt ihr, warum ist das so?

Vincent: Ich meine da draußen gibt es ja nur Wasser und ich glaube nicht, dass Wasser Strahlung aussendet.

T3: Okay, also, die Argumentation war, dass im Meer eigentlich nichts ist, außer Wasser. Es gibt jetzt auch keine anderen Dinge, die wir vorhin gehört haben, die Gammastrahlung aussenden können. Was willst du noch dazu sagen?

Jonas: Das eben die Steine, die sind ja alle unter Wasser, und die sind ja, und die werden ja auch durch den Druck von Wasser hinunter gepresst. Und die Strahlung, die von Steinen Unterwasser kommt kann nicht so leicht hinauf. Deswegen ist jetzt wahrscheinlich die Strahlung weniger.

T3: Ok, ok. Was sagen die anderen dazu?

Noah: Es könnte ja auch am Schiff liegen, dass die Strahlung stärker ist.

T3: Ok. Aber was für was hast du dich entschieden?

Noah: Dass es am Land stärker ist.

T3: Okay, also trotzdem dafür entschieden, obwohl du glaubst, vielleicht, das Schiff könnte Strahlung aussenden. Passt, was sagen die anderen dazu? Gibt es jetzt noch irgendwelche Einwände? Will sich jemand umentscheiden? Niemand. Dann schauen wir uns die Auflösung an. Zweite Reihe. Bitte anfangen zu lesen.

Mia: *Das linke Foto zeigt das Ergebnis der Messung der Radioaktivität auf einer Fähre in der Ise-Bucht. Vor der Bootsahrt, am Hafenboden, war das Ergebnis 0,05 Mikro-Sievert pro Stunde. Auf hoher See, wie auf dem Foto zu sehen ist, fiel der Messwert auf 0,005 Mikro-Sievert pro Stunde. Das entspricht einem Zehntel von der Messung im Hafen.*

T3: Genau, also wir sehen im Hafen war es 0,05 Mikro-Sievert, nachdem das Schiff rausgefahren ist ans Meer war es 0,005 Mikro-Sievert, also es war viel kleiner. Genau, lesen wir jetzt auch noch den zweiten Absatz durch.

Sophia: *Das zweite Foto entstand im Schwimmbad einer Schule. Hier war der Strahlungswert 0,021 Mikro-Sievert. Das ist die Hälfte der Strahlung über dem Boden rundherum. Wir sehen, dass über dem Wasser weniger Strahlung messbar ist als über dem Land. Auch wenn das Land unter dem Wasser Gammastrahlen aussendet, wirkt das Wasser wie eine Barriere gegen Strahlung.*

T3: Genau perfekt! Das war auch ein Argument hier vorne, dass eben das Wasser wie eine Art Schutzwand gilt. Es ist eigentlich wieder dieselbe Argumentation, wie davor. Eben der Boden und die Gesteine senden die Strahlung aus und das Wasser ist hier eine Schutzwand zwischen dem Messgerät und den Gesteinen unten am Meeresboden.

Genau also, in dem Fall war A richtig, dass es am Meer geringer ist, die Strahlung.

Notiert euch wieder das richtige Ergebnis auf eurem Antwortzettel. Alle, die C gewählt haben, kreuzt das bitte richtig an. Perfekt. Dann Problem sechs. *Ein anderer Weg uns von der Erde zu entfernen ist unseren Abstand zum Boden zu erhöhen. Dieses Foto zeigt die Strahlungsmessung am Boden des Tokyo Towers. Wie du sehen kannst, war die gemessene Dosisleistung 0,065 Mikro-Sievert pro Stunde. Wenn wir von hier aus 140 m die Treppe hinaufsteigen, wie verändert sich dann die Strahlung?* Wir sehen, ich zeige euch ganz kurz das Bild, das geht nicht auf eine Seite. Da, das ist dieser Tokyo Tower, der in Tokio steht, und es wurde davor unten am Boden gemessen. Da haben wir 0,065 Mikro-Sievert und die Person geht jetzt diese 140 Meter über diese Treppen oder Aufzug, diesen Tokyo Tower hinauf und misst oben an der Spitze wieder. Die Frage ist jetzt ist die Strahlung mit zunehmender Höhe schwächer oder bleibt die Strahlung gleich oder wird sie stärker mit zunehmender Höhe. Kreuzt das wieder auf eurem Zettel an, überlegt euch, was stimmen könnte. Dann starten wir. A, die Strahlung wird mit zunehmender Höhe schwächer. Eins, zwei, drei, vier, fünf.

Mason: Was heißt schwächer?

T3: Schwächer. A ist die Strahlung... ihr seht das auch eurem Antwortzettel. Die Strahlung wird mit zunehmender Höhe schwächer. Ich zähl nochmal durch. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. B ist, dass die Strahlung gleichbleibt, egal wie hoch wir diesen Turm hinaufgehen. Niemand. Und C, die Strahlung wird mit zunehmender Höhe stärker. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. Eine Person fehlt. Habe ich irgendjemanden nicht gezählt? Schauen wir ganz kurz, messen wir noch mal. C, bitte alle, die jetzt gerade aufgezeigt haben, nochmal für C. Für C, für die Strahlung wird stärker zunehmender Höhe. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. Dann werde ich mich bei A wohl verzählt haben. Ja, genau, was willst du? Was hast du gesagt? A?

Oliver: Ja.

T3: Okay, du willst auf C.

Oliver: Ja.

T3: Also wieso? Ich frage gleich dich, wieso hast du dich jetzt umentschieden? Wieso hast du vorhin A genommen?

Oliver: Weil ich gemeint hab, dass A C ist.

T3: Ok, also du hast A und C verwechselt. Hat jemand eine Idee oder wieso habt ihr euch für A oder C entschieden? Jetzt hast du den richtigen Grund, sagst du.

Mason: Wegen dem Beispiel vorher, da waren wir am Meer und die Strahlung war niedriger, also könnte ich mir vorstellen, dass es am Turm mehr ist.

T3: Ich weiß, was du meinst. Also du glaubst, dass es mit dem Problem davor zusammenhängt. Dann war es auch, da war es tiefer und somit war schwächer, und wenn wir jetzt höher hinausgehen, wird es stärker. Okay. Es zeigt niemand mehr auf. Ah doch, du ja.

Sophia: Ich glaube, ich habe A gewählt, ich glaube es ist, weil, wenn man hinauf geht, weil vom Boden wird ja auch diese Strahlung abgegeben und wenn man höher ist, entfernt sich der Boden. Deswegen.

T3: Hast du das gehört? Hat jeder das gehört, das Argument?

Vincent: Ja, ist ein gutes Argument.

T3: Ist ein gutes Argument. Hat es dich überzeugt, dass du wechseln willst?

Vincent: Nein, ich bleibe bei C.

T3: Wenn niemand wechseln will und niemand mehr was sagen will, dann können wir gerne die Auflösung ansehen. Dann schauen wir uns an. Also, am Fuße dieses Tokyo Towers wurde eben 0,065 Mikro-Sievert gemessen. Und jetzt schauen wir uns die Auflösung an. Könntest du bitte vorlesen?

Leo: *Herr Yamamoto ging 600 Stiegen auf eine Höhe von 140 m und maß die Strahlung. Die Messung ist am Foto dargestellt. Wie du sehen kannst, war die Strahlungsbelastung der Gammastrahlung 0,01 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist etwa sechs Mal schwächer als die Strahlung am Boden.*

T3: Genau also, die Person ist diesen Tokyo Tower hinaufgegangen, diese 140 Meter, und die Strahlung war viel schwächer, eben 0,01 und unten war es 0,06. Schauen wir uns Problem sieben an. Das ist so ähnlich, aber vielleicht auch ein bisschen unterschiedlich. Wir reden jetzt nicht mehr von 140 Metern. Wir gehen jetzt von 10000 Metern aus. *Stell dir vor, wir gehen noch höher hinauf und entfernen uns noch weiter vom Erdboden. Wie hoch, glaubst du, wird die Gammastrahlung in einem Flugzeug in 10.000 m Höhe sein?* A, die Strahlung wird im Flugzeug schwächer sein als in 140 m Höhe am Tokyo Tower. Oder B, die Strahlung im Flugzeug ist stärker als am Boden. Oder C, es wird ungefähr das gleiche sein wie auf 140 m Höhe am Tokyo Tower. Also A sagt, dass die Strahlung im Flugzeug schwächer sein wird. B sagt, dass die Strahlung im Flugzeug stärker sein wird und C sagt, dass es wieder, dass es gleich ist, egal ob ich mich jetzt im Flugzeug oder auf diesem Tokyo Tower befinde. Ich sehe, es sind ein paar Diskussionen. Machen wir diese Frage noch fertig, wir haben danach nur noch zwei Fragen. Also, wir machen jetzt Pause, haben dann noch zwei Fragen, dann noch einen ganz kurzen Abschlussteil, dann sind wir fertig. Wir werden Pause machen, aber wir machen jetzt natürlich noch weiter. Einen Moment, da ist der Zettel runtergefallen. Wer von euch hat sich für A entschieden, dass das Flugzeug schwächer sein wird? Ich sehe keine eindeutigen Hände. Zeigt bitte eindeutig auf. Eins, zwei, drei, vier.

Sebastian: Fünf.

T3: Fünf. B, die Strahlung im Flugzeug wird stärker sein als am Boden. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben. Und C, es wird gleich sein wie am Tokyo Tower. Eins, zwei, drei. Ok, machen wir Pause.

Lesson 3

T3: Also, Antwort A, die Strahlung wird im Flugzeug schwächer sein als auf diesem Tokyo Tower. Zeigt doch mal bitte alle diese fünf Personen oder mehr, nochmal bitte ganz kurz aufzeigen für A. Eins, zwei, drei, vier, fünf. Passt, B die Strahlung im Flugzeug ist stärker als am Boden, also das oben die Strahlung stärker ist als am Boden. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun. Jetzt passt. Sehr gut, dann kommen wir... ich habe gesehen du warst dir unsicher. War sich denn jemand sicher bei seiner Auswahl von A, B oder C? Ja, dann du. Welche Antwort hast du genommen?

Liam: B.

T3: B, die Strahlung wird stärker sein als am Boden. Wieso?

Liam: Weil es höher ist.

T3: Weil es höher ist. Aber vorher beim Tokyo Tower haben wir gesehen, wenn man auf den Tokyo Tower geht, war es niedriger.

Liam: Ja, aber es waren nur 140 Meter, das sind 1000.

T3: Okay. Und da ist es dann höher?

Liam: Ja.

T3: Okay, das ist eine Argumentation. Ja, da.

Mason: Ich habe mir letztes auf YouTube ein Video angeschaut, da wurde gesagt, dass in einem Flugzeug die Strahlung höher ist, als wenn man jetzt zum Beispiel an Land ist.

T3: Okay, danke. Dann schauen wir uns an, was die richtige Antwort ist. Einen Moment, wir sehen noch nicht alles. *Als Herr Yamamoto vom Erdboden abhob wurde die Strahlungsbelastung allmählich schwächer und schwächer. Dieses Foto zeigt einen Messwert von 0,001 Mikro-Sievert pro Stunde. Also das erste Foto ist kurz nach dem Abflug. Ihr seht da unten auch noch den Erdboden, also das ist noch nicht so hoch in der Luft. Magst du bitte den nächsten Absatz vorlesen?*

Noah: *Als er jedoch immer höher stieg, kehrte sich die Entwicklung um und die Strahlungsbelastung erhöhte sich. Das untere Foto wurde bei einer Höhe von 11.800 m über Amerika aufgenommen. Die Messung ergab 0,811 Mikro-Sievert, was zwanzig Mal so groß ist wie auf der Erdoberfläche. Wir sehen also, dass ab einem bestimmten Punkt, je höher du gehst, die Strahlung stärker wird. Das bedeutet, dass Personen, die in Flugzeugen arbeiten, mehr Strahlung ausgesetzt sind als Personen, die am Land arbeiten.*

T3: Genau, vielen Dank. Also beim Tokyo Tower. Je höher wir diesen Tokyo Tower hochgegangen sind, wurde die Strahlung immer geringer. Aber wenn wir jetzt mit diesem Flugzeug fliegen auf 11800 Meter, dann war die Strahlungsbelastung, Strahlungsintensität, das Wort kennen wir auch schon, um einiges höher. Einen so hohen Wert haben wir noch gar nicht gesehen, also 0,811. Genau, was ist mit Menschen, die an Orten arbeiten, die noch weiter von der Erdoberfläche entfernt sind? Astronauten in einer Raumstation, die 400 km vom Erdboden entfernt ist, erhalten Berichten zufolge etwa 40 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist 1000-mal mehr, als wir normalerweise ausgesetzt sind. Passt also, wir sehen, bei dieser Frage war B die richtige Antwort, die Strahlung Flugzeug ist stärker als am Boden. B haben auch die meisten von euch gesagt. Schauen wir uns noch diesen Part an, das da steht. Ja, magst du vorlesen?

Ethan: *Was ist die Ursache für die zunehmende Strahlungsbelastung bei steigendem Abstand zur Erdoberfläche? Das liegt daran, dass viel Strahlung ihren Ursprung im Weltraum hat (sie besteht aus sogenannter „kosmischen Strahlung“). Die Belastung von kosmischer Strahlung ist bei großen Höhen, in denen die Luft dünn ist, stärker. Noch stärker ist sie im Weltraum, wo keine Atmosphäre sie behindern kann.*

T3: Atmosphäre, kennen alle die Atmosphäre? Wer von euch hat schon mal was von der Atmosphäre gehört? Die Meisten. Kannst du das auch erklären, mit der Brille, was eine Atmosphäre ist? Ja.

Noah: Wenn du eine Rakete schießt.

T3: Ja, alles gut!

Noah: Wenn diese aus der Atmosphäre ist, ist man schwerelos.

T3: Okay, die Atmosphäre kann man sich so vorstellen, vielleicht, vielleicht andere Erklärung. Vielleicht weiß es jemand anders. Ja, der Nachbar.

Oliver: Eine Schutzscheibe der Erde.

T3: Ja, eine Schutzscheibe. Genau und vor was schützt sie? Oder was ist innerhalb dieser Schutzscheibe?

Oliver: Luft.

T3: Ja, das ist der springende Punkt. Also, die Atmosphäre gibt uns eben die Luft, die, mit der wir atmen können, weil außerhalb im Weltraum ist es ja Luft leer, da könnten wir nicht atmen, und wir bräuchten eben auch unsere Schutzanzüge, die die Astronauten haben. Also, die Atmosphäre ist dann eine Hülle um die Erde, die die Luft sozusagen behält. Dann lese ich noch kurz den letzten Absatz vor. *Einige kosmische Strahlen erreichen uns auch auf der Erdoberfläche. Wir erhalten insgesamt ca. 380 Mikro-Sievert pro Jahr durch kosmische Strahlung. Tatsächlich war die kosmische Strahlung verantwortlich für einige der Spuren, die du in den Nebelkammern beobachtet hast!* Könnt ihr euch noch erinnern? Ganz am Ende im Video haben wir diesen Stein entfernt. Am Anfang war der Stein drinnen in der Nebelkammer, und wir haben mehr solche Strahlungsspuren gesehen. Dann haben wir aber diesen Stein aus der Nebelkammer genommen, und wir haben aber immer noch Spuren gesehen, und diese kosmische Strahlung ist verantwortlich für einige dieser Spuren. Genau. Kann vielleicht, bevor wir das einen Text lesen, dieses Bild... Ich habe deinen Namen vergessen, wie war der nochmal?

Samuel: Samuel.

T3: Samuel. Kann vielleicht irgendjemand dem Samuel erklären, was wir da sehen? Was ist dieses Bild? Ja.

Oliver: Eine Nebelkammer.

T3: Eine Nebelkammer, und was sehen wir hier?

Liam: Nebel, Staub.

T3: Nebel, Staub, okay. Und was ist das Interessante, was wir hier sehen?

Ethan: Strahlung.

T3: Strahlung, genau.

Ethan: Die Striche.

T3: Also diese Stiche genau, die wir hier sehen, das ist einfach die Strahlung, die wir durch die Nebelkammer sehen können. Das können wir uns vorstellen, wie diese Streifen hinter einem Flugzeug, so auch in dieser Nebelkammer. Diese Staubpartikel und diese Strahlung sehen wir durch diese Striche. Genau, dann dieser Absatz, Natalie. Natalie: *Die Intensität der kosmischen Strahlung verdoppelt sich beim Aufstieg etwa alle 1500 m. Am Gipfel des Fuji, einem Berg Japans, ist die kosmische Strahlung etwa 4-mal so groß wie in der Stadt am Fuße des Berges. Die Stadt Lhasa in der Nähe des Himalayas liegt auf einer Höhe von 3600 m über dem Meeresspiegel. Ein dort ansässiger Bewohner erhält pro Jahr 1700 Mikro-Sievert Strahlung durch kosmische Strahlung. In der Erwartung viel kosmische Strahlung zu finden, trug Herr Yamamoto eine Nebelkammer auf einen hohen Berg bis zu einer Höhe von 2600 m. Hier ist ein Foto von dem, was er beobachtet hat. Du siehst eine Spur, die sich über die ganze 13 cm lange Nebelkammer erstreckt. So eine lange, gerade, aber dünne Linie ist charakteristisch für die kosmische Strahlung.*

T3: Es sind sehr schwierige Wörter, es sind wirklich sehr schwierige Wörter, das tut mir Leid. Genau, aber zusammenfassend. Danke schön, für das Vorlesen.

Zusammenfassend, wir sehen, diese kosmische Strahlung nimmt eben mit steigender Höhe zu also auch auf einem hohen Berg. Vielleicht habt ihr schon mal was vom Himalaya gehört?

Ethan: Ja.

T3: Ja, das ist nämlich das höchste Gebirge auf der gesamten Erde. Da sehen wir, dass es eine viel stärkere kosmische Strahlung ist. Passt perfekt! Also, diese lange, gerade Linie ist charakteristisch für die kosmische Strahlung, wie wir schon wissen.

Noah: Kann ich das nächste vorlesen?

T3: Ja, gerne.

Noah: *Auf dem folgenden Foto sind alle Spuren, die in der Zeit von einer Minute erschienen sind, überlagert. Es gibt deutlich mehr dünne, gerade Linien, als man es auf der Erdoberfläche beobachten kann.*

T3: Stopp, ich finde es ja gut, dass du so schnell wie möglich jetzt lesen willst, aber trotzdem noch deutlich bitte.

Noah: *Das ist der Beweis dafür, dass hier die kosmische Strahlung erhöht ist. Für Menschen, die in hochgelegenen Städten leben, gehört es zum Alltag von relativ vielen kosmischen Strahlen umgeben zu sein.*

T3: Also, wir sehen, die kosmische Strahlung ist erhöht. Ich glaube, das haben jetzt alle verstanden, was in diesem Absatz vorgelesen wurde. Richtig, perfekt! Wir sehen hier auf dieser Linie noch einmal, das können wir überspringen. Das wäre eine ergänzende Anmerkung. Und jetzt kommen wir zum achten Problem. *Hast du schon einmal von „Radiumthermen“ gehört? Radium ist das Atom, das von Marie Curie und ihrem Mann entdeckt wurde. Es kommt in der Natur vor, zerfällt leicht und setzt dabei Strahlung frei.* Das haben die wenigsten davon gehört. Es sind. Hat schon jemand? Von Radiumthermen?

Oliver: Von Marie Curie.

T3: Ja, von Marie Curie, genau. Die kennt man vielleicht, hat man schon mal gehört. Diese Radiumthermen, das sind Themen, die eben dieses, es wird glaube ich auch nochmal kurz erklärt. *Könnten diese „heißen Radiumquellen“ eine größere Strahlungsbelastung aufweisen als anderswo? Oder ist es nur ein Ort mit einem außergewöhnlichen Namen, aber normaler Strahlung? Was ist deine Erwartung?* Ganz kurz, diese Quellen, das sind eben solche heißen Quellen, wie sie hier genannt werden, und da kann man eben hingehen, weil das Wasser heiß ist, das Wasser dampft, da kann man sich hineinsetzen, hineinlegen. Und die Erwartungen sind jetzt A, die Strahlung an diesem Radium Thermen ist stärker als an anderen Orten. B, die Strahlung ist gleich wie anders wo und C die Strahlung ist schwächer als das anderen Orten. Wer glaubt, dass A richtig ist, dass da eine erhöhte Strahlungsbelastung ist als an anderen Orten? Eins, zwei, drei, vier. B, wer glaubt, die Strahlung ist gleich wie anderswo? Sie haben nur einen speziellen Namen von Marie Curie entdeckt, aber ist jetzt gleich wie woanders. Eins, zwei, drei vier, fünf. Perfekt. Danke schön. Oder C, die Strahlung ist schwächer als an anderen Orten. Sechs. Zwei fehlen. Ja, wenn ihr nicht aufzeigt, dann brauchen wir immer länger.

T3: Wer hat nicht aufgezeigt? Ja, wo willst du hin?

Samuel: A.

T3: Zu A, passt. Eine Person noch. Ja, wohin? A, B oder C, was glaubst du?

Lily: C.

T3: C, passt. Euch zwei frage ich jetzt nicht, was ihr glaubt, ihr werdet jetzt wahrscheinlich geraten haben. Du hast dich jetzt klar für B entschieden. Wieso?

Ethan: Weil ich denke, warum sollte da stehen das Radium Strahlung freigibt.

T3: Okay, ja bitte, Gegenargument.

Liam: Weil es eine Therme ist, sonst würden ja die Menschen nicht ständig hingehen.

T3: Ganz ruhig, es dürfen alle etwas sagen, aber bitte aufzeigen, und ihr könnt dann gerne etwas diskutieren. Ja!

Stella: Ich bin für A. Ich glaube, dass man auch so was braucht, weil zum Beispiel, es gibt ja auch in Krankenhäuser, so spezielle Räume, wo alles abgelegt ist, wo auch radioaktive Strahlung ist, zum Beispiel zur Bekämpfung von Krebs.

T3: Okay, mhm. Noch jemand was dazu sagen? Ja.

Natalie: Wenn man dieser Strahlung ständig ausgesetzt wird, wie zum Beispiel für Krebs, wäre das dann nicht extrem schädlich?

T3: Könnte natürlich auch sein, wenn die Strahlungsbelastung zu groß ist. Aber diese Thermen, wie gesagt, diese Thermen sind natürliche Radiumquellen, also, da ist viel von diesem Material vorhanden, und Menschen haben es dann zu einer Therme umgebaut, weil eben dort das heiße Wasser ist. Genau, wenn es keine anderen Ideen mehr gibt.. ja, gibt es noch.

Noah: Ich will zu A wechseln.

T3: Von? Was hast du gesagt?

Noah: Von B.

T3: Von B auf A, okay. Dann schauen wir uns an, was richtig ist. *Die Strahlung an heißen Radiumquellen. Dieses Foto wurde am Murasugi Onsen im Bundesland Niigata aufgenommen. Die Messung zeigt 0,1 Mikro-Sievert pro Stunde an. Messungen wurden außerdem am Misasa Onsen im Bundesland Tottori, am Masutomi Onsen im Bundesland Yamanashi und an mehreren anderen Thermen gemacht, die behaupten „Radiumthermen“ zu sein. An all diesen Orten reichte die Strahlungsbelastung von 0,1 – 0,3 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist viel größer als der Durchschnittswert in Japan von 0,05. Also wir sehen, ist stärker als an anderen Orten. Also A ist die richtige Antwort, kreuzt euch das bitte an. Der Name „Radiumtherme“ ist nicht nur ein schicker Name – die Strahlung ist dort wirklich stärker. Die Radiumtherme mit der höchsten Strahlenbelastung ist das Tamagawa Onsen im Bundesland Akita. Anscheinend können einige Bereiche der Therme einen Strahlungswert von bis zu 2,8 Mikro-Sievert erreichen. Also um einiges höher als wir davor gemessen haben, von diesen 0,05. Die Therme mit dem höchsten Strahlenwerten der Welt befindet sich in der Stadt Ramsar in Iran. Die Stadt beherbergt zehntausende Menschen und mehr als 50 Thermen mit relativ hohen Konzentrationen von Radium im Wasser. Laut einem Bericht des United Nations Scientific Ausschusses beträgt die jährliche Strahlung in Ramsar etwa 10 Milli-Sievert (10.000 Mikro-Sievert). Im Jahr 2003 haben Forscher Ramsar untersucht und dort Werte von 1 bis 5 Mikro-Sievert pro Stunde gemessen. Das sind 20- bis 100-mal höhere Werte als der Durchschnittswert in Japan. Also das sind sehr, sehr, sehr starke Strahlungsquellen, eben diese Radiumthermen und deswegen auch wie vorher schon, bei diesen Radiumthermen, gibt es auch immer Regulationen, wie lange man dort hineindarf, und wie oft man dahingehen darf. Also wegen dieser Strahlenbelastung ist das natürlich auch so geregelt. Wie vorher schon gesagt, auch mit der Strahlungsbekämpfung bei Patienten, wenn das am gesunden Menschen durchgeführt werden würde, dauerhaft wäre das auch schädlich, wahrscheinlich für den menschlichen Körper. Und jetzt kommen wir zu uns im letzten Problem. Das Problem, das ist jetzt wahrscheinlich auch das Wichtigste sein wird. *Wir haben gelernt, dass der Boden, die Luft und der Weltraum alle Strahlungsquellen sind. Wir leben auf einem Planeten mit radioaktiven Atomen überall. Was ist mit unserem eigenen Körper? Da wir ein Teil der Erde sind, könnte es sein, dass radioaktive Atome auch in uns eingedrungen sind? Oder haben Lebewesen vielleicht einen Mechanismus, um zu verhindern, dass radioaktive Atome eindringen können. Was erwartest du?* Es gibt jetzt nur zwei Antwortmöglichkeiten A, Menschen senden Gammastrahlen aus, und B, Menschen senden keine Gammastrahlen aus. Ihr überlegt euch das ganz kurz. Kreuzt auf eurem Zettel die Antwort an, die ihr glaubt. Überlegt euch vielleicht noch eine Argumentation zur letzten Frage. Wenn sich alle etwas überlegt haben, frage ich mal, wer hat sie für A entschieden, dass Menschen Gammastrahlen aussenden? 15? 16.*

T3: Ethan, du bist, du bist bei B, dass Menschen keine Gammastrahlen aussenden?

Ethan: Ja.

T3: Okay. Wieso glaubst du? Wieso glaubst du das B stimmt?

Liam: Weil ich gehört habe, dass man irgendwelche Metalle braucht.

T3: Okay und wieso glauben die anderen das A stimmt. Weil es hat sich jetzt der ganze Rest für A entschieden.

Lily: Alle vertrauen mir.

T3: Ah, alle vertrauen dir. Weil du bis jetzt alles richtig gemacht hast? Okay, okay.

Aber schauen wir noch ein Argument an. Ja, was glaubst du?

Charlotte: Menschen senden sicher Gammastrahlung aus, weil durch diese Strahlen kann man auch feststellen zum Beispiel, wenn man eine Leiche hat, wie alt die Leiche schon ist, weil der Körper auch diese Strahlen in sich hat und umso mehr Strahlen man in sich hat also umso weniger man hat, umso länger ist man verstorben, so kann man circa die Zeit einschätzen wann der gestorben ist.

T3: Das hört sich schon sehr wissenschaftlich an, das hört sich sehr wissenschaftlich an, da wurde schon die C-14-Methode erklärt. Das werdet ihr wahrscheinlich irgendwann noch lernen. Aber schauen wir uns jetzt die richtige Antwort an. Das wurde nämlich da mit diesem Experiment, das lese ich auch ganz kurz vor, das ist relativ lang. Alle noch mal kurz zuhören.

Das hervorragende Experiment von Sievert. 1950 erschuf der schwedische Wissenschaftler Sievert (1896-1966) eine Maschine zur Messung der von Menschen emittierten Gammastrahlung. Die Maschine misst die von einer Person im Inneren der Maschine emittierte Strahlung für eine Dauer von vier Stunden. Zur Reduzierung der Strahlung außerhalb der Person, befindet sich die Maschine im Keller (um von kosmischer Strahlung abgeschirmt zu sein) in einem Raum mit dicken Wänden (um die Strahlung von der Erde zu blockieren). Das Ziel der Maschine war es, die natürliche Radioaktivität eines Menschen zu messen. Sievert maß damit die Radioaktivität von vielen Personen, von Erwachsenen bis zu Kindern. Sein Befund wurde durch Zeitungsartikel wie diesen, der die Überschrift „Radioaktivität im menschlichen Körper“ trägt, weit verbreitet. Als Ergebnis dieses Experiments wissen wir heute, dass unsere eigenen Körper radioaktiv sind und Strahlung an die Welt um uns herum absenden. Im Folgenden findest du eine Liste der Strahlungsquellen in unserem Körper. Die Strahlungswerte wurden in Experimenten von heutigen Wissenschaftlern gemessen (erinnere dich, dass die Einheit Becquerel die Anzahl der pro Sekunde freigesetzten Strahlungsteilchen ist). Also, da sehen wir jetzt eine Liste von radioaktiven Bestandteilen des Körpers also Kalium, Kohlenstoff, Rubidium, Blei und Polonium, Cäsium. Genau! Und jetzt auch zu deiner Banane: Nahrungsmittel als Quelle von Strahlung. Nicht nur Menschen leben, sondern auch Pflanzen und Tiere, welche früher oder später von Menschen gegessen werden. Es überrascht nicht, dass diese ebenfalls radioaktive Atome enthalten. Dies ist ein Foto der Strahlung, die (von oben nach unten) von Schweinefleisch, einer Banane, Bananenscheiben und Ingwer ausgesendet wird (mit freundlicher Genehmigung von em. Professor Chizuo Mor, Universität Nagoya). Das am stärksten radioaktive Element der Lebensmittel ist radioaktives Kalium, das nur 0.01% des natürlich vorkommenden Kalium ausmacht. Also wir sehen auch, dass diese Lebensmittel eben auch Strahlung aussenden. Passt, da sehen wir jetzt noch dass ein Sack von Kaliumdünger und dass dieser Strahlungswert um einiges erhöht ist. Da sehen wir auch 0,248 Mikro-Sievert werden da angezeigt, und dann können wir weitergehen. Und die Welt der natürlichen Strahlung, die überspringen wir jetzt. Das wird ein bisschen eng. Das ist das Letzte. Das ist ja die empfangene Dosis aus natürlichen Quellen, eben der Durchschnitt, das ist eine Skala. Das ist alles, was auf den Menschen einwirkt, also natural radiation received, das ist die natürliche Strahlung, die auf den Menschen einwirkt in einem Jahr, das sind insgesamt 2,1 Milli-Sievert, also nicht Mikro-Sievert, und das wird aufgeteilt, eben von der Erde, vom Weltraum, von der Luft, eben von Radon, dass wir schon gehört haben, von den Radiumquellen und vom

Essen. Ein Großteil wird tatsächlich vom Essen, die in unseren Körper aufgenommen.
Passt.

Teacher 4

Lesson 1

T4: Also, wie ihr euch wahrscheinlich denken könnt, es wird jetzt hier um Radioaktivität gehen. Und es geht einfach darum was ist Strahlung, was passiert rundherum. Und da ist gleich die erste Frage und die habt ihr auch schon auf diesem Zettel, den ich gleich ausgabe. Also, ich lese die Frage einfach vor. Hier, *hast du von einer Nebelkammer gehört? Kreise, eine der unten stehenden Antworten ein.* Die erste Antwort. Ihr seht die Antworten ja eigentlich eh auf dem Fragenblatt. Da steht doch die Frage oben, also die Frage nicht, nur die Antwort. *“Nebelkammer”? Was ist das?!* Ihr habt keine Ahnung. *Ich habe davon gehört. Ich habe schon eine gesehen. Ich habe schon eine gebaut.* Ihr kreist jetzt einfach auf diesem anderen Zettel das ein, was davon zutrifft. Wir werden uns gleich auch ein Video anschauen. Ich schreibe immer die Antworten auf die Tafel. Hat irgendwer was anderes als das Erste? Weil die meisten werden wahrscheinlich keine Ahnung haben was ist. Also wie viele Leute haben B? 5. Die meisten wahrscheinlich A, wer hat denn A angekreuzt? 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Wie viele sind wir heute eigentlich. 14. Ok, das heißt es gibt noch zwei Leute die noch nicht aufgezeigt haben. Bei B, ok. Okay. Wir müssen immer auf 14 kommen, das schaffen wir. Also grundlegend ist das ein japanisches Forschungsprojekt, das so aufgebaut ist, und deshalb habe ich es als PDF und nicht als PowerPoint. Okay wir lesen uns das gemeinsam durch, ich lese den ersten Absatz durch und dann immer irgendwer von euch. Okay, ich lese euch das Erste mal vor. Hast du je ein Zeichen wie das rechts gesehen? Dieses symbolisiert die Anwesenheit von Strahlung. So ein Zeichen ist notwendig, weil Strahlung nicht sichtbar ist. Das wisst ihr wahrscheinlich alle. Lucas. Lucas: Ja. *Auch wenn etwas mit den Augen nicht sichtbar ist, kann man es trotzdem anders detektieren.*

T4: Detektieren, was bedeutet Detektieren? Kennt ihr das Wort?

Maya: Herausfinden.

T4: Ähnlich, ähnlich. Du kannst zeigen, dass es da ist. Ein Detektiv findet ja auch Sachen heraus und Detektieren bedeutet auch mit einem Detektor, du kannst sagen, dass Sachen irgendwie da sind. Zum Beispiel, das ist ein Geigerzähler, genau.

Finn: Muss ich mir das vorstellen.

T4: Nein, nicht ganz. Es ist ja wirklich da. Du musst dir nicht vorstellen, dass es da ist, sondern es ist wirklich da. Und das ist zum Beispiel, du detektierst also zum Beispiel, du kannst irgendwelche Atome in der Luft ja auch irgendwie detektieren. Du kannst erkennen, was da alles drin ist. Aber da brauchst du bestimmte Geräte. Genauso ist es auch mit der Strahlung. Du brauchst bestimmte Geräte, damit du die Strahlung detektieren kannst. Gut Finn, die nächsten zwei Sätze oder einfach den Absatz fertig, sollten zwei sein, genau.

Finn: *Wir können Wind auch nicht sehen, fühlen ihn aber auf unserer Haut und wir können beobachten, wie er Bäume hin und her bewegt. Das Infrarotlicht von einem elektrischen Herd ist auch unsichtbar, aber wir können es wahrnehmen, weil es unsere Haut erwärmt. Die Strahlung, die wir in dieser Einheit besprechen, kann im Gegensatz zu Wind und Infrarotlicht, nicht gefühlt werden.*

T4: Genau, also zum Beispiel Infrarotlampen, solche Sachen kennt ihr?

Oscar: Welche?

T4: Infrarotlampen. Wisst ihr, wofür die sind?

Henry: Zum Beispiel, wenn man krank ist, kann man die benutzen.

T4: Genau, wenn man krank ist, ist auch zum Beispiel einfach, wenn man Sport macht, dass das es danach besser geht, weil es lockert was, Verspannungen kann das lockern, das ist einfach, weil es eine angenehme Wärme hat. Vor 100 Jahren gab es da eine bahnbrechende Entdeckung. Jetzt kommen wir zum ersten Video.

Henry: Das haben sie gebaut?

T4: Sowas habe ich schon mal gebaut, genau.

Levi: Das ist eine Dampfdingskammer.

T4: Nebelkammer, Nebelkammer. Okay, Maya magst du die ersten zwei Sätze lesen?

Maya: *Im Jahr 1895 begegnete der britische Wissenschaftler Wilson (1869-1959), während seinem Experiment zur Erzeugung künstlicher Wolken, einem mysteriösen Phänomen. Normalerweise werden Wolken gebildet, wenn sich Wasserdampf an kleine Staubpartikel in der Luft anlagert.*

T4: Passt, Oscar.

Oscar: *Wilson fand allerdings heraus, dass egal wie viel Staub er aus der Luft entfernte sich immer noch einige Wolken bildeten. In seiner Suche nach der Ursache dieser Wolken entdeckte Wilson, dass diese aufgrund von Strahlung gebildet wurden.*

T4: So, das lese ich jetzt wieder vor damit wir ein bisschen Abwechslung haben. *Er erkannte dies als Möglichkeit die unsichtbare Strahlung zu beobachten, Wilson änderte, verbesserte und vervollständigte seinen Apparat: Was ursprünglich zur Wolkenbildung gedacht war, konnte nun Strahlung beobachten. Dieses Gerät wird "Nebelkammer" genannt und war vor 100 Jahren überaus nützlich für Wissenschaftler, die Strahlung untersuchten.* Weil das heißt, du könntest Strahlung sichtbar machen. Das, was wir vorher gesagt haben, die ist ja so nicht sichtbar, damit ist sie aber sichtbar. *Wie lässt uns eine "Nebelkammer" Strahlung beobachten? Heute ist es einfacher eine Nebelkammer zu bauen als zu Wilsons Zeiten.* Also das ist jetzt nicht mehr so schwer wie damals, wo du alles irgendwie herausfinden musstest. Gut, und das ist ein Stein der Strahlung aussendet, der ist da reingelegt worden, in diese Nebelkammer. Das schaut dann ca. so aus, seht ihr das?

Maya: Ja.

T4: Felix, zwei Sätze vorlesen.

Felix: Ich kann von hier nicht lesen.

T4: Dann stehst du jetzt auf, gehst bis da vor und liest es vor.

Felix: *Wie du sehen kannst, erscheinen weiße Striche, ausgehend von dem Stein. Diese Striche sind lange Wolken, wie die Kondensationsstreifen, die fliegende Flugzeuge zurücklassen. Hier erscheinen die Kondensationsstreifen nicht hinter einem Flugzeug, sondern hinter der Strahlung, die sich durch die Nebelkammer bewegt.*

Diese Art von Kondensationsstreifen wird auch "Strahlungsspur" genannt. Mit einer Nebelkammer können wir, obwohl die Strahlung selbst unsichtbar ist, trotzdem die Strahlung anhand der Spuren, die sie zurücklässt, identifizieren.

T4: Identifizieren, was bedeutet denn das?

Felix: Herausfinden oder sowas.

T4: Genau, sichtbar machen, so ähnlich wie detektieren vorher. Damit ihr wisst, wie es in der Nebelkammer ausschaut, schauen wir uns das Video an. Ok, da steht jetzt Problem 0, das habt ihr auch da, oder? So, Finn bitte vorlesen: Angenommen.

Finn: *Angenommen wir entfernen den Stein nun aus der Nebelkammer. Bis auf den Alkoholdampf ist die Kammer einfach eine leere Box. Glaubst du, wir sehen immer noch Wolken wegen der Strahlung (bzw. Strahlungsspuren), in der leeren Box?*

T4: Okay, also, ihr habt jetzt in dem Video den Stein in der Box gesehen. Ich nehme jetzt diesen Stein raus und dann ist es einfach eine leere Box. Sehe ich weiterhin diese weißen Kondensationsstreifen, ja oder nein, und ihr habt jetzt wieder

Antwortmöglichkeiten. Das heißt jeder kreist jetzt wieder was ein. A, B oder C. Es gibt drei Sachen.

Henry: Was bedeutet gelegentlich?

T4: Gelegentlich, manchmal. Also ein paar vielleicht, nicht immer. Also es werden keine bedeutet es sind gar keine sichtbar, das ist eh klar. Die ganze Zeit bedeutet okay ihr seht es immer und gelegentlich, manchmal, tauchen einfach welche auf. Nehmt euch ruhig Zeit, warten wir, bis alle fertig sind.

Henry: Gelegentlich heißt doch es kommt manchmal und geht wieder.

T4: Es kommt manchmal, das geht wieder weg, es kommen neue und immer bedeutet halt du siehst das die ganze ganze Zeit. Wenn du einen Stein rausnimmst und dann startest du das Experiment. Dann musst du diese Nebelkammer zumachen, und er ist nicht drinnen. Dann bedeutet gelegentlich, dass du vielleicht alle zehn Sekunden immer wieder mal so eine weiße Spur siehst. Die ganze Zeit bedeutet, du würdest jetzt die ganze Zeit etwas sehen. Das wird nicht verschwinden. Gibt's noch jemand, der noch überlegen muss? Okay, wer hat sich für A entschieden? 1, 2, 3, 4. B, gelegentlich werden Strahlen sichtbar. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Es werden die ganze Zeit. Es müssen 14 Leute sein. Okay, es gibt drei Leute, die nicht abgestimmt haben. Finn wo würdest du dich dazuzählen?

Finn: B

Lucas: Ich auch.

T4: Und Chloe?

Chloe: B.

T4: Jetzt ist die Frage für die Leute, die sich für A entschieden haben, also es werden keine. Habt ihr das einfach geraten? Habt ihr eine Idee dahinter? Für alle Leute eigentlich, auch für B. Oscar, du hast was geschrieben, A?

Oscar: A

T4: Warum hast du A geschrieben?

Oscar: Weil ich glaube, wenn wir es rausnehmen wirds nicht mehr angezeigt.

T4: Ok, Henry.

Henry: Ich habe B gemacht, weil Radioaktivität kann sich ja verbreitern, also nicht unendlich, aber es kann sie ja verbreiten, oder? Ja dann habe ich gedacht, wenn man es rausnimmt, hat es sich ja schon ein wenig ausgebreitet und ja, dann sieht man es halt.

T4: Dass noch ein bisschen was übrig ist von vorher. Wolltest du auch was sagen?

Maya: Ich würde sagen A, weil wenn man den Stein rausnimmt, ist nichts mehr da, was die Strahlung verbreitet.

T4: Okay, genau. Ihr habt jetzt ein paar Argumente gehört, gibt es irgendjemand der sich umentscheiden mag in seiner Meinung?

Oscar: B.

T4: B und du?

Lucas: C.

T4: C. Also das heißt da sind wir auf zwölf, da sind wir auf elf gegangen, Lucas du bist auf C gegangen. Warum bist du auf C gegangen, hast du eine Idee?

Lucas: Wenn sie sich die ja jetzt auch halt verbreiten und wenn die Strahlung drin sind, dann können sie sich ja weiterverbreiten und dann bleibt es ja immer da.

T4: Okay, dann kommen wir zum Video, wo kein Stein drinnen ist.

Lucas: Man siehts! Man siehts!

T4: Genau, man sieht die ganze Zeit Strahlen, auch wenn da jetzt nichts radioaktives drinnen ist. Warum das jetzt so ist, ob das jetzt der Grund vom Finn ist, ob es andere Gründe sind, das werden wir alles sehen. Da seht ihrs eigentlich sogar noch besser. Da steht die ihr die ganze Zeit diese Streifen. Und jetzt notiert ihr euch die Ergebnisse des Experiments einfach, was die richtige Antwort wäre, einfach darunter. Es wird nicht

bewertet. *Strahlungsspuren erscheinen auch in der leeren Nebelkammer.* Jasper, magst du kurz diesen Satz vorlesen.

Jasper: *Obwohl es sich um eine leere Nebelkammer handelt, sehen wir wie Spuren entstehen. Wie kann das sein?*

T4: Genau, wieso ist es so? Jetzt noch mal das Bild aus dem Video, da ist nichts drinnen, aber du siehst trotzdem diese Kondensationsstreifen da drinnen.

Jasper: *Egal wie das Experiment wiederholst, du wirst immer noch Spuren beobachten können. Manche kurz, manche lang, manche in eine gerade Linie, andere in Kurven - du kannst Spuren mit verschiedenem Aussehen beobachten.*

T4: Genau! Maya magst du die Sätze da vorlesen?

Maya: *Du solltest zwei Arten von Spuren in der Nebelkammer identifizieren können, eine dick und die andere dünn. Die dick (und ausgefranst) aussehenden Spuren werden von " α (alpha) Strahlen" und die schmalen werden von " β (beta) Strahlen" erzeugt. Alpha Strahlen fliegen in einer geraden Linie durch die Nebelkammer und ihre Spuren sind immer gerade. Beta Strahlen hingegen, machen viele Richtungswechsel während ihrer Reise.*

T4: *Aktuell ist das Wichtigste jedoch sich zu merken, dass es nicht nur eine Art von Spur gibt. Du kannst mindestens immer zwei in der Nebelkammer beobachten. Was wird denn das mindestens da dann bedeuten?*

Henry: Das es mehrere gibt.

T4: Es gibt vielleicht noch was genau. Das Foto rechts zeigt schmale, gebogene Spuren. Und was hat man gesagt, was waren gebogene Spuren dann, Alpha oder Beta?

Felix: Beta.

T4: Genau, Alina.

Henry: *Unten werden die Spuren, die im Zeitraum einer Minute sichtbar waren in einem Foto überlagert. Das waren so viele, dass das Bild völlig durcheinander erscheint!*

T4: Was bedeutet das? Ich mache die Fotos von dieser Nebelkammer. Eine Minute lang und dann legst du alle übereinander. Das heißt du siehst alles, was eigentlich in einer Minute durchgehend passiert wäre auf einem Foto dann, weil, damit man es halt besser sehen kann. Gabriel kannst du den ersten Absatz vorlesen, bitte.

Gabriel: *Egal ob du das "Leere Nebelkammer" Experiment zu Hause, in der Schule, auf der Spitze eines Berges, oder irgendwo anders durchführst, du wirst immer viele Spuren erkennen können.*

T4: Perfekt, danke. *Du fragst dich vielleicht Dinge wie "woher kommt diese Strahlung in der Leeren Nebelkammer?" oder "Was passiert mit der Strahlung, wenn die Spur verschwindet? Wohin verschwindet sie?" Du bist mit deiner Verwirrung nicht allein. Das sind die gleichen Fragen, die sich die ersten Wissenschaftler gestellt haben, die Strahlung untersucht haben. Obwohl Forscher das Mysterium der Strahlung in den letzten 100 Jahre untersucht haben, war davor die Existenz der Strahlung selbst völlig unbekannt. In dieser Einheit wirst du dieses Mysterium selbst entdecken und diskutieren. Wunderbar! Wisst ihr wie die Geräte heißen, mit denen man Strahlen misst?*

Finn: Strahlenmesser!

T4: Nein, es fängt mit G an.

Oscar: Gammastrahlung?

T4: Geigerzähler. Ok, Lucas bitte lesen.

Lucas: *Nachdem uns jetzt bewusst ist, dass wir von vielen fliegenden unsichtbaren Strahlungsteilchen umgeben sind, wollen wir einmal die Stärke dieser Strahlung messen.*

Es gibt verschiedene Geräte, die verwendet werden, um diese Strahlung zu messen. Wir verwenden dazu ein Gerät wie aus dem linken Bild. Dies ist ein Gerät, das Gammastrahlung einfangen kann. Gammastrahlung ist eine Art von Strahlung, die wir in unseren Nebelkammer leider nicht beobachten konnten. Alpha- und Betastrahlen können nur kurze Strecke zurücklegen (gekennzeichnet durch die Länge der Spuren, die wir in der Nebelkammer beobachten). Gammastrahlen hingegen können eine viel größere Entfernung zurücklegen. Daher ist es nützlich, sie zu messen, um Informationen über Strahlungsquellen zu erhalten, die sich nicht in unserer unmittelbaren Nähe befinden. Bei jeder Messung mit diesem Detektor wird ein anderer Wert aufgezeichnet. Das liegt daran, da ein Atom beim radioaktiven Zerfall Gammastrahlen aussendet. Dies geschieht jedoch zufällig. Daher sollte man immer mehrmals messen und dann einen Durchschnitt von den Messungen bilden. Auf diese Weise kannst du nicht genau sagen, wie hoch die Strahlung exakt ist, aber du kannst Vergleiche anstellen, um zu sagen, dass die Strahlung an einem Ort höher ist als an einem anderen Ort. Das Gerät zeichnet 1 Minute lang auf und multipliziert dann den Wert mit 60, um die Dosisleistung pro Stunde abzuschätzen.

T4: Was bedeutet Durchschnitt? Wie berechnet man den Durchschnitt? Wenn ich sagen wir mal fünf Messwerte hab, dann rechne ich alle zusammen und dividier durch?

Finn: Sieben.

T4: Fünf. Ok, was bedeutet der letzte Satz? Wir zeichnen eine Minute lang auf, ok? Wir bekommen dann einen Wert, der Wert, der angezeigt wird, ist schon mit 60 multipliziert. Eine Stunde hat 60 Minuten, das heißt den Wert, den ihr auf diesen Geräten seht ist das die Strahlung in einer Stunde. So, die Einheit Sievert. Das lese ich jetzt schnell wieder vor. Habt ihr von dieser Einheit schon mal etwas gehört?

Jasper: Sieben?

T4: Sievert. Im linken Bild siehst du, wie der vom Gerät gemessene Wert angezeigt wird. Wir können hier "0,045 Mikro-Sievert pro Stunde" lesen, aber was bedeutet das? Oscar, was bedeutet das?

Oscar: Eine Möglichkeit Strahlung zu messen, besteht darin, die Anzahl der Teilchen zu zählen, die jede Sekunde von einer Quelle ausgesendet werden. Eine gängige Einheit hierfür ist das Becquerel. Wenn wir jedoch wissen wollen, wie viel Strahlung vorhanden ist, interessiert uns oft mehr wie gefährlich sie für uns ist. Sievert ist eine Einheit, die ausdrückt, wie stark die Wirkung der Strahlungsteilchen auf den menschlichen Körper ist.

T4: Ok, Felix. In der Klammer steht, wie du es vorliest, ok.

Felix: Das Präfix μ (gelesen „mikro“) ist ähnlich dem „m“ in „mL“ (Milliliter), nur noch kleiner! So wie 1000 mL in 1 L enthalten sind, so sind 1000 mSv in 1 Sv enthalten. Es sind 1000 μ Sv in 1 mSv enthalten, also sind 1 Million μ Sv in 1 Sv enthalten. Wir interpretieren die Anzeige also so, dass stündlich 0,045 Millionstel Sv an Gammastrahlung ankommen. Versuchen wir mit diesem Gerät die Gammastrahlung um uns herum zu messen.

T4: So, Problem 1, jetzt seid ihr wieder dran. Woher kommt die Gammastrahlung um uns herum? Trägt Sonnenlicht zu unserer Strahlenbelastung bei? Gehen wir dieser Frage nach, indem wir die Strahlungsintensität im Schatten mit der in der Sonne vergleichen. Das Foto unten wurde auf dem Sportplatz vor einer Schule aufgenommen. Wie ihr sehen könnt, betrug der Messwert im Sonnenschein etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde. Was erwartest du? Wie hoch wird die Strahlung im Schatten sein? So und jetzt habt ihr wieder drei Antwortmöglichkeiten. Ist sie in der Sonne stärker, ist sie im Schatten stärker oder ist es wurscht, wo sie aufgenommen wird. Wieder ankreuzen und überlegen, warum ihr das ankreuzt. Also wo ist es stärker, im Schatten oder in der

Sonne oder egal wo. Jonathan kannst du dich normal hinsetzen, das ist wirklich anstrengend.

Jonathan: Ok.

Finn: Warte, wo es besser ist?

T4: Wo es stärker ist, besser ist ein schwieriges Wort, willst du, dass mehr Strahlung ist? So, habt ihr jetzt alle angekreuzt?

Felix: Ja!

T4: Dann schreib ich mir jetzt noch dazu, was wir bei den Ersten angekreuzt haben.

Lucas sagst du mir an was bei der ersten Frage das Ergebnis war?

Lucas: Acht, sechs.

T4: Bei der zweiten hatten wir?

Lucas: Zwei, elf, eins.

T4: Gut, so. Antwort A, die Strahlung in der Sonne ist stärker. Hat wer A? Einer. B, die Strahlung im Schatten ist stärker. Eins, zwei, drei, vier. Und C, es gibt keine Unterschiede. Neun, passt. Wir haben es das erste Mal geschafft, dass alle abstimmen. So jetzt wieder dasselbe wie vorher. Finn, du hast dich für A entschieden, warum? Hast du eine Idee warum oder hast du einfach geraten?

Finn: Also, wenn du deine Augen so zu machst dann siehst du so richtig fette Strahlung.

T4: Ok, wer hat für B gestimmt? Oscar, warum hast du für B gestimmt?

Oscar: Keine Ahnung, ich habe das geraten.

T4: Ok, passt, nein das ist ein genauso faires Argument. Und dann noch C, warum hast du für C gestimmt?

Jasper: Also die Luft wird ja nicht verändert wegen der Sonne oder wenn es im Schatten ist, es bleibt gleich. Das ist meine Meinung.

Felix: Ich habe eine andere Meinung. Meine Meinung war halt ohne Sonne kann man ja kein Schatten erzeugen, also es ist wurscht.

T4: Es ist wurscht, ok. Hat noch jemand eine andere Meinung? Gibt's irgendjemand der sich umentscheiden mag?

Jonathan: C.

T4: Gibt noch jemanden? Nein, ok.

Lucas: Was war die richtige Antwort?

T4: Das werden wir jetzt gleich sehen. Das ist in der Sonne und wichtig ist, es zu merken, wir werden es auf dem nächsten Bild wieder sehen, dass die Werte nicht dieselben sind, sie sind aber in derselben Größenordnung. Okay, das ist ja genau das gewesen. Also die Werte sind dann immer zufällig ein bisschen, aber solange es in derselben Größenordnung sind, sagt man die sind ungefähr gleich groß, ok. So, dann schauen wir mal. Im Schatten ist es auch ungefähr in derselben Größenordnung. Das heißt es ist wirklich wurscht, ob es im Schatten oder in der Sonne ist. Das wars für heute.

Lesson 2

T4: Gut, wir machen jetzt weiter mit dem Thema zu Radioaktivität. Da haben wir auch draußen im Loquai Park diese Wiederholung ausgefüllt.

Oscar: Haben wir nicht!

T4: Dann warst du am Dienstag nicht da, Oscar. Du warst letzte Woche Dienstag nicht da. Gut, so. Auf diesen Wiederholungszettel für die, die am Dienstag da waren, da haben wir über drei Arten von Strahlung gesprochen. Welche drei Arten hat es da gegeben, wie haben die geheißen?

Oscar: Ich schätze mal Gammastrahlung.

T4: Gammastrahlung ist die eine, wie die anderen zwei?

Lucas: Alpha?

T4: Alpha und was bleibt noch über?

Oscar: Beta.

T4: Beta, gut. Weiß noch jemand wie die Einheit von der Strahlung geheißen hat. Also da gab es zwei Möglichkeiten. Lucas.

Lucas: Beliquarell.

T4: Schreib bitte schöner nächstes Mal. Becquerel, genau und das zweite?

Oscar: Sievert.

T4: Sehr gut. Das sind mal die zwei wichtigen Sachen, und jetzt machen wir dann bitte weiter. Für die dann am Montag nicht da waren, es gibt immer so Art Fragen, wo ihr dann für eine Antwort entscheiden könnt. Dann schreiben wir auf wofür ihr euch entschieden habt, und man kann sich dann wieder umentscheiden, wir kommen dann eh noch mal genauer hin. Wir sind jetzt bei Problem zwei, wir sind noch nicht so weit gekommen. Problem zwei. Felix, Lucas könnt ihr das lesen von da?

Felix: Ja.

T4: Ja passt, magst du einfach starten.

Felix: *Lasst uns dieses Mal untersuchen, ob die Strahlung im Klassenzimmer anders ist als draußen. Wie du auf dem Foto links außerhalb der Schule sehen kannst, betrug die Strahlungsleistung wieder etwa 0,03 Mikro-Sievert pro Stunde.*

T4: Ok, Oscar.

Oscar: Ändert sich die Stärke der Strahlung, wenn diese Messgeräte in die Schule gebracht werden?

T4: So, und ihr habt jetzt euren Antwortzettel da. Wieder mal. Beim Problem zwei stehen drei Antwortmöglichkeiten. Die Strahlung draußen stärker, die Strahlung im Inneren ist stärker. Die beiden sind ungefähr gleich. Kreist mal wieder ein, was ihr glaubt und dann sammeln wir, wer was aufgeschrieben hat und warum. Wo ist die Strahlung stärker, also radioaktive Strahlung. Ich schreib dann wieder auf A, B, C. So, wie viele sind wir heute? 14. Gut. Wer hat sich für A entschieden, die Strahlung ist draußen stärker? Eins, zwei, passt. Wir müssen auf 14 kommen also bitte zeigt auf. Du auch, zeigt doch gleich auf. Die Strahlung ist im Inneren stärker. Eins. So, wenn jetzt nicht zehn Leute für C aufzeigen müssen wir neu zählen. Zwei, drei, vier, sechs, sieben, acht, neun. Du bist dabei? Zehn, wunderbar. Schön, wir haben es das erste Mal geschafft, dass es gleich funktioniert. So, und jetzt die Strahlung draußen stärker, da haben jetzt drei Leute ja gesagt. Gibt es eine Idee dahinter? Oder ist es einfach geraten, ist auch ok. Okay. Hat irgendwer, hat irgendjemand eine Idee, warum er seines genommen hat? Jetzt außer raten.

Henry: Ich bin für C, weil es gleich ist.

T4: Aber warum glaubst du, dass es gleich ist? Hast du ein warum, warum du das glaubst?

Henry: Es gibt keinen Unterschied.

T4: Es ist einfach wurscht ob du draußen oder...

Henry: Ja.

T4: Gut, so dann schauen wir nach. Ergebnis. So, das ist im Inneren des Gebäudes. Was haben wir außerhalb gehabt?

Levi: 0,3.

T4: 0,03, oder?

Levi: Ja.

T4: Welches ist jetzt höher?

Levi: Im Inneren.

T4: Im Inneren. So. Dann kommt jetzt wieder. Also, *Herr Yamamoto*, das ist der, der diese Studie das erste Mal gemacht hat, *maß eine größere Strahlenbelastung, als er in das Schulgebäude gegangen ist. Hier sehen wir also, dass die Strahlung etwa 0,08 Mikrosievert pro Stunde beträgt. Die Strahlung innerhalb der Schule war also stärker als draußen.* Gut, das heißt was sagt uns das? Strahlungsleistung ist wo höher?

Felix: Innen.

T4: Innen in einem Gebäude ist die Strahlungsleistung höher. Okay, Adrian liest du bitte.

Adrian: *Herr Yamamoto hat dieses Experiment mehrere Jahre lang während des Unterrichts durchgeführt und immer festgestellt, dass die Strahlung im Gebäude stärker ist. Dies liegt daran, dass Beton Gammastrahlung aussendet.*

T4: Genau also, warum haben wir so eine höhere Strahlung, weil?

Oscar: Beton

T4: Beton Gammastrahlung aussendet. Das heißt, in allen Betongebäuden und Beton kommt bei den meisten Gebäuden eben vor. Obs jetzt im Fundament ist oder wo auch immer, wird Gammastrahlung ausgesendet. Gut Finn, wenn du schon zu spät gekommen bist, kannst du gleich wundervoll lesen.

Finn: *Als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi im März 2011 gab es Stellen, an denen das Ergebnis dieses Experiments umgekehrt ausfiel. Dies war zum Beispiel an einer Schule in Tokio kurz nach dem Unfall Ende März der Fall. Zu diesem Zeitpunkt war die Strahlung außerhalb der Schule stärker als im Inneren der Schule.*

T4: Passt, Alexander.

Alexander: *Dies lag daran, dass sich draußen mehr radioaktives Material als üblich befand. Im Inneren von Gebäuden gibt der Beton Gammastrahlung ab, aber gleichzeitig diente er als Abschirmung gegenüber der Strahlung außerhalb des Gebäudes.*

T4: *Dies war eine ungewöhnliche Situation, aber sie zeigt, dass es im Falle einer nuklearen Katastrophe effektiv ist, sich in Innenräumen aufzuhalten.* So, Samuel.

Samuel: *Als dieses Experiment später im November 2011 an einer Mittelschule in Tokio durchgeführt wurde, war dies nicht mehr der Fall: Die Strahlungsintensität draußen war wieder niedriger als die innen. Dies zeigt, dass beim Unglück von Fukushima die Freisetzung ungewöhnlich großer Mengen radioaktiven Materials aus dem Kraftwerk nur ein vorübergehendes Problem war.*

T4: Strahlungsintensität. Habt ihr das Wort schon mal gehört? Was könnte das bedeuten? Was bedeutet Intensität oder intensiv? Das etwas sehr stark ist und die Strahlungsintensität bedeutet einfach, wie stark die Strahlung jetzt ist. Das heißt, umso höher dieser Sievert Wert ist, den wir da haben oder wenn wir den messen würden, desto höher ist die Strahlungsintensität. So. Es kommt gleich eh schon Problem

Nummer 3. Gut, wieder eine Frage. Sophia lies mal den Fragentext vor.

Sophia: *Betrachten wir einen Tunnel, der durch einen Felsen führt, so wie auf dem Foto unten gezeigt. Ist die Strahlung innerhalb dieses Tunnels stärker als außerhalb? Der Strahlungsdetektor auf dem Foto unten zeigt einen Messwert von 0,035 Mikro-Sievert pro Stunde direkt außerhalb des Tunnels. Wie hoch wird deiner Meinung nach die Strahlung im Tunnel sein?*

T4: Gut und überraschenderweise gibt es wieder die Antwortmöglichkeiten, wo ist es stärker, wo ist es schwächer. Gut, die Strahlung ist innerhalb und außerhalb des Tunnels gleich. Hat sich da irgendwer dafür entschieden? Die Strahlung ist im Tunnel stärker.

Hat irgendwer im Tunnel stärker? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun. Und dann bleibt noch über im Tunnel schwächer. Eins, zwei, drei, vier, fünf. Ja dann sind wir wieder auf 14. Ah, es fehlt doch einer. Irgendwer hat nicht aufgezeigt. Wir sind jetzt schon 16, wir sind 16 Leute jetzt, weil der Finn ist ja auch gekommen. Zwei Leute haben nicht abgestimmt. Wir zeigen wieder auf. Will irgendwer für A abstimmen? Will irgendwer für B abstimmen? Eins, zwei, drei, vier, sechs, sieben, acht, neun. Will jetzt wer für C abstimmen? Eins, zwei, drei, vier, fünf. Nein, das ist einfach eine Unfähigkeit, dass man nicht schafft, dass man aufzeigt, Wo warst du Chloe?

Chloe: C.

T4: Gut, fehlt immer noch eine Person, Alexander wo magst du aufzeigen?

Alexander: Ich versteh es nicht.

T4: Ok, da gehts darum, du hast eine Strahlung, radioaktive Strahlung, innerhalb und außerhalb eines Tunnels. Wo glaubst du ist die Stärker oder es ist überall gleich stark?

Alexander: Ähh, überall gleich stark.

T4: Gut, dann passt. So. Warum denkst du das? Jetzt will ich irgendwen, der mir sagt, warum er sich für seine Antwort entschieden hat.

Samuel: Ich denke, es ist schwächer, weil sie gesagt haben das prallt ab.

T4: Also wie beim Haus meinst du, oder? Das, was von draußen kommt, das kommt dann gar nicht rein. Ok.

Lucas: Im Tunnel, weil die Strahlung halt nicht irgendwie weg kann.

T4: Okay, gut, dann schauen wir nach. Was sagt unser Bild? Da haben wir 0,091 und hier haben wir?

Adrian: 0,035.

T4: Wo ist es also stärker?

Finn: Im Tunnel.

T4: Im Tunnel drin. Ok. *Als Herr Yamamoto diesen Tunnel betrat, stieg die Strahlungsleistung auf 0,09 Mikro-Sv pro Stunde an. Das ist etwa das Dreifache des Wertes außerhalb des Tunnels.* Genau. So. Lucas, liest du das vor. Kannst du das Lesen von da hinten?

Lucas: Als Herr..

T4: Nein, das habe ich gerade vorgelesen, das darunter.

Lucas: Zu einem anderen.. Zeitpunkt

Oscar: Okay, wurscht. Natalie, magst du das einfach vorlesen. Alles gut Lucas.

Natalie: Ja. *Zu einem anderen Zeitpunkt hat er die Strahlungsleistung in einem langen Autobahntunnel gemessen. Außerhalb des Tunnels lag die Strahlungsleistung bei 0,06 Mikro-Sievert pro Stunde und im Inneren dann bei 0,131. Das ist mehr als doppelt so hoch.*

T4: Sehr gut, genau. Also, das ist genau dieser selbe Grund, den wir vorher gehabt haben eigentlich. Ein bisschen hat es mit dem Haus zu tun, aber wir haben gesagt Beton gibt Strahlung ab, schirmt zwar auch ab, aber gibt auch Strahlung ab. Aber Felsen und alles, das gibt wirklich eine größere Menge an Radioaktivität ab. Deshalb ist im inneren Tunnel eigentlich, weil du die ja frei legst, ein relativ hoher Strahlungswert und außerhalb ein relativ niedriger. So, so. Gut. Oscar.

Oscar: *Wenn die Steine in einem Tunnel Strahlung aussenden, würden dann auch die Steine in einem Steingebäude Strahlung aussenden? Gebäude werden oft aus einem Stein namens Granit gebaut. Granit wird an vielen Stellen verwendet, beispielsweise auf den Stufen von Bahnhöfen, an Wänden von Gebäuden, Denkmälern und Grabsteinen. Es ist das am häufigsten vorkommende Gestein der Erdkruste.*

T4: Gut, Mia, magst du?

Mia: *Die Wände im Inneren des Wohnhauses auf dem Foto sind aus Granit. Außerhalb des Gebäudes zeigte der Strahlungsdetektor einen Messwert von 0,039 Mikro-Sv pro*

Stunde. Was erwartest du welchen Wert das Gerät im Inneren des Gebäudes anzeigen wird?

T4: So, wo ist es höher? Wo ist es schwächer? Oder ist es wurscht? Wieder dasselbe, selber Ablauf. Dieses Mal schaffen es alle gleich aufzuzeigen. Okay, du hast ein Gebäude, aus Granit, also eins der häufigsten, also das häufigste Material der Erde, eigentlich circa. Wo ist die Strahlung höher? Außerhalb vom Gebäude, innerhalb des Gebäudes? Oder ist es wieder wurscht, wo wir sind? Draußen sind es 0,039 Sievert und jetzt bist du bei dem Wohnhaus und jetzt ist die Frage, ist innerhalb des Gebäudes die Strahlen größer, innerhalb schwächer, oder ist es gleich stark? So warten wir ganz kurz. Gut so, innerhalb des Gebäudes ist die Strahlung größer. Eins, zwei, drei, vier, fünf. Gut. Außerhalb des Gebäudes ist die Strahlung größer. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben. Es ist wurscht, wo wir sind. Eins. Es fehlen wieder drei Leute. Chloe die Chance, dass du aufgezeigt hast ist sehr gering. Chloe, dein Handy kannst du mir geben. Ist die Strahlung größer oder schwächer?

Chloe: Größer.

T4: Größer, ok dann schreib ich dich oben noch dazu. Also, wieder, warum habt ihr euch so entschieden. Du hast C genommen, oder? Oder was hast du genommen?

Sophia: Ich habe B genommen.

T4: Okay, die Strahlung innerhalb des Gebäudes ist schwächer. Hast ne Idee, warum du es gemacht hast? Oder hast du einfach geraten, ist auch Okay.

Sophia: Einfach geraten.

Mia: Ich habe A genommen.

T4: Ok, A. Warum hast du A genommen?

Mia: Weil ich glaube halt, dass das Gerät nicht ausstrahlen kann, sondern nur reinstrahlen kann.

T4: Ok.

Alexander: Ich sag B, weil ich denke das ist, weil Beton schirmt ja ab und ich denke jetzt bei Granit ist es nicht mehr so der Fall.

T4: Ok, Lucas du hast auch aufgezeigt.

Lucas: Ich habe aufgezeigt?

T4: Du hast aufgezeigt vorher. Was hast du genommen und warum?

Lucas: Ich habe C genommen.

T4: Idee? Geraten?

Lucas: Weil ich glaub halt. Geraten.

T4: Okay, passt. Ist auch ok. Ist jetzt nichts Schlimmes, wenn du mir das sagst. Also was hatten wir hier? 0,039 und innerhalb des Gebäudes ist es? Ein bisschen viel höher. Genau, *dies ist ein Foto von dem, was im Inneren des Gebäudes gemessen wurde: Das Gerät zeigt 0,134 Mikro-Sv pro Stunde, also mehr als die dreifache Stärke der Strahlung von außen.* Also was wars?

Adrian: 0,39

T4: Nein, ist die Strahlung jetzt größer oder schwächer?

Finn: Größer.

T4: Das heißt, es ist A. A ist die richtige Antwort. Schreibt es euch auf.

Oscar: Also ist es wegen dem Granit.

T4: Granit strahlt auch ganz asozial stark aus. Aber immer noch so, dass es nicht gefährlich ist für uns. Gut. Darfst vorlesen, Mia. Alle anderen sind leise, sonst verstehe ich gar nichts.

Mia: *Ginza, ein Bezirk in Tokyo, hat viele Gebäude aus Granit. Infolgedessen erhält ein Fußgänger, der in Ginza herumläuft, mehr Strahlung als in einer der umliegenden Städte. Wohlhabende Stadtteile mit viel Steinverbrauch haben entsprechend höhere*

Strahlendosen. Die mittlere Gammastrahlungsleistung der Steine im Land Japan liegt bei 0,05 Mikro-Sv pro Stunde.

T4: Genau, so was sind Strahlendosen?

Samuel: Dosen?

T4: Es ist keine Dose. Habt ihr irgendwann schon das Wort Dosis gehört?

Oscar: Ja.

T4: Was ist denn eine Dosis, zum Beispiel? Wie viel man nimmt beim Arzt zum Beispiel, wie viel Medikament man nehmen muss.

Oscar: Eine Dosis.

T4: Eine Dosis und die Mehrzahl von Dosis ist?

Oscar: Dosen.

T4: Also einfach Strahlungsdosen bedeutet einfach, wenn du zum Beispiel. Am besten ist es echt mit Medikamenten, oder wenn du irgendwie eine Injektion bekommst, dann bekommst du ja eine bestimmte Milliliter Anzahl, was auch immer. Das ist eine Dosis, und die Mehrzahl, wenn du mehr bekommst, ist dann Dosen. Nicht mit normalen Dosen jetzt irgendwie zu verwechseln. Aber wir machen heute noch ein paar und dann nächstes Mal fertig. Okay angenommen, wir verlassen das Land und fahren auf einem Schiff aufs Meer hinaus. Das heißt jetzt keine Schule, sondern wir fahren aufs Meer hinaus, auf einem Boot. Was glaubst du, wie hoch ist die Strahlenbelastung auf dem Meer? Ist die Strahlung schwächer als am Land, ist sie gleich stark, oder ist sie stärker am Land. So, also ihr fahrt jetzt mit dem Boot aufs Meer. Wo ist die Strahlung stärker? Braucht noch irgendwer Zeit? Ich glaube, eigentlich A, B, C kann man recht schnell entscheiden. So also wer hat die Strahlung ist schwächer als an Land. Also, dass sie am Meer höher ist, wer hat dass sie am Meer höher ist? Also die Strahlung ist schwächer als am Land, also dass, wenn du rausfährst, du weniger Strahlung bekommst. Was hast du Lucas?

Chloe: Warte, warte. Heißt das dann das es im Meer ist?

T4: Also schau, wir sind jetzt am.. Ok, ich schreibe jetzt, wir sind am sagen wir am Land haben wir diese 0,03, die wir die ganze Zeit haben, ok. Die erste Antwort ist, dass du am Meer, zum Beispiel 0,01 hast. Dass du weniger hast. Am Schiff. Hat das wer? Will das, wer ankreuzen? A. Wer hat, dass sie absolut gleich stark ist und das wurscht, ob ich am Schiff bin, an Land bin. Eins, zwei, drei, vier. Und wer hat, dass sie am Land viel stärker ist als am Schiff? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. Mir fehlt eine Person.

Lucas: Chloe.

T4: Chloe, wo gehst du dazu?

Chloe: C.

T4: C, passt. So, Argumente. Felix, was hast du gesagt? Gleich; du bist gleich dran oder magst du zuerst? Du hast A, oder?

Alexander: Ich habe A, ja. Weil ich glaube, weil wegen Tschernobyl dass es im Meer noch..

Felix: Tschernobyl? Weißt du, wo Tschernobyl ist?

Alexander: Ja trotzdem.

T4: Felix, Felix was sagst du dazu?

Felix: Ist doch wurscht, ist einfach so. Draußen ist draußen, oder nicht?

T4: Mia, was hast du gesagt?

Mia: C.

T4: Warum hast du C gesagt?

Mia: Wegen dem Meeresspiegel.

T4: Wegen dem Meeresspiegel, ok. Mag sich irgendwer, nachdem er gerade von irgendwem was gehört hat, nochmal umentscheiden? Mag irgendwer eine andere Antwort nehmen, oder?

Felix: Es ist wurscht.

T4: Okay, dann schauen wir nach. So, *das linke Foto*, das ist das da oben, *zeigt das Ergebnis der Messung der Radioaktivität auf einer Fähre in der Ise-Bucht*. Also, das ist am Meer, oder? Da ist sie 0,005. Was haben wir immer am Land gehabt? 0,039. Das heißt, was ist niedriger? Das ist viel, viel niedriger. Das entspricht ein Zehntel von der Messung im Hafen. Das heißt, wo ist es niedriger? Am Meer draußen. So genau gut!

Adrian, magst du das gleich vorlesen nochmal?

Adrian: *Das zweite Foto entstand im Schwimmbad einer Schule. Hier war der Strahlungswert 0,021 Mikro-Sievert. Das ist die Hälfte der Strahlung über dem Boden rundherum. Wir sehen, dass über dem Wasser weniger Strahlung messbar ist als über dem Land. Auch wenn das Land unter dem Wasser Gammastrahlen aussendet, wirkt das Wasser wie eine Barriere gegen Strahlung.*

T4: Barriere. Habt ihr das Wort Barriere schon mal gehört? Das kommt auch oft, wenn man irgendwelche Spiele zockt oder was auch immer. Barrier oder irgendwas, was was abblockt, irgendein schildartiges Zeug. Das ist genau dasselbe. Wenn irgendwer mich jetzt mit Papierkugeln abschließen würde und ich würde das davorhalten, dann ist das eine Barriere, weil ich damit Sachen abblocken kann. Nein, ihr schießt mich nicht ab, bitte. Ich wäre sehr glücklich, wenn das nicht passiert, das war nur ein Beispiel. Gut, jetzt sind wir nicht am Meer, sondern wir fliegen mit dem..

Oscar: Flugzeug.

T4: Nein, noch nicht ganz. Wir gehen doch nur Treppen hoch. *Ein anderer Weg, uns von der Erde zu entfernen, ist unserem Abstand zum Boden zu erhöhen. Dieses Foto zeigt die Strahlungsmessung am Boden des Tokio Towers*. Wo ist der Tokio Tower? Okay, das ist kein Foto dabei. Die Strahlungsleistung sind 0,065 Mikro-Sievert pro Stunde. Wenn wir jetzt 140 Meter nach oben gehen, ist die Strahlung dann höher oder niedriger? Also, die Strahlung wird mit zunehmender Höhe schwächer. Bedeutet das, wenn wir da raufgehen, ist der Wert niedriger als 0,065. Sie bleibt gleich, es ist wurscht, wenn ich hochgehe. Oder sie wird stärker, wenn ich hochgehe. So, gut, A. Die Strahlung wird mit zunehmender Höhe schwächer. Das heißt wenn ich die Stufen raufgehe, habe ich einen niedrigeren Wert. Eins, zwei, drei, vier. Gut, die Strahlung bleibt gleich. Also es ist wurscht, ich kann 140 Meter hochgehen, und das ist immer noch derselbe Wert. Zwei, drei. Das heißt C haben wieder die meisten. Mit zunehmender Höhe wird die stärker. Das heißt wenn ich raufgehe, geht auch der Wert hoch. Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht. Passt. Gut, Oscar, was war dein Argument?

Oscar: Wenn man immer höher geht, ist auch die Strahlung immer höher.

T4: Ja, genau, umso höher du gehst, umso höher die Strahlung. So hat irgendwer ein anderes Argument oder ist es einfach immer mit höher wird es höher.

Finn: Weil der Boden hält das dann nicht mehr ab.

T4: Okay, also der Boden blockt nicht mehr ab, oder was?

Finn: Genau.

T4: So, ihr habt jetzt ein paar Argumente gehört. Mag sie noch irgendwer umentscheiden? Will irgendwer von seiner Antwort weg? Keiner, gut. Also, wir merken uns 0,065 war es am Boden. Dass war das am Boden, das ist noch das von vorher. Jetzt sind wir oben. Sie ist...

Lucas: Niedriger.

T4: Niedriger. *Herr Yamamoto ging 600 Stiegen auf eine Höhe von 140 m und maß die Strahlung. Die Messung ist am Foto dargestellt. Wie du sehen kannst, war die Strahlungsbelastung der Gammastrahlung 0,01 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist etwa sechs Mal schwächer als die Strahlung am Boden*. Also es war Antwort..

Oscar: A.

T4: A. Es ist schwächer grundlegend, weil einfach weniger ist was Strahlung ausstrahlt. Jetzt kommen wir zu viel höher. Jetzt ist Herr Yamamoto im Flugzeug. Genau, er steht jetzt am Flugzeug oben und misst bisschen was. Also ist die Gammastrahlung im Flugzeug, also ist sie im Flugzeug einfach höher? Ist es niedriger? Ist es gleich hoch? Das ist dieselbe Frage jedes Mal. Lest euch durch was die Antworten sind. Das ist die letzte Frage, die wir heute machen. Gut, also wenn ich jetzt im Flugzeug bin, wer sagt, dass die Strahlung oben schwächer ist? Fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn, elf. Wer sagt, dass die Strahlung im Flugzeug stärker ist? Eins, zwei. C, dass es ungefähr gleich ist? Einer. Gut, mag sich noch irgendwer umentscheiden. Ach so, hat wer eine Idee warum, wir haben vor allem viele Leute bei A, warum habt ihr A gesagt?

Alexander: Erstens, weil man viel höher ist.

T4: Okay, Sophia was sagst du? Wenn du es zum Finn sagt, kannst du es auch mir sagen, einfach noch einmal sagen.

Sophia: Es prallt vom Metall ab.

T4: Du sagst prallt vom Metall ab, wenn du im Flugzeug drin bist, meinst du, okay. Gehst du nach Hause Lucas?

Lucas: Ja.

T4: Ok, tschüss Lucas. Gut, wir können dann gleich vergleichen. Wir warten noch bis der Lucas weg ist. Lucas, tschüss bis hoffentlich morgen. Wir sind noch nicht ganz fertig. Also, was sagt uns das? Am Anfang sinkt es ganz weit runter und wenn du weit oben bist auf 11000 Meter, dann steigt ganz nach oben. Wir lesen uns noch den Absatz durch, und dann sind wir für heute fertig. Samuel, magst du die ersten bis Stunde noch mal lesen, also bis da.

Samuel: *Als Herr Yamamoto vom Erdboden abhob wurde die Strahlungsbelastung allmählich schwächer und schwächer. Dieses Foto zeigt einen Messwert von 0,001 Mikro-Sievert pro Stunde.*

T4: Ok, Alexander.

Alexander: *Als er jedoch immer höher stieg, kehrte sich die Entwicklung um und die Strahlungsbelastung erhöhte sich. Das untere Foto wurde bei einer Höhe von 11.800 m über Amerika aufgenommen. Die Messung ergab 0,811 Mikro-Sievert, was zwanzig Mal so groß ist wie auf der Erdoberfläche. Wir sehen also, dass ab einem bestimmten Punkt, je höher du gehst, die Strahlung stärker wird. Das bedeutet, dass Personen, die in Flugzeugen arbeiten, mehr Strahlung ausgesetzt sind als Personen, die am Land arbeiten.*

T4: Genau.

Felix: Ich habe eine Frage.

T4: Ja.

Felix: Ab was für einen Messwert ist es gefährlich für einen Menschen?

T4: Kommen wir noch hin. Wir schauen uns alles noch an. Chloe magst du das noch vorlesen? Einfach da vorlesen.

Chloe: *Was ist mit Menschen, die an Orten arbeiten, die noch weiter von der Erdoberfläche entfernt sind? Astronauten in einer Raumstation, die 400 km vom Erdboden entfernt ist, erhalten Berichten zufolge etwa 40 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist 1000-mal mehr, als wir normalerweise ausgesetzt sind.*

T4: Okay, also, sie erhalten etwa 40 Mikro-Sievert pro Stunde. Das heißt, wenn du ein Astronaut bist, erhältst du circa 1000-mal so viel Strahlung wie jetzt, zum Beispiel hier auf der Erde. Wir machen nächstes Mal mit dem weiter. Wir sind eh bald fertig.

Lesson 3

Penelope: *Die Belastung von kosmischer Strahlung ist bei großen Höhen, in denen die Luft dünn ist, stärker. Noch stärker ist sie im Weltraum, wo keine Atom... Atomsphäre...*

T4: Okay, gut, wir üben jetzt nochmal Wörter mit dem Penelope gemeinsam. Kosmisch.

Penelope, sprich mir mal nach. Kosmisch.

Penelope: Kosmisch.

T4: Atmosphäre.

Penelope: Atmosphäre.

T4: Gut, so Finn.

Finn: *Einige kosmische Strahlen erreichen uns auch auf der Erdoberfläche. Wir erhalten insgesamt ca. 380 Mikro-Sievert pro Jahr durch kosmische Strahlung.*

Tatsächlich war die kosmische Strahlung verantwortlich für einige der Spuren, die du in den Nebelkammern beobachtet hast!

T4: Genau, also, ein Teil von der Strahlung, die wir hier auf der Erde haben, kommt aus dem...

Finn: Weltall.

T4: Weltall genau. Und das heißt kosmisch und nicht komisch, das müssen wir uns merken. *Die Strahlung auf hohen Bergen.* Ich lese den ersten Teil mal vor, dann kann wer einsteigen. Was war nochmal Intensität? Das haben wir gestern gehabt. Kann ich da jemand erinnern?

Oscar: Das ist die Menge.

T4: Genau, wie stark, sehr gut. *Die Intensität der kosmischen Strahlung verdoppelt sich beim Aufstieg etwa alle 1500 Meter. Das heißt auf Meeresniveau, und dann auf 1500 Meter verdoppelt sie sich halt immer. Am Gipfel des Fuji, das ist der höchste Berg in Japan, ist die kosmische Strahlung etwa viermal so groß wie in der Stadt am Fuße des Berges. Das heißt erstmal, ungefähr 3000 Meter muss man schon mal mindestens Unterschied haben. Die Stadt Lhasa in der Nähe des Himalayas liegt auf einer Höhe von 3600 m über dem Meeresspiegel. Ein dort ansässiger Bewohner erhält pro Jahr 1700 Mikro-Sievert Strahlung durch kosmische Strahlung. Mohammed, vorlesen. In der Erwartung, viel kosmische Strahlung zu finden.*

Penelope: *In der Erwartung viel kosmische Strahlung zu finden, trug Herr Yamamoto eine Nebelkammer auf einen hohen Berg bis zu einer Höhe von 2600 m. Hier ist ein Foto von dem, was er beobachtet hat. Du siehst eine Spur, die sich über die ganze 13 cm lange Nebelkammer erstreckt. So eine lange, gerade, aber dünne Linie ist charakteristisch für die kosmische Strahlung.* Okay, also, der hat einfach sowas genommen und ist damit hoch marschiert, so wie es im Flugzeug war, so wie er überall oben war, ist er jetzt auf den Berg hochgegangen, genau. Und ihr seht diese eine Strahlung, das ist das genau in der Mitte, dieser ganz gerade durch, ohne irgendwelche komischen Wendungen. Dann merkt ihr, das ist kosmische Strahlung.

Oscar: Nur gerade?

T4: Nur gerade. Aber es ist kosmische Strahlung. So, Adrian.

Adrian: *Auf dem folgendem Foto sind alle Spuren, die in der Zeit von einer Minute erschienen sind, überlagert.*

T4: Überlagert, was bedeutet überlagert?

Jonathan: Aufeinander legen.

T4: Du nimmst, wenn du ein Foto machst, ganz viele Fotos, und dann legst du diese Fotos übereinander. Alle Spuren nur. Dann schaut es so aus, als wären gleichzeitig alle Spuren da.

Isabelle: Ich habe gerade an Geschichte gedacht.

T4: Nein, nein, hier, also einfach alle, damit man alles auf einem Bild sieht, was über einen längeren Zeitraum passiert. Also zum Beispiel, wenn ich ein Foto mache, wo ich hier, hier und hier stehe, also drei Fotos, dann stehe ich hier, hier und hier, dann lege ich es zusammen, dann stehe ich dreimal am Foto oben. Zum Beispiel.

Adrian: *Es gibt deutlich mehr dünne, gerade Linien, als man es auf der Erdoberfläche beobachten kann. Das ist der Beweis dafür, dass hier die kosmische Strahlung erhöht ist. Für Menschen, die in hochgelegenen Städten leben, gehört es zum Alltag von relativ vielen kosmischen Strahlen umgeben zu sein.*

T4: Genau da seht ihr, das sind alles ganz gerade Linien, und zwar ganz viele, also der größte Teil dieser Strahlen, die wird immer so stark sehen, das sind halt einfach die kosmischen Strahlen, und das andere sind einfach die, die wir auch normal auf der Erde einfach haben. So ergänzend, das brauchen wir nicht, das lassen wir weg. Problem acht, so machen noch ein Problem. *Hast du schon einmal von „Radiumthermen“ gehört? Radium ist das Atom, das von Marie Curie und ihrem Mann entdeckt wurde. Das war die erste Nobelpreisträgerin, also die erste weibliche Nobelpreisträgerin in der Chemie, hat sich mit Radioaktivität beschäftigt. Es kommt in der Natur vor, zerfällt leicht und setzt dabei Strahlung frei.* Das ist die Werbung für so eine Radiumtherme. *Könnten diese „heißen Radiumquellen“ eine größere Strahlungsbelastung aufweisen als anderswo? Oder ist es nur ein Ort mit einem außergewöhnlichen Namen, aber normaler Strahlung? Was ist deine Erwartung?* Ist die Strahlung bei Radiumthemen höher? Ist sie gleich, oder ist sie schwächer als an anderen Orten? Schreibt es wieder auf. Gut, so wer sagt, dass es dort stärker ist als an anderen Orten? 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Wie viel sind wir denn heute? 5, 7, 10, 13. Ok, es müssen noch vier Leute sein. Wer glaubt, dass es gleich ist, wie anders wo? Wer glaubt, dass es dort schwächer ist? Eins, zwei. Das sind wieder mal nicht alle. Gut, das ist mir jetzt aber auch egal. Es kann nicht sein, dass wir es nicht schaffen in einer Klasse irgendwann aufzuzeigen. Gut, die, die stärker genommen haben, warum glaubt ihr, also einfach mal hat wieder, wer eine Idee, warum das so ist. Vielleicht weil dort einfach das Radium zerfällt, und dann muss mehr sein, oder weil es dort gesammelt ist. Warum habt ihr das zum Beispiel genommen?

Finn: Bitte machen Sie mich bei C.

T4: Du warst da, oder?

Finn: Nein, nein, ich war gerade nirgendwo. Ich habe, ich habe gerade nur die Frage immer gelesen, ich habe sie gar nicht verstanden.

T4: Ok, Finn warum nimmst du C? Jetzt bist du dran, leider selbst Schuld, wenn du später aufzeigst. Warum sagst du, sie ist dort schwächer?

Finn: Ähm, weil, nehmen wir mal an, dort wird sie ja irgendwie so eingelagert, heißt, es hat ja keinen Unterschied draußen oder so. Ich weiß es nicht, mir ist nichts eingefallen.

T4: Das war eine Idee. Schauen wir nach, oder will sich noch irgendwer umentscheiden, nachdem wir gerade.. Gut. Wir schauen noch ganz kurz nach. Die Lösung, sie ist um einiges höher passt. Aber warum? Das schauen wir uns nächstes Mal an.

Lesson 4

T4: Herr Yamamoto war gerade bei diesen Radiumquellen. Und da war die Frage, war die Strahlung an diesen Radiumquellen höher, niedriger oder gleich. Wisst ihr das noch?
Finn.

Finn: Höher.

T4: Sie war höher, genau. Wir haben uns nur kurz das Bild angeschaut, da sieht man auch schön wie er in dieser Radiumquelle drinsitzt. Und man sieht wie immer sein... Wie heißt die Einheit nochmal?

Felix: Sievert.

Mia: Sein Telefon.

T4: Sievert, es ist nicht sein Telefon. Sievert, genau. Das ist ein Geigerzähler also ein Gerät, damit man die Strahlung messen kann. Weil du so brav mitarbeitest, die ersten drei Sätze liest du jetzt vor.

Jonathan: *Dieses Foto wurde am Murasugi Onsen im Bundesland Niigata aufgenommen. Die Messung zeigt 0,1 Mikro-Sievert pro Stunde an. Messungen wurden außerdem am Misasa Onsen im Bundesland Tottori, am Masutomi Onsen im Bundesland Yamanashi und an mehreren anderen Thermen gemacht, die behaupten „Radiumthermen“ zu sein.*

T4: Adrian, weiterlesen bitte.

Adrian: *An all diesen Orten reichte die Strahlungsbelastung von 0,1 – 0,3 Mikro-Sievert pro Stunde. Das ist viel größer als der Durchschnittswert in Japan von 0,05.*

T4: Ok, Lucas.

Lucas: *Der Name „Radiumtherme“ ist nicht nur ein schicker Name – die Strahlung ist dort wirklich stärker. Die Radiumtherme mit der höchsten Strahlenbelastung ist das Tamagawa Onsen im Bundesland Akita. Anscheinend können einige Bereiche der Therme einen Strahlungswert von bis zu 2,8 Mikro-Sievert erreichen.*

T4: Gut, Finn.

Finn: *Die Therme mit dem höchsten Strahlenwerten der Welt befindet sich in der Stadt Ramsar in Iran. Die Stadt beherbergt zehntausende Menschen und mehr als 50 Thermen mit relativ hohen Konzentrationen von Radium im Wasser. Laut einem Bericht des United Nations...*

T4: Scientific.

Finn: Scientific.

T4: Was heißt Scientific? Wo kommt denn das Wort her, wahrscheinlich aus dem Englischen von Science. Und was heißt Science?

Adrian: Wissenschaft.

T4: Wissenschaften genau.

Finn: *Ausschusses beträgt die jährliche Strahlung in Ramsar etwa 10 Milli-Sievert (10.000 Mikro-Sievert). Im Jahr 2003 haben Forscher Ramsar untersucht und dort Werte von 1 bis 5 Mikro-Sievert pro Stunde gemessen. Das sind 20- bis 100-mal höhere Werte als der Durchschnittswert in Japan.*

T4: Sehr gut. Problem neun. Wer kann das vorlesen? Lies mal vor.

Mia: *Wir haben gelernt, dass der Boden, die Luft und der Weltraum alle Strahlungsquellen sind. Wir leben auf einem Planeten mit radioaktiven Atomen überall. Was ist mit uns? Lucas eigenen Körper? Da wir ein Teil der Erde sind, könnte es sein, dass radioaktive Atome auch in uns eingedrungen sind? Oder haben Lebewesen vielleicht einen Mechanismus, um zu verhindern, dass radioaktive Atome eindringen können.*

T4: So, jetzt gibt es nur A oder B. Senden Menschen Gammastrahlung, also radioaktive Strahlung, aus oder senden sie keine aus? Kreist wieder das ein, was ihr glaubt, und wir sammeln dann die Ergebnisse. So, gut. Wir haben jetzt bei A Menschen senden Gammastrahlen aus. Wer hat sich für A entschieden? Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs. Gut. Wer hat sich für B entschieden, dass Menschen keine Strahlung aussenden?

Sieben, da fehlen mir noch drei. Finn?

Finn: A, A, A.

T4: A. Mir fehlen noch immer zwei. Irgendwer der nicht abgestimmt hat und nicht aufgezeigt hat.

Oscar: Ich habe das Blatt nicht.

Felix: Ich auch nicht.

T4: Dann schauts einfach da. Glaubt ihr, dass Menschen Gammastrahlen aussenden oder nicht?

Oscar: Ich kanns nicht mal lesen.

T4: Senden Menschen Gammastrahlung aus? Ja oder nein?

Oscar: Nein.

T4: Nein, Felix was sagst du?

Felix: Nein.

T4: Passt, dann haben wir da zwei Mal nein. Und jetzt selbe Regel wie immer. Warum hast du dich so entschieden?

Penelope: Ich möchte auch zu A.

T4: Zu A, du warst bei B, oder was? Penelope warum hast du jetzt gerade gewechselt?

Penelope: Einfach so.

T4: Einfach so, gut. Finn warum hast du A genommen?

Finn: Ich weiß nicht warum. Ich habs einfach so gesagt.

T4: Einfach aus Gefühl. Adrian, wo hast du aufgezeigt?

Adrian: B.

T4: Warum hast du bei B aufgezeigt.

Adrian: Weil ich glaub nicht dass wir Strahlung aussenden.

Felix: Ok, Lucas wo hast du aufgezeigt?

Lucas: A.

Felix: Warum?

Lucas: Weil ich glaube nicht dass man dagegen was machen kann.

T4: Gut, gibt es noch irgendjemanden, der sich nochmal umentscheiden mag? Nein, ok gut dann schauen wir nach. So, und da gab es jetzt ein Experiment dazu. Ich lese mal das Erste vor, und dann kann wer anderer einsteigen. *1950 erschuf der schwedische Wissenschaftler Sievert eine Maschine zur Messung der von Menschen emittierten Gammastrahlung. Hat irgendwer das Wort emittiert schon einmal gehört?*

Adrian: Nein.

Jonathan: Nachmachen.

T4: Nein, das ist was anderes. Emittieren, Emittieren bedeutet aussenden. Das ist einfach der physikalische Begriff. Zum Beispiel die Sonne, emittiert auch Licht. Also solche Sachen, emittieren bedeutet einfach Strahlung aussenden, so. Penelope.

Penelope: *Die Maschine misst die von einer Person im Inneren der Maschine emittierte Strahlung für eine Dauer von vier Stunden. Zur Reduzierung der Strahlung außerhalb der Person, befindet sich die Maschine im Keller, um von kosmischer Strahlung abgeschirmt zu sein.*

T4: Was bedeutet das? Abgeschirmt? Das einfach dort keine kosmische Strahlung hinkommt. Das ist, wie man sich einen Regenschirm vorstellt, der schirmt dich ja auch ab, und so schirmt dich, wenn du im Keller bist, kommt weniger kosmische Strahlung zu dir.

Penelope: *In einem Raum mit dicken Wänden (um die Strahlung von der Erde zu blockieren). Das Ziel der Maschine war es, die natürliche Radioaktivität eines Menschen zu messen. Sievert maß damit die Radioaktivität von vielen Personen, von Erwachsenen bis zu Kindern.*

T4: Gut, Oscar du liest da den Absatz und dann die ersten zwei Sätze.

Oscar: *Sein Befund wurde durch Zeitungsartikel wie diesen, der die Überschrift „Radioaktivität im menschlichen Körper“ trägt, weit verbreitet. Als Ergebnis dieses*

Experiments wissen wir heute, dass unsere eigenen Körper radioaktiv sind und Strahlung an die Welt um uns herum absenden. Im Folgendem findest du eine Liste der Strahlungsquellen in unseren Körper.

T4: Ok, magst du kurz die letzten zwei lesen? *Die Strahlungswerte wurden in...*

Liss: *Die Strahlungswerte wurden in Experimenten von heutigen Wissenschaftlern gemessen (erinnere dich, dass die Einheit Becquerel die Anzahl der pro Sekunde freigesetzten Strahlungsteilchen ist).*

T4: Also was war jetzt die richtige Antwort?

Lucas: A.

T4: A. Genau, wir senden Gammastrahlung aus. Was haben wir alles in unseren Körper? So, Olivia magst du kurz für eine 60 Kilogramm?

Olivia: *Für eine 60 kg schwere Person. Radioaktives Kalium: 4000 Becquerel. Radioaktiver Kohlenstoff: 2500 Becquerel. Radioaktives Rubidium: 500 Becquerel. Radioaktives Blei und Polonium: 20 Becquerel. Radioaktives Cäsium: 20-60 Becquerel.*

T4: Gut, das sind 7000 Becquerel, von denen mehr als die Hälfte von Kalium kommt. Das heißt das meiste, was in unseren Körper radioaktive Strahlung und ist... Kalium.

Finn: Was ist jetzt richtig, A oder B?

T4: A. Weil, das heißt, du hast einfach was in deinem Körper, du hast schau, du hast Kalium, du hast radioaktiven Kohlenstoff, radioaktives Rubidium, Blei, Polonium und Cäsium. Und die senden alle was aus, die ganze Zeit. Das heißt auch du sendest Gammastrahlung aus jetzt. So, *nicht nur Menschenleben, sondern auch Pflanzen und Tiere, welche früher oder später von Menschen gegessen werden. Es überrascht nicht, dass diese ebenfalls radioaktive Atome enthalten.* Oscar magst du die Sätze vorlesen? *Das ist das ein Foto der Strahlung...*

Oscar: *Dies ist ein Foto der Strahlung, die (von oben nach unten) von Schweinefleisch, einer Banane, Bananenscheiben und Ingwer ausgesendet wird (mit freundlicher Genehmigung von em. Professor Chizuo Mor, Universität Nagoya). Das am stärksten radioaktive Element der Lebensmittel ist radioaktives Kalium, das nur 0.01% des natürlich vorkommenden Kalium ausmacht.*

T4: Genau, und das sieht halt die radioaktive Strahlung, wenn man das misst.

Adrian: War das eine Banane?

T4: Das ist eine Banane. Eine Banane ist radioaktiv. *Kalium ist ein notwendiges Atom für Lebewesen und kommt überall auf der Welt vor. Zum Beispiel weist das radioaktive Kalium in 1 kg Reis eine Aktivität von etwa 33 Becquerel auf.* Das heißt man hat das wirklich überall. Isabelle.

Isabelle: *Man findet es auch im Meer, wo es dazu führt, dass 1 L Meerwasser rund 12 Becquerel Strahlung aussendet. Auch wenn du Fleisch, Fisch, Milchprodukte oder sogar nur Gemüse isst, nimmst du ganz selbstverständlich radioaktives Kalium mit einer entsprechenden Aktivität von schätzungsweise 100 Becquerel auf. Die Aufnahme von radioaktiver Nahrung ist ein Teil unseres täglichen Lebens – es ist natürlich.*

T4: Das heißt, es ist ganz natürlich, dass wir einfach Nahrung essen, die leicht radioaktiv ist, weil einfach fast alles im täglichen Leben radioaktiv ist. Das heißt, es ist jetzt nicht schlimm, wenn man sagt, oh mein Gott, diese Banane sendet was radioaktives aus, ja, tut sie, aber das ist ganz normal. Felix.

Felix: *Laut Messungen waren durchschnittliche Menschen aus Japan im Laufe des Jahres 2008 0,99 mSv durch Nahrung ausgesetzt. Die absolute Dosis ist je nach Wohnort sowie Lebensstil unterschiedlich.*

T4: Passt, bist schon wieder erlöst. *Das linke Foto zeigt einen Sack mit Kaliumdünger, wie es ihn im Baumarkt zu kaufen gibt. Wie zu sehen ist, zeigt die Messung der Gammastrahlung, die den Sack verlässt, einen Wert von 0,248 Mikrosievert pro Stunde*

an. Kalium emittiert auch Beta-Strahlen, wenn es zu Calcium zerfällt. Okay, welche drei hat es alle gegeben? Welche drei Strahlungsarten?

Olivia: Gamma.

T4: Gamma.

Mia: Beta.

T4: Beta, und?

Jonathan: Und Alpha.

T4: Sehr gut. *Die Beta-Strahlen lassen sich in einer Nebelkammer sichtbar machen. Der weiße Teil in der Mitte des Fotos unterhalb ist eine Ansammlung von Kaliumdünger. Wie zu sehen ist, kommt der Beta-Strahl vom Dünger. Genau also, hier sieht man dann einfach die Strahlung, diese längeren weißen Linien. So, und das ist jetzt die letzte Seite und dann sind wir damit fertig. Gut, Natalie. Ersten drei Sätze. Kurz aufwachen. Die Welt der natürlichen Strahlung.*

Zoe: *Wie fühlst du dich jetzt? Wir haben gesehen, dass wir von Strahlung umgeben sind, sowohl von außerhalb der Erde als auch aus ihrem Inneren. Der Boden, auf dem wir stehen ist eine Strahlungsquelle, genauso wie die Luft die wir atmen und die Lebensmittel, die wir essen. Wir haben gelernt, dass selbst unsere eigenen Körper Quellen von Strahlung sind. Wenn all diese Strahlung in der Luft um uns herum Strahlungsspuren hinterlassen würde, so wie wir sie in der Nebelkammer beobachtet haben, wäre die Luft voller Spuren.*

T4: Dankeschön, Olivia fertiglesen.

Olivia: *Zusätzlich zur Herkunft dieser Strahlung haben wir auch diskutiert, wie stark sie ist. Allein dadurch, dass wir auf diesem Planeten leben, bekommen wir eine Strahlendosis von 2,4 mSv Strahlung pro Jahr ab. Der Durchschnitt in Japan ist mit 2,1 mSv pro Jahr etwas geringer. Dies ist die Welt, in der wir mit allen Lebewesen der Erde leben – eine Welt mit Strahlung.*