



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema
Röntgenstrahlung“

verfasst von / submitted by

Maximilian Sima

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 412 406

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Physik UF Mathematik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

DANKSAGUNG

An dieser Stelle danke ich allen, die mich während meiner Studienzeit in den verschiedensten Lebensbereichen begleitet und unterstützt haben. Dazu zählen Verwandte, Freunde, Tischtennis-Kollegen, Professoren, Tutoren und jeder, der sich hier noch angesprochen fühlt.

Einigen Personen, die mich über das gesamte Studium hinweg begleitet oder bei dieser Abschlussarbeit unterstützt haben, gebührt mein besonderer Dank.

Zuallererst danke ich meiner Familie.

Posebna zahvala mami in tatiju za vso podporo v vseh letih mojega izobraževanja. Bodisi v športu, v šolskem času, pri študiju in v zadnjih mesecih pri izdelavi materiala ter pri popravah diplomske naloge.

Ein herzliches Dankeschön an Prof. Dr. Martin Hopf, der es mir ermöglicht hat, diese Diplomarbeit zu meinem Wunschthema zu schreiben sowie an Mag. (bald Dr.) Thomas Plotz für die hervorragende Unterstützung und produktive Zusammenarbeit.

Ich danke auch allen Lehrkräften, die es mir ermöglicht haben, meine Testungen ohne Komplikationen durchzuführen sowie allen Schülerinnen und Schülern, die mit viel Eifer an meinen Materialien gearbeitet haben. Namentlich zu nennen wären hier Dr. Niko Ottowitz und das BG/BRG für Slowenen / ZG/ZGR za Slovence sowie Dr. Marianne Korner.

Danke an Sarah Zloklikovits für die sehr guten Tipps zu Beginn meiner Arbeit und für die von ihr zur Verfügung gestellten Layouts, was das Erstellen der Materialien um einiges erleichtert hat.

Vielen Dank an Andreas Kalb und Victoria Motal. Mit beiden habe ich im Sommersemester 2016 die Ausgangsmaterialien erstellt, wobei besonders die Idee für das Sprayexperiment von großer Bedeutung war.

Dank gilt auch meiner Freundin Pia, die von der Themensuche bis zu den Verbesserungen stets ein Ohr für meine Anliegen hatte.

Ein Dankeschön an Nada Malle für das finale Kontrolllesen.

Zum Abschluss noch ein großes Dankeschön an alle Studienkollegen und Freunde, mit denen ich gemeinsam eine unvergessliche Studienzeit erlebt habe.

Wien, März 2017

ABSTRACT

Elektromagnetische Strahlung ist allgegenwärtig. Manche Strahlungsformen begleiten uns in jedem Moment durch das Leben, anderen begegnen wir nur in bestimmten Situationen. Die Röntgenstrahlung zählt zu jenen, die wir eher selten bewusst wahrnehmen und dann auch nicht mit einem unserer Sinne. Um den Menschen eine Vorstellung zu vermitteln, warum gerade diese Strahlungsform in der Medizin bei verschiedenen Anwendungen so erfolgreich genutzt wird, ist die Implementierung in den Schulunterricht sinnvoll. Da die didaktische Forschung zu diesem Thema noch in den Kinderschuhen steckt, möchte ich mit dieser Arbeit versuchen, einen Beitrag zu leisten, um die Auswahl an didaktisch fundiertem Material zu erweitern. Das Ziel der Arbeit ist die Erstellung und Erprobung einer Unterrichtseinheit zum Thema Röntgenstrahlung für die 8. Schulstufe. Der Einsatz im Unterricht soll dabei ohne viel Vorwissen realisierbar sein und die Materialien sollen sehr schülerzentriert gestaltet sein.

Die Entwicklung der Unterrichtsmaterialien wurde gemäß der Forschungsmethode *Design-Based-Research* durchgeführt. Als Ausgangsmaterial wurde eine Unterrichtseinheit verwendet, die im Rahmen eines Seminars erprobt wurde. Die erste Überarbeitung wurde in einer Vortestung mit der Methode *Lautes Denken* erprobt, um sie dann noch einmal zu überarbeiten und in einer realen Unterrichtssituation zu testen.

Das Resultat dieser Arbeit sind erprobte Unterrichtsmaterialien zum Thema Röntgenstrahlung, die sich beim Einsatz in der Schulklassse bewährt haben. Zusätzlich konnten Erkenntnisse gewonnen werden, die Physikunterricht in Zukunft verbessern könnten.

We are always surrounded by electromagnetic radiation. The different types of radiation can be very useful, but sometimes dangerous too. These are some reasons, why this topic should be taught at school. Unfortunately the didactic research on this subject has just recently started. That is why I decided to make a contribution, by working on this diploma thesis.

The goal of the thesis is to design teaching materials concerning electromagnetic radiation or more specifically X-radiation, using a scientific approach named *Design-Based Research*. The first step was to refine an idea which came to my mind in the spring semester 2016. Then the new version has been evaluated in an interaction with two pupils, using the approach named *Think-Aloud*. Considering the results, the teaching unit has been refined again. Afterwards, another interaction has been made, to check, if the material is useful in the physics classroom.

The result of this diploma thesis is useable teaching material concerning X-radiation, meant to be used in the 8th grade.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	5
2	Röntgenstrahlung.....	7
2.1	Die Röntgenstrahlung im elektromagnetischen Spektrum	7
2.2	Erzeugung von Röntgenstrahlung.....	8
2.3	Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie	10
2.3.1	Gefahren für den Menschen	12
2.4	Die Röntgenuntersuchung.....	13
2.5	Welle-Teilchen Dualismus	15
3	Physikdidaktik.....	19
3.1	Schülervorstellungen	19
3.1.1	Schülervorstellungen zum Thema Strahlung	21
3.1.2	Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung.....	23
3.2	Kontextorientierter Unterricht – Physik und Medizin.....	23
3.3	Methoden-Werkzeuge.....	24
3.3.1	Archive.....	25
3.3.2	Satzmuster.....	26
3.3.3	Charakterkarten	26
3.4	Das Modellexperiment	27
4	Forschungstheorien.....	29
4.1	Design-Based Research.....	29
4.2	Lautes Denken	30
4.2.1	Durchführung	32
4.3	Qualitative Inhaltsanalyse	32
5	Entwicklung der Unterrichtsmaterialien	35
5.1	Ausgangsmaterial	35
5.2	Erste Überarbeitung	37
5.2.1	Gestaltung	37
5.2.2	Die Lernmaterialien	39

5.2.3	Testphase.....	46
5.2.3.1	Setting und Vorgehensweise	46
5.2.4	Ergebnisse.....	48
5.2.4.1	Materialbezogene Probleme	48
5.2.4.2	Andere Erkenntnisse	52
5.2.4.3	Schülervorstellungen	55
5.3	Zweite Überarbeitung.....	56
5.3.1	Gestaltung	57
5.3.2	Änderungen der Lernmaterialien	58
5.3.3	Testphase.....	65
5.3.3.1	Setting und Vorgehensweise	66
5.3.4	Ergebnisse.....	67
5.3.4.1	Materialbezogene Probleme	67
5.3.4.2	Andere Erkenntnisse	70
5.3.4.3	Schülervorstellungen	72
5.4	Dritte Überarbeitung	72
5.4.1	Gestaltung	73
5.4.2	Änderungen der Lernmaterialien	73
6	Diskussion und Ausblick	77
	Literatur.....	81
7	Anhang.....	85

1 EINLEITUNG

Eine der sogenannten Grundideen der elektromagnetischen Strahlung, die möglichst allen Absolventen einer Pflichtschule bekannt sein sollte, ist die Omnipräsenz von Strahlung (Plotz, 2016a, S. 6 f.). Damit ist gemeint, dass man den Schülerinnen und Schülern auf jeden Fall bewusst machen sollte, dass wir im Alltag dauerhaft von verschiedenen Strahlungen umgeben sind. Einerseits ist das die sichtbare Strahlung, deren Existenz aufgrund der Sichtbarkeit am leichtesten zu verstehen ist. Andererseits sind das Strahlungen, die man mit anderen Sinnen oder gar nicht wahrnehmen kann, diese aber trotzdem präsent sind. Die Tatsache, dass man alle diese unterschiedlich wahrnehmbaren Phänomene unter ein und den selben Oberbegriff der elektromagnetischen Strahlung einordnen kann, ist eine weitere wichtige Idee, die man als Lehrender vermitteln sollte.

Der starke und allgegenwärtige Alltagsbezug, der rund um das Thema der elektromagnetischen Strahlung vorhanden ist, macht dieses Kapitel der Physik besonders interessant. Nahezu jede Schülerin und jeder Schüler besitzt heutzutage ein Mobiltelefon und verwendet damit die Mikrowellenstrahlung täglich. Auch die praktische Möglichkeit das Mittagessen mit Hilfe eines Mikrowellenherdes aufzuwärmen, wird von vielen von klein auf genutzt. Ebenso ist Informationsübertragung ohne Kabel heute auch keine Rarität mehr und wird in unserer Gesellschaft schon fast als selbstverständlich angesehen. Hier bedient man sich auch am elektromagnetischen Spektrum von Mikrowelle bis Infrarot. Dass man nicht zu lange in der Sonne liegen sollte, um keinen Sonnenbrand zu bekommen und damit auch im höheren Alter noch eine gesunde Haut zu haben, wissen die meisten. Ob diese Gefahr ernst genommen wird, die die UV-Strahlung mit sich bringt, liegt oft an der Erziehung und/oder auch am Wissensstand zu diesem Thema. Auch mit noch kurzwelligeren Strahlungen, die sogar schon ionisierende Eigenschaften besitzen und damit eine potenzielle Gefahr darstellen, wenn man nicht vernünftig mit ihnen umgeht, kommen Kinder nicht selten in Kontakt. Ein Röntgenbild der Zähne ist bei vielen Zahnärzten Routine und bei vielen Verletzungen, vor denen unsere junge Generation natürlich nicht immer bewahrt werden kann, ist die Röntgenuntersuchung ebenso eine nicht weg zu denkende Diagnosemethode.

Zu allen gerade genannten Strahlungsarten wurde besonders in den letzten Jahren an der Fakultät für Physik in Wien im Bereich der Fachdidaktik geforscht. Einerseits waren das Untersuchungen zu Schülervorstellungen und Besonderheiten des Strahlungsunterrichts. Andererseits wurden auch schon einige Unterrichtsmaterialien entwickelt, die es den Schülerinnen und Schülern, aber auch den Lehrpersonen leichter machen sollen, diese Themen im Unterricht zu bearbeiten. Trotzdem ist der fachdidaktische Forschungsstand in diesem Bereich weniger fortgeschritten als bei anderen Themen.

Einleitung

Hier setzt der praktische Teil meiner Arbeit an. Ziel ist es, Unterrichtsmaterialien zum Thema Röntgenstrahlung für die 8. Schulstufe zu entwickeln und diese auch mit einzelnen Probanden sowie in einer realen Unterrichtssituation zu testen. Die Materialien sollten sehr schülerzentriert gestaltet werden, sodass die Lehrperson lediglich eine beratende Rolle einnimmt.

Die Entwicklung der Unterrichtsmaterialien wurde gemäß der Forschungsmethode „Design-Based-Research“ durchgeführt. Die Grundstruktur dieses Ansatzes besteht aus einer zyklischen Abwechslung von Entwicklung, Evaluation und Überarbeitung. Als Ausgangsmaterial wurde eine Unterrichtseinheit genommen, die ich in einem Seminar gemeinsam mit zwei Kollegen erstellt habe. Diese Einheit wurde in einer ersten Überarbeitung drastisch umgestaltet und anschließend mit der Methode „Lautes Denken“ an zwei Versuchspersonen erprobt. Die Erkenntnisse aus dieser Testung wurden anschließend im Rahmen der zweiten Überarbeitung in die Materialien eingearbeitet, um diese dann in einer realen Unterrichtssituation zu testen und die Erkenntnisse wieder zu erheben.

Im praktischen Teil dieser Arbeit werden die einzelnen Versionen der Materialien vorgestellt und die Testergebnisse sowie Überarbeitungsschritte erläutert. Diese Inhalte können im **fünften Kapitel** nachgelesen werden und alle Versionen der Unterrichtsmaterialien sind in kompletter Form im **siebenten Kapitel** zu finden.

Neben dem praktischen Teil beinhaltet die Arbeit auch eine theoretische Beleuchtung der Thematik Röntgenstrahlung und der verwendeten theoretischen Ansätze. Hier nun ein kurzer Überblick über die einzelnen Kapitel des Theorieteils.

Im **zweiten Kapitel** wird die Röntgenstrahlung aus physikalischer Sicht und die Funktionsweise einer Röntgenuntersuchung beleuchtet. Diese Inhalte dienen einerseits als fachliche Klärung zur Vorbereitung der Unterrichtsmaterialien und andererseits als inhaltliche Hilfestellung für andere Lehrpersonen, die die Materialien verwenden möchten.

Die relevanten didaktischen Theorien sind Inhalt des **dritten Kapitels**. Dabei wird auf Schülervorstellungen, kontextorientierten Unterricht, Methoden-Werkzeuge sowie auf das Modellexperiment eingegangen.

Das **vierte Kapitel** beinhaltet die Erläuterung der Forschungsmethoden, die beim praktischen Teil der Arbeit angewendet wurden. Die Themen sind Design-Based-Research, Lautes Denken sowie die qualitative Inhaltsanalyse.

Um die Theorie mit den Erkenntnissen aus der Praxis in Verbindung zu bringen, werden die Ergebnisse der Arbeit im **sechsten Kapitel** diskutiert und ein Ausblick auf mögliche weitere Forschungen gegeben.

2 RÖNTGENSTRAHLUNG

Das erste Kapitel beinhaltet einen Überblick der wichtigsten physikalischen Fakten zur Röntgenstrahlung, eine Beschreibung der Funktionsweise einer Röntgenuntersuchung sowie die Problematik des Wellen-Teilchen Dualismus. Diese Inhalte dienen einerseits als fachliche Klärung zur Vorbereitung der Unterrichtsmaterialien. Sie sollen aber andererseits auch eine inhaltliche Hilfestellung für andere Lehrende sein, die die Materialien eventuell verwenden möchten. Ich denke, es zählt sich für eine Lehrperson auf jeden Fall aus, näher über ein Thema Bescheid zu wissen, bevor es im Unterricht behandelt wird. Zum einen erfordert eine gelungene Elementarisierung der Inhalte unter anderem fachliche Souveränität innerhalb der Thematik (Girwidz & Berger, 2011, S.77). Zum anderen bietet es sich meiner Meinung nach an, dieses Thema als Vertiefung, zum Beispiel in Form eines Projektes oder später als VWA für besonders interessierte Schülerinnen und Schüler anzubieten. Meiner Ansicht nach ist dieses Thema unabhängig vom praktischen Nutzen, besonders wegen seiner alltäglichen Relevanz, sehr interessant und schon aus diesem Grund wert, sich etwas tiefer einzulesen.

2.1 Die Röntgenstrahlung im elektromagnetischen Spektrum

Blättert man durch verschiedene Lehrbücher der Physik erlangt man zur Erkenntnis, dass es nicht einfach ist, dem Begriff „Strahlung“ eine allgemeine Definition zugrunde zu legen. Vielmehr zeigt sich, dass dieser Begriff in vielen verschiedenen Gebieten der Physik auftaucht und dabei unterschiedliche Eigenschaften hat. Aus diesem Grund ist es sinnvoll diesen Begriff einzuschränken und sich auf die eindeutig definierbare **elektromagnetische Strahlung** festzulegen (Plotz, 2016a, S. 5).

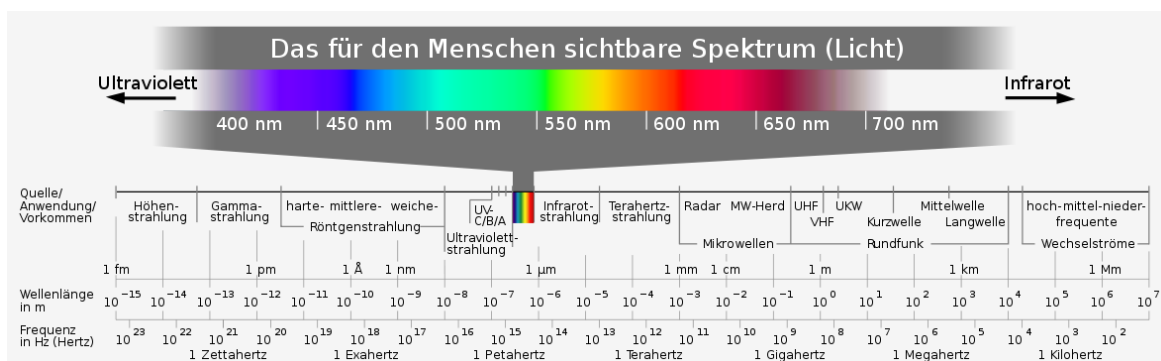


Abbildung 2.1: Das elektromagnetische Spektrum (Horst Frank, Jailbird & Phrood, 2008)

Röntgenstrahlung

Elektromagnetische Strahlung entsteht prinzipiell durch Beschleunigung elektrischer Ladungen (Felix & Ramm, 1980, S.4). Die verschiedenen Formen können mit Hilfe der physikalischen Größen Wellenlänge, Frequenz sowie Energie unterschieden werden und auf diese Weise in das sogenannte **elektromagnetische Spektrum** (vgl. Abbildung 2.1) eingeordnet werden. Die Röntgenstrahlung befindet sich im hochfrequenten Bereich zwischen UV-Strahlung und Gamma-Strahlung. Sie besitzt eine Wellenlänge zwischen $10^{-12} m$ und $10^{-8} m$. Eine exakte Einordnung bzw. Unterteilung der verschiedenen Strahlungsformen ist aber nicht möglich, da es im Spektrum zu Überlappungen kommt (Tipler, 1994, S.1007 f.).

2.2 Erzeugung von Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlung ist wie eben erwähnt eine elektromagnetische Welle mit sehr kleiner Wellenlänge sowie hoher Frequenz und Energie (ebd., S.1008). Im elektromagnetischen Spektrum ist nur eine Strahlungsform noch energiereicher - die Gamma-Strahlung, die beim radioaktiven Zerfall emittiert wird (Morneburg, 1995, S. 84). In diesem Abschnitt wird erläutert wie man Röntgenstrahlung erzeugen kann.

„Röntgenstrahlen entstehen immer, wenn schnelle Elektronen im Feld der Atome bzw. Atomkerne eine rasche Abbremsung erfahren.“ (Tritthart, 2001, S.471)

Um Röntgenstrahlung zu erzeugen, müssen Elektronen sehr stark beschleunigt werden, um anschließend durch ein Target abgebremst zu werden. Um das zu erreichen, wird eine Glühkathode (glühender Draht) stark erhitzt bis sich die Elektronen genügend schnell bewegen, um den Draht verlassen zu können. Diese Elektronen werden dann in einem durch eine Hochspannung erzeugten elektrischen Feld beschleunigt und auf eine Anode aus Metall (meist Wolfram) gelenkt (Berger, 2000, S. 40). Die Elektronen besitzen vor dem Auftreffen auf das Metall eine bestimmte Bewegungsenergie, die durch die Hochspannung reguliert werden kann (Fritsche, 2013, S. 27). Auf diese Weise kann man Röntgenstrahlung verschiedener Härte und damit Durchdringungsfähigkeit erzeugen (Tritthart, 2001, S. 473). Beim Eintritt der Elektronen in die metallische Anode wird die Bewegungsenergie zum größten Teil in Wärme umgewandelt. Lediglich ein sehr kleiner Teil wird dabei in Röntgenstrahlung umgesetzt (Morneburg, 1995, S. 84 f.). Hierbei wird zwischen zwei Prozessen unterschieden:

1. Elektronen werden von den positiv geladenen Atomkernen des Anodenmaterials abgelenkt und damit auch abgebremst. Die Abbremsung ist umso stärker, je näher die „Flugbahn“ des Elektrons an einem Atomkern vorbeiführt. Die Elektronen werden also verschieden stark abgebremst und weisen somit unterschiedliche Energieverluste auf. Dies führt dazu, dass Röntgenstrahlung emittiert wird, „deren

Röntgenstrahlung

Energie von sehr kleinen Werten zur maximalen Energie verteilt ist.“ Die maximale Energie wird bei einer vollständigen Abbremsung erreicht. Das durch den gerade beschriebenen Prozess zustande kommende kontinuierliche Röntgenspektrum bezeichnet man als **Bremsstrahlung** (Felix & Ramm, 1980, S. 7 f.)

2. Der zweite Prozess kann durch das Schalenmodell von Atomen beschrieben werden. Die eindringenden Elektronen schlagen Elektronen aus den Metallatomen heraus. Auf die frei gewordenen Plätze springen Elektronen äußerer Niveaus und auf deren Plätze Elektronen, die noch weiter außen gelegen sind (ebd., S. 6). Bei diesen Sprüngen gewinnen die Elektronen Energie, die sie in Form von Röntgenstrahlung abstrahlen (Morneburg, 1995, S. 87). Auf diese Weise wird Strahlung bei genau definierten Energieniveaus emittiert, die für das Anodenmaterial charakteristisch ist (ebd., S. 88). Dieses diskrete Spektrum wird **charakteristische Röntgenstrahlung** genannt (Felix & Ramm, 1980, S. 6).

Zur Erzeugung von Röntgenstrahlung werden **Röntgenröhren** verwendet (vgl. Abbildung 2.2) (Morneburg, 1995, S.230).

Die wesentlichen Komponenten sind außen die Vakuumschale (1), der Kathodenaufbau (2), der Anodenaufbau (3) und das Wolframtarget (4) (ebd., S. 230). Das Endprodukt ist stets eine Überlagerung des kontinuierlichen und diskreten Spektrums (vgl. Abbildung 2.3) (Felix & Ramm, 1980, S. 8).

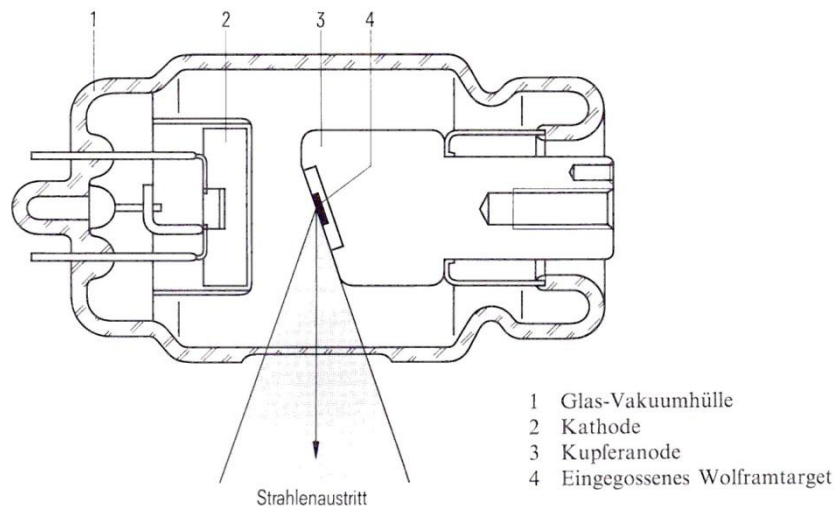


Abbildung 2.2: Schnittbild einer Röntgenröhre (Morneburg, 1995, S.230)

Röntgenstrahlung

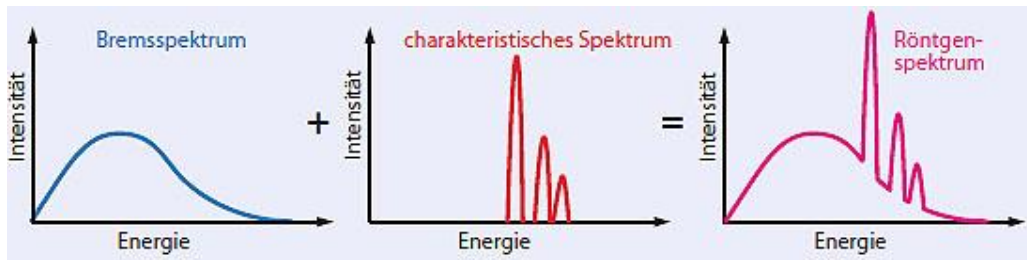


Abbildung 2.3: Überlagerung des kontinuierlichen und diskreten Spektrums zum Röntgenspektrum (Fritsche, 2013, S. 27)

2.3 Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie

Röntgenstrahlung ist sehr kurzwellig und transportiert somit eine hohe Energie. Aus diesem Grund wird bei der Wechselwirkung mit Atomen einer Materie ein vergleichsweise kleiner Teil des ursprünglichen Strahlenbündels absorbiert. Energiereiche Strahlung kann Materie also gut durchdringen. Diese Tatsache wird in der Röntgendiagnostik genutzt. (Morneburg, 1995, S.91).

Beim Auftreffen von Röntgenstrahlung auf Materie kann es zu verschiedenen Wechselwirkungen mit den Atomen der Materie kommen, welche später noch genauer besprochen werden. Alle diese Wechselwirkungsprozesse führen zu einer mehr oder weniger starken **Schwächung** des Strahlenbündels (Felix & Ramm, 1980, S.28). Die Wechselwirkungswahrscheinlichkeit steigt dabei vor allem mit größerer Dichte der Materie und mit höherer Kernladungszahl der Elemente im Material (Tritthart, 2001, S. 481 f.). Zwei weitere Faktoren, von denen die Wechselwirkungsprozesse abhängen, sind die Energie der Röntgenstrahlung und die Dicke des durchstrahlten Materials (Link & Heppe, 1998, S. 27).

Mathematisch kann die Schwächung durch das Schwächungsgesetz $N = N_0 e^{-\mu d}$, beschrieben werden. N_0 stellt in diesem Gesetz das ursprüngliche Strahlenbündel dar, N ist die Anzahl der Quanten nach der Schwächung, d ist die Dicke des durchstrahlten Materials und μ der für das Material spezifische Schwächungskoeffizient. Der Schwächungskoeffizient ist eine Funktion, die von der Dichte ρ und der Ordnungszahl Z der Materie, sowie von der Energie der Quanten $E = h\nu$ abhängig ist. Somit gilt: $\mu = f(h\nu, \rho, Z)$ (Morneburg, 1995, S. 91 f.).

Ich möchte hier explizit darauf hinweisen, dass Röntgenstrahlung nun Teilchencharakter zugewiesen wird und nicht mehr als elektromagnetische Welle gesehen wird. Die Thematik des Wellen-Teilchen Dualismus wird unten noch in einem gesonderten Abschnitt besprochen.

Röntgenstrahlung

Zwei Wechselwirkungsprozesse spielen bei der Schwächung der Röntgenstrahlung eine Rolle: die **Absorption** und die **Streuung** (Felix & Ramm, 1980, S.28). Ein Teil der Röntgenstrahlung kann aber auch ungehindert, ohne Energieverluste zu erleiden und ohne die Richtung zu ändern durch die Materie durchdringen (Tritthart, 2001, S. 484).

Wichtig ist noch zu betonen, dass **Reflexion** keine Rolle spielt und im Bereich der Röntgenstrahlen völlig bedeutungslos ist (ebd., S. 484).

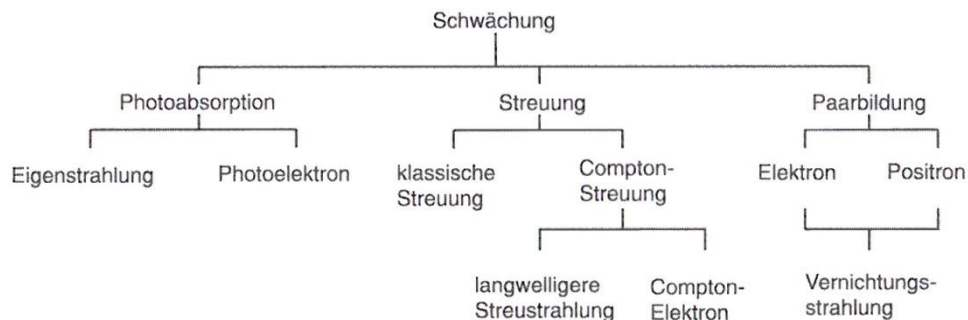


Abbildung 2.4: Die verschiedenen Prozesse, die zur Schwächung von Röntgenstrahlung durch Materie führen (Tritthart, 2001, S. 487)

Wie schon erwähnt, sind bei der Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie verschiedene Prozesse beteiligt (vgl. Abbildung 2.4). Die wichtigsten werden nun etwas näher erläutert:

- Treffen Photonen auf Materie, können sie mit den stark gebundenen Elektronen in Wechselwirkung treten und diese aus ihren Schalen herausschlagen. Die so entstandenen Photoelektronen können noch über genügend Energie verfügen, um weitere Elektronen aus anderen Atomen herausszuschlagen. Bei diesem Wechselwirkungsprozess geben die Photonen ihre gesamte Energie ab, was einer vollständigen Absorption entspricht. Dieses Phänomen wird **Photoeffekt** oder **Photoabsorption** genannt. Diese Form der Wechselwirkung tritt vorrangig bei kleinen und mittleren Energien der Röntgenstrahlung und bei hoher Kernladungszahl auf (Tritthart, 2001, S. 487 f.).
- Geben die Photonen bei der Wechselwirkung mit den Hüllenelektronen keinerlei Energie ab, werden aber von ihrer ursprünglichen Flugrichtung abgelenkt, spricht man von **klassischer oder kohärenter Streuung**. Dies tritt bei kleinen Energien der Strahlung und großer Kernladungszahl der Atome häufiger auf, hat aber im Allgemeinen einen sehr geringen Anteil an der Schwächung (ebd., S. 488).
- Eine andere Art der Streuung ist die **Compton-Streuung**. Bei diesem Phänomen schlagen die eintreffenden Photonen, Elektronen aus äußeren Schalen heraus, geben dabei nur einen Teil ihrer Energie ab und fliegen mit geänderter Flugrichtung sowie verminderter Energie weiter (ebd., S. 488 f.).

Röntgenstrahlung

- Bei sehr hohen Energien der Röntgenstrahlung kommt es zur **Paarbildung** - Umwandlung von Strahlung in Materie. Die Quanten der einfallenden Röntgenstrahlung geben ihre gesamte Energie ab und in der unmittelbaren Umgebung des Kerns entsteht daraus ein Elektron-Positron Pärchen (ebd., S. 489 f.).

Alle Prozesse gemeinsam führen zu einer Gesamtschwächung, die sich in Abhängigkeit von der Strahlenenergie ändert und wie oben schon erwähnt durch den Schwächungskoeffizienten μ beschrieben werden kann (vgl. Abb. 5) (Felix & Ramm, 1980, S. 32 f.).

In Abbildung 2.5 sind die Beiträge der verschiedenen Schwächungsprozesse sowie die Gesamtschwächung in Abhängigkeit von der Strahlenenergie dargestellt.

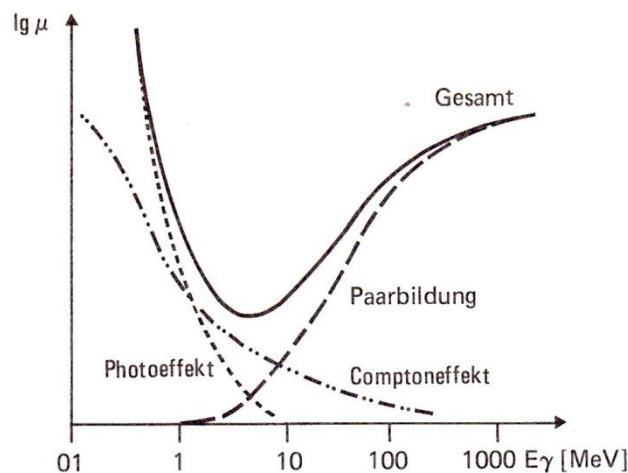


Abbildung 2.5: Verlauf des Schwächungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Strahlenenergie (Felix & Ramm, 1980, S.33)

2.3.1 Gefahren für den Menschen

Aufgrund der sehr hohen Strahlungsenergie ist die Gefährlichkeit der Röntgenstrahlung auch ein wichtiges Thema im Schulunterricht und wird hier auch noch kurz erläutert.

Röntgenstrahlen besitzen eine genügend hohe Energie um Materie zu ionisieren, wozu sichtbares Licht aufgrund der viel niedrigeren Energie nicht im Stande ist (Tritthart, 2001, S. 452 f.).

Von **Ionisation** spricht man, wenn die von einem Atom absorbierte Energie genügend hoch ist, um ein Elektron aus dem Atom herauszulösen. Dieses frei gewordene Elektron (Sekundärelektron) besitzt meist noch genügend Energie um weitere Anregungen und Ionisationen zu bewirken (ebd., S. 482 f.). Dieser Prozess entspricht dem schon erwähnten Photoeffekt.

Es ist schon lange bekannt, dass sich ionisierende Strahlung schädigend auf lebende Organismen auswirkt. Schon H. Becquerel und P. Curie haben am eigenen Leibe verspürt, welche Auswirkungen Ionisation haben kann (Krieger, 2012, S. 476). Ionisation kann beim menschlichen Körper zu Veränderungen an den Strängen der DNS führen und unterstützt

die Bildung von starken Zellgiften, den Peroxiden. Aus diesem Grund kann Röntgenstrahlung beim Menschen gesundheitliche Schäden verursachen, wenn man sich einer zu hohen Dosis aussetzt (Felix & Ramm, 1980, S. 219 f.).

2.4 Die Röntgenuntersuchung

Eine klassische **Röntgenanlage** besteht, unabhängig von technischem Fortschritt, aus vier Grundkomponenten (Morneburg, 1995, S. 229):

- Der Strahler (Röntgenröhre) – erzeugt die Röntgenstrahlung
- Der Generator – versorgt den Strahler mit Energie
- Der Detektor – verwandelt die Röntgenstrahlung nach Durchdringung des Körpers in ein Bild
- Das Röntgengerät – sorgt für die Zuordnung von Strahler, Patient und Detektor

Meine Absicht ist es nun nicht, die einzelnen Elemente und deren technischen Funktionsweisen sowie deren technischen Fortschritt in den vergangenen Jahrzehnten zu besprechen. Ich will lediglich einen groben Einblick geben, wie man mit solch einer Anlage, die uns allen bekannte Röntgenbilder erzeugt und auf welche Probleme die Technik dabei stoßen kann.

Bei einer klassischen **Röntgen-Aufnahme** wird ein Röntgen-Film mit Verstärkerfolie verwendet. Dieser wird lichtdicht auf Strahlenaustrittseite des Objektes (z. B. Patient), in eine dafür vorgesehene Kassette eingelegt (vgl. Abbildung 2.6). Mit einem Röntgengerät kann auf diese Weise ein Bild erzeugt werden, weil *„Röntgen-Licht durchstrahlt den menschlichen Körper hinreichend gut, um ein Bild nach Art eines Schattenwurfs eines dreidimensionalen Körpers, beleuchtet von einer Punktförmigen Lichtquelle auf eine Fläche, zu ermöglichen.“* (Tritthart, 2001, S. 496)

Wie entsteht aber der **Kontrast** am Bild?

Bei der Röntgenuntersuchung verschiedener Bereiche unseres Skeletts bedient man sich der Tatsache, dass Calcium eine relativ hohe Ordnungszahl aufweist und daher eine stärkere Schwächung der Röntgenstrahlen bewirkt als Wasserstoff (Felix & Ramm, 1980, S. 34). Da die **Schwärzung** der fotografischen Schicht proportional zur Strahlendosis ist, die auf die Fläche auftrifft, werden Körperteile mit geringer Strahlschwächung (z. B. Muskelgewebe) stark belichtet abgebildet und erscheinen somit dunkel am Röntgenbild. Andere Teile absorbieren mehr von der Strahlung (z. B. Knochen) und erscheinen dann heller am Bild (Tritthart, 2001, S. 501). Vom Röntgen-Licht selbst wird jedoch nur ein geringer Teil bildwirksam. Um die Belichtungszeit zu verkürzen und damit die Strahlenbelastung des Patienten zu mindern, werden die schon erwähnten **Verstärkerfolien** verwendet. Diese

Röntgenstrahlung

Folien emittieren sichtbares Licht, wenn sie mit Röntgenstrahlen bestrahlt werden und schwärzen dann die fotografischen Schichten (ebd., S. 501 f.).

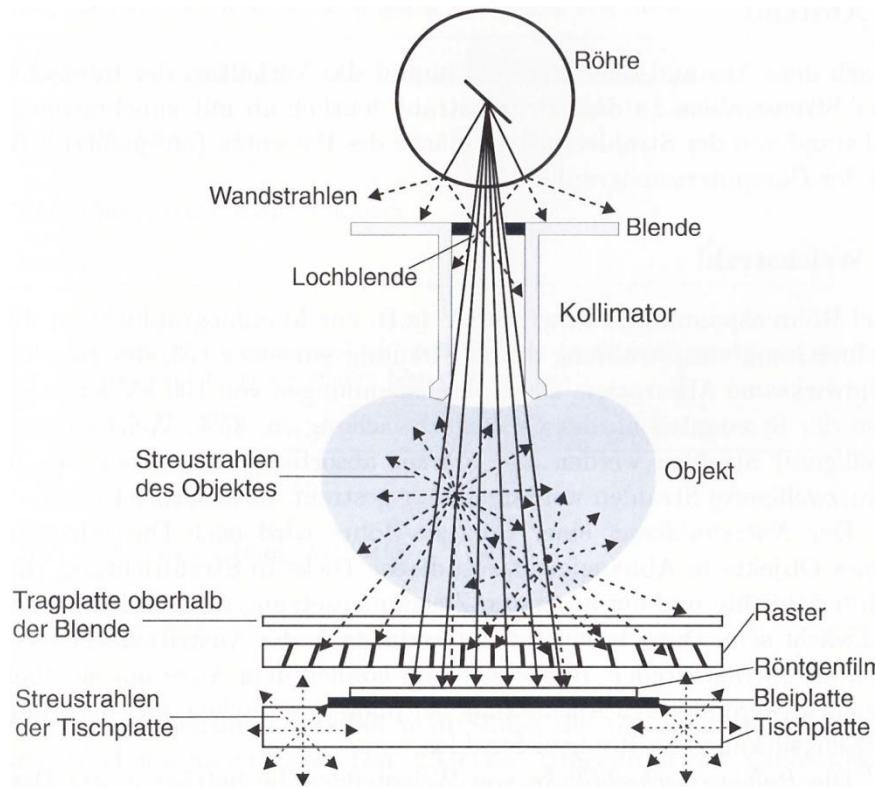


Abbildung 2.6: Schematische Darstellung der Röntgenaufnahmetechnik inklusive der Bauelemente zur Minimierung von Streustrahlung (Tritthart, 2001, S. 497)

Im vorigen Abschnitt wurde erläutert, dass es bei der Wechselwirkung von Röntgenstrahlen mit Materie neben der Absorption auch zu Streuung kommt.

Die Streuung führt zu wahllosen Richtungsänderungen der Röntgenstrahlen und ist ungeeignet für einen Schattenwurf, wie er bei der Röntgenuntersuchung erwünscht ist (vgl. Abbildung 2.6). „Tatsächlich ist der größte Feind eines kontrastreichen Röntgen-Bildes die **Streustrahlung**.“ Diese Störungen versucht man mit verschiedenen Methoden gering zu halten (ebd., S. 496).

Eine Verkleinerung des primären Strahlenkegels durch Blenden ist eine Methode, die auch dazu dient, möglichst wenig Gewebe des Patienten zu bestrahlen. Eine andere ist das sogenannte Streustrahlenraster aus Blei. Dieses Bauelement lässt nur jene Strahlen durch, die die primäre Strahlrichtung besitzen und befreien den Strahl auf diese Weise nahezu vollständig von Streustrahlung (ebd., S. 497).

Ein weiteres Problem der Bilderzeugung ist die Tatsache, dass sich verschiedene Teile des menschlichen Körpers hinsichtlich der Schwächung von Röntgenstrahlung nur wenig unterscheiden und damit ein kontrastreiches Bild verhindern. Fett, Blut und Weichteile unterscheiden sich in ihrer Dichte (vgl. Tabelle 2.1), als auch in ihrer Ordnungszahl nur sehr

Röntgenstrahlung

wenig (vgl. Tabelle 2.2) und erscheinen dadurch auf dem Röntgenbild ähnlich hell. Der Einsatz von **Kontrastmitteln** ist hier die Lösung, um trotzdem diagnostefähige Bilder zu erzeugen. Man unterscheidet dabei zwischen positiven (erhöhen die Absorption) und negativen (verringern die Absorption) Kontrastmitteln. Positive sind beispielsweise trijodierte Salzlösungen und als negatives Kontrastmittel verwendet man oft Luft oder CO_2 . Auf diese Weise kann man auch Röntgenaufnahmen von Lunge oder Darm machen. (ebd., S. 498 f.).

Materie	Relative Dichte
Luft	0,0013 (negatives Kontrastmittel)
lufthaltige Lunge	0,2
Fett	0,92
Wasser	1,0
Blut, Galle, Harn, Weichteile	1,01-1,06
Knorpel	1,09
Knochen	1,9

Tabelle 2.1: Vergleich der relativen Dichte verschiedener Materialien (Tritthart, 2010, S. 498)

Materie	Ordnungszahl
Luft	ca. 7,6
lufthaltige Lunge	ca. 7,7
Fett	ca. 6,0
Blut, Galle, Harn, Weichteile	ca. 7,4-7,5
Knorpel	ca. 13,0
Knochen	ca. 14,0

Tabelle 2.2: Vergleich der Ordnungszahl verschiedener Materialien (Tritthart, 2010, S. 498)

2.5 Welle-Teilchen Dualismus

Die Röntgenstrahlung wird in der gesamten von mir verwendeten Literatur als **Teilchenstrahlung** klassifiziert und von **elektromagnetischen Wellen** ist keine Rede. Alle Beschreibungen und Theorien beziehen sich auf einen korpuskularen Charakter.

Röntgenstrahlung

Nun stellt sich die Frage, wie ich meine eingangs zitierte These von Plotz (2016a), man solle sich beim Begriff Strahlung auf die eindeutig definierbare elektromagnetische Strahlung beschränken, weiterhin tragen kann.

„Röntgen- und Gammastrahlen sind elektromagnetische Wellen sehr kurzer Wellenlänge, wobei bestimmte Erscheinungen aber nur beschrieben werden können, wenn man dieser Strahlung auch gleichzeitig einen korpuskularen Charakter (Quanten) unterstellt“ (Morneburg, 1995, S. 84)

Demnach ist es gar nicht nötig, sich auf eine der beiden Theorien zu beschränken. Es ist vielmehr sogar erwünscht, dass man je nach Bedarf, den einen oder anderen Zugang wählt. Man sollte sich lediglich bewusst machen, wie ein Röntgenstrahl im Teilchenmodell aussieht: *„Eine große Anzahl gleicher Energiepakete“*, die „Photonen“ genannt werden und deren Intensität proportional zur Anzahl dieser Photonen ist (Berger, 2000, S. 41).

Weitere Argumente dafür, dass man sich nicht auf eine Theorie beschränken muss, um dem Welle-Teilchen Dualismus aus dem Weg zu gehen, finden sich in einer geschichtlichen Reflexion dieser Thematik.

Historisch gesehen verwendete Huygens im 17. Jahrhundert das Wellenmodell des Lichts für die erste Erklärung optischer Effekte, wie Beugung oder Reflexion. Auch Young hat den Doppelspaltversuch 1802 mit der Wellentheorie beschrieben. Noch etwas später Ende des 19. Jahrhunderts prägte Hertz den Begriff der elektromagnetischen Welle und Maxwell stellte seine berühmten Maxwell-Gleichungen auf Basis des Wellenmodells auf (Baur, 2014).

Nachdem Newton schon im 17. Jahrhundert mit einer alternativen Theorie liebäugelte, wonach Licht aus Teilchen bestehen könnte, waren es Planck mit seinem Strahlungsgesetz (1900), Einstein mit dem Photoelektrischen Effekt (1905) und Compton mit der Compton-Streuung (1922), die in ihren Errungenschaften Licht korpuskularen Charakter zugewiesen haben und diese These auch bestätigen konnten. Heute wird diese Zwittertracht gelöst, indem es von der Art des Experimentes abhängig gemacht wird, ob die betrachteten Objekte eher Teilchen- oder Wellencharakter besitzen. In der Quantenmechanik werden zum Beispiel Ereignisse durch Wellenfunktionen beschrieben, die jedoch ausdienen und durch ein „teilchenähnliches“ Ergebnis ersetzt werden, wenn man „eine Messung“ durchführt (ebd., 2014).

Bei der Entwicklung der Materialien bin ich vorerst nicht von der Wellentheorie abgewichen, da sich diese laut Plotz (2016a) positiv auf das Verständnis der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Die einzige Sorge, die mich in die Testungen begleitete, ist die Frage, ob die Probanden Einwände zu dieser Thematik äußern werden. In diesem Fall müsste ich

Röntgenstrahlung

Überlegungen anstellen, ob und wie man den Welle-Teilchen Dualismus verständlich und altersgerecht einführen könnte.

Da diesem Thema von Seiten der Schülerinnen und Schüler keinerlei Aufmerksamkeit geschenkt wurde, konnte ich an der Grundidee festhalten.

3 PHYSIKDIDAKTIK

In diesem Kapitel werden fachdidaktische Theorien und Methoden erläutert, die für meine praktische Arbeit (vgl. 5) relevant sind. Ein längerer Abschnitt beschäftigt sich mit Schülervorstellungen. Anschließend werden die Besonderheiten und Vorzüge sowie die Schwierigkeiten beschrieben, die ein kontextorientierter Unterricht mit sich bringt. Zum Schluss sind noch die Beschreibungen der verwendeten Methodenwerkzeuge Thema und die Charakteristika eines Modellexperimentes werden erläutert.

3.1 Schülervorstellungen

Um als Lehrperson guten Unterricht gestalten zu können, sollte man sich bewusst machen, wie das Wissen von den Schülerinnen und Schülern aufgenommen bzw. nachhaltig gesichert wird.

Eine lernende Person nimmt mit Hilfe ihrer Sinnesorgane neue Informationen verschiedenster Art auf. Um diese verarbeiten zu können, muss diesem Input eine Bedeutung bzw. ein Sinn gegeben werden. Dies gelingt am besten, wenn der Empfänger „*Verbindungen mit schon Bekanntem herstellt, also konstruiert.*“ (Wiesner & Hopf, 2011a, S. 29)

Diese Lerntheorie, deren Grundlage die Konstruktion von Wissen auf Basis bereits vorhandener Vorstellungen ist, wird die **konstruktivistische Sicht des Lernens und Lehrens** genannt (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010a, S. 18).

Dieser Theorie zu Folge kann man Wissen nicht auf direktem Wege in den Kopf des Lernenden einpflanzen. Als Lehrkraft übt man vielmehr eine beratende Tätigkeit aus (ebd., S. 18) und versucht Daten zur Verfügung zu stellen, die Lernende dann mit Hilfe ihres Vorwissens zu nachhaltigem Wissen konstruieren können (Wiesner & Hopf, 2011a, S. 29). Diese Sichtweise setzt ein hohes Maß an Eigenaktivität bei den Lernenden voraus (Duit, 2011b, S. 10). Mindestens ebenso wichtig ist aber die Art, wie die Lehrkraft die Lernumgebungen gestaltet, da man von Schülerinnen und Schülern nicht erwarten kann, dass sie die physikalischen Zusammenhänge eigenständig finden (Wiesner & Hopf, 2011b, S. 48).

Um erfolgreichen Unterricht gestalten zu können, muss man also sein Vorhaben stets gut durchdenken. Dabei spielen in der Physikdidaktik die sogenannten **Schülervorstellungen** eine große Rolle.

Schülerinnen und Schüler besitzen vor ihrer ersten Unterrichtsstunde im Unterrichtsfach Physik schon viele Vorstellungen zu physikalischen Inhalten. Diese Vorstellungen sind oft durch Alltagserfahrungen geprägt, stimmen nur sehr selten mit den korrekten Beschrei-

bungen der betreffenden Phänomene, Begriffe und Prinzipien überein und werden in der Fachsprache Schülervorstellungen genannt. Einige dieser Vorstellungen stammen auch aus vorangegangenen Unterricht oder werden bei der Konfrontation mit unbekannten Inhalten von den Lernenden selbst konstruiert (Duit, 2011a, S. 3).

Da Schülervorstellungen oft lernhinderlich sind (ebd., S. 3), sollten sie bei der Planung als auch bei der Durchführung von Physikunterricht berücksichtigt werden (Wiesner & Schecker, 2011, S. 34). Synonym zum Begriff Schülervorstellung verwende ich in dieser Arbeit auch die Begriffe Präkonzept und Fehlvorstellung.

Die Literatur bietet wissenschaftliche Theorien wie man mit Schülervorstellungen umgehen kann und sie im besten Falle sogar dazu nützen kann, um ein besseres Verständnis bei den Lernenden zu erreichen.

Eine sehr erfolgreiche Theorie besagt, dass man Physikunterricht als Wechsel von Fehlvorstellungen zu physikalisch korrekten Vorstellungen gestalten kann. Traditionelle Unterrichtsansätze dieser Art nehmen diesen Wechsel auch wörtlich und versuchen ein völliges Auslöschen der Präkonzepte zu erreichen. Laut Duit ist es aber nachhaltiger, den Schülerinnen und Schülern die Unterschiede von Alltag und Physik klarzumachen, um dann die Handlungsgrenzen ihrer Zugänge aufzuzeigen. In diesem Fall muss man als Fachkraft die Koexistenz der beiden Vorstellungen hinnehmen. Die beiden angesprochenen Strategien können als extreme Gegenpole gesehen werden. Zwischen ihnen liegt eine Vielzahl an Möglichkeiten mit Fehlvorstellungen umzugehen (Duit, 2011b, S. 11).

Nach Jung (1984) gibt es drei Möglichkeiten einen **Konzeptwechsel** durchzuführen:

- Anknüpfen: Vorstellungen von Lernenden, die gar nicht oder wenig vom wissenschaftlichen Zugang abweichen, werden aufgegriffen und der Unterricht wird auf diesen Vorkenntnissen aufgebaut (Jung, 1984, S. 6).

Beispiel: Viele Schülerinnen und Schüler meinen, eine Batterie „speichert“ Strom, der geleert wird, wenn man die Batterie „benutzt“. An dieses Wissen kann man sinnvoll anknüpfen, indem man eine andere Spannungsquelle zuerst einführt, die noch nicht mit dieser Fehlvorstellung behaftet ist (Wiesner & Hopf, 2011b, S. 50).

- Konfrontieren: Durch Gegenüberstellung von verschiedenen Vorstellungen wird bei den Lernenden ein kognitiver Konflikt initiiert. Die physikalische Sichtweise soll sich dann als angemessen herausstellen (Jung, 1984, S. 6).

Beispiel: Die lokale Argumentation der Parallelschalung, wonach sich der Strom an jedem Knotenpunkt neu entscheidet, wie er sich aufsplittet, kann mit anderen Vorstellungen in Diskussion gebracht und durch ein Experiment untermauert werden (Wiesner & Schecker, 2011, S. 43).

- Umdeuten: Den Lernenden wird erklärt, dass ihre Vorstellungen nicht gänzlich falsch sind, jedoch erst eine Korrektur zu einer physikalischen Korrektheit führt (Jung, 1984, S. 6).

Beispiel: Die Vorstellung des Stromverbrauchs kann aufgegriffen werden, um sie auf die Energieumwandlung umzudeuten (Wiesner & Hopf, 2011b, S. 50).

Es ist nicht im Vorhinein klar, welche Strategie die größten Erfolgschancen hat. Die Lehrkraft hat hier die schwere Aufgabe bei der Unterrichtsplanung zu entscheiden, welcher Weg am besten zu sein scheint (ebd., S. 53).

In jedem Fall müssen aber einige Bedingungen erfüllt sein, damit diese Konzeptwechsel Erfolg haben können. Laut Posner u.a. müssen die Schülerinnen und Schüler mit ihren bisherigen Vorstellungen unzufrieden sein und das neu angebotene Konzept muss ihnen verständlich, von Beginn an plausibel sowie „*fruchtbar*“ sein (1982, S. 214).

3.1.1 Schülervorstellungen zum Thema Strahlung

Das Thema Strahlung ist für physikalisch weniger geschulte Menschen nicht einfach zu verstehen, da man zwischen verschiedenen Strahlungen unterscheidet, die sich durch eine Vielzahl von Eigenschaften unterscheiden. Welche Eigenschaften zu welchen Folgen führen ist für diese Menschen nicht immer klar (Plotz, 2016b).

Trotz dieser Schwierigkeit und obwohl der Begriff Strahlung im Alltag sehr präsent ist, ist die Anzahl der fachdidaktischen Studien, die sich mit Schülervorstellungen zu diesem Thema beschäftigen, im Vergleich zu anderen Bereichen der Physik, bisher gering (Neumann, 2013, S. 6).

In den 1990er Jahren wurden besonders Fehlvorstellungen im Zusammenhang mit der radioaktiven Strahlung und den damit verbundenen Gefahren untersucht. Eine Studie von Boyes und Stanisstreet (1997) brachte die Erkenntnis, dass die Radioaktivität für die globale Erwärmung verantwortlich gemacht wird. Andere Studien, wie die von Henriksen und Jorde (2001) brachten etwas später die Ergebnisse, dass ionisierende Strahlung als unnatürlich und gefährlich eingestuft wird (zit. nach: Plotz, 2016b).

Dies konnten Plotz und Hopf bestätigen und bringen diese Vorstellung mit anderen Wissenschaften, wie der Biologie, in Verbindung, wo der Begriff „natürlich“ oft synonym mit „nicht gefährlich“ verwendet wird (2016, S. 455 f.)

Auch Rego und Peralta (2006) fanden in einer groß angelegten Forschung heraus, dass viele Lernende nicht fähig sind zwischen ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung zu unterscheiden. Auch der anfangs angesprochene Unterschied aufgrund verschiedener Eigenschaften, ist laut dieser Studie selten bekannt. Weitere Studien beschäftigten sich mit der Tatsache, dass es oft zu Verwechslungen zwischen den Begriffen „Bestrahlung“ und „Kontamination“ kommt. Mubeen et al haben zum Beispiel 2008 eine Befragung von

Medizinstudenten durchgeführt. Diese Studie brachte das Resultat, dass nur 40% der Befragten die Frage richtig beantworten konnten, ob der Röntgenraum Strahlung emittiert, nachdem eine Untersuchung durchgeführt wurde (zit. nach: Plotz, 2016b).

Eine sehr aktuelle Dissertation von Neumann (2013) an der Universität Wien brachte einige sehr interessante Ergebnisse, wo sich einerseits viele der gerade genannten Aspekte wiederfinden lassen, das Thema aber andererseits viel allgemeiner beleuchtet wird.

Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Begriff Strahlung sind viel facettenreicher, als davor bekannt war (Neumann, 2013, S. 6).

Sehr viele stellen sich unter diesem Begriff die Sonnenstrahlung vor, was wohl stark durch die deutsche Sprache und die Verwendung der alltäglichen Phrase „die Sonne strahlt“ zu erklären ist. Je älter die Lernenden sind, desto öfter kommen auch unsichtbare Quellen hinzu, wobei die radioaktive Strahlung bei höherem Alter eine immer größere Rolle spielt (ebd., S. 121 ff.).

Auch Neumann fand heraus, dass Strahlung oft als etwas ausschließlich Negatives und Gefährliches gesehen wird. Der Nutzen wird dann oft nicht erkannt und die These, dass Strahlung auch natürlichen Ursprungs (z.B. Wärmestrahlung) sein kann, wird ebenfalls abgelehnt (ebd., S. 123). Manche Lernenden lehnen es sogar ab, Licht als eine Art von Strahlung anzusehen (ebd., S. 51).

Interessant sind auch die Schülervorstellungen, elektronische Geräte würden gefährliche Strahlung aussenden (ebd., S. 123) und Strahlung sei für Umweltschäden verantwortlich (ebd., S. 52).

Neumann (2013) unterbreitet einige Vorschläge, wie man als Lehrkraft im Unterricht diesen Fehlvorstellungen begegnen kann:

- Die Verwendung des Begriffs „Strahlung“ im Alltag sollte besprochen werden.
- Licht als eine Art von Strahlung und andere natürliche Quellen sowie die Wärmestrahlung sollten erwähnt werden.
- Neben den Gefahren sollten auch nützliche Anwendungen im Unterricht vorkommen.

Laut Plotz (2016a; 2016b) sollten Schülerinnen und Schüler folgende vier „Key-Ideas“ zu elektromagnetischer Strahlung kennen, um sie als kompetent bezeichnen zu können:

- Elektromagnetische Strahlung wird im elektromagnetischen Spektrum nach der Wellenlänge geordnet.
- Elektromagnetische Strahlung benötigt kein Medium um sich ausbreiten zu können.
- Elektromagnetische Strahlung ist omnipräsent.

- Elektromagnetische Strahlung transportiert Energie und wechselwirkt unterschiedlich mit verschiedenen Materialien.

3.1.2 Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung

Die Röntgenstrahlung ist bei nahezu allen Schülerinnen und Schülern ein gut bekannter Begriff (Neumann, 2013, S. 53) und wird zum überwiegenden Teil im medizinischen Kontext genannt (Müllauer, 2016, S. 92).

Im Bezug auf schädliche Auswirkungen für den menschlichen Körper wird sie oft mäßig gefährlich, jedoch äußerst unterschiedlich eingeschätzt (Müllauer, 2016, S. 94; Neumann, 2013, S. 56). UV-Strahlung und Mobilfunkstrahlung werden dabei nicht selten als gefährlicher angesehen. Diese Vorstellungen könnten mit dem medizinischen Nutzen begründet werden, der die Röntgenstrahlung in ein sehr gutes Licht stellt (Neumann, 2013, S. 56).

Ein weiterer Bereich, in den die Röntgenstrahlung von Lernenden zwar viel seltener, aber falsch eingeordnet wird, ist die radioaktive Strahlung (Müllauer, 2016, S. 93).

Zu dieser Erkenntnis gelangte auch schon Millar (1994), der in seiner Studie einige Verbindungen zwischen Röntgenstrahlung und Kontamination aufdeckte. Dieses Ergebnis ist auch mit der oben angeführten Studie von Mubeen et al (2008) zu vergleichen, wonach viele Medizinstudenten an eine Kontamination durch Röntgenstrahlung glauben (zit nach: Plotz, 2016b).

In einer sehr aktuellen Arbeit wurde zudem herausgefunden, dass bei der Erzeugung eines Röntgen-Bildes die Schülervorstellung verbreitet ist, dass die Röntgenstrahlen am Knochen reflektiert werden und der Knochen deshalb heller abgebildet wird. Dabei nehmen einige auch fälschlicherweise an, dass sich das Röntgengerät und der Detektor auf der selben Seite des durchstrahlten Körpers befinden (Müllauer, 2016, S. 96 ff.).

3.2 Kontextorientierter Unterricht – Physik und Medizin

„Ein kontextorientierter Physikunterricht betrachtet lebensweltliche, technische, oder gesellschaftliche Fragestellungen unter physikalischen Aspekten.“ (Höttecke, Heering & Schecker, 2011, S. 85) Eine derartige Einbettung von physikalischen Inhalten verfolgt das Ziel, das Interesse bei den Lernenden zu wecken und sie zur Auseinandersetzung mit der Thematik zu motivieren, um damit bestenfalls einen besseren Lernerfolg zu erreichen. Kontextorientierte Unterrichtsphasen eignen sich dabei oft als Einstieg in ein neues Thema, jedoch auch als Orientierung während der Bearbeitung des Inhaltes (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010b, S. 22).

Zu aller erst muss abgewogen werden, welche Inhalte für diesen Unterrichtsansatz geeignet sind (Kuhn, Müller, Müller, Vogt, 2010, S. 13). Die IPN-Interessenstudie in Deutschland (1997) hat gezeigt, dass sich unter anderem die Bereiche „Physik und Medizin“ sowie „Physik und der menschliche Körper“ positiv auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler auswirken (zit nach: Kuhn et al., 2010, S. 14).

Dies bestätigt eine Studie von Berger, der im Rahmen seiner Dissertation die Erkenntnis gewonnen hat, dass *„die Einbettung physikalischer Inhalte in einen medizinischen Kontext eine Möglichkeit ist, um Physikunterricht deutlich interessanter zu machen.“* Den Grund für das vermehrte Interesse findet er im lebensweltlichen Kontext, der bei den Lernenden dazu führt, dass sie das Gefühl ausprägen, etwas für sich selbst zu lernen (Berger, 2000, S. 217).

Vermehrtes Interesse führt aber nicht immer direkt zu besserer Lernwirkung (Kuhn et al., 2010, S. 14). Eine gute Abstimmung der Kontextorientierung mit lernförderlichen Aspekten ist unerlässlich. Konzentriert man sich nämlich zu sehr auf einen authentischen Kontext, so kann man den fachlichen Inhalt schnell aus den Augen verlieren (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010b, S. 22).

Eine Sammlung von empirisch überprüften Unterrichtsansätzen findet man in der Publikation „Physik im Kontext“ von Duit & Mikelskis-Seifert (2010). Dieses Projekt ist bisher eine der wichtigsten Errungenschaft zu Kontextorientierung im deutschsprachigen Raum (Kuhn et al., 2010, S. 16).

3.3 Methoden-Werkzeuge

Methoden-Werkzeuge sind bestimmte *„Verfahren, Materialien und Hilfsmittel“* die Lehrkräften zur Verfügung stehen, um den Unterricht qualitativ hochwertiger gestalten zu können. Ob diese Werkzeuge tatsächlich ihren Zweck erfüllen und den Unterricht nachhaltig verbessern, hängt von der korrekten Verwendung ab, was wiederum die *„Professionalität der Lehrkraft“* voraussetzt (Leisen, 2013a, S. 90 f.).

Methoden-Werkzeuge sind nicht mit den Methoden im Physikunterricht zu verwechseln. Unterrichtsmethoden stellen die Inszenierung des Unterrichts dar und legen somit das Grundmuster einer Unterrichtseinheit fest (Hopf & Leisen, 2011, S. 88). Die Methoden-Werkzeuge werden dagegen verwendet, um die gewählten Unterrichtsmethoden erfolgreicher gestalten zu können. Der Einsatz von diesen Werkzeugen *„ist somit vorrangig didaktisch und nicht methodisch zu begründen.“* (Leisen, 2013a, S. 91 f.).

Wann ist der Einsatz sinnvoll?

Es liegt im Ermessen der Lehrkraft, wann sie welches Methoden-Werkzeug anwendet. Es gilt abzuwägen, welche spezifischen Anforderungen die gegebene Situation aufweist, um

anschließend zu entscheiden, welches Werkzeug den größten Nutzen realisiert. Die Literatur bietet hier ein Konzept, das eine sinnvolle Auswahl erleichtert. Laut diesem Konzept sollte man sich als Lehrkraft immer an den sogenannten Standardsituationen orientieren. Jede dieser Situationen verlangt nach unterschiedlichen Strategien und damit nach verschiedenen Werkzeugen. Die Standardsituation „Vorgänge und Experimente beschreiben“ verlangt zum Beispiel eher nach Sprachhilfen und bei „Gelerntes üben“ sollten eher Spiele oder differenzierende Handlungsaufgaben zum Einsatz kommen (Leisen & Hopf, 2011, S. 93 ff.).

Es ist aber keinesfalls so, dass man ein Methoden-Werkzeug nur für eine bestimmte Situation verwenden kann. In jedem Fall sollte das Ziel verfolgt werden, dass die Lehrkraft bei gesteigertem Lernerfolg entlastet und die Schülerinnen und Schüler zum aktiven Handeln animiert werden (Leisen, 2013a, S. 91 ff.).

Wirkung vs. Nachteile

Der Aufwand zur Erstellung und Umsetzung von Methoden-Werkzeugen kann manchmal äußerst hoch werden. Dann gilt es abzuwägen, ob sich der Zeitaufwand und der große Einsatz, der mit solch einer Unterrichtsgestaltung verbunden ist, lohnt und tatsächlich jene Wirkung nach sich zieht, die intendiert wurde. Dabei sollte man sich auch immer hinterfragen und reflektieren, ob der Gebrauch tatsächlich gut begründet werden kann und nicht zu „*inhaltsloser Methodenschulung*“ führt. Zudem sollte man von diesen Werkzeugen auch niemals erwarten, dass sie fachdidaktische Probleme lösen (ebd. S. 93).

Berücksichtigt man diese und andere Voraussetzungen, steht einem sehr hilfreichen Einsatz von Methoden-Werkzeugen im Physikunterricht nichts im Wege.

Im Rahmen dieser Arbeit kamen drei Methoden-Werkzeuge zum Einsatz, die ich nun noch kurz vorstellen werde.

3.3.1 Archive

Archive sind eine Sammlung von Informationen, auf die Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung von Texten, Referaten, Collagen oder anderen Aufgaben zugreifen können (Leisen, 2013b, S. 58).

Dieses Methoden-Werkzeug kann in jeder Sozialform verwendet werden, animiert die Lernenden zu selbstständiger sowie produktiver Auseinandersetzung mit der Thematik und führt automatisch zu Differenzierung, da jeder Schüler und jede Schülerin im eigenen Ermessen auf die Archive zugreifen kann. Dabei kann die Arbeit mit den Archiven mit dem Recherchieren im Internet oder mit wissenschaftlichem Arbeiten verglichen werden (Leisen, 2003, S. 44).

Man kann diese Archive auf unterschiedliche Weise gestalten. Sie können in Form von Printmedien, elektronischen Medien oder Gegenständen angeboten und in Schubladen, auf einer CD-ROM oder in einer Box gelagert werden. Die Inhalte können ebenfalls sehr vielseitig sein. Typische Archivkategorien sind Datenarchiv (Tabellen und Daten), Wissensarchiv (Fakten zum Thema), Bildarchiv oder Formelarchiv (ebd., S. 44).

Bei der Arbeit mit Archiven bietet es sich an, über einen längeren Zeitraum damit zu arbeiten (Leisen, 2013b, S. 58). Dabei erscheint es auch als sinnvoll, die Archive über ein ganzes Schuljahr zu jedem Thema zu sammeln und damit eine große Archivkartei anzulegen.

3.3.2 Satzmuster

Satzmuster dienen als Sprech- oder Schreibunterstützung beim Umgang mit physikalischer Fachsprache (Leisen, 2013b, S. 38). Dieses Methoden-Werkzeug ist für die Standardsituation „Über Physik reden“ prädestiniert (Leisen, 2003, S. 48), kann aber auch zur Erhebung von Versuchsergebnissen verwendet werden.

Dieses Werkzeug gibt den Lernenden bei häufigerem Gebrauch eine gewisse Sicherheit beim Formulieren wissenschaftlicher Aussagen und erleichtert auch schwächeren Schülerinnen und Schülern das physikalisch korrekte Schreiben und Sprechen (Leisen, 2013b, S. 38).

Auch dieses Werkzeug kann vielseitig gestaltet werden. Es kann direkt auf Arbeitsblättern, an der Tafel, am Beamer oder auf Post-its verwendet werden (ebd., S. 38).

3.3.3 Charakterkarten

Charakterkarten sind ein von mir entworfenes Hilfsmittel, um die verschiedenen Strahlungsformen miteinander zu vergleichen bzw. anhand ihrer Eigenschaften zu unterscheiden.

Jede Strahlungsform wird dabei personifiziert, indem ihr Eigenschaften gegeben werden. Diese Eigenschaften können mit jenen des Menschen verglichen werden. Auf diese Art und Weise greift man auf die aus dem Deutschunterricht bekannte Charakterisierung zurück und knüpft damit auf dieses Vorwissen an, um es dann in den physikalischen Kontext umzudeuten.

Bei der Auswahl der Eigenschaften von Strahlung entschied ich mich für Energie, Sichtbarkeit, Wechselwirkung mit dem menschlichen Körper, Gefahrenpotenzial, Nutzen und besondere Fähigkeiten. Diese Auswahl ist keineswegs eindeutig, hat sich aber innerhalb der Unterrichtseinheit bewährt.

Die Aufgabe für Schülerinnen und Schüler besteht dann darin, diese Eigenschaften auf den ausgedruckten Charakterkarten (kleine Arbeitsblätter) auszufüllen. Dies kann mit Hilfe von verschiedenen Informationsquellen erfolgen.

Den Einsatz von Charakterkarten muss man aber nicht auf den Strahlungsunterricht begrenzen. Verschiedene Linsen in der Optik oder unterschiedliche Größen in der Elektrizitätslehre könnten zum Beispiel ebenfalls personifiziert werden. Empirische Erfahrungen fehlen hier noch, der Kreativität sind hierbei aber keine Grenzen gesetzt.

3.4 Das Modellexperiment

Bei der Literaturrecherche für diesen Abschnitt begab ich mich in den Fachbereich des Chemieunterrichtes, da dort viel häufiger auf Modellexperimente als im Physikunterricht zurückgegriffen wird. In den Bildungsstandards für Chemie sind Modelle als Untersuchungsmethode im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung vertreten (Sommer, Klein, Steff & Pfeifer, 2012, S. 2). Dies kann man meiner Meinung nach auch ohne weiteres für gewisse Bereiche des Physikunterrichtes übernehmen.

Die Definition des Begriffes „Modellexperiment“ ist nicht eindeutig. In der Literatur finden sich unterschiedliche Sichtweisen, wobei die eine eher den Experimentbegriff in den Mittelpunkt stellt und die andere den Modellbegriff (ebd., S. 3).

Zu den Vertretern des ersten Ansatzes zählt Neuhauser (1975), der ein Modellexperiment als das „*experimentelle Untersuchen des Originals an dem analogen materiellen Modell*“ bezeichnet (zit. nach: Sommer et al., 2012, S. 3). Dabei ist die Erkenntnisgewinnung von größerer Bedeutung als die Veranschaulichung (Sommer et al., 2012, S. 3).

Der zweite Ansatz setzt dagegen besonders die Veranschaulichung ins Zentrum der Tätigkeit. In diesem Fall stellt das Experiment ein neu erschaffenes Modell dar, das vor dieser Modellierung noch nicht existiert hat (ebd., S. 3).

Aufgrund dieser Zweideutigkeit in der Definition des Begriffes sind festgelegte Kriterien, die ein Modellexperiment als solches charakterisieren, umso wichtiger (ebd., S. 4).

Das erste Kriterium verlangt nach einer experimentellen Tätigkeit. Demzufolge muss eine handwerkliche Handlung unter Verwendung von Gerätschaften stattfinden (Lindemann, 1999, S. 91).

Laut dem zweiten Kriterium muss sich jede Modellierung auf einen Zielbereich, also auf das Original, beziehen (Sommer et al., 2012, S. 4 f.).

Das dritte und letzte Kriterium legt fest, dass es sich beim Modell um ein Analogon des Originals handeln muss, das vom Experimentator erstellt oder ausgewählt wird, weil das Original ansonsten schwer zugänglich ist (Wüstneck, 1966, S. 1452, zit. nach: Sommer, Toschka, Schröder, Schröder, Steff & Fischer, 2017, S. 13. ff.)

Auch die Substanzen und Materialien, die bei einem Modellexperiment zum Einsatz kommen, können als Merkmale gesehen werden. Dabei ist besonders die Funktion und weniger die Beschaffenheit von Bedeutung (Sommer et al., 2012, S. 5).

Relevanz für diese Arbeit

In den Unterrichtsmaterialien, die im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurden, kommt ein Modellexperiment zum Einsatz, das eine Röntgenuntersuchung modelliert. Dabei wird eine Spraydose verwendet, die ein Röntgengerät darstellt und für Spray-Farbe unterschiedlich durchlässige Materialien (Papier, Fliegennetz und Strumpfhose), stellen Knochen sowie Weichteile dar. Sprayt man durch diese Materialstrukturen, erkennt man diesen Unterschied in der Durchlässigkeit und kann auf diese Weise auf die Funktionsweise einer Röntgenuntersuchung schließen.

Das Modellexperiment zur Röntgenuntersuchung ist aufgrund des Sicherheitsaspektes nötig. Die Arbeitssicherheit ist laut Pfeifer, Lutz & Bader auch ein typisches Inhaltsfeld für Modellexperimente (2002, S. 294).

Meiner Meinung nach sind bei diesem Modellexperiment alle genannten Kriterien erfüllt. Hinsichtlich der Einordnung, in die oben genannten Definitionen, kann dieses Experiment eher als Veranschaulichung gesehen werden, wobei daraus auch eine Erkenntnisgewinnung folgt. Die eindeutige Zuordnung ist somit auch bei dieser Modellierung schwierig.

4 FORSCHUNGSTHEORIEN

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den theoretischen Forschungsansätzen, die beim empirischen Teil der Arbeit (vgl. 5) zum Einsatz gekommen sind. Als Entwicklungsmethode für die Lernmaterialien wurde das „Design Based Research“ (DBR) angewendet. Bei der Testung im Feld wurde auf eine Forschungsmethode zurückgegriffen, die „Lautes Denken“ oder „Think-Aloud“ genannt wird. Zur Datenauswertung wurde die „Qualitative Inhaltsanalyse“ nach Mayering verwendet.

4.1 Design-Based Research

Die Fachdidaktik ist ein Forschungsgebiet, in dem das Verlangen nach empirischen Erkenntnissen zu theoretischen Ansätzen sehr groß ist. Viele Forschungsansätze in der Fachdidaktik beziehen sich jedoch entweder auf „*reine Grundlagenstudien*“ oder sind praxisorientiert (Wilhelm & Hopf, 2014, S. 31 f.). Diese Trennung ist ein Kritikpunkt unter vielen Unterrichtsforschern (The Design-Based Research Collective, 2003, S. 5).

Der „Design-Based Research“-Ansatz ist eine Forschungsmethode, bei der die enge Verbindung von theoriegeleiteter Wissenschaft und Praxisarbeit zentral ist (Reinmann, 2005, S. 62). Erkenntnisse aus der Praxis werden für Weiterentwicklungen in der theoretischen Grundlagenforschung genutzt und Ergebnisse aus der Grundlagenforschung fließen in die Entwicklung von Lernumgebungen ein (Wilhelm & Hopf, 2014, S. 32). Es herrscht also ein reger Austausch zwischen den ansonsten meist getrennten Zugängen. Zudem beschränkt sich dieser Forschungsansatz nicht auf Messungen in Laborsituationen, sondern untersucht den Sachverhalt meist „*in realen Situationen*“ (Reinmann, 2005, S. 60). Ziel sind nämlich nicht nur Erkenntnisse über Erfolg oder Misserfolg des Testobjektes, sondern es steht auch die Interaktion mit dem Zielobjekt im Mittelpunkt, was einen tieferen Einblick in den Lernprozess geben soll (The Design-Based Research Collective, 2003, S. 5).

Der Design-Prozess ist somit ein Wechselspiel zwischen Entwicklung und Forschung. Dabei wird ein kontinuierlicher Zyklus aus Design, Umsetzung, Analyse und Re-Design beliebig oft durchlaufen (ebd., 2003, S. 5). Dieser Zyklus erlaubt uns einerseits Lernumgebungen stetig zu verbessern und bietet zusätzlich die Möglichkeit Daten für die Weiterentwicklung von bildungstheoretischen Lernzugängen zu sammeln (Wilhelm & Hopf, 2014, S. 32 f.).

Die einzelnen Phasen des „Design-Based Research“-Ansatzes besitzen folgende Aufgaben:

Forschungstheorien

- *Design Phase*: Häufig wird auf bereits vorliegende Forschungsergebnisse zurückgegriffen und versucht, auf deren Basis neue bzw. überarbeitete Lernumgebung zu entwickeln. Manchmal reicht eine kleine Änderung, oft sind aber auch ganz neue Methoden, Experimente und Aufgaben die Lösung des Problems (Wilhelm & Hopf, 2014, S. 35).
- *Umsetzung und Analyse*: In möglichst praxisnahen Interventionen wird versucht möglichst viele Erkenntnisse über die designte Lernumgebung zu sammeln, wobei im Gegensatz zu ähnlichen Forschungsmethoden zusätzlich ein großes Augenmerk auf lerntheoretische Informationen gelegt wird. Dabei wird auf verschiedenste Methoden zurückgegriffen (The Design-Based Research Collective, 2003, S. 7). Die praktischen Untersuchungen können mit einzelnen Personen, als auch in kleinen oder auch größeren sozialen Gruppen durchgeführt werden (Reinmann, 2005, S. 62). Die Erhebung der Daten wird von vielen Forschungstheoretikern als Achillesferse des DBR-Ansatzes gesehen. Objektivität, Reliabilität sowie Validität sind nämlich schwer zu sichern, wenn es sich um eine weniger kontrollierte Intervention, sondern um eine reale Situation handelt (ebd., 2003, S. 7).
- *Re-Design Phase*: Die getesteten Inhalte werden aufgrund der Ergebnisse aus *Umsetzung und Analyse* verfeinert (ebd., 2003, S. 7).

Man kann zusammenfassen, dass die Anwendung des DBR-Ansatzes Erkenntnisse über innovative Lernumgebungen offenbart, Lerntheorien weiterentwickelt, ein vertiefendes Design-Verständnis sichert und die Unterrichtsforschung voranbringt (ebd., 2003, S. 7).

Betrachtet man meine gesteckten Ziele für diese Arbeit (vgl. 1) und reflektiert darauf basierend die gerade vorgestellten Besonderheiten des DBR-Ansatzes, kommt man unweigerlich zum Erkenntnis, dass dieser Ansatz sehr gut auf mein Vorhaben zugeschnitten ist. Zum einen ermöglicht mir der Design-Prozess empirisch erprobtes und auf fachdidaktischen Theorien basierendes Lernmaterial zu entwerfen. Zum anderen kann ich einen Beitrag zur Verbesserung des fachdidaktischen Forschungsstandes zu elektromagnetischer Strahlung leisten, indem ich in den Analysephasen die Auswahl an didaktisch fundierten Kenntnissen erweitere bzw. verbessere. Zudem profitiere ich persönlich als zukünftige Lehrperson, indem ich Erkenntnisse zu Lehr- und Lernprozessen gewinne. Zuletzt können auch andere Lehrende anhand der Reflexion des Design-Prozesses interessante Aspekte für ihre eigene Lehrtätigkeit herausziehen.

4.2 Lautes Denken

Im vorangegangenen Abschnitt (vgl. 4.1) wurde erwähnt, dass man sich beim „Design-Based Research“-Ansatz verschiedener Erhebungsmethoden bedient. Die Methode, die

im Rahmen dieser Arbeit verwendet wurde heißt „Lautes Denken“ und wird hier nun vorgestellt.

Die Forschungsmethode „Lautes Denken“ ermöglicht uns kognitive Prozesse nachzuvollziehen, die sich während einer Handlung im Kopf einer Person abspielen. Sie findet besonders in Bereichen wie Problemlöse-, Spracherwerbers- und Leseforschung ihre Verwendung (Konrad, 2010, S. 476 ff.).

Die Methode wird aber auch in der Unterrichtsforschung angewendet (ebd., S. 482), wo sie unter anderem sehr gut geeignet ist, um Informationen über die Qualität von erstellten Aufgabenmaterialien zu erhalten. Typisch sind Lerntexte, Beispielaufgaben und (Problem-) Aufgaben (Sandmann, 2014, S. 182 ff.). Da die Probanden unmittelbar aus den jeweiligen Zielgruppen stammen, werden sie mit dieser Methode direkt in die Entwicklung der Materialien eingebunden. Die Versuchspersonen haben dabei die Aufgabe jeden Gedanken, alle Eindrücke und Gefühle sowie ihre Absichten während einer Handlung laut auszusprechen (Frommann, 2005, S. 1).

Das Laute Denken kann aus drei verschiedenen Sichten eingesetzt werden. Das *introspektive Laute Denken* entspricht der Verbalisierung während der Handlung, das *unmittelbare retrospektive Laute Denken* wird direkt nach der Interaktion durchgeführt und das *verzögerte retrospektive Laute Denken* kann Tage später eingesetzt werden (Konrad, 2010, S. 476). Im praktischen Teil dieser Arbeit wurden die ersten beiden Sichtweisen erhoben.

Mit allen diesen Varianten gelangt man zu Informationen, die man zum Beispiel beim Erstellen von Unterrichtsmaterialien a priori noch nicht berücksichtigen konnte. Die gewonnen Erkenntnisse können anschließend zur Weiterentwicklung verwendet werden (Frommann, 2005, S. 1). Typische Probleme, die auf diese Weise beseitigt werden können, sind zum Beispiel unverständliche Formulierungen und Darstellungen oder unklare Erklärungen (Sandmann, 2014, S. 182).

Ob man das Laute Denken nur als qualitatives oder auch als quantitatives Erhebungsinstrument verwenden kann, sind sich Forschungstheoretiker nicht ganz einig. Kritiker zweifeln hierbei oft die Objektivität und die Reproduzierbarkeit an, da die Versuchspersonen leicht beeinflussbar sein können und der Prozess nicht zur Gänze kontrollierbar ist. Befürworter sehen derartige Schwächen eher als Stärken und sind überzeugt, dass man aus den subjektiven Äußerungen der Probanden „*allgemeingültige Modelle der menschlichen Kognition erstellen*“ kann (Konrad, 2010, S. 480 f.).

Man kann also nicht bestreiten, dass das Laute Denken forschungstheoretische Grenzen aufweist. Es ist aber „*eine der wenigen Methoden, mit deren Hilfe mentale Operationen während einer Handlung beschrieben werden können.*“ (Sandmann, 2014, S. 188) Minimiert man die Störfaktoren und sorgt für passende Rahmenbedingungen, kann diese Methode also sinnvoll eingesetzt werden (Konrad, 2010, S. 487).

4.2.1 Durchführung

Die Versuchspersonen sind passend zum Forschungsziel auszuwählen (Sandmann, 2014, S. 183) und sollten nach Möglichkeit einen „*repräsentativen und leistungsheterogenen Querschnitt*“ darstellen (Frommann, 2005, S. 3). Eine gute Abstimmung der Lernmaterialien mit den Probanden ist also sehr wichtig (Sandmann, 2014, S. 184).

Zu Beginn der Durchführung ist die Herstellung einer positiven Atmosphäre förderlich. Hierbei sollte der Versuchsperson ein Gefühl von Sicherheit vermittelt werden und kurz erklärt werden, welche Bedeutung diese Untersuchung hat (Frommann, 2005, S. 3). Besonders wichtig ist hier zu betonen, dass das Produkt im Zentrum der Testung steht und nicht der Proband selbst (ebd. S. 4).

Vor der eigentlichen Durchführung, wird die Methode des Lauten Denkens an einer einfachen Aufgabenstellung (z. B. einfache Rechenaufgabe) geübt (Sandmann, 2014, S. 184). Während der Bearbeitung der Lernmaterialien sollte der Beobachter inhaltlich möglichst gar nicht eingreifen und keinen Zeitdruck vermitteln (Frommann, 2005, S. 5). Positives Feedback zu getätigten Äußerungen (z. B. „gut erklärt“), Aufmunterung bzw. zum Reden animieren sowie kurze hilfreiche Fragen, sind dagegen sehr wohl erlaubt und zum Teil auch erwünscht (ebd., S. 4 f.).

Unmittelbar nach der Durchführung kann noch eine Befragung durchgeführt werden, die dazu dient „*vergleichbare Aussagen zu ausgewählten Themenfeldern zu gewinnen*“, um damit den Erkenntnisstand noch etwas zu erweitern (ebd., S. 3). Diese Befragung entspricht dem *unmittelbaren retrospektiven Lauten Denken* (vgl. 4.2).

Die getätigten Aussagen werden mit Hilfe von Audio- oder Videogeräten festgehalten, um sie dann anschließend zu transkribieren. Durch den Schritt der Inhaltsanalyse (vgl. 4.3) werden die Daten noch kategorisiert und anschließend ausgewertet (Sandmann, 2014, S. 179). Die Qualität der Kategorisierung hat großen Einfluss auf die Güte der Auswertung und damit auf die Erkenntnisse (ebd., S. 187).

4.3 Qualitative Inhaltsanalyse

Die Inhaltsanalyse verfolgt das Ziel Materialien aus verbalen Interaktionen zu analysieren. Im Gegensatz zur quantitativen verzichtet die qualitative Inhaltsanalyse nahezu ausschließlich auf mathematisch gestützte Aussagen und es werden Merkmale untersucht, deren Ausprägungen „*sich nur logisch ausschließen*.“ (Mayring, 2010, S. 11 ff.)

Ein typischer Anwendungsbereich ist die Einzelfallstudie. Kleine Stichproben lassen sich mit einem eher offenen Zugang besser erheben, als mit quantitativen Methoden (ebd., S. 23). Mayring betont aber, dass die qualitative Analyse nicht gänzlich auf quantitative Ansätze verzichtet, sondern die Stärken beibehält (ebd. S. 48).

Forschungstheorien

Eine qualitative Inhaltsanalyse eignet sich somit sehr gut für systematische Auswertungen von Einzelinterviewdaten. Hierbei wird das Ziel verfolgt, die Vorstellungen der Versuchspersonen zu analysieren und nachvollziehbar zu rekonstruieren (Krüger & Riemeier, 2014, S. 134). Der zentrale Vorgang dieser Analyse ist das Bilden von Kategorien und das Zuordnen von getätigten Aussagen in dieses Kategoriensystem (Mayring, 2010, S. 49).

Da im Rahmen dieser Arbeit keine klassischen Interviews durchgeführt wurden, habe ich auch keine typische Interviewanalyse durchgeführt. Nichtsdestotrotz orientiert sich meine Datenerhebung in beiden Testphasen (vgl. 5.2.3; 5.3.3) an einer von Krüger und Riemeier (2014) dargestellten Art der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring.

Laut diesem Ansatz werden die Daten zuallererst verschriftlicht bzw. transkribiert. Das anschließende „*Ordnen der Aussagen*“ passiert dann auf Basis von theoretischen Überlegungen, passend zur Forschungsidee. Die zentralen Aussagen der Versuchspersonen werden also im eigenen Ermessen des Forschers in Kategorien geordnet und anschließend im Kontext interpretiert (Krüger & Riemeier, 2014, S. 139 ff.).

Passend zum Ziel dieser Arbeit wurden alle erhaltenen Daten nach Schwierigkeiten mit den Materialien, Verbesserungsvorschlägen und Feedback abgesucht, um auf Grundlage dessen die Kategorien zu bilden. Dabei wurde versucht, sinngemäße Übereinstimmungen zusammenzufassen. Anschließend wurde noch überlegt, mit welchen Änderungen man jeder entstandenen Kategorie entgegentreten sollte, um das Material zu verbessern.

5 ENTWICKLUNG DER UNTERRICHTSMATERIALIEN

In diesem sehr langen Abschnitt wird der Entwicklungsverlauf der Unterrichtsmaterialien erläutert. Jede Zwischenversion der Materialien wird vorgestellt, die Testergebnisse werden präsentiert und die getätigten Änderungen werden aufgrund der Erkenntnisse ausgeführt.

Die kompletten Unterrichtsmaterialien jeder Zwischenversion und die Endversion sind im Anhang (vgl. 7) zu finden.

5.1 Ausgangsmaterial

Viele Ideen zu den Unterrichtsmaterialien, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt werden, stammen, wie schon in der Einleitung erwähnt, aus einem Fachdidaktik-Seminar zum Thema Strahlung im SS 2016. Das gesamte Semester hindurch beschäftigten wir uns, in einer Gruppenarbeit, mit der Planung einer Unterrichtseinheit zum Thema Röntgenstrahlung.

Im Anschluss an die erste Planungsphase wurde die Unterrichtseinheit in einer Schulklasse getestet. Diese Testung erfolgte in einer 11. Schulstufe (Gymnasium), wo wir schnell erkannten, dass unsere Materialien für dieses Alter bei weitem zu einfach gestaltet wurden. Aus diesem Grund haben wir die Planung noch einmal überarbeitet und als Endprodukt zwei verschiedene Versionen der Schulstunde erhalten. Die eine Version ist eher auf eine 11. Schulstufe abgestimmt und die andere auf eine 8. Schulstufe.

Da die Unterrichtsmaterialien in dieser Arbeit auf die 8. Schulstufe abzielen, werde ich nun kurz erläutern, wie die vorläufige Endversion der geplanten Unterrichtseinheit für diese Stufe ausgesehen hat.

In der Unterrichtseinheit wird angestrebt, dass die Schülerinnen und Schüler nach der Bearbeitung wissen, wie Röntgenstrahlung mit Materie wechselwirken kann (Absorption und Transmission oder Reflexion) und die grundlegenden physikalischen Aspekte einer Röntgenuntersuchung kennen.

Für den Stundeneinstieg ist eine lehrerzentrierte Einführungsphase vorgesehen. Inhaltlich werden Besonderheiten von Reflexion, Absorption und Transmission erläutert, wobei die Unterschiede dieser Phänomene hervorgehoben werden. Weiters wird die Röntgen-

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

strahlung als elektromagnetische Strahlung klassifiziert und im elektromagnetischen Spektrum eingeordnet.

Im Anschluss folgt ein Schülerexperiment in Gruppenarbeit, bei dem eine Röntgenuntersuchung modelliert wird. Für dieses Modellexperiment hat die Lehrkraft Poster vorbereitet sowie einen Materialsatz mit verschiedenen Papierformen, die Knochen darstellen und Muskelgewebe aus netzartigen Strukturen zugeschnitten. Jede Gruppe erhält einen solchen Materialsatz und dazu das passende Körperteil als Röntgenbild. Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler ist es, den erhaltenen Körperteil am Poster anatomisch korrekt aufzulegen. Mit einer Spraydose (Schwarz) wird anschließend über diese Anordnung gesprayt. Dies sollte unter Aufsicht der Lehrperson geschehen. Entfernt man nun die Papierknochen und die Netzmuskel, entsteht auf dem Poster ein Bild, das einem Röntgenbild ähnelt (vgl. Abbildung 5.1).

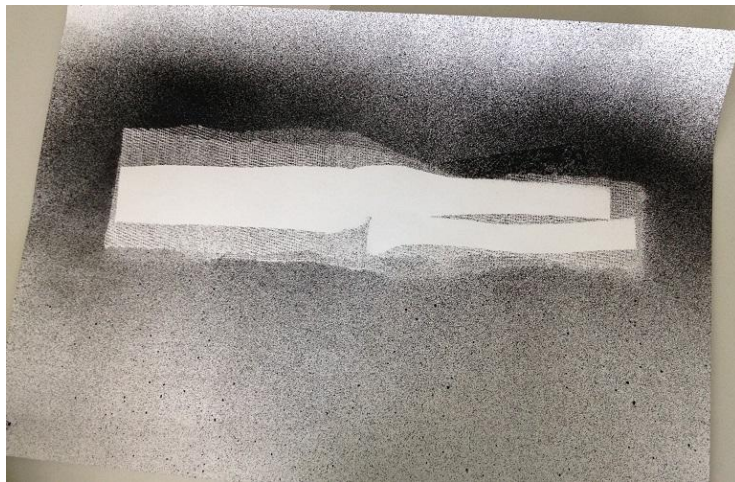


Abbildung 5.1: Modelliertes Röntgenbild eines Ellebogens

In einem Gespräch zwischen Lehrkraft und der gesamten Schulklassse wird im Anschluss das Experiment reflektiert. Dafür wird eine Tabelle angefertigt, in der die Begriffe der Medizin, mit den jeweiligen Modellen aus dem Experiment gegenübergestellt werden. Die Lehrkraft lenkt dieses Gespräch mit folgenden Leitfragen:

- Was ersetzt im Experiment das Röntgengerät?
- Was ersetzt im Experiment die Röntgenstrahlung?
- Wie wechselwirkt das Spray mit dem Papier, wie mit dem Netz, was passiert dort, wo sich kein Material befindet?

Als Abschluss der Stunde ist noch eine kurze Evaluation geplant. Die Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe, in einem Satz zu erläutern, welchem Inhalt der Stunde sie eine zentrale Bedeutung zuteilen. Außerdem ist eine Grafik zu beschriften. Diese Grafik stellt das Experiment dar und der Auftrag lautet: *Beschrifte die Skizze, indem du die jeweiligen Begriffe aus der Medizin zuordnest!*

5.2 Erste Überarbeitung

Mit der ersten Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien beginnt der praktische Teil dieser Diplomarbeit. Das Hauptaugenmerk wird in dieser ersten Entwicklungsphase auf die methodische Verbesserung gelegt. Beim methodischen Aufbau der Unterrichtseinheit bleibt im Grunde kein Stein auf dem anderen. Aus einer eher klassischen, von der Lehrkraft geführten Unterrichtsstunde, sollte ein schülerzentrierter Lehrgang in Form einer Lernmappe werden.

Die Basisidee der Unterrichtseinheit bleibt aber dieselbe: Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, wie Röntgenstrahlung mit Materie wechselwirken kann (Absorption und Transmission oder Reflexion) und die grundlegenden physikalischen Aspekte einer Röntgenuntersuchung kennen.

5.2.1 Gestaltung

Die Grundidee des kontextorientierten Unterrichts mit der modellhaften Veranschaulichung der Röntgenuntersuchung sollte auf jeden Fall erhalten bleiben. Im Kapitel Physikdidaktik (vgl. 3.2) wurde schon genauer ausgeführt, warum sich die Implementierung der Medizin in den Unterricht auf jeden Fall auszahlt. Zudem vermag es das Modellexperiment meines Erachtens, einige im Kapitel Physikdidaktik angesprochenen Schülervorstellungen zum Thema Röntgenstrahlung (vgl. 3.1.2) aktiv zu bearbeiten. Die Vorstellung, dass Knochen sehr viel Röntgenstrahlung reflektieren, lässt sich zum Beispiel anschaulich widerlegen.

Die Lernmappe ist in eine kurze Einleitung und vier Aufgaben, deren Reihenfolge festgelegt ist, aufgeteilt.

Die Einleitung dient dazu, dem Lernenden eine Vorstellung zu vermitteln, was elektromagnetische Strahlung ist. Diesen Teil kann man zum einen als Einstieg ins Thema sehen, zum anderen soll diese Vorarbeit eine Bearbeitung der Lernmappe nahezu ohne fachliches Vorwissen ermöglichen. Weiters kommt der Einleitung auch eine motivierende Funktion zu. Einerseits wird die gut bekannte Röntgenuntersuchung angesprochen und andererseits lernt der Lernende die „Röntgenmeister“-Karte kennen, die ihn durch die Lernmappe führen soll und auch eine Selbstkontrolle sowie eine Beurteilung durch die Lehrkraft ermöglicht.

Die vier Aufgaben orientieren sich grob an den Ausgangsmaterialien, sind aber in der inhaltlichen Zielsetzung viel konkreter ausgerichtet. Besonders die Funktion des Modellexperimentes verändert sich in der ersten Überarbeitung drastisch.

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Jede Aufgabe für sich verfolgt ein eigenes Ziel, wobei aber die Inhalte aufeinander aufgebaut sind. Für jede Aufgabe benötigt man also das Vorwissen aus den Aufgaben bzw. der Einleitung davor.

Im Konkreten sind die Zielsetzungen der einzelnen Aufgaben folgendermaßen formuliert:

- **1. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass es verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung gibt, die sich aufgrund bestimmter Eigenschaften unterscheiden lassen.
- **2. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass sich die verschiedenen Strahlungsformen insbesondere durch die Energie unterscheiden lassen. Weiters sollen sie erkennen, dass die Gefährlichkeit direkt mit der Energie zusammenhängt.
- **3. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen: je dichter die Netzstruktur des durchstrahlten Materials ist und je dicker das Material ist, desto weniger Spray-Farbe gelangt durch das Material. Der Rest der Farbe wird vom Material aufgenommen (absorbiert).
- **4. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass Knochen bei einer Röntgenuntersuchung eine stärkere Schwächung/Absorption des Strahlenbündels bewirken, als Weichteile.

Auf Grundlage dieser Ziele wird versucht, die Besonderheiten der Röntgenstrahlung möglichst schülerzentriert zu vermitteln. Die Lehrkraft nimmt lediglich die Rolle des Beraters ein und kontrolliert die Richtigkeit der Lösungen, um dann die Punkte vergeben zu können.

Damit die Lehrkraft möglichst wenig einschreiten muss, ist es nötig, physikdidaktische Methoden gezielt einzusetzen. Einige angewendete Methoden-Werkzeuge sind im Kapitel Physikdidaktik (vgl. 3.3) beschrieben. Hier nun ein kurzer Überblick darüber, was von den einzelnen Methoden erwartet wird und warum diese eingesetzt werden.

Die Lernmappe dient als Arbeitsheft, die den Schüler oder die Schülerin auf 8 Seiten durch die Aufgaben führt. Alle Anweisungen und Aufgabenstellungen sind grau unterlegt und zwei Icons (für Lesen und Schreiben bzw. Lösen) sollen bei der Orientierung helfen.

Alle benötigten Materialien werden dem Lernenden in Form einer Materialbox sowie einer sogenannten Archivbox zur Verfügung gestellt. Der Inhalt der Archivbox sind drei verschiedene Archive, die eine Sammlung aller relevanten Informationen beinhalten. Diese Archive dienen als gut geordnete Informationsquelle für die Schülerinnen und Schüler, wo sie eigenständig je nach Bedarf zugreifen können, um die Charakterkarten zu lösen.

Die Charakterkarten sollen vermitteln, dass auch Strahlungsformen, wie wir Menschen, Eigenschaften besitzen können. Da Charakterisierungen in der Unterstufe Thema im

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Deutschunterricht sind, wird hier auf bereits Bekanntes zurückgegriffen und nur umgedeutet.

Hilfestellungen bei Satzformulierungen, wie Satzmuster und Satzanfänge, sollen verhindern, dass die Lernenden Schwierigkeiten mit der Formulierung ihrer Gedanken haben, obwohl sie die Problemstellungen möglicherweise physikalisch sehr wohl erfassen und lösen könnten.

Auch hier wird noch einmal das Modellexperiment erwähnt. Es ist ohne Zweifel schwierig für Lernende, sich Sachen vorzustellen, ohne sie zu sehen. Bei diesem Problem soll das Modell Abhilfe schaffen. Hier ist jedoch zu beachten, dass klar gemacht werden muss, was ein Modell ist und welche Funktion es verfolgt. Ob dies in der Lernmappe ausreichend berücksichtigt wird, wird sich bei der ersten Testung im Feld weisen.

5.2.2 Die Lernmaterialien

Einleitung

Die Einleitung beinhaltet eine kurze Leseaufgabe, in der der Begriff der elektromagnetischen Strahlung kurz erläutert wird. Dieser wird durch die gut bekannte sichtbare Strahlung motiviert und die verschiedenen Formen werden aufgezählt. Im Anschluss wird der Begriff der Röntgenstrahlung durch den medizinischen Kontext wie folgt motiviert:

In dieser Lernmappe wirst du etwas später die Röntgenstrahlung näher kennen lernen. Wenn du konzentriert und gut arbeitest, wirst du am Ende auch verstehen, wie eine Röntgenuntersuchung, die z. B. bei Knochenbrüchen angewendet wird, funktioniert.

Zuletzt wird der Schüler oder die Schülerin aufgefordert, die „Röntgenmeister“-Karte (vgl. Abbildung 5.2) aus der Material-Box zu nehmen und diese durchzulesen. Diese Karte soll die Person, die die Lernmappe bearbeitet, durch die Aufgaben führen und ermöglicht durch die Punktevergabe eine Benotung.



RÖNTGENMEISTERKARTE

Name und Klasse: _____

i

Um Röntgenmeister zu werden, musst du die vier Aufgaben in der Arbeitsmappe lösen und die Ergebnisse von der Lehrperson kontrollieren lassen!

Deine Punkte trägst du dann unten in der Punktetabelle ein.

Bei jeder Aufgabe kannst du bis zu 5 Punkte erreichen.

Hast du am Ende über 16 Punkte auf deinem Konto, kannst du dich Röntgenmeister nennen!



PUNKTETABELLE

Aufgaben	Erreichte Punkteanzahl	Kontostand
Die Charakterkarten		
Die Zuordnung		
Das Sprayexperiment		
Die Röntgenuntersuchung		

VIEL ERFOLG!

Abbildung 5.2: Die "Röntgenmeister"-Karte

1. Aufgabe: Die Charakterkarten

Ziel: Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass es verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung gibt, die sich aufgrund bestimmter Eigenschaften unterscheiden lassen.

Nachdem die Charakterkarten für Röntgenstrahlung (vgl. Abbildung 5.3), UV-Strahlung, sichtbare Strahlung und Infrarotstrahlung sowie die Archivbox¹ vom Lernenden gefunden bzw. registriert wurden, werden in einem kurzen Absatz die Eigenschaften der verschiedenen Strahlungen mit menschlichen Eigenschaften wie Augenfarbe, Haarfarbe, besonderen Merkmalen oder besonderen Talenten, verglichen.

¹ Die verschiedenen Archive werden in eine Box mit beschrifteten Schubladen eingelegt und die Box wird in Griffweite am Tisch positioniert.



CHARAKTERKARTE



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Abbildung 5.3: Die Charakterkarte für Röntgenstrahlung mit Lücken

Die Aufgabe besteht nun darin, die Lücken in den Charakterkarten zu füllen und die schon ausgefüllten Eigenschaften gut durchzulesen. Die Lehrkraft kann hier selbst entscheiden, welche Eigenschaften er/sie den Schülerinnen und Schülern vorgibt und welche selbstständig bearbeitet werden müssen. Die nötigen Informationen sind wie schon oben erläutert in den Archiven (Datenarchiv, Wissensarchiv, Wechselwirkungsarchiv) in kompakter Form vorbereitet. Im Datenarchiv sind die Energiewerte aller Strahlungsformen notiert, im Wechselwirkungsarchiv ist beschrieben, wie jede Strahlung mit dem menschlichen Körper wechselwirkt und das Wissensarchiv beinhaltet einige wichtige Fakten (vgl. Abbildung 5.4).

WISSENSARCHIV



Im **Wissensarchiv** findest du zu jeder Strahlungsform einen kurzen Text über die wichtigsten Fakten.

- **UV-Strahlung:** Die Sonne strahlt neben der sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung ab. UV-Strahlung alleine ist für das menschliche Auge aber nicht sichtbar! Man kann sie nur an den Auswirkungen sehen. Wenn die Haut nämlich zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann dies zu Sonnenbrand und später auch zu Hautkrebs führen. Deshalb sollte man sich schützen - z.B. mit Sonnencreme! UV-Strahlung kann aber auch sehr nützlich sein. Hautkrankheiten können durch Bestrahlung behandelt werden oder Bakterien im Wasser können abgetötet werden.
- **Sichtbare Strahlung:** Diese Strahlungsform ist auch besser bekannt als „das Licht“. Die sichtbare Strahlung ist wie der Name schon sagt, sichtbar für das menschliche Auge. Sie ist aber die einzige Strahlungsform, die wir sehen können! Der Nutzen dieser Strahlungsform besteht also darin, dass man ohne sichtbare Strahlung gar nichts auf der Welt sehen könnte. Im Gegensatz zur UV-Strahlung birgt sie auch keinerlei Gefahren. Einzig in ein zu helles Licht (z. B. Sonne) schauen schmerzt in den Augen!
- **Röntgenstrahlung:** Röntgenstrahlung ist bekannt für den medizinischen Nutzen und die besondere Fähigkeit, den menschlichen Körper aufgrund der hohen Energie, durchdringen zu können. Sie wird bei Röntgenuntersuchungen z. B. bei Knochenbrüchen im Krankenhaus angewendet. Da sie sehr viel Energie hat und unsichtbar ist, sollte man gewissenhaft mit ihr umgehen. Am besten man vermeidet zu viel Kontakt oder man schützt sich z. B. mit einer Bleischürze.
- **Infrarotstrahlung:** Die Infrarotstrahlung ist unsichtbar. Sie besitzt noch weniger Energie als sichtbare Strahlung. Deshalb ist sie ebenfalls ungefährlich. Die Energie ist gerade so hoch, dass sie sehr gut für Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna verwendet werden kann.

Abbildung 5.4: Das Wissensarchiv

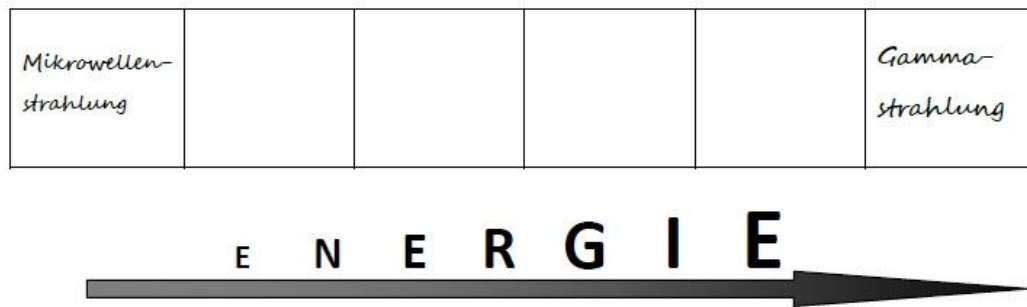
2. Aufgabe: Die Zuordnung

Ziel: Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass sich die verschiedenen Strahlungsformen insbesondere durch die Energie unterscheiden lassen. Weiters sollen sie erkennen, dass die Gefährlichkeit direkt mit der Energie zusammenhängt.

In einem kurzen Absatz, der gelesen werden soll, wird die Energie als Eigenschaft vorgestellt, anhand der man die verschiedenen Strahlungsformen in das elektromagnetische Spektrum einordnen kann.

Im ersten Teil dieser Aufgabe muss der/die Lernende die verschiedenen Strahlungsformen, die er/sie auf den Charakterkarten kennengelernt hat, in einem vorgefertigten Raster (vgl. Abbildung 5.5 oben) dem elektromagnetischen Spektrum zuordnen. Zusätzlich wird ein Satzmuster gelöst (vgl. Abbildung 5.5 unten), um die Röntgenstrahlung in den Fokus zu bringen.

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien



Satzmuster:

Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu den anderen Strahlungsformen eine eher

hohe niedrige	Energie! Nur die	Gammastrahlung UV-Strahlung Mikrowellenstrahlung	ist noch energiereicher!
------------------	------------------	--	--------------------------

Abbildung 5.5: Der vorgefertigte Raster für die Einteilung in das elektromagnetische Spektrum (oben) und das Satzmuster zur Fokussierung auf die Lage der Röntgenstrahlung (unten)



Wie gefährlich sind Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung?

- Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb _____!
 Ein gewissenhafter Umgang mit Röntgenstrahlung ist also wichtig!
- Sehr viel UV-Strahlung ist auch _____!
 Mit Sonnencreme und Sonnenbrille _____!
- Infrarotstrahlung transportiert sehr wenig Energie, deshalb _____!
 Es gilt also:
- Je höher die Energie, desto

weniger vorsichtig
vorsichtiger

 sollte man mit Strahlung umgehen!

Abbildung 5.6: Satzanfänge bzw. Satzmuster zur Bearbeitung der Gefährlichkeit von Strahlungen

Im zweiten Teil der Aufgabe, soll noch einmal die Eigenschaft „*MUSST DU DICH VOR MIR FÜRCHTEN?*“ durchgelesen werden, um im Anschluss in wenigen Sätzen die Gefährlichkeit von Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung zu vergleichen. Als Hilfe dienen Satzanfänge bzw. Satzmuster (vgl. Abbildung 5.6).

3. Aufgabe: Das Sprayexperiment

Ziel: Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen: je dichter die Netzstruktur des durchstrahlten Materials ist und je dicker das Material ist, desto weniger Spray-Farbe gelangt durch das Material. Der Rest der Farbe wird vom Material aufgenommen (absorbiert)!

Nachdem die Schülerin oder der Schüler das benötigte Material gefunden hat, folgt dieser kurze Leseabsatz, der die Modellbildung der Röntgenstrahlung im Kopf des Lernenden realisieren soll:

In den letzten beiden Aufgaben wirst du experimentell herausfinden, warum Knochen auf diesem Röntgenbild hell sind und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler.

Du hast aber gerade gelernt, dass Röntgenstrahlung gefährlich sein kann, wenn man damit nicht richtig umgeht. Deshalb dürfen wir beim Experiment keine echte Röntgenstrahlung verwenden.

Wie lösen wir dieses Problem?

Wir ersetzen das Röntgengerät einfach mit einer Spraydose. Du kannst also einfach so tun, als ob die Spray-Farbe, die aus der Spraydose strahlt, Röntgenstrahlung ist.

Die Aufgabe ist dann die Durchführung eines Modellexperiments, in dem herausgefunden werden soll, „wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien (Netzquadrate) verhält, wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.“

Da das Hantieren mit dem Spray und die korrekte Durchführung nicht ganz so einfach sind, wurde eine sehr genaue Versuchsanleitung formuliert, die mit einem Bild unterlegt ist (vgl. Abbildung 5.7).

Versuchsanleitung:

1. Lege ein Poster auf den Tisch und verteile darauf die Netzquadrate (Bezeichnungen nach oben)!
2. Schreibe die Bezeichnungen auf das Poster ab! Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat.
3. Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und halte das Spray dabei ca. 20 cm vom Netzquadrat entfernt!
4. **Erst jetzt darfst du sprayen!** Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER sprayen!
5. Lass dein Ergebnis von der Lehrkraft kontrollieren!
6. Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!

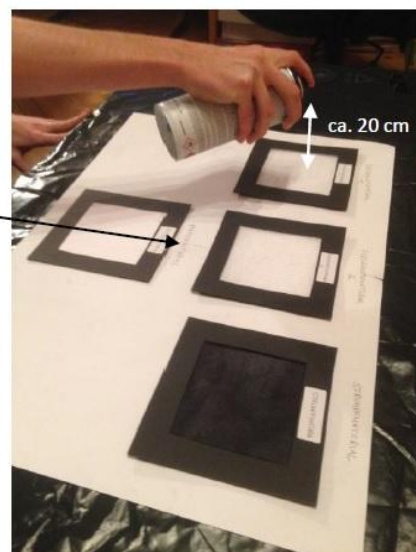


Abbildung 5.7: Die Versuchsanleitung zum Sprayexperiment

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

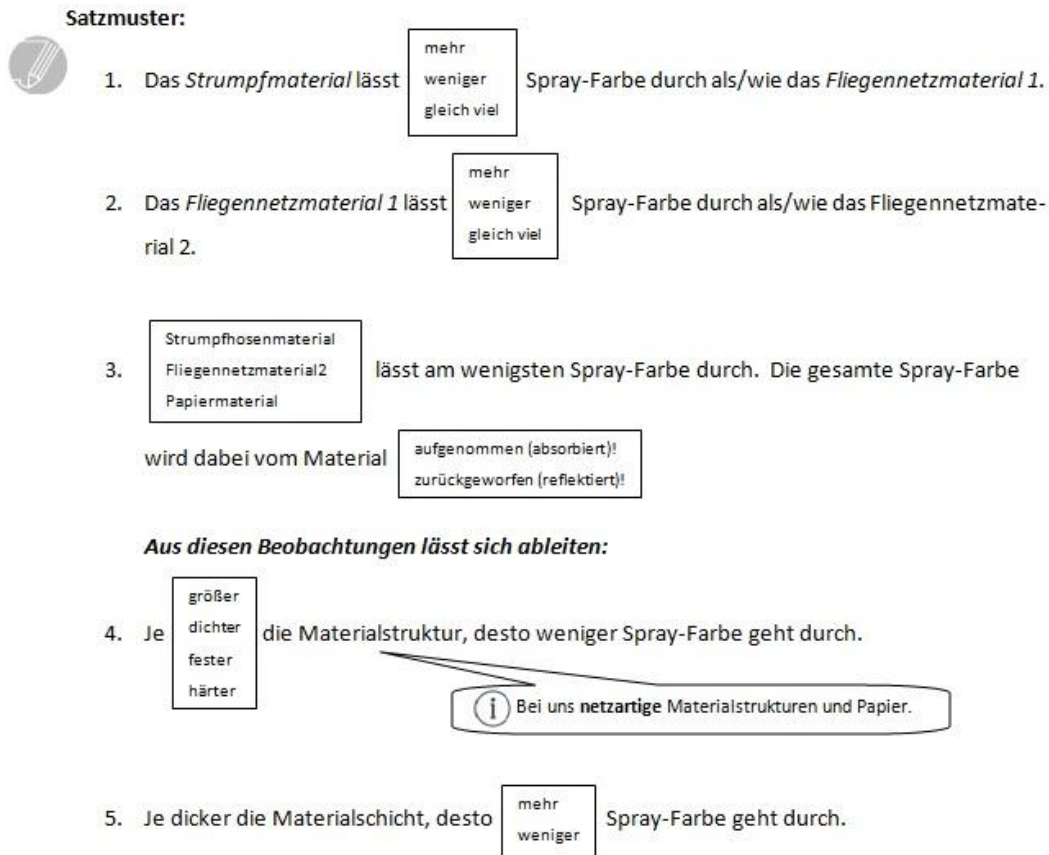


Abbildung 5.8: Satzmuster zur Erhebung der Versuchsergebnisse

Bei der Erhebung der Ergebnisse des Sprayexperiments, dienen wieder Satzmuster als sprachliche Hilfestellung (vgl. Abbildung 5.8). Die Satzmuster 3, 4 und 5 zielen direkt auf das Aufgabenziel ab und sollten somit die zentralen Erkenntnisse aus dem Sprayexperiment sein.

4. Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung

Ziel: Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass Knochen bei einer Röntgenuntersuchung eine stärkere Schwächung/Absorption des Strahlenbündels bewirken, als Weichteile.

Der Einstieg in diese Aufgabe sieht wie folgt aus:

In dieser Aufgabe werden zwei Fragen endgültig beantwortet:

1. Wie funktioniert eine Röntgenuntersuchung?
2. Warum sind Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler?

Die erste Frage wird in folgender Leseaufgabe beantwortet, wobei die Röntgenuntersuchung mit dem Experiment aus der 3. Aufgabe verglichen wird:

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Spray-Farbe kann unsere Netzquadrate durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung wegen der hohen Energie auch, den menschlichen Körper zu durchdringen.

Beim Experiment haben wir die Farbe auf der anderen Seite des Materials mit einem Zeichenpapier aufgefangen. Bei der Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der sogenannte Röntgen-Film, der schwarz wird, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft.

Die Suche nach der Antwort auf die zweite Frage ist dann die eigentliche Aufgabe. Die Schülerin oder der Schüler muss dafür Modelle für Knochen und Weichteile finden und diese in einer Tabelle (vgl. Abbildung 5.9) eintragen. Zur Auswahl stehen dabei die gestesteten Materialien aus der 3. Aufgabe.

Realität	Modell
<i>Röntgengerät</i>	<i>Spraydose</i>
<i>Röntgenstrahlung</i>	<i>Spray-Farbe</i>
<i>Knochen</i>	
<i>Weichteile</i>	



Abbildung 5.9: Tabelle für die Auswahl der Modelle

Um eine nähere Auseinandersetzung mit der eigenen Auswahl zu bewirken, sollen die Entscheidungen abschließend noch in zwei Sätzen begründet werden. Als sprachliche Hilfe dienen Satzanfänge.

5.2.3 Testphase

Bevor die Unterrichtsmaterialien noch einmal in einer realen Unterrichtssituation getestet werden konnten, wurde noch eine Vortestung durchgeführt. Diese sollte darüber Aufschluss geben, ob und wie die neu erstellten Materialien von Schülerinnen und Schülern angenommen werden und welche Formulierungen sowie Anweisung eventuell noch unklar sind. In Absprache mit dem Betreuer einigten wir uns, dass die Forschungsmethode „Lautes Denken“ (vgl. 4.2), für die eben erwähnten Ziele am besten geeignet ist.

5.2.3.1 Setting und Vorgehensweise

Die Testung wurde separat mit einem Schüler (S1) und einer Schülerin (S2) derselben Klasse einer 8. Schulstufe durchgeführt. Als Örtlichkeit wurde jenes Gymnasium ausgewählt, welches beide Versuchspersonen besuchen. Als Raum diente der Physiksaal, der beiden sehr gut bekannt ist, da der Physikunterricht meist dort stattfindet. Beide hatten vor der Testung eine Deutsch-Schularbeit zum Thema Charakterisierung, was im Hinblick

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

auf die Materialien (Charakterkarten) ein sehr passender Zufall war. Die Versuchspersonen wurden so ausgewählt, dass sie möglichst den Durchschnitt darstellen sollten.

Vor der Testung wurde versucht eine angenehme und sichere Atmosphäre herzustellen, wobei auch eine Schokoladentafel als Motivationsgeschenk übergeben wurde. Dann wurde S1 und S2 der Inhalt der Diplomarbeit erklärt und deren wichtiger Beitrag zum Erreichen der Ziele aufgezeigt. Besonders betont wurde der Testcharakter dieser Intervention und dass nicht sie selbst, sondern die Lernmappe Testgegenstand sei. Anschließend wurde die Methode „Lautes Denken“ erläutert, wobei betont wurde, dass am Gesagten nichts falsch sein kann und umso besser evaluiert werden kann, desto mehr wirklich laut ausgesprochen wird. Als Übung für das „Laute Denken“ wurde eine kurze Aufgabe vorbereitet (vgl. Abbildung 5.10).

Diese Aufgabe sollte den Versuchspersonen einerseits die Hemmung nehmen, laut zu denken und andererseits auch an die Arbeit mit einer Spraydose vorbereiten, was sich im Nachhinein als sehr wichtig herausstellte.

Übung zu Lautes Denken:

Als Hilfe für das laute Denken dienen folgende beispielhafte Aussagen:

- „...ich suche...am Tisch...“
- „...jetzt überlege ich...“
- „...mir ist nicht klar was das bedeutet...“
- „...jetzt nehme ich...in die Hand und...“
- „...ich lege...auf das Zeichenpapier“
- „...der Sinn dieser Übung ist mir ein Rätsel...“
- ...

*Aufgabe: Führe den kurzen Versuch durch, indem du die Versuchsanleitung befolgst!
Denke dabei LAUT!*

Versuchsanleitung:

1. Lege ein Zeichenblatt auf den Tisch und lege das Netzquadrat (TESTER) in die Mitte des Zeichenblattes (Bezeichnung nach oben)!
2. Nimm das Spray in die Hand und schüttele es. Ziele in die Mitte des Netzquadrates und halte das Spray dabei ca. 20 cm vom Netzquadrat entfernt!
3. **Erst jetzt darfst du spraysen!** Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER spraysen!

Abbildung 5.10: Vorbereitende Übung für die Durchführung des „Lauten Denkens“

Bevor die Lernmappe übergeben wurde, wurde nur noch kurz erwähnt, dass alle Materialien, die benötigt werden, in zwei Boxen (Materialbox und Archivbox) vor ihnen positioniert sind. Während der Testung wurde nur eingegriffen, wenn S1 oder S2 tatsächlich

Hilfe brauchten oder wenn eine Verständnisschwierigkeit mit geschickten Fragen noch besser zum Ausdruck gebracht werden konnte.

Nachdem S1 und S2 die Lernmappe durchgearbeitet hatten, wurde noch eine kurze Nachbesprechung angeschlossen. In dieser wurden die Versuchspersonen angeregt, Feedback zu den Aufgaben und den verwendeten Methoden zu geben und es wurde auch weiterhin versucht, Verständnisschwierigkeiten zu eruieren.

Beide Testungen wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Das Transkript wurde dann nach interessanten Stellen durchsucht, um diese Stellen anschließend nach Kategorien zu ordnen. Dieser Schritt entspricht der qualitativen Inhaltsanalyse, die in Kapitel Forschung vorgestellt wurde. Geordnet nach diesen Kategorien, werden die Ergebnisse im folgenden Kapitel auch vorgestellt.

5.2.4 Ergebnisse

Im Anhang (vgl. 7) befinden sich die beiden Transkripte, die beim Referenzieren mit den Kürzeln T1 (von S1) und T2 (von S2) bezeichnet werden.

5.2.4.1 Materialbezogene Probleme

- **Aufgabenstellung wird nicht zur Gänze befolgt oder übersehen**

Beide Versuchspersonen vergessen im *Einleitungskapitel* die Röntgenmeisterkarte auch durchzulesen, nachdem sie diese aus der Materialbox geholt haben (T1, Zeilen 20-24; T2, Z. 16-20).

S1 will in der *1. Aufgabe* gleich zur nächsten Aufgabe weiterschreiten, nachdem er eine Charakterkarte ausgefüllt hat (T1, Z. 125-135). Diese Verwirrung könnte mit dem Lesefehler (vgl. Kategorie Lesefehler) zu tun haben, wo die Charakterkarte(n) in der Einzahl wahrgenommen werden.

S1 vergisst beim Suchen der Materialien am Anfang der *3. Aufgabe*, das Röntgenbild aus der Materialbox zu holen (T1, Z. 281-288).

S2 holt beim Suchen der Materialien am Anfang der *3. Aufgabe* zuerst nur das Röntgenbild aus der Materialbox. Erst nachdem sie darauf hingewiesen wird, sucht sie nach dem Experimentiermaterial (T2, Z. 288-297).

- **Röntgenmeisterkarte erhält wenig Aufmerksamkeit**

Der Röntgenmeisterkarte wird wenig Aufmerksamkeit geschenkt. S2 kommt ganz zum Schluss selbst drauf, dass sie dort ihre Punkte eintragen sollte (T2, Z. 478-483).

S1 füllt die Röntgenmeisterkarte nach einem Hinweis ebenfalls erst ganz zum Schluss aus (T1, Z. 484-487).

- **Auf Kontrolle der Lehrkraft wird vergessen**

S1 vergisst bis zur 3. *Aufgabe*, sich die Punkte für die einzelnen Aufgaben von der Lehrkraft abzuholen. Nachdem er darauf hingewiesen wird, macht er es dann (T1, Z. 255-265).

Beide Versuchspersonen arbeiten die Versuchsanleitung in der 3. *Aufgabe* bedächtig bis zu Punkt 4 Schritt für Schritt ab. Punkt 5, wonach das Ergebnis von der Lehrkraft kontrolliert werden sollte, übersehen aber beide und wollen nach dem Sprechen auf das erste Netzquadrat, gleich zum nächsten Netzquadrat schreiten (T1, Z. 327-333; T2, Z. 341-346).

- **Schwierigkeiten mit der 4. Aufgabe**

Beide Versuchspersonen nehmen an, dass sie die erste Frage in der 4. *Aufgabe* lösen müssen. S1 meint: „*Jetzt lös ich einmal die erste Frage...*“, nachdem er die beiden Leitfragen gelesen hat und S2 versucht gleich eine Antwort zu finden: „*Waß ned! Die Knochen nehmen noch a des Dings auf oder? Die Röntgenstrahlung, oda?*“ Beide übersehen also das graue Feld, wo steht, dass sie die Antwort in der Lernmappe nachlesen können (T1, Z. 418-427; T2, Z. 431-436).

S1 hat auch mit der eigentlichen Aufgabenstellung der 4. *Aufgabe* Schwierigkeiten. Zuerst versucht er die zweite Frage selbstständig zu beantworten, was ihm auch einigermaßen gelingt:

„*Ah, weil sie dichter sind und jo (...) na OK, Knochen, Weichteile. Naja, die Knochen sind härter und das andere ist (...) das andere ist ein bisschen nicht so dicht, weil das ein bisschen weicher ist und deswegen geht dunkler, jo weil mehr Röntgenstrahlung kommt oder Röntgenstrahlung durchkommt.*“ (T1, Z. 431-434)

Um die eigentliche Aufgabe zu beginnen, muss er noch einmal instruiert werden. Danach ist ihm klar, was zu tun ist und er meistert die Aufgabe zufriedenstellend (T1, Z. 435-445).

- **Lesefehler**

Beide Versuchspersonen lesen in der Aufgabenstellung sowie in der Auflistung der Materialien zur 1. *Aufgabe*, Charakterkarte statt Charakterkarten. Beiden wird dieser Lesefehler in weiterer Folge auch zum Verhängnis, da sie in der Materialbox nur nach einer Charakterkarte suchen (T1, Z. 44-51; T2, Z. 31-41).

- **Wiederholung**

Beide Versuchspersonen schreiben in der 1. Aufgabe der UV-Strahlung richtigerweise den Nutzen zu, dass sie Hautkrankheiten heilen oder behandeln kann UND, dass sie Bakterien im Wasser töten kann. Da das Töten der Bakterien gleich im Anschluss auch als besondere Fähigkeit vorkommt, sind beide über diese Wiederholung verwundert (T1, Z. 182; T2, Z. 175-177).

Auch in der 2. Aufgabe kommt es zu einer derartigen Wiederholung. S1 löst das erste Satzmuster folgendermaßen:

Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb muss man gewissenhaft mit ihr umgehen! (T1, Z. 233-234)

S2 füllt dasselbe Satzmuster wie folgt aus:

Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb muss man gewissenhaft mit ihr umgehen und sich vor ihr schützen! (T2, Z. 270-272)

Der anschließende Satz lautet:

Ein gewissenhafter Umgang mit Röntgenstrahlung ist also wichtig!

Über diese Wiederholung sind beide verständlicherweise wieder verwundert.

- **Der unverständliche Kontostand**

Beiden Versuchspersonen ist überhaupt nicht klar, was auf der Röntgenmeisterkarte mit der Bezeichnung „Kontostand“ gemeint ist (T1, Z. 490-502; T2, Z. 485-486).

- **Sprachliche Inkonsistenzen in der Lernmappe**

Auf der Röntgenmeisterkarte wird die Bezeichnung „Arbeitsmappe“ statt der Bezeichnung „Lernmappe“ verwendet (T1, Z. 25-26).

In der 3. sowie 4. Aufgabe wird die Bezeichnung „Zeichenpapier“ statt der Bezeichnung „Poster“ verwendet (T1, Z. 350-352; T1, Z. 413-414).

Im Wechselwirkungsarchiv wird die Bezeichnung „Sichtbares Licht“ statt der Bezeichnung „Sichtbare Strahlung“ verwendet (T2, Z. 66-67).

- **Das Sprayexperiment und die Interpretation**

Da dieses Experiment als „Herz“ der Materialien gesehen werden kann, werde ich einige Vorkommnisse und Aussagen reflektieren, die mir interessant erschienen sind.

Das Experiment wurde von beiden Versuchspersonen sehr gut durchgeführt und auch die Interpretation der Ergebnisse war sehr zufriedenstellend. Beide haben

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

auch angemerkt, dass sie den Versuch als sinnvoll empfunden haben und ihnen das Experimentieren viel Spaß gemacht hat.

Beide Versuchspersonen erkannten anhand des Experiments sofort, dass die Materialien umso weniger Farbe durchlassen, je dichter sie sind (T1, Z. 374-378; T2, Z. 381-383).

S1 zögerte auch nicht bei der Frage, ob das Papiermaterial die Farbe zur Gänze aufnimmt oder zurückwirft:

„Weil sonst wärs ja nicht hier oben glaub ich. Deutet auf das Papiermaterial. Aufgenommen, aufgenommen glaub ich.“ (T1, Z. 371-373)

S2 war bei dieser Frage anfänglich unsicher. Als sie aber darauf hingewiesen wurde, auf das Ergebnis des Experimentes zu achten, war ihr auch klar, dass die Farbe aufgenommen wurde: *„Jo weil's drauf bleibt.“ (T2, Z. 372-379)*

Die Auswahl der passenden Modelle in der 4. Aufgabe fiel auch beiden Versuchspersonen nicht schwer. S1 und S2 wählten als Modell für Knochen das Papiermaterial. Für die Weichteile nahm S1 das einschichtige Fliegennetzmaterial. Er merkte aber interessanterweise noch an, dass man das dreischichtige Fliegennetzmaterial z. B. für Knorpel und das Strumpfmateriel für angespannte Muskel verwenden könnte (T1, Z. 473-481). S2 ordnete den Weichteilen gleich von Anfang an beide Fliegennetzmaterialien und das Strumpfmateriel zu. Da beide ihre Wahl auch gut begründen konnten, kann man resümieren, dass beide verstanden haben, warum Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile dunkler sind.

Die einzige Frage, die beide Versuchspersonen nicht mit Hilfe des Experimentes zu lösen vermochten, war der Einfluss der Dicke des Materials auf die Durchlässigkeit. Beide lösten diese Frage intuitiv richtig. Als sie aber gefragt wurden, ob sie dies am Experiment beobachten können, waren beide ratlos. Erst als S2 auf den Unterschied zwischen den beiden Fliegennetzmaterialien hingewiesen wurde, erkannte sie es auch am Experiment und merkte an: *„Jo, mit Hilfe funktioniert!“ (T1, Z. 386-397; T2, Z. 406-417)*

- **Grenze des Modells: Knochen lassen gar keine Strahlung durch**

Wie oben schon erläutert, haben beide Versuchspersonen Papiermaterial als Modell für die Knochen ausgewählt. Diese Auswahl ist im Rahmen dieses Modells und der Aufgabenstellung auch richtig, wenn eine gute Begründung folgt. Dieser Gedanke ist auch gut nachzuvollziehen, da die Knochen am Röntgenbild sehr weiß erscheinen. Es zeigt aber die Grenzen dieser Modellierung auf, denn in der Wirklichkeit lassen auch Knochen etwas Röntgenstrahlung durch. Da hier aber primär das Ziel verfolgt wird, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, was rein konzeptuell der Grund für den Kontrast am Röntgenbild ist, ist diese Vereinfachung zu ak-

zeptieren. Aus diesem Grund werde ich keine zusätzliche Erläuterung in meine Materialien einfügen. Ich würde aber jeder Lehrkraft empfehlen, diese Grenze des Modells im Rahmen einer Nachbesprechung im Plenum zu thematisieren.

- **Vorübung wichtig**

Die Vorübung (vgl. Abbildung 5.10) entpuppte sich als sehr wichtiges Werkzeug, um die Versuchspersonen an das Spray zu gewöhnen. S1 erkennt in dieser Vorübung, dass er nicht zu lange spraysen darf und S2 kann erst nach dieser Übung abschätzen, wie hoch über den Netzquadraten sie das Spray beim Versuch halten sollte. Beide Erkenntnisse sind für eine erfolgreiche Durchführung des Experimentes unbedingt notwendig.

Beide Versuchspersonen müssen sich im Anschluss an die Arbeit mit dem Spray auch die Hände waschen, da ein sauberer Umgang etwas Übung voraussetzt.

5.2.4.2 Andere Erkenntnisse

- **Arbeitszeit angemessen**

Ursprünglich waren die Materialien für eine Unterrichtsstunde vorgesehen. Die reine Arbeitszeit betrug bei beiden Versuchspersonen auch um die 50 Minuten. Wenn man aber Vor- und Nachbesprechung sowie Unterschiede der Laborsituation zur realen Situation einberechnet, eignen sich diese Materialien am besten für eine Doppelstunde.

Zur Arbeitsdauer gaben auch beide Versuchspersonen das Feedback, dass sie angemessen ist und auf keinen Fall zu lang. Die Konzentration war auch bei beiden bis zum Ende hoch.

- **Arbeit mit Archiven gewöhnungsbedürftig aber erfolgreich und spannend**

Beide Versuchspersonen haben anfängliche Berührungsängste mit der Archivbox. S1 tut sich anfangs schwer mit der Archivbox und den darin befindlichen Archiven zu arbeiten, da er immer wieder sucht und meist die falschen Blätter herauszieht. Als ihm aber vorgeschlagen wird, dass er alle Archive aus der Box nehmen könne (T1, Z. 84-86), beherzigt er diesen Tipp und arbeitet in der Folge sehr geschickt mit diesem Methodenwerkzeug. Mit Hilfe der Archive entdeckt er sogar einen zuvor gemachten Fehler und korrigiert diesen (T1, Z. 156-163).

S2 ist am Anfang sehr unsicher und ist zu Beginn der 1. Aufgabe verzweifelt:

„Meine Energie. Ich weiß nicht was ich da hinschreiben soll. Und ich weiß auch nicht wo ich das finde.“ (T2, Z. 60-61)

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Aufmunterungen und kleine verbale Hilfestellungen wirken aber schnell und auch sie arbeitet in der Folge sehr gekonnt mit den Archiven.

Zusammenfassend kann man dieses Methodenwerkzeug als äußerst erfolgreich und spannend bezeichnen. S1 meint dazu in der Nachbesprechung:

„Also für mich persönlich ist eigentlich fast das interessanter, weil man alles selber suchen kann...“ (T1, Z. 517-518)

Die anfänglichen Schwierigkeiten können damit erklärt werden, dass beide noch nie zuvor mit diesem Methodenwerkzeug gearbeitet haben. Mit einer kurzen Gewöhnungsphase sind Archive für einen schülerzentrierten Unterricht also sehr empfehlenswert.

- **Arbeit mit Charakterkarten**

Auch der Einsatz der Charakterkarten, als Personalisierung der einzelnen Strahlungsformen, wurde durchwegs als positiv empfunden.

S2 verwendet die Karten in der 2. Aufgabe sogar beim Zuordnen in das elektromagnetische Spektrum. Sie ordnet zuerst die Karten auf dem Tisch nach der Energie und füllt anschließend das vorgefertigte Raster aus (T2, Z. 250-252).

In der Nachbesprechung meint S2 zudem, dass sie am liebsten alle Eigenschaften selbst ausgefüllt hätte und damit auf vorgeschriebene Lösungen verzichtet hätte (T2, Z. 503-507). In meinen Augen stellt dieser Punkt eine weitere Differenzierungsmöglichkeit dar. Stellt man den Schülerinnen und Schülern schon mehrere Lösungen zur Verfügung, ist die ganze Aufgabe etwas leichter und sie kann schneller erledigt werden. Somit kann die Lehrkraft selbst entscheiden, was für die jeweilige Klasse am besten ist.

Weiters merkte S2 an, dass sie die Fragen auf den Charakterkarten nicht aus der Sicht der Strahlungsform stellen würde, sondern in der dritten Person fragen würde. Zum Beispiel: *Ist SIE für Menschen sichtbar?* an Stelle von *Bin ich für Menschen sichtbar?* (T2, Z. 593-596).

Die letzte Anmerkung von S2 ist eine Überlegung wert. Einerseits erscheint es einigen Schülerinnen und Schülern sicher etwas kindisch, sich die Strahlung als Person vorzustellen. Andererseits ist die Grundlage dieser Methode gerade die Idee, die Strahlung zu personifizieren. Für mich gilt es also abzuwägen, welches Argument schwerer wiegt.

- **Feedback**

S1 meint, dass ihm die Arbeit mit der Lernmappe sowie besonders mit den Karten, Archiven und dem Experiment, sehr viel Spaß gemacht hat (T1, Z. 511-513).

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Für S1 war auch alles sehr verständlich und nicht schwer sowie „*ganz spannend*“ (T1, Z. 554-556).

S2 hat die Einheit auch gefallen und sie hätte einen derartigen Unterricht auch gern in der Schule (T2, Z. 598-602).

Weiters ist S2 an dem Thema sehr interessiert, da sie später auch gerne im medizinischen Bereich tätig wäre (T2, Z. 535-538).

- **Zusatzinformation wird teilweise angenommen**

S1 beachtet die Erklärungen zu den Archiven generell nicht. Dies beeinträchtigt aber sein Verständnis keineswegs. S2 liest dagegen jede Erklärung genau durch. Andere Zusatzinformationen werden von beiden gut wahrgenommen und zumeist auch gelesen.

S1 beachtet auch das Röntgenbild in der 3. *Aufgabe* gar nicht. Es ist aber merkbar, dass er sehr gut weiß, wie so ein Bild aussieht. S2 schaut zumindest für einen sehr kurzen Moment auf das Bild.

Diese Erkenntnisse lassen die Folgerung zu, dass diese Zusatzinformationen eine Differenzierung darstellen können. Die einen brauchen mehr Informationen zum Thema, andere schaffen es auch ohne und können sich die zusätzlichen Informationen sparen.

- **Vorkenntnisse**

Die Sichtbarkeit der verschiedenen Strahlungsformen war S1 schon davor äußerst gut bekannt (T1, Z. 89-94 & 164-165 & 183-187). Dies bringt er auch in der Nachbesprechung zum Ausdruck:

„Also, davor hab ich eigentlich gewusst, welche unsichtbar sind, das ist eigentlich logisch...“ (T1, Z. 534-535)

Für S1 ist auch intuitiv klar, dass eine Materialschicht weniger Spray-Farbe durchlässt, wenn sie dicker ist (T1, Z. 386-387).

Bei S2 ist besonders die Vorkenntnis bemerkbar, dass Strahlung generell schädlich sein kann und zu Krebs führen kann. Dies kommt einerseits bei der UV-Strahlung zur Sprache (T2, Z. 542-543) und andererseits bei der Röntgenstrahlung (T2, Z. 216-232). Der Konflikt zwischen Gefährlichkeit und Nutzen von Röntgenstrahlung wird im Kapitel zu den Schülervorstellungen noch einmal thematisiert. Das Auftreten dieser Vorstellung bekräftigt jedenfalls die Behandlung dieser Thematik in der Lernmappe.

5.2.4.3 Schülervorstellungen

In der Testung kamen auch einige Schülervorstellungen zu Tage. Die meisten sind schon aus anderen Arbeiten bzw. Studien bekannt (vgl. 3.1) oder können als Alltagsvorstellungen gesehen werden:

- **UV fördert Wachstum der Pflanzen**

S1 meint im Zusammenhang mit der Nützlichkeit von UV-Strahlung, dass diese für das Wachstum der Pflanzen förderlich wäre (T1, Z. 174-176).

- **Licht vs. Dunkelheit**

S1 sieht den Nutzen der sichtbaren Strahlung richtigerweise darin, dass sie alles auf der Welt sichtbar macht. Seine Formulierung „...damit man etwas sieht, gegen die Dunkelheit...“, lässt aber darauf schließen, dass er sich Dunkelheit als eigenständiges Phänomen vorstellt.

- **Gefährlichkeit der Strahlung dominiert**

S2 sieht in Strahlung durchwegs eher ein Gefahrenpotenzial als einen Nutzen. UV-Strahlung empfindet sie als sehr schädlich und nennt in diesem Zusammenhang häufige Krebskrankheiten (z.B. T2, Z. 542-543). Beim Thema Röntgenstrahlung verstrickt sie sich in ein interessantes Dilemma: Sie kann die Nützlichkeit nicht eingestehen, wenn doch das Gefahrenpotenzial so hoch ist (T2, Z. 216-232).

- **Hohe Energie = Stark**

S2 bezeichnet die Gammastrahlung als „stärkste“ Strahlungsform im elektromagnetischen Spektrum (T2, Z. 254-255). Daraus kann man schließen, dass ihr der Unterschied zwischen Stärke (Intensität) und Energiewert nicht klar ist. In diesem Zusammenhang kann man zusätzlich überlegen, was Schülerinnen und Schüler mit „viel“ Strahlung meinen. Meinen sie damit die Dauer der Bestrahlung oder doch eine Art „Stärke“ (Intensität)?

- **Sichtbare Strahlung ist nicht das Licht**

In der Nachbesprechung gesteht S2, dass sie davor nicht die Vorstellung hatte, dass „die sichtbare Strahlung ähm, dass man die Strahlung sieht, sondern nur das Licht.“ (T2, Z. 556-558). S2 tut sich also schwer mit der Vorstellung, dass es eine sichtbare Strahlung gibt und diese, das uns bekannte Licht ist.

- **Infrarotstrahlung ist rot und gefährlich**

Eine weiteres „Geständnis“ von S2 in der Nachbesprechung ist die Vorstellung, dass Infrarotstrahlung gefährlich sei. Des Weiteren hatte sie laut eigenen Angaben auch die weit verbreitete Vorstellung, dass Infrarotstrahlung sichtbar ist und sich uns in roter Farbe zu erkennen gibt.

Eine konzeptuelle Unklarheit, die in dieser Form noch in keiner Literatur zu finden ist, wurde auch entdeckt:

- **Dichte = Härte / Dicke = Dichte**

S1 verwendet die Bezeichnungen „Dichte“ und „Härte“ entweder als äquivalente Begriffe oder er hat die Vorstellung, dass die eine Eigenschaft direkt aus der anderen folgt.

„Naja, die Knochen sind härter und das andere ist (...) das andere ist ein bisschen nicht so dicht, weil das ein bisschen weicher ist und deswegen geht dunkler, ja weil mehr Röntgenstrahlung kommt oder Röntgenstrahlung durchkommt.“ (T1, Z. 431-434)

Der Vorschlag von S1, dass man angespannte Muskel mit dem Fliegennetzmaterial modellieren kann, bestätigt diese Vorstellung (T1, Z. 473-481). Hier nimmt er nämlich an, dass Muskel dichter werden, wenn sie angespannt und dadurch härter sind. S2 dagegen verwechselte die Begriffe „Dicke“ und „Dichte“ (T2, Z. 389-392). Hier ist die Frage, ob sie sich nur verredet oder ob sie zu diesen Begriffen tatsächlich eine ähnliche Vorstellung hat.

5.3 Zweite Überarbeitung

In diesem Kapitel werden Veränderungen der Unterrichtsmaterialien vorgestellt, die auf Grundlage der Ergebnisse aus dem Abschnitt 5.2.4 gemacht wurden. Insbesondere die materialbezogenen Probleme (vgl. 5.2.4.1) wurden hier aufgegriffen. Im selben Schritt wurden formale Änderungen durchgeführt, die die Materialien für den Einsatz in einer Schulklasse kompatibel machen sollten. Auch dieser Punkt wird hier erläutert.

Weiters wurde eine „Beschreibung für die Lehrkraft“ (vgl. 7) formuliert. Diese soll die Materialien kurz und prägnant vorstellen sowie jeder Lehrkraft die Umsetzung erleichtern.

5.3.1 Gestaltung

Die veränderten Rahmenbedingungen erfordern eine Anpassung der angewendeten Methoden. Einzig die Lernmappe bleibt als Methode unverändert. Jeder Schüler und jede Schülerin in der Schulklasse bekommt sein eigenes Arbeitsheft. Das Sprayexperiment wird aber nicht mehr von jedem Lernenden auf seinem eigenen Tisch durchgeführt, da man sonst zu viele Spraydosen benötigen würde. Das Experiment wird je nach Klassengröße auf ein oder zwei „Experimentiertische“ ausgelagert, wo die Schülerinnen und Schüler jeweils eine Spraydose und ein Set von Netzquadraten sowie Poster vorfinden. Ähnlich verändert sich die Rolle der Archiv-Box, von der es im realen Schulunterricht weiterhin nur ein Exemplar gibt. Jedem Schüler eine eigene Box zur Verfügung zu stellen wäre finanziell und auch organisatorisch schwer realisierbar und auch nicht nötig. Die Box wird einfach mit einer größeren Anzahl an Archiven befüllt, sodass sich jeder Schüler und jede Schülerin seine/ihre eigenen Archive aus der Box holen kann. Nun bleibt noch die Material-Box, die aufgrund des veränderten Experimentes einiges an Inhalt verliert. Um Platz zu sparen, werden die Charakterkarten, die Röntgenmeisterkarte und das Röntgenbild in einem A4 „Material-Kuvert“ ausgehändigt. Das Röntgenbild wird in ausgedruckter Form zur Verfügung gestellt, da so viele originale Bilder schwer zu finden sind.

Aufgrund der Prätestergebnisse und des veränderten Settings, nimmt in dieser Version der Materialien auch die Lehrperson eine teilweise veränderte Rolle ein. Deshalb schlage ich jeder Lehrkraft, die diese Materialien verwenden möchte, vor, folgende Punkte zu beachten. Diese Hinweise und weitere Hilfestellungen bzw. Beschreibungen, die bei der Verwendung der Materialien als Unterstützung dienen sollten, sind in der *Beschreibung der Materialien* (vgl. 7) formuliert.

Hinweise an die Lehrkraft

Um im Hinblick auf eine reale Schulsituation einen möglichst reibungslosen Verlauf der Einheit zu erreichen, sollte die Lehrkraft zu Beginn der Einheit einen Stundeneinstieg gestalten, der folgende Punkte beinhaltet:

- Die Lernmappe sollte kurz vorgestellt und der Schulklasse gezeigt werden. Dabei sollte erwähnt werden, dass sich alle Anweisungen, die die Schülerinnen und Schüler ausnahmslos befolgen sollten, in grauen Feldern befinden. Auch die konkreten Aufgabenstellungen seien grau unterlegt, aber zusätzlich noch in schriftlicher Form als Aufgaben gekennzeichnet. Zudem empfehle ich die beiden Icons, für Schreiben und Lesen, die Archivbox sowie das Material-Kuvert zu erwähnen und auch zu zeigen.
- Der zweite Punkt ist eine kurze Vorübung zum Sprayen, die sich bei der Vortestung als äußerst wichtig herausstellte. Jeder Schüler und jede Schülerin sollte

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

einmal auf ein „Tester“ Netzquadrat spraysen. Dabei hat die Lehrkraft die Aufgabe, zu erklären oder auch vorzuzeigen, auf welche Aspekte geachtet werden muss. Zum einen sollte die Dose ca. 20 cm vom Blatt entfernt gehalten werden und zum anderen sollte nur ganz kurz abgedrückt werden. Um ein gutes Ergebnis zu erreichen, darf wirklich nur für einen ganz kurzen Moment gespraysen werden! Es ist empfehlenswert, wenn die Lehrkraft auch während der Durchführung des Experimentes immer ein Auge am Experimentiertisch hat, um beratend eingreifen zu können, wenn ein Schüler oder eine Schülerin die Anweisungen nicht gut befolgt und um die Ergebnisse kontrollieren zu können.

Auch im Anschluss an die Bearbeitung der Lernmappe empfehle ich der Lehrkraft, noch einmal das Wort zu ergreifen. Im Plenum sollte kurz über die Ergebnisse reflektiert werden und vor allem sollten die Grenzen des Modells angesprochen werden (vgl. 5.2.4.1). Dabei ist zu erwähnen, dass Papier im Experiment ohne Zweifel ein gutes Modell für Knochen sei, dass Knochen aber in Wirklichkeit nicht wie das Papier die gesamte Röntgenstrahlung absorbieren. Diese Erläuterung kann durch ein Röntgenbild unterstützt werden.

Während der Arbeitsphase ist die Lehrkraft weiterhin nur beobachtend, beratend und kontrollierend tätig.

5.3.2 Änderungen der Lernmaterialien

Einleitung

Die Anweisung bezüglich der Röntgenmeisterkarte beinhaltet zwei Aufträge. Zuerst soll die Röntgenmeisterkarte gesucht werden und anschließend muss diese auch durchgelesen sowie griffbereit abgelegt werden. Die Vortestung brachte die Erkenntnis, dass das Suchen dazu führen kann, dass der zweite Auftrag vergessen wird.

Da es sehr wichtig ist, dass die Funktion der Röntgenmeisterkarte von Anfang an klar ist, wurde diese Anweisung in zwei Teile geteilt (vgl. Abbildung 5.11). Dadurch werden beide Aufträge besser betont und möglicherweise wird damit erreicht, dass der Röntgenmeisterkarte mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Weiters wurde die Bezeichnung „Material-Box“ durch „Material-Kuvert“ ersetzt.

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Nimm die **Röntgenmeisterkarte** aus dem Material-Kuvert!



Lies durch, wozu diese Karte dient und lege sie dann griffbereit auf deinen Tisch!

Auf der nächsten Seite wartet auf dich die erste Hürde am Weg zum **Röntgenmeister**.

LOS GEHT'S!

Abbildung 5.11: Die Neugestaltung der Anweisungen zum Kennenlernen der Röntgenmeisterkarte

1. Aufgabe: Die Charakterkarten

Da beide Versuchspersonen die Charakterkarten in der Einzahl wahrgenommen haben, ist offensichtlich nicht klar genug formuliert, dass vier Charakterkarten zu suchen sowie zu bearbeiten sind.

Aus diesem Grund wurde die Bezeichnung „Charakterkarten“ in der gesamten Aufgabe mit „4 Charakterkarten“ ersetzt.

Aus den Ergebnissen lässt sich auch herauslesen, dass die jeweiligen Aufgaben nicht gleich nach der Bearbeitung von der Lehrkraft kontrolliert wurden. Eine zeitnahe Kontrolle wäre aber wünschenswert, da die Aufgaben aufbauend sind und ein Fehler unter Umständen zu weiteren Schwierigkeiten führen könnte. Wenn die Lehrkraft aber das Gemachte kurz überfliegt, um es zu benoten, kann sie, wenn nötig schwerwiegende Verständnisschwierigkeiten in einem kurzen Gespräch beseitigen.

Deshalb wurde der Hinweis „Wenn du fertig bist, gehe zur Lehrperson. Sie wird deine Lösung kontrollieren und dir hier deine Punkte eintragen“ vergrößert sowie fett gedruckt. Auch die Felder, wo die Punkte eingetragen werden, wurden in der gesamten Lernmappe etwas markanter gestaltet und in jeder Aufgabe direkt an den letzten Satz angeschlossen.

Um die Lernmappe auf die organisatorischen Änderungen anzupassen, wurde die „Archivbox“ durch die Materialangabe „Archive (liegen in der Archivbox)“ ersetzt. Um hier gleich zu erläutern, um was es sich bei den Archiven handelt, wurde die Zusatzinformation aus der späteren Aufgabenstellung nach oben gezogen und direkt an die Materialangabe geheftet (vgl. Abbildung 5.12). Weiters wurde die anschließende Anweisung „Posi-

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

tioniere auch die Archivbox in Reichweite!“ adaptiert und durch „Hole auch die 3 Archive aus der Archivbox!“ ersetzt. Auch in der Aufgabenstellung wurde die „Archivbox“ durch „Archive“ ersetzt.

Zudem ersetzt wieder das „Material-Kuvert“ die „Material-Box“.

MATERIAL FÜR DIESE AUFGABE:	• 4 Charakterkarten (Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Sichtbare Strahlung, Infrarotstrahlung) • Archive (liegen in der Archivbox)
--	--

**ZUSATZINFORMATION**

Die **Archivbox** ist eine Sammlung von allen Informationen, die du brauchst, um die Aufgabe zu lösen! Sie ist in 3 Kategorien eingeteilt: Datenarchiv, Wissensarchiv und Wechselwirkungsarchiv.

Suche die **4 Charakterkarten** zu den verschiedenen Strahlungen im Material-Kuvert und lege die Karten vor dir auf den Tisch! So sehen sie von hinten aus. Hole auch die **3 Archive** aus der Archivbox!



Abbildung 5.12: Neugestaltung der Anweisungen zur 1. Aufgabe

2. Aufgabe: Die Zuordnung

Im zweiten Teil der 2. Aufgabe wird die Gefährlichkeit von Strahlung bearbeitet. Der/die Lernende soll dort die Sätze mit Hilfe der Charakterkarten vervollständigen. Beide Versuchspersonen haben zur Röntgenstrahlung richtigerweise ergänzt, dass man gewissenhaft mit ihr umgehen und sich vor ihr schützen sollte. Der Anschlusssatz wiederholt dann lediglich den Hinweis auf einen gewissenhaften Umgang.

Diese unpassende und verwirrende Wiederholung wurde durch den Satz „Röntgenstrahlung **kann** für den Menschen also gefährlich sein.“ ersetzt. Dies soll das Gefahrenpotenzial noch einmal explizit unterstreichen. Um aber zu verhindern, dass dadurch die Gefahr ganz in den Vordergrund rückt und den Nutzen unter Umständen verdrängt, wurde das Wort „kann“ fett gedruckt.

3. Aufgabe: Das Sprayexperiment

Da das Sprayexperiment ausgelagert wurde und die Charakterkarte zur Röntgenstrahlung in der 3. Aufgabe nicht wirklich benötigt wird, wurde das Material-Feld gelöscht. Die Anweisung danach bezieht sich nun nur noch auf das Röntgenbild und lautet: „Suche das Röntgenbild im Material-Kuvert und platziere es vor dir auf den Tisch!“ Damit wird möglicherweise auch erreicht, dass dem Röntgenbild mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Auch die Lernmappe musste wegen des veränderten Sprayexperimentes adaptiert werden. Dabei wurde zusätzlich auf einige Erkenntnisse aus der Vortestung geachtet.

Die Aufgabe wurde in zwei Teile geteilt, um das Sprayexperiment zusätzlich zu isolieren. Der erste Teil wurde deshalb etwas umgeschrieben (vgl. Abbildung 5.13; Abbildung 5.14). „SCHRITT FÜR SCHRITT“ wurde so betonend formuliert, um zu erreichen, dass die Lernenden alle Punkte der Versuchsanleitung beachten, was in der Vortestung nur durch zusätzliches Einschreiten der Lehrkraft erreicht wurde.

AUFGABE:	Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien (Netzquadrate) verhält, wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.
	Folge dafür der Versuchsanleitung und löse anschließend die Satzmuster auf Seite 6!

Abbildung 5.13: Formulierung der Aufgabenstellung vor der 2. Überarbeitung

AUFGABE	Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien (Netzquadrate) verhält, wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.
	TEIL1: Gehe dafür zu einem Experimentiertisch und folge SCHRITT FÜR SCHRITT der Versuchsanleitung !

Abbildung 5.14: Formulierung der Aufgabenstellung nach der 2. Überarbeitung

Die Versuchsanleitung wurde ebenfalls etwas verändert (vgl. Abbildung 5.15). Der erste Satz wurde an die neuen Rahmenbedingungen angepasst und der Hinweis „Bezeichnungen nach oben“ wurde durch „Filzbeine nach unten“ ersetzt, da die Bezeichnungen in der neuen Version vorne und hinten angebracht werden, um zu verhindern, dass sie durch das Besprayen nicht mehr sichtbar sind. Die „20 cm“ und Punkt 5 wurden hervorgehoben, da diese Punkte bei der Vortestung übersehen bzw. nicht zufriedenstellend befolgt wurden.

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Versuchsanleitung:

1. Verteile die Netzquadrate auf dem Poster (Filzbeine nach unten)!
2. Schreibe die Bezeichnungen auf das Poster ab! Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat.
3. Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und halte das Spray dabei ca. 20 cm vom Netzquadrat entfernt!
4. Erst jetzt darfst du spraysen! Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER spraysen!
5. Lass dein Ergebnis von der Lehrkraft kontrollieren!
6. Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!



Abbildung 5.15: Die überarbeitete Versuchsanleitung zum Sprayexperiment

Die Aufgabenstellung für den zweiten Teil der Aufgabe auf der folgenden Seite wurde auch umgestaltet (vgl. Abbildung 5.16). Auf diesen zweiten Teil wird nun auch am Ende der vorigen Seite hingewiesen.

AUFGABE	Nimm die Netzquadrate vom Poster und begib dich mit dem Poster zu deinem Sitzplatz! Löse dann die Satzmuster, indem du genau beobachtest, was auf dem Poster unter den jeweiligen Bezeichnungen entstanden ist!
TEIL2:	

Abbildung 5.16: Der neue zweite Teil der 3. Aufgabe

Das Ergebnis der Vortestung brachte zusätzlich die Erkenntnis, dass der Einfluss der Dicke nicht mit Hilfe des Experimentes erkannt wurde. Aus diesem Grund wurde auf dem Netzquadrat „Fliegennetzmaterial 1“ bei der Bezeichnung das Wort „einschichtig“ und beim Netzquadrat „Fliegennetzmaterial 2“ das Wort „dreischichtig“ ergänzt.

4. Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung

Mit dieser Aufgabe hatten beide Versuchspersonen in der Vortestung ihre Anlaufschwierigkeiten. Beide versuchten die erste Frage selbst zu beantworten, obwohl die Antwort nachzulesen wäre. Auch die eigentliche Aufgabenstellung wurde von einer Versuchsperson nicht gleich gefunden bzw. verstanden.

Da die Fragestellungen augenscheinlich für Verwirrung sorgten, wurde der Einleitungsteil in einen kurzen Fließtext umgewandelt und die Anweisungen in den grauen Feldern umformuliert (vgl. Abbildung 5.17 oben). Da die Fragestellungen aber nicht gänzlich aus der Lernmappe entfernt werden sollten, wurden sie in den zu lesenden Text verschoben.

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Weiters wurde im zweiten Anweisungsfeld der Satz „Löse dafür folgende Aufgabe!“ ergänzt, um zu betonen, was genau getan werden muss, um die Antwort auf die Frage zu finden (vgl. Abbildung 5.17 unten).

Damit die eigentliche Aufgabenstellung noch klarer wird, wurde ein Pfeil eingefügt, der vom grauen Aufgabenfeld auf die auszufüllende Tabelle zeigt. Der Pfeil auf das Zusatzinformations-Kästchen wurde entfernt, da mir dieser überflüssig erschien (vgl. Abbildung 5.18).

In dieser Aufgabe wirst du erfahren, wie eine Röntgenuntersuchung funktioniert und warum die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler sind.

Lies folgenden Text langsam und genau durch!



Wie funktioniert also eine Röntgenuntersuchung?

Die Röntgenuntersuchung funktioniert fast so, wie das Experiment in der 3. Aufgabe!

Spray-Farbe kann unsere Netzquadrate durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung wegen der hohen Energie auch, den menschlichen Körper zu durchdringen.

Beim Experiment haben wir die Farbe auf der anderen Seite des Materials mit einem Zeichpapier aufgefangen. Bei der Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der sogenannte Röntgen-Film, der schwarz wird, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft.

Aber warum sind die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile dunkler?

Die Antwort auf diese Frage sollst du nun selber finden! Löse dafür folgende Aufgabe!

Abbildung 5.17: Die überarbeitete Einleitung der 4. Aufgabe

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

AUFGABE:

Welche, der in der 3. Aufgabe getesteten Materialien, eignen sich als **Modelle** für Knochen und welche für die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe)?

Fülle die Tabelle aus und begründe deine Entscheidung auf Seite 8!

ZUSATZINFORMATION

Ein **Modell** ist ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit.

Die Spray-Farbe in der 3. Aufgabe ist zum Beispiel ein Modell für die Röntgenstrahlung.

Realität	Modell
<i>Röntgengerät</i>	<i>Spraydose</i>
<i>Röntgenstrahlung</i>	<i>Spray-Farbe</i>
<i>Knochen</i>	
<i>Weichteile</i>	

Abbildung 5.18: Die neu gestaltete 4. Aufgabe

Röntgenmeisterkarte

Beiden Versuchspersonen war überhaupt nicht klar, was auf der Röntgenmeisterkarte mit der Bezeichnung „Kontostand“ gemeint ist.

Aus diesem Grund wurde die Spalte „Kontostand“ gelöscht und stattdessen eine zusätzlich Zeile „Gesamtpunktzahl“ ergänzt (vgl. Abbildung 5.19). Zudem wurde auf der Karte eine sprachliche Inkonsistenz aufgelöst, indem die Bezeichnung „Arbeitsmappe“ durch „Lernmappe“ ersetzt wurde.

PUNKTETABELLE	
Aufgaben	Erreichte Punktzahl
Die Charakterkarten	
Die Zuordnung	
Das Sprayexperiment	
Die Röntgenuntersuchung	
Gesamtpunktzahl	

Abbildung 5.19: Die überarbeitete Punktetabelle auf der Röntgenmeisterkarte

Charakterkarte UV-Strahlung und Wissensarchiv

Beide Versuchspersonen haben in der 1. Aufgabe der UV-Strahlung richtigerweise den Nutzen zugeschrieben, dass man mit deren Hilfe Hautkrankheiten heilen oder behandeln kann und dass sie Bakterien im Wasser töten kann.

Da das Töten der Bakterien gleich im Anschluss auch als besondere Fähigkeit vorkommt und beide von dieser Wiederholung überrascht waren, wurden diese beiden Attribute im Wissensarchiv klarer getrennt (vgl. Abbildung 5.20).

- **UV-Strahlung:** Die Sonne strahlt neben der sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung ab. UV-Strahlung alleine ist für das menschliche Auge aber nicht sichtbar! Man kann sie nur an den Auswirkungen sehen. Wenn die Haut nämlich zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann dies zu Sonnenbrand und später auch zu Hautkrebs führen. Deshalb sollte man sich schützen - z.B. mit Sonnencreme! UV-Strahlung kann aber auch sehr nützlich sein. Hautkrankheiten können z. B. durch Bestrahlung behandelt werden und sie hat die besondere Fähigkeit, Bakterien im Wasser abtöten zu können.

Abbildung 5.20: Die umformulierte Erklärung der UV-Strahlung im Wissensarchiv

Wechselwirkungsarchiv

Im Wechselwirkungsarchiv wurde die Bezeichnung „Sichtbares Licht“ verwendet, die in den restlichen Materialien nie vorkommt.

Diese sprachliche Inkonsistenz wurde aufgelöst, indem die Bezeichnung „Sichtbare Strahlung“ eingesetzt wurde.

5.3.3 Testphase

Die Unterrichtsmaterialien wurden in der dritten Intervention in einer realen Unterrichtssituation getestet. Mit dieser Testung sollte primär herausgefunden werden, ob die Materialien im Regelunterricht anwendbar sind oder ob noch Verbesserungen nötig sind, um sie einsatzfähig zu machen. Dabei wurde auch darauf geachtet, ob die getätigten Änderungen, die im Abschnitt 5.3.2 beschrieben sind, zur Verbesserung beigetragen haben. Für die Erhebung der Daten wurde die Einheit von vier verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Zum einen wurde ein Beobachtungsprotokoll der Unterrichtseinheit angefertigt und im Anschluss an die Einheit ein Interview mit der Lehrkraft, die die Stunde gehalten hat, durchgeführt. Zusätzlich wurden vor Beginn der Stunde zwei Diktiergeräte an eine Schülerin und einen Schüler verteilt und die ausgefüllten Lernmappen sowie Charakterkarten nach der Einheit eingesammelt und analysiert. Das Beobachtungsprotokoll, ein Transkript des Interviews mit der Lehrkraft und ein Transkript von ausgewählten Abschnitten der Diktiergeräte befinden sich im Anhang (vgl. 7).

5.3.3.1 Setting und Vorgehensweise

Die Testung wurde in einer 4. Klasse einer Wiener AHS mit 13 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Davon waren 8 männlich und 5 weiblich. Es stand eine Doppelstunde zur Verfügung, welche alle zwei Wochen am Dienstag in der fünften und sechsten Stunde als „Physik Labor“ am Stundenplan steht. Die Unterrichtseinheit wurde von der Lehrperson dieses Faches im gewohnten Umfeld des Physiksaals durchgeführt. Es galt die Absprache, dass ich mich vollkommen auf mein Beobachtungsprotokoll konzentriere, es sei denn, ich merke, dass ich einschreiten muss, um die Qualität der Einheit sowie der Testung aufrecht zu erhalten. Wie schon erwähnt, wurden zwei Diktiergeräte ausgeteilt. Dies geschah in Absprache mit der Lehrkraft, wobei darauf geachtet wurde, dass die zwei Probanden welche ein Gerät bekamen zwei Lernende sind, die einigermaßen den Durchschnitt darstellen.

Die Lehrkraft hielt zu Beginn der Stunde wie abgesprochen einen Stundeneinstieg, in dem sie alle Materialien von Lernmappe, über Material-Kuvert, bis Archivbox, kurz vorstellte. Am hintersten Tisch des Physiksaales wurde der Experimentiertisch aufgebaut, auf dem im Rahmen des Stundeneinstiegs auch noch das „Test-Sprayen“ durchgeführt wurde. Der Experimentiertisch wurde so angeordnet, dass auf einer Seite die Poster lagen und auf der anderen die Arbeitsfläche für das Sprayen aufgebaut war (vgl. Abbildung 5.21). So konnten immer zwei Lernende gleichzeitig arbeiten.



Abbildung 5.21: Der Experimentiertisch bei der Testung

Als die ersten Schülerinnen und Schüler zum Experimentiertisch kamen, musste ich als zweite Lehrkraft tätig werden, da die Klassenlehrerin mit der Kontrolle bzw. Punktverga-

be zu den Aufgaben beschäftigt war. Diese Problematik wird im anschließenden Abschnitt (vgl. 5.3.4.1) noch ausführlicher besprochen.

Die Einheit wurde von den Schülerinnen und Schülern überwiegend positiv aufgenommen, was einem spontanen Feedback der Schülerinnen und Schüler zu entnehmen ist (vgl. Abbildung 5.22). Im Großen und Ganzen verlief die Testung also sehr gut und es konnten auch einige Erkenntnisse gewonnen werden, die im folgenden Abschnitt 5.3.4 in Kategorien geordnet vorgestellt werden. Diese Kategorien wurden erstellt sowie inhaltlich befüllt, indem das Beobachtungsprotokoll, das Transkript des Interviews mit der Lehrkraft, die ausgefüllten Unterrichtsmaterialien und die Audiodateien auf interessante Stellen durchsucht wurden. Dieser Schritt entspricht der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. 4.3).

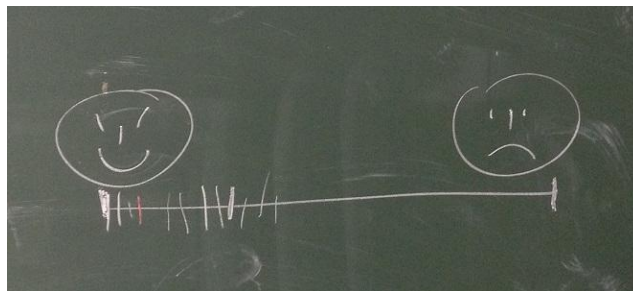


Abbildung 5.22: Feedback der Schülerinnen und Schüler nach der Testung

5.3.4 Ergebnisse

Im Anhang (vgl. 7) befinden sich Beobachtungsprotokoll, Transkript des Interviews mit der Lehrkraft und ein Transkript der interessanten Stellen von den ausgeteilten Diktiergeräten. Ersteres wird nun beim Referenzieren mit dem Kürzel BP, zweites mit T3 und drittes mit T4 bezeichnet. Erkenntnisse aufgrund der Analyse der ausgefüllten Unterrichtsmaterialien, werden hier direkt eingearbeitet und entsprechend gekennzeichnet.

5.3.4.1 Materialbezogene Probleme

Kontrolle und Punktevergabe während der Stunde stressig

Da die Schülerinnen und Schüler sehr unterschiedliche Arbeitstempi haben (BP, Z. 10), ist die Lehrkraft nahezu die gesamte Unterrichtseinheit ununterbrochen mit der Kontrolle der Aufgaben und der Punkteverteilung beschäftigt.

Aus der Beobachtersicht ist erkennbar, dass diese Arbeit für die Lehrkraft ziemlich stressig ist, da oft mehrere Schülerinnen und Schüler Schlange stehen (BP, Z. 51-55).

Aufgrund dieser Aufgabe kann die Lehrkraft auch das Sprayexperiment nicht beaufsichtigen, was sich als sehr wichtig herausstellt, da die Schülerinnen und Schüler doch einige

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Male zurechtgewiesen werden müssen und Hinweise von der Lehrkraft manchmal nötig sind (BP, Z. 59-74).

Die Lehrkraft bestätigt diese Beobachtungen:

„Ähm, für mich selber war's so wie es derzeit angedacht ist eher stressig, weil ich die Karten, also den Auftrag hatte, diese ausgefüllten Arbeitsblätter gleich zu kontrollieren und da war ich wirklich mit den 13 Schülern an meiner Grenze.“ (T3, Z. 4-7)

Sie meint weiter, man könnte diese Zeit besser nützen und Gespräche oder Diskussionen mit den Lernenden führen. Weiters bestätigt sie auch, dass es ihr auf keinen Fall möglich war, die Kinder beim Experimentieren zu beaufsichtigen. Statt der Kontrolle während der Stunde, schlägt sie vor, die Arbeitsblätter abzusammeln und sie *„am Nachmittag gemütlich“* anzuschauen (T3, Z. 7-28).

Zudem merkt sie noch an, dass es von Vorteil wäre, neben den Lösungen für die Charakterkarten, auch eine gelöste Version der Lernmappe zu haben (T3, Z. 55-73).

Aus Sicht der Schülerinnen und Schülern ist das Warten ein wenig langweilig (BP, Z. 51-55).

Viel auffallender ist aber die Enttäuschung von einigen Lernenden, über aus ihrer Sicht falsche und unfaire Punktevergaben durch die Lehrkraft (T4, Z. 29-32). Diese Ansicht kann ich nach der Analyse der ausgefüllten Materialien teilweise auch teilen. Die Lehrkraft verteilt die Punkte manchmal nicht ganz einheitlich. Ich begründe dies mit der Stresssituation während der Stunde.

Punkt 5 der Versuchsanleitung wird von allen ignoriert

Kein Experimentator beachtet bei der Versuchsanleitung zum Sprayexperiment (3. Aufgabe) den fünften Punkt, wonach das Ergebnis des ersten Sprayversuchs auf das erste Netzquadrat von der Lehrkraft kontrolliert werden soll. Dies beeinträchtigt die erfolgreiche Durchführung aus Beobachtersicht vorerst nicht, sofern eine Lehrkraft den Experimentiertisch im Auge behält und bei falschen Handgriffen einschreitet (BP, Z. 85-87).

Bei der Analyse der ausgefüllten Materialien zeigt sich dann aber, dass einige Lernende beim Experiment Teilergebnisse erhalten, die nicht der Grundidee entsprechen und auch ein falsches Verständnis implizieren können. Dazu einige Beispiele:

- Zwei Schüler finden heraus, dass Fliegennetzmaterial 1 gleich viel Farbe durchlässt wie Fliegennetzmaterial 2. Mit diesem Ergebnis lässt sich der Einfluss der Dicke nicht begründen.

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

- Eine Schülerin findet heraus, dass Strumpfmateriale gleich viel Farbe durchlässt wie Fliegennetzmaterial 2. Mit diesem Ergebnis lässt sich der Einfluss der Dichte nicht begründen.
- Ein Schüler findet heraus, dass Fliegennetzmaterial 1 gleich viel Farbe durchlässt wie Fliegennetzmaterial 2. Mit diesem Ergebnis lässt sich der Einfluss der Dichte nicht begründen.

Netzquadrate werden schmutzig und schwarz

Je mehr Schülerinnen und Schüler die Netzquadrate verwenden, desto mehr Kreidespray haftet auf den Quadraten. Dies hat einerseits zur Folge, dass die Bezeichnungen vorne nicht mehr sichtbar sind. Da die Lernenden nicht selbstständig erkennen, dass die Bezeichnungen vorne und hinten angebracht sind, fragen sie nach, um welche Netzquadrate es sich handelt. Andererseits ist ein sauberes Hantieren mit den besprayten Quadraten schwer möglich. Handschuhe sollten demnach ein fixer Bestandteil des Experimentes sein (BP, Z. 81-84).

Wiederholung

Eine Schülerin fragt sich bei der Bearbeitung der *UV-Charakterkarte*, welche Nützlichkeit sie dieser Strahlung zuordnen sollte, wenn doch gleich im Anschluss der UV-Strahlung die besondere Fähigkeit zugeschrieben wird, dass sie Bakterien im Wasser töten kann. Sie würde diese besondere Fähigkeit auch zur Nützlichkeit einordnen, was aber zu einer Wiederholung führen würde (T4, Z. 5-9).

Der Analyse der ausgefüllten Materialien ist zu entnehmen, dass ungefähr die Hälfte der Schülerinnen und Schüler der UV-Strahlung den Nutzen zuordnet, dass Hautkrankheiten behandelt werden können und/oder dass Bakterien im Wasser abgetötet werden können. Diese Wiederholung sorgt also weiterhin für Verwirrung (vgl. 5.2.4.1).

Materialangabe ist irreführend

Zu Beginn der *1. Aufgabe* fragen zwei Schüler, *welches Archiv sie zuerst nehmen sollen*. Da die Lehrkraft in der Einführung erläutert hat, dass alle Anweisungen grau unterlegt sind, sehen die Schüler auch die Materialangabe als Arbeitsanweisung und suchen dort vergeblich nach einer Antwort auf ihre Frage (BP, Z. 39-43).

Freiwillige Kommentarmöglichkeit sorgt für Verwirrung

Bei der Begründung dafür, warum welches Modell gewählt wurde, ist jedem Schüler und jeder Schülerin freigestellt, ob er/sie noch selbst etwas schreiben will. Viele wissen an dieser Stelle nicht, was von ihnen erwartet wird (T4, Z. 33-36; Analyse der ausgefüllten Materialien).

Die Lehrkraft vergibt für diese Aufgabe nur die volle Punktezahl, wenn dieses Feld ausgefüllt ist (T3, Z. 154-157), obwohl dies in der Lernmappe nicht so erläutert ist.

5.3.4.2 Andere Erkenntnisse

Weiter Erkenntnisse zum Sprayexperiment

Wie oben angesprochen sollte die Lehrkraft immer zumindest ein Auge auf dem Experimentiertisch haben, um einschreiten zu können, wenn sichtlich folgenschwere Fehler begangen werden. Dazu einige Beispiele (BP, Z. 64-80):

- Einige erkennen nicht gleich, dass sie auf einer Seite des Tisches nur die Netzquadrate auflegen sowie beschriften dürfen und die andere Seite für das Sprayen gedacht ist.
- Einige verwenden keine Handschuhe, was zu sehr schmutzigen Händen führen kann.
- Viele kommen ohne Lernmappe. Obwohl einige trotzdem alles richtig durchführen, ist das Mitführen der Lernmappe sicher besser.
- Eine Schülerin vergisst eine Bezeichnung auf das Poster zu schreiben und ein Schüler schreibt gar keine ab.
- Das Spray „streikt“ manchmal. Kräftiges Schütteln löst dieses Problem.
- Das Strumpfmateriale verklebt an Stellen, die oft besprayt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten darauf hingewiesen werden, nicht immer auf die selbe Stelle am Netzquadrat zu sprayen. Dieses Problem ist aber nicht allzu schlimm, da dies das gewünschte Ergebnis des Experimentes verbessert. Das Strumpfmateriale lässt nämlich, abgesehen vom Papier, ohnehin am wenigsten durch.

Benotung schwer möglich

Die Lehrkraft wollte die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler benoten und in ihre Note einfließen lassen (BP, Z. 22).

Im Nachhinein kommt sie aber drauf, dass diese Materialien nicht für eine konkrete Benotung von 1 bis 5 geeignet seien. Sie habe sich sehr schwer getan bei den Entscheidungen, wie viele Punkte sie bei jeder Aufgabe gibt und meint, dass die Materialien für eine richtige Benotung zu einfach seien (T3, Z. 152-156). Sie fügt aber an, dass man natürlich sagen könnte, dass man einfach den Arbeitseinsatz belohnt und eine positive Mitarbeitsnote vergibt, wenn gut gearbeitet wurde. Eine Benotung könne dann durch einen Test entkoppelt werden (T3, Z. 179-186).

Arbeitszeit und Arbeitstempo

Die Arbeitszeit variiert zwischen den Lernenden sehr stark. Am besten eignet sich, wie angedacht, eine Doppelstunde, wobei die Schnellsten schon nach einer Stunde abgeben und die Langsameren bis zu über einer halben Stunde später fertig sind. Aus diesem Grund sollte sich die Lehrkraft auf jeden Fall eine alternative Beschäftigung für jene Schülerinnen und Schüler ausdenken, die schneller sind. Dem Sprayexperiment kommt das unterschiedliche Arbeitstempo sehr entgegen, da es dadurch nahezu nie zu Wartesituationen kommt (BP, Z. 1-19; T3, Z. 207-213).

Materialien durchwegs erfolgreich

Aus Beobachtersicht ist auffallend, dass sehr wenige Fragen auftreten, die direkt auf die Materialien bezogen sind oder sich nicht mit Hilfe der Materialien beantworten lassen (BP, Z. 39-50).

Die Lehrkraft bestätigt diese Beobachtungen und meint, dass sich die Kinder ausgekannt hätten (T3, Z. 30). Weiter ist sie der Meinung, dass „*des Material ganz gut hingehaut hat*“ und dass die Klasse „*relativ gut und ruhig gearbeitet*“ hat, was nicht immer so der Fall sei (T3, Z. 2-4).

Auch die Analyse der ausgefüllten Materialien fällt in dieser Hinsicht positiv aus. Die Lernmappe wird von allen Schülerinnen und Schülern zufriedenstellend bearbeitet. Es werden lediglich zwei schwere Fehler entdeckt:

- Eine Schülerin meint, die Spray-Farbe wurde zurückgeworfen.
- Ein Schüler begründet die Wahl des Papiermaterials folgendermaßen: „weil die Farbe des Sprays auf die Platte geworfen wird.“ Und die Wahl des Fliegennetzmaterials: „weil die Farbe des Sprays vollkommen durchgeht.“

Somit gelang es nur einem Schüler nicht, die 15 Punkte Marke zu überschreiten, um sich „Röntgenmeister“ nennen zu können. Weitere Schwierigkeit treten nur beim Formulieren mancher Antworten sowie bei den oben angesprochenen fehlerhaften Versuchsergebnissen (vgl. 5.3.4.1) auf.

Da das kurze Feedback der Schülerinnen und Schüler (vgl. 5.3.3.1) sowie die Arbeitsatmosphäre, die ich den ausgeteilten Diktiergeräten entnehmen kann (T4), ebenfalls ganz gut sind, bin ich mit dieser Intervention durchwegs zufrieden.

5.3.4.3 Schülervorstellungen

Die Fäden im Netz als Modell für die Knochen und die Löcher für die Weichteile

Zwei Schülerinnen und ein Schüler haben bei der Auswahl der Modelle eine besondere Idee. Sie wählen die Fäden, die das Netz aufspannen als Modell für Knochen und die Löcher in der Netzstruktur als Modell für Weichteile (BP, Z. 90-94).

Ich denke, man kann diese Vorstellung sehr gut mit Hilfe des Experimentes zurechtrücken, indem man das Resultat bespricht.

Die Lehrkraft vermutet, dass diese Fehlvorstellung zustande kommt, weil diese Lernenden das Netz zu sehr in der Mikrostruktur betrachten und es nicht als Ganzes sehen (T3, Z. 44-50).

Durch die Haut in den Körper sehen

Einige Schülerinnen und Schüler ordnen der Röntgenstrahlung die besondere Fähigkeit zu, dass man mit ihrer Hilfe „durch die Haut“ oder „in den Körper“ schauen/sehen kann. Dies ist kein komplett falscher Gedanke, den man ohne weiteres gelten lassen kann. Wenn man es aber ganz genau nimmt, ist die Durchdringungsfähigkeit die besondere Fähigkeit der Röntgenstrahlung, aufgrund der man dann Schattenbilder des Körperinneren überhaupt machen kann. Wenn die Lernenden im Wechselwirkungsarchiv genau recherchieren, sollten sie dies auch erkennen (Analyse der ausgefüllten Materialien).

Infrarotstrahlung und UV-Strahlung führen zu Verbrennungen

Ein Schüler hat die Vorstellung, dass man sich mit Infrarotstrahlung und UV-Strahlung „verbrennen“ kann, wenn man zu lange bestrahlt wird. Diese Vorstellung ist nicht ganz falsch. Eine mögliche Verbrennung hängt aber von der Intensität der Strahlung ab (Analyse der ausgefüllten Materialien).

5.4 Dritte Überarbeitung

In diesem Kapitel wird die Anpassung der Unterrichtsmaterialien vorgestellt, die auf Grundlage der Ergebnisse aus dem Abschnitt 5.3.4 gemacht wurde. Es betrifft vorwiegend kleine organisatorische Änderungen und das Sprayexperiment. Zudem wurde die *Beschreibung der Materialien* durch eine „Bastelanleitung für die Netzquadrate“ und durch „Hinweise zum Spray“ ergänzt sowie eine *Musterlösung der Lernmappe* erstellt (vgl. 7).

5.4.1 Gestaltung

Die Rahmenbedingungen bleiben im Grunde unverändert. Lediglich an zwei Stellen wird das Material adaptiert.

Zum einen ist es der Lehrkraft nun je nach Stundenverlauf freigestellt, ob sie die Resultate gleich kontrolliert oder die ausgefüllten Materialien am Ende der Einheit einsammelt, um sie außerhalb der Einheit in Ruhe zu kontrollieren. Die Schülerinnen und Schüler bekommen im zweiten Fall die korrigierten Arbeitsblätter mit den Punkten in der folgenden Stunde und können dann ihre Röntgenmeisterkarte ausfüllen. So kann sich die Lehrperson auf mehrere Gespräche mit Lernenden einlassen und sich auf diese Weise mehr in das Thema vertiefen. Was aber noch viel wichtiger ist, sie kann immer ein Auge auf dem Experimentiertisch haben. Diese Änderung wurde auch in die *Beschreibung der Materialien* (vgl. 7) eingearbeitet.

Die zweite Anpassung betrifft die Benotung. Von einer konkreten Benotung nach Schulnoten wird eher abgeraten. Diese Lernmappe soll ihrem Namen treu bleiben und die Schülerinnen und Schüler in keine Prüfungssituation versetzen. Deshalb ist eine Benotung nach positiver oder negativer Mitarbeit empfehlenswert. Dabei kann zum Beispiel eine positive Mitarbeit erreicht werden, falls die 16 Punkte Marke erreicht wird und sich der Lernende „Röntgenmeister“ nennen darf. Falls doch eine konkretere Benotung gewünscht ist, ist ein kleiner Test in der folgenden Stunde zu empfehlen.

5.4.2 Änderungen der Lernmaterialien

1. Aufgabe: Die Charakterkarten

Die Materialangabe wurde bei der Testung von zwei Schülern als Arbeitsanweisung gesehen, da die Tabelle, ähnlich wie die eigentlichen Anweisungen, ebenfalls einen Gräuton besitzt.

Aus diesem Grund wurden alle Materialangaben in der Lernmappe mit einem Grüngrün schattiert.

Zudem wurde der kleine Hinweistext beim Punktefeld verändert (vgl. Abbildung 5.23), weil erkannt wurde, dass die Kontrolle und Punktevergabe während der Stunde für die Lehrperson stressig sein kann.

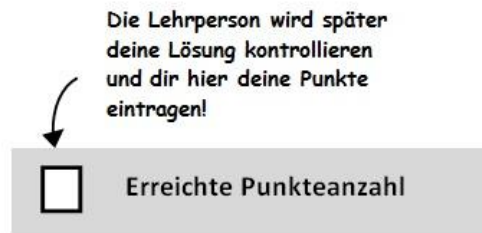


Abbildung 5.23: Der veränderte Hinweis zum Punktefeld

3. Aufgabe: Das Sprayexperiment

Punkt 5 der Versuchsanleitung zum Sprayexperiment wurde bei der Testung von keinem Experimentator beachtet. Laut diesem Punkt sollte die Lehrkraft den ersten Sprayversuch am ersten Netzquadrat kontrollieren.

Da das Ignorieren dieser Kontrolle beim Experiment selbst zu keinen Problemen führte, wurde dieser Punkt vorerst aus der Versuchsanleitung gestrichen. Betrachtet man aber die Resultate vom zweiten Teil dieser Aufgabe, erkennt man, dass nicht alle Versuchsergebnisse der Versuchsidee entsprechen.

Aus diesem Grund wurde die Kontrolle wieder angefügt, diesmal aber als letzter Punkt. Um die Wichtigkeit dieser Kontrolle zu unterstreichen, wurde dieser Punkt mit einem roten „Wichtig:“ markiert (vgl. Abbildung 5.24).

Die Netzquadrate werden durch das Besprühen schmutzig, wodurch das Hantieren nur noch mit Handschuhen empfehlenswert ist.

Deshalb wurde die Verwendung der Handschuhe in die Versuchsanleitung aufgenommen (vgl. Abbildung 5.24).

Weiters erkannten die Schülerinnen und Schüler nicht, dass die Netzquadrate vorne und hinten beschriftet sind.

Diese Tatsache wurde auch in der Versuchsanleitung vermerkt (vgl. Abbildung 5.24).

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Versuchsanleitung:

1. Verteile die Netzquadrate auf dem Poster (Filzbeine nach unten)!
2. Schreibe die Bezeichnungen, die vorne und hinten angebracht sind, auf das Poster ab!
Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat.
3. Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und halte das Spray dabei ca. **20 cm** vom Netzquadrat entfernt!
4. **Erst jetzt darfst du sprayen!** Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER sprayen!
5. Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!
6. **Wichtig:** Lass dein Ergebnis von der Lehrkraft kontrollieren!



Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

5/8

Abbildung 5.24: Die überarbeitete Versuchsanleitung

4. Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung

Bei der Begründung, warum welches Modell gewählt wurde, wussten viele Schülerinnen und Schüler nicht, was von ihnen beim letzten Punkt dieser Aufgabe (vgl. Abbildung 5.25) erwartet wird. Ursprünglich war angedacht, dass die Beantwortung auf freiwilliger Basis geschehen kann. Die Lehrkraft entschied aber, dass sie die volle Punkteanzahl nur vergibt, wenn hier auch etwas ausgefüllt wurde.

- Du kannst natürlich auch selbst noch etwas schreiben, wenn du willst: _____
- _____
- _____
- _____

Abbildung 5.25: Der letzte Punkt der Begründung vor der Überarbeitung

Um Uneinigkeiten zwischen Lehrkraft und Lernenden zu verhindern, wurde dieser Punkt umformuliert und zu einer Pflichtaufgabe für eine volle Punkteanzahl gemacht (vgl. Abbildung 5.26).

Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

- Um die volle Punkteanzahl zu erreichen, schreibe hier noch selbstständig etwas Sinnvolles zum Thema hin: _____

Tipp: Überlege, ob auch andere Materialien, statt deiner Auswahl in Frage kämen und/oder schreibe hin, was du aus dieser Stunde mitgenommen hast.

Abbildung 5.26: Der letzte Punkt der Begründung nach der Überarbeitung

Charakterkarte UV-Strahlung und Wissensarchiv

Viele Schülerinnen und Schüler haben der UV-Strahlung, wie auch schon die Versuchspersonen bei den Vortestungen, den Nutzen zugeschrieben, dass man mit deren Hilfe Hautkrankheiten heilen oder behandeln kann und dass sie Bakterien im Wasser töten kann.

Um die Verwirrung zu beseitigen, die entstehen kann, weil das Töten der Bakterien gleich im Anschluss auch als besondere Fähigkeit vorkommt, wurden der Text zur UV-Strahlung im Wissensarchiv (vgl. Abbildung 5.27) sowie die UV-Charakterkarte noch einmal überarbeitet. Das Töten der Bakterien wurde der Eigenschaft des Nutzens zugeordnet und die besondere Fähigkeit lautet nun: „Durch mich startet die Vitamin D Produktion.“

UV-Strahlung: Die Sonne strahlt neben der sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung ab. UV-Strahlung alleine ist für das menschliche Auge aber nicht sichtbar! Man kann sie nur an den Auswirkungen sehen. Wenn die Haut nämlich zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann dies zu Sonnenbrand und später auch zu Hautkrebs führen. Deshalb sollte man sich schützen - z. B. mit Sonnencreme! UV-Strahlung kann aber auch sehr nützlich sein. Hautkrankheiten können z. B. durch Bestrahlung behandelt werden und Bakterien im Wasser können abgetötet werden. Zudem hat sie die besondere Fähigkeit, dass durch Bestrahlung des menschlichen Körpers die wichtige Vitamin D Produktion startet.

Abbildung 5.27: Der überarbeitete Text zur UV-Strahlung im Wissensarchiv

6 DISKUSSION UND AUSBLICK

Das Ergebnis dieser Diplomarbeit ist ein Unterrichtsmaterial zum Thema Röntgenstrahlung, das dreimal getestet und aufgrund der daraus resultierenden Ergebnisse dreimal überarbeitet wurde. Die finale Version der Materialien befindet sich im Anhang (vgl. 7). Zudem wurden einige Erkenntnisse gewonnen, die den fachdidaktischen Forschungsstand im gegebenen Themenbereich erweitern.

In diesem Kapitel werden die einzelnen Test- und Überarbeitungsphasen noch einmal reflektiert, wobei auf einige Besonderheiten näher eingegangen wird und offen gebliebene Fragen angesprochen werden. Am Ende wird dann noch ein Ausblick auf ergänzende Tätigkeiten mit den Materialien und zum Thema allgemein gegeben.

Zuallererst möchte ich ein Fazit über die gesammelten Erfahrungen mit dem „Klientel“ meiner Materialien, den Schülerinnen und Schülern, ziehen.

Die Arbeit mit den Schülerinnen und Schülern war in allen Testphasen sehr spannend und äußerst lehrreich. Im Grunde stehen die Lernenden im Zentrum dieser Arbeit, da vorwiegend durch deren Tun wichtige Erkenntnisse gesammelt werden konnten, die die Materialien Schritt für Schritt weiter in Richtung Ziel brachten. Das Material und deren Inhalte wurden vorwiegend mit Begeisterung aufgenommen sowie mit viel Eifer bearbeitet. Besonders der etwas veränderte Zugang ab der ersten Überarbeitung wurde als interessant und spannend empfunden, da er vom gewohnten Unterrichtsschema doch etwas abweicht. Der Schwierigkeitsgrad ab dieser Version wurde auch als angemessen eingestuft und erlaubte es jedem Lernenden ohne Frustrationsmomente die Inhalte eigenständig zu erlernen. Die Orientierung mit Hilfe der *Lernmappe* fiel den Schülerinnen und Schülern auch von Anfang an nicht schwer, wodurch ich ab der ersten Überarbeitung auch keine großen Veränderungen mehr anstellen musste.

Die Überarbeitung der Ausgangsmaterialien war demnach der größte und wichtigste Entwicklungsschritt. Die unterschiedlichen Aufgaben mit den dazugehörigen Zielen waren hierbei die entscheidende Idee, um das *Sprayexperiment*, das als „Herz“ der Materialien bezeichnet werden kann, in ein fachdidaktisch gut durchdachtes Konzept zu verpacken.

Nun zu den einzelnen Testphasen und den daraus folgenden Überarbeitungen.

Wie schon erwähnt, war der erste Überarbeitungsschritt von großer Bedeutung. Die Testung der Ausgangsmaterialien brachte die Erkenntnisse, dass die Materialien eher für die 8. Schulstufe geeignet sind und dass das *Sprayexperiment* sehr positiv aufgenommen wurde. Die Überarbeitung wurde dann nahezu ohne forschungstheoretischen Hinter-

Diskussion und Ausblick

grund, sondern eher intuitiv durchgeführt, wobei ein besonderes Augenmerk auf die methodische Verbesserung gelegt wurde. Die *Lernmappe* wurde als Arbeitsheft erstellt, die *Archive* sollten gut geordnete Informationen anbieten, um unter anderem die *Charakterkarten* lösen zu können. Die *Satzhilfen* sollten sprachlichen Schwierigkeiten vorbeugen und die *Röntgenmeister-Karte* wurde erstellt, um die Lernenden durch die Einheit zu führen sowie eine Benotung zu ermöglichen.

Die Vortestung sollte dann besonders darüber Aufschluss geben, ob und wie die verwendeten Methoden von Schülerinnen und Schülern aufgenommen werden. In Form des „Lauten Denkens“ wurden die Materialien mit einem Schüler und einer Schülerin getestet.

Obwohl die Lerneinheit von beiden Probanden ohne große Probleme bearbeitet wurde und sich die oben angeführten Methoden, nach einer kurzen Gewöhnungsphase, als sehr erfolgreich herausstellten, übersahen beide einige Kleinigkeiten bei Hinweisen oder Aufgabenstellungen. Dies wurde mit einigen Umformulierungen überarbeitet. Größere Verständnisschwierigkeiten traten aber nicht allzu viele auf. Einzig die Aufgabenstellung der 4. Aufgabe führte zu etwas Kopfzerbrechen und der Begriff „Kontostand“ auf der *Röntgenmeister-Karte* wurde nicht verstanden. Auffallend war zudem, dass die aufgetragenen Kontrollen durch die Lehrkraft nur spärlich in Anspruch genommen wurden. Da zeitnahe Kontrollen im Materialkonzept zu diesem Zeitpunkt eine große Bedeutung hatten, wurden die betreffenden Hinweise etwas auffälliger gestaltet. Weitere wichtige Erkenntnisse betrafen das *Sprayexperiment*. Einerseits wurde erkannt, dass eine Vorübung zum Sprayen eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Versuchsdurchführung ist und andererseits brachten Gespräche mit den Probanden die Erkenntnis, dass der Einfluss der Dicke auf die Absorption nicht mit Hilfe des Experimentes, sondern intuitiv richtig beantwortet wurde. Da der Erhebung des Experiments eine sehr große Bedeutung gegeben wird, wurden die Bezeichnungen der Netzquadrate durch „einschichtig“ bzw. „dreischichtig“ ergänzt, um den Dickeunterschied zu betonen.

Neben den gerade angesprochenen Änderungen wurde das Unterrichtsmaterial in diesem Überarbeitungsschritt auch für die Verwendung im Regelunterricht angepasst. Dabei wurde auch eine *Beschreibung der Materialien* erstellt, die jeder Lehrkraft, die die Materialien verwenden möchte, ermöglichen sollte, die Einheit erfolgreich durchzuführen.

Das Material war damit auf eine Intervention in einer Schulklasse vorbereitet. In dieser abschließenden Testung sollte herausgefunden werden, ob das Unterrichtskonzept in einer realen Unterrichtssituation anwendbar ist und welche Anpassungen noch zu tätigen waren.

Auch diese Testung verlief sehr positiv. Die Schülerinnen und Schüler kamen mit dem Material grundsätzlich gut zurecht, was auch von der Lehrkraft bestätigt wurde. Diese Intervention brachte auch die Erkenntnis, dass nahezu alle Änderungen der zweiten

Diskussion und Ausblick

Überarbeitung gewirkt haben. Für die Lehrkraft selbst war die Stunde aber zu stressig. Wird das Materialkonzept nämlich befolgt, wonach alle Ergebnisse jeder Aufgabe gleich kontrolliert sowie die Punkte vergeben werden sollten, hat die Lehrkraft keinen Überblick mehr über die Klasse und kann das Sprayexperiment nicht beaufsichtigen, was sich als sehr wichtig herausstellte. Aus diesem Grund wird in der finalen Version der Materialien empfohlen, die Ergebnisse erst nach der Unterrichtseinheit zu kontrollieren und auch erst dann die Punkte zu vergeben.

Das Materialkonzept musste aufgrund dieser Testung noch an einem weiteren Punkt überdacht werden. Gemeinsam mit der Lehrkraft wurde erkannt, dass sich die Materialien für keine konkrete Benotung eignen, da die Leistung aufgrund des eher niedrigen Schwierigkeitsgrades schwierig zu differenzieren ist. Nachdem die Röntgenmeisterkarte anfänglich als Benotungsmöglichkeit gesehen wurde, wird nun eine Benotung nach positiver oder negativer Mitarbeit empfohlen. Der anfänglich gewählte Name der „Lernmappe“ wird am Ende also auch konzeptuell seinem Namen gerecht.

Wie schon kurz erwähnt, brachte diese Testung auch die Erkenntnis, dass das Sprayexperiment unbedingt von einer Lehrkraft beaufsichtigt werden sollte, um ein gutes Versuchsergebnis bei allen Lernenden erreichen zu können.

Die finale Version der Unterrichtsmaterialien ist ein fachdidaktisch gut durchdachter und schülerzentrierter Lehrgang zum Thema Röntgenstrahlung für eine 8. Schulstufe, der bestenfalls in einer Doppelstunde durchgeführt werden sollte. Viele Defizite konnten durch die Überarbeitungen beseitigt werden, einige Mängel könnte das Material jedoch weiterhin aufweisen.

Besonders das *Sprayexperiment* bedarf möglicherweise noch weiterer Anpassungen. Es wurde zum Beispiel noch nicht getestet, ob eine mehrmalige Verwendung der Netzquadrate möglich ist, was bei der Verwendung eines Kreidesprays als möglich erscheint, jedoch mit potenziellen Schwierigkeiten verbunden ist. Eine saubere Arbeit ist für Schülerinnen und Schüler dann nämlich nicht mehr so einfach.

Eine weitere offene Frage ist die Grenze des Modellexperimentes. Das Papier als Modell für die Knochen ist ein gutes, jedoch kein absolut korrektes, da auch Knochen Röntgenstrahlung durchlassen. Eine weitere Grenze der Modellierung wurde in der letzten Intervention von Seiten der Lernenden offenbart. Gemeint ist die Vorstellung, dass man die Fäden des Netzes als undurchlässig sehen kann, die Löcher im Netz als durchlässig und dementsprechend eine Modellierung realisieren kann. Meine finale Lösung dieser und anderer Grenzen des Experimentes ist die Nachbesprechung durch die Lehrkraft im Plenum.

Auch für eine potenzielle Verbesserung des Physikunterrichtes konnten Erfahrungen gesammelt werden. Hier sind besonders die Schülervorstellungen von Bedeutung. Neben jenen, die aus der Literatur schon bekannt sind, wie „Infrarotstrahlung ist rot“ oder

Diskussion und Ausblick

„Strahlung ist gefährlich“, konnte auch eine konzeptuelle Unklarheit entdeckt werden, die in dieser Form noch nicht bekannt war. Dabei geht es um die äquivalente Verwendung der Begriffe „Dichte und „Härte“ sowie „Dicke“ und „Dichte“.

Eine weitere interessante Vorstellung, ist die schon erwähnte mikroskopische Betrachtung einer Netzstruktur, wobei Fäden und Löcher separat betrachtet werden.

Weiters wurde ein neues Hilfsmittel entworfen, das sich im Strahlungsunterricht bewährt hat, jedoch keinesfalls auf diesen reduziert werden muss. Gemeint sind die Charakterkarten, die man in jedem Fall auch als Errungenschaft dieser Arbeit sehen kann und unter Umständen als neues Methoden-Werkzeug bezeichnen könnte.

AUSBLICK

Auf Grundlage dieser und anderer Arbeiten zu diesem Thema ist es empfehlenswert und erwünscht, weitere Überlegungen zu tätigen und erweiternde Forschungsschritte zu vollziehen.

Bezüglich des Unterrichtsmaterials können die offenen Fragen geklärt werden, wobei weitere Sprays getestet oder eine bessere Konstruktion der Netzquadrate entworfen werden könnte. Auch die Qualitätsverbesserung der Modellierung sowie neue Einsatzmöglichkeiten für Charakterkarten können Gegenstand weiterer Überlegungen sein.

Des Weiteren ist eine Evaluierung des Lehrganges hinsichtlich der Lernwirksamkeit ausständig, da sich diese Arbeit lediglich mit der Erstellung und inhaltlichen Erprobung beschäftigt.

Auch bei weiteren Forschungen zu Schülervorstellungen können die Ergebnisse dieser Arbeit herangezogen werden, um die gefundenen Konzepte genauer zu analysieren.

Neben dieser Arbeit wurden auf der Universität Wien bisher schon einige ähnliche Arbeiten veröffentlicht, die sich mit Unterrichtsmaterialien zu anderen elektromagnetischen Strahlungsformen beschäftigen. Ziel ist es, diese Materialien zu vereinigen, um einen großen schülerzentrierten Strahlungslehrgang zu erstellen, wo auf eine allgemeine Einführung zum Thema Strahlung, Lernmaterialien zu allen uns bekannten Strahlungsformen folgen.

LITERATUR

- Baur, T. (2014). *Materiewellen und Welle-Teilchen-Dualismus - Vortrag zur Vorlesung Nanostrukturphysik*. Universität Saarland. Zugriff am 12.12.2016 unter http://www.uni-saarland.de/fak7/hartmann/files/docs/pdf/teaching/lectures/talks/SS2014/Materiewellen_Wellen-Teilchen-Dualismus.pdf
- Berger, R. (2000). Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht (Dissertation). *Studien zum Physiklernen, Band 11*. Berlin: Logos.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1997). Children's models of understanding of two major global environmental issues (ozone layer and greenhouse effect). *Res. Sci. Technol. Educ.* 15, 19-28, zit. nach: Plotz, T. (2016b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52 (1), 014004.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2010). *Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich.
- Duit, R. (2011a). Alltagsvorstellungen berücksichtigen! In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf [Hrsg.], *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 3-7). Köln: Aulis.
- Duit, R. (2011b). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf [Hrsg.], *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 8-15). Köln: Aulis.
- Felix, R. & Ramm, B. (1980). *Das Röntgenbild: Theorie, Methodik, Technik; Leitf. für Ausbildung u. Anwendung*. Stuttgart u.a.: Thieme.
- Fritsche, O. (2013). *Physik für Biologen und Mediziner*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Frommann, U. (2005). *Die Methode "Lautes Denken"*. Zugriff am 11.11.2016 unter https://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/usability/Lautes%20Denken_e-teaching_org.pdf
- Girwidz, R. & Berger, R. (2011). Elementarisierung. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf [Hrsg.], *Physikdidaktik kompakt* (S. 73-77). Freising: Aulis.
- Henriksen, E. K. & Jorde, D. (2001). High school students' understanding of radiation and the environment: can museums play a role? *Sci. Educ.*, 85, 189-206, zit. nach: Plotz, T. (2016b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52 (1), 014004.
- Hoffmann, L., Häussler, P. & Lehrke, M. (1997). Die IPN-Interessenstudie Physik, zit nach: Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften-Physik in der Schule*, 59 (5), 13-24.
- Hopf, M. & Leisen, J. (2011). Unterrichtsmethoden. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf [Hrsg.], *Physikdidaktik kompakt* (S. 88-92). Freising: Aulis.

Literatur

- Horst, F., Jailbird & Phrood. (2008). *Electromagnetic Wave Spectrum*. Zugriff am 31.10.2016 unter <http://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3726606>
- Höttecke, D., Heering, P. & Schecker, H. (2011). Unterrichtskonzeptionen. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf [Hrsg.], *Physikdidaktik kompakt* (S. 78-87). Freising: Aulis.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik/Chemie*, 34 (13), 2–6.
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck [Hrsg.], *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476-491). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Krieger, H. (2012). *Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes*. Wiesbaden: Vieweg & Teubner.
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker [Hrsg.], *Methoden der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133–145). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften-Physik in der Schule*, 59 (5), 13-24.
- Leisen, J. (2003). Themenheft „Methoden-Werkzeuge“. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 75/76, 44.
- Leisen, J. (2013a). *Handbuch Sprachförderung im Fach – Grundlagenteil*. Stuttgart: Klett Sprachen.
- Leisen, J. (2013b). *Handbuch Sprachförderung im Fach – Praxisteil*. Stuttgart: Klett Sprachen.
- Leisen, J., Hopf, M. (2011). Methoden-Werkzeuge. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf [Hrsg.], *Physikdidaktik kompakt* (S. 93-98). Freising: Aulis.
- Lindemann, H. (1999). *Einführung in die Didaktik der Chemie in Übersichten, Graphiken und Tabellen*. Düsseldorf: Staccato.
- Link, T. M. & Heppe, A. (1998). *Physikalische und technische Grundlagen der Radiologie: Fragen und Antworten*. Berlin u.a.: Springer.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010a). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert [Hrsg.], *Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 18). Seelze: Friedrich.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010b). Kontextorientierter Unterricht. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert [Hrsg.], *Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 22). Seelze: Friedrich.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim u.a.: Beltz.
- Millar, R. (1994). School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. *Public Understand. Sci*, 3, 53-70, zit. nach: Plotz, T. (2016b). Stu-

- dents' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52 (1), 014004.
- Morneburg, H. (1995). *Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Röntgendiagnostik und Angiographie, Computertomographie, Nuklearmedizin, Magnetresonanztomographie, Sonographie, integrierte Informationssysteme*. Erlangen: Publicis MCD-Verlag.
- Mubeen, S. M., Abbas, Q. & Nisar, N. (2008). Knowledge about ionising and non-ionising radiation among medical students. *J. Ayub Med. Coll. Abbottabad*, 20, 118-121, zit. nach: Plotz, T. (2016b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52 (1), 014004.
- Müllauer, Ch. (2016). *Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II* (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.
- Neuhauser, A. (1975). Modellexperimente und Funktionsmodelle im Unterricht. In: ChiS (S. 538-545), zit. nach: Sommer, K., Klein, M., Steff, H. & Pfeifer, P. (2012). Modellexperimente Zwischen Anschauungselement und Erkenntnisgewinnung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 23 (132). 2-9.
- Neumann, S. (2013). *Schülervorstellungen zum Thema Strahlung: Ergebnisse empirischer Forschung und Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht* (Dissertation). Universität Wien, Wien.
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. J. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München: Oldenbourg.
- Plotz, T. (2016a). Strahlung: Wichtiger Bestandteil im Unterricht oder wenig nützlicher Ballast? *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 65 (2), 5–8.
- Plotz, T. (2016b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52 (1), 014004.
- Plotz, T. & Hopf, M. (2016). Two concepts of radiation. A case study investigating existing preconceptions. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 447-459.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Rego, F. & Peralta, L. (2006). Portuguese students' knowledge of radiation physics. *Phys. Educ.*, 41, 259-262, zit. nach: Plotz, T. (2016b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52 (1), 014004.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33 (1), 52–69.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker [Hrsg.], *Methoden der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Berlin, Heidelberg: Springer.

Literatur

- Sommer, K., Klein, M., Steff, H. & Pfeifer, P. (2012). Modellexperimente Zwischen Anschauungselement und Erkenntnisgewinnung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 23 (132). 2-9.
- Sommer, K., Toschka, Ch., Schröder, L., Schröder, T. Ph., Steff, H. & Fischer, R. A. (2017). Modellexperimente im Chemieunterricht. *Chemkon*, 24 (1), 13-19.
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.
- Tipler, P. A. (1994). *Physik*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akad. Verlag.
- Tritthart, H. A. (2001). *Medizinische Physik und Biophysik: mit 76 Tabellen*. Stuttgart u.a.: Schattauer.
- Wiesner, H. & Hopf, M. (2011a). Die konstruktivistische Sicht vom Lernen im Physikunterricht. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf [Hrsg.], *Physikdidaktik kompakt* (S. 29-33). Freising: Aulis.
- Wiesner, H. & Hopf, M. (2011b). Begriffswechsel und Begriffsentwicklung. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf [Hrsg.], *Physikdidaktik kompakt* (S. 48-53). Freising: Aulis.
- Wiesner, H. & Schecker, H. (2011). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf [Hrsg.], *Physikdidaktik kompakt* (S. 34-47). Freising: Aulis.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Research. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker [Hrsg.], *Methoden der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31-42). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Wüstneck, K. D. (1966). Einige Gesetzmäßigkeiten und Kategorien der wissenschaftlichen Modellmethode. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 12, 1452, zit. nach: Sommer, K., Toschka, Ch., Schröder, L., Schröder, T. Ph., Steff, H. & Fischer, R. A. (2017). Modellexperimente im Chemieunterricht. *Chemkon*, 24 (1), 13-19.

7 ANHANG

Inhalt

➤ Unterrichtsmaterialien	S. 86
• Stundenplanung des Ausgangsmaterials	S. 87
• Material nach der ersten Überarbeitung	S. 88
▪ Lernmappe	S. 89
▪ Röntgenmeister-Karte	S. 97
▪ Charakterkarten	S. 99
▪ Lösungen der Charakterkarten	S. 107
▪ Archive	S. 115
• Material nach der zweiten Überarbeitung	S. 118
▪ Beschreibung der Materialien	S. 119
▪ Lernmappe	S. 121
▪ Röntgenmeisterkarte	S. 129
▪ Charakterkarten	S. 131
▪ Lösungen der Charakterkarten	S. 139
▪ Archive	S. 147
▪ Röntgenbild	S. 150
• Material nach der dritten Überarbeitung	S. 151
▪ Beschreibung der Materialien	S. 152
▪ Lernmappe	S. 156
▪ Musterlösung der Lernmappe	S. 164
▪ Röntgenmeisterkarte	S. 173
▪ Charakterkarten	S. 175
▪ Lösungen der Charakterkarten	S. 183
▪ Archive	S. 191
▪ Röntgenbild	S. 194
➤ Erhebungen der Testungen	S. 195
• Lautes Denken: Transkript 1 (T1)	S. 196
• Lautes Denken: Transkript 2 (T2)	S. 209
• Interview mit der Lehrkraft: Transkript 3 (T3)	S. 223
• Interessante Stellen von den Diktiergeräten (T4)	S. 229
• Beobachtungsprotokoll der Unterrichtseinheit(BP)	S. 231

UNTERRICHTSMATERIAL

Ausgangsmaterial

STUNDENPLANUNG

Thema: Röntgenstrahlung

Schulstufe: 4. Klasse AHS Unterstufe

Länge der Einheit: 1 Stunde

Ziele der Stunde: Die Schüler_innen sollen wissen, wie Röntgenstrahlung mit Materie wechselwirkt (Absorption, Transmission und Reflexion) und die physikalischen Aspekte einer Röntgenuntersuchung kennen.

Begrüßung: Vorstellen der eigenen Person. Erklärung der Gründe, warum wir diese Stunde durchführen. Besonderer Hinweis auf den Testcharakter dieser Unterrichtseinheit und Bitte um Mitarbeit. Kurze Zusammenfassung der Stunde.

ENGAGE: *Fragen-entwickelnd*

Schüler_innenaktivität: SuS sind in den Frontalunterricht eingebunden und sollen ihre Vorstellungen preisgeben.

Lehrer_innenaktivität: Kurze Erläuterung der Besonderheiten von Reflexion, Absorption und Transmission. Hervorheben der Unterschiede dieser Vorgänge.

Klassifizierung der Röntgenstrahlung als elektromagnetische Strahlung.

Für Unterstufe passende Formulierungen verwenden!

Wichtig: Auf Vorstellungen der SuS achten und diese Vermerken.

Optional (falls Begriffe schon gut bekannt sind): Mind Mapping an der Tafel. 3 zentrale Begriffe an die Tafel schreiben. Schüler_innen sollen sich zugehörige Begriffe ausdenken und an der Tafel passend hinzuschreiben. Währenddessen sowie anschließend wird die Begriffsammlung besprochen.

EXPLORE: *Gruppenarbeit (4er od 5er)*

Schüler_innenaktivität: Jede Gruppe erhält ein anderes Körperteil. Dieses stellen sie mit den zur Verfügung stehenden Knochen und Muskeln auf einem Poster nach, um anschließend mit schwarzen Spraydosen ein „Röntgenbild“ zu machen.

Lehrer_innenaktivität: Der L hat schon vor der Stunde Poster vorbereitet und verschiedene „Knochen“ aus Papier und „Muskel“ aus Netzen (bzw. anderen Halbdurchlässigen Materialien) vorbereitet. Die Schüler erhalten weiters anatomische Bilder von verschiedenen Körperteilen. SuS werden nun aufgefordert ihre Körperteile am Poster grob zu modellieren und es anschließend zu besprayen (Spray erst später austeilen, wird evtl. vom Lehrer ausgeführt).

EXPLAIN: *L-S-Gespräch*

Schüler_innenaktivität: Die SuS sollen erklären, wie man den gemachten Versuch auf die medizinische Röntgenuntersuchung umlegen kann und physikalisch betrachten kann.

Lehrer_innenaktivität: Der L lenkt dieses Gespräch mit folgenden Leitfragen:

Was war im Experiment die Röntgenstrahlung?

Wie wechselwirkt das Spray mit dem Papier, wie mit dem Netz, was passiert dort wo sich kein Material befindet?

Wichtig: Auf Vorstellungen und Erklärungen der SuS achten und auf diese eingehen bzw. richtigstellen.

EVALUATE: *Einzelarbeit*

Nach der Stunde wird ein kleiner Fragebogen (ein Blatt) ausgeteilt. Darauf befindet sich eine Skizze, die das Experiment beschreibt und eine Fragestellung zu den zentralen Bedeutungen. Weiters sind 6 Fragen durch Ankreuzen zu beantworten, die zur Evaluation der Stunde beitragen sollen. Zuletzt wird noch die Möglichkeit gegeben, weitere Anmerkungen schriftlich anzuführen.

Es steht zur Diskussion, nach einem Zeitintervall von ca. einem Monat nochmals eine Evaluation des vorhandenen Wissens zum nämlichen Thema durchzuführen.

Material nach der ersten Überarbeitung

Name: _____

Klasse: _____

Lernmappe zum Thema

Röntgenstrahlung

Einleitung



Lies dir folgende Einleitung durch und folge den weiteren Anweisungen in den grauen Feldern!

Elektromagnetische Strahlung sind Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und Energie transportieren. Man unterscheidet dabei verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung. Eine kennst du sicher schon – die sichtbare Strahlung, oft einfach „Licht“ genannt. Andere Strahlungsarten sind Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung, UV-Strahlung, Gamma-Strahlung und Röntgenstrahlung.

In dieser Lernmappe wirst du etwas später die **Röntgenstrahlung** näher kennen lernen. Wenn du konzentriert und gut arbeitest wirst du am Ende auch verstehen, wie eine Röntgenuntersuchung, die z. B. bei Knochenbrüchen angewendet wird, funktioniert.

Nimm die „**Röntgenmeister**“-Karte aus der Material-Box und lies durch, wozu diese Karte dient! Lege sie dann griffbereit auf den Tisch!



So sieht die „Röntgenmeister“-Karte von hinten aus!

Auf der nächsten Seite wartet auf dich die erste Hürde am Weg zum **Röntgenmeister**.

LOS GEHT'S!

1. Aufgabe: Die Charakterkarten

- | | |
|---------------------------|--|
| MATERIAL | • Charakterkarten (Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Sichtbare Strahlung, Infrarotstrahlung) |
| FÜR DIESE AUFGABE: | • Archivbox |

Suche die **Charakterkarten** zu den verschiedenen Strahlungen in der Material-Box und lege die Karten vor dir auf den Tisch! So sehen sie von hinten aus. Positioniere auch die **Archivbox** in Reichweite!



Du hast verschiedene Eigenschaften wie Augenfarbe, Haarfarbe, besondere Merkmale oder besondere Talente. Auf diese Weise unterscheidest du dich von anderen Menschen.

Auch die verschiedenen Formen der elektromagnetischen Strahlung unterscheiden sich aufgrund von einiger Eigenschaften. Diese wirst du jetzt kennenlernen!

- | | |
|-----------------|--|
| AUFGABE: | Lies langsam und sehr genau die einzelnen Charakterkarten durch. Du wirst bald merken, dass die Karten Lücken haben und einige Eigenschaften fehlen. Fülle die Lücken mit Hilfe der Archivbox! |
|-----------------|--|



ZUSATZINFORMATION

Die **Archivbox** ist eine Sammlung von allen Informationen, die du brauchst, um die Aufgabe zu lösen! Sie ist in drei Kategorien eingeteilt: Datenarchiv, Wissensarchiv und Wechselwirkungsarchiv.

Wenn du fertig bist, gehe zur Lehrperson. Sie wird deine Lösung kontrollieren und dir hier deine Punkte eintragen!



Erreichte Punkteanzahl

2. Aufgabe: Die Zuordnung

MATERIAL: Charakterkarten



Den physikalisch entscheidenden Unterschied unter den Strahlungsformen macht die **Energie!** Denn mit der Energie verändern sich auch die anderen Eigenschaften.

Im sogenannten **elektromagnetischen Spektrum** sind die unterschiedlichen Strahlungsformen nach ihren Energiewerten geordnet.

**AUFGABE
TEIL1:**

- Ordne die Charakterkarten dem **elektromagnetischen Spektrum** zu! Notiere dafür die passenden Strahlungsformen in den vorgefertigten Raster. Die Strahlungsformen mit der niedrigsten Energie (ganz links) und höchsten Energie (ganz rechts) sind schon zugeordnet.
- Anschließend kreise die korrekten Satzteile im **Satzmuster** ein!



Mikrowellenstrahlung					Gammastrahlung
----------------------	--	--	--	--	----------------

E N E R G I E



Satzmuster:



Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu den anderen Strahlungsformen eine eher

hohe
niedrige

Energie! Nur die

Gammastrahlung
UV-Strahlung
Mikrowellenstrahlung

ist noch energiereicher!

Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

AUFGABE
TEIL2:

- Nimm noch einmal alle Charakterkarten zur Hand und lies auf jeder Karte die Antwort auf die Frage „*MUSST DU DICH VOR MIR FÜRCHTEN?*“ durch!
- Beschreibe dann in wenigen Sätzen, ob und wie gefährlich Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung sind!
Die Satzanfänge dienen dir als Hilfe. Du kannst zusätzlich auch die Archive verwenden.



Wie gefährlich sind Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung?

- Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb _____!
Ein gewissenhafter Umgang mit Röntgenstrahlung ist also wichtig!
- Sehr viel UV-Strahlung ist auch _____!
Mit Sonnencreme und Sonnenbrille _____!
- Infrarotstrahlung transportiert sehr wenig Energie, deshalb _____!

Es gilt also:

- Je höher die Energie, desto

weniger vorsichtig
vorsichtiger

 sollte man mit Strahlung umgehen!



Erreichte Punkteanzahl

3. Aufgabe: Das Sprayexperiment

MATERIAL:

- Charakterkarte von Röntgenstrahlung
- Experimentiermaterial (Spray, Netzquadrate, Poster)
- Röntgenbild

Suche das Material in der Material-Box und platziere es vor dir auf den Tisch!



In den letzten beiden Aufgaben wirst du experimentell herausfinden, warum Knochen auf diesem Röntgenbild hell sind und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler.

Du hast aber gerade gelernt, dass Röntgenstrahlung gefährlich sein kann, wenn man damit nicht richtig umgeht. Deshalb dürfen wir beim Experiment keine echte Röntgenstrahlung verwenden.

Wie lösen wir dieses Problem?

Wir ersetzen das Röntgengerät einfach mit einer Spraydose. Du kannst also einfach so tun, als ob die Spray-Farbe, die aus der Spraydose strahlt, Röntgenstrahlung ist.

AUFGABE:

Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien (Netzquadrate) verhält, wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.
Folge dafür der **Versuchsanleitung** und löse anschließend die **Satzmuster** auf Seite 6!

ACHTUNG! Verwende das Spray gewissenhaft und versuche den Tisch, den Boden, deine Kleidung, die Wand rein zu halten und spraye AUF KEINEN FALL auf Mitschüler!

Versuchsanleitung:

1. Lege ein Poster auf den Tisch und verteile darauf die Netzquadrate (Bezeichnungen nach oben)!
2. Schreibe die Bezeichnungen auf das Poster ab! Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat.
3. Nimm das Spray in die Hand und schüttele es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und halte das Spray dabei ca. 20 cm vom Netzquadrat entfernt!
4. **Erst jetzt darfst du sprayen!** Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER sprayen!
5. Lass dein Ergebnis von der Lehrkraft kontrollieren!
6. Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!



Nimm die Netzquadrate vom Zeichenpapier und löse die Satzmuster, indem du genau beobachtest, was auf dem Zeichenpapier unter den jeweiligen Bezeichnungen entstanden ist!

Satzmuster:



1. Das *Strumpfhosenmaterial* lässt

mehr
weniger
gleich viel

Spray-Farbe durch als/wie das *Fliegennetzmaterial 1*.

2. Das *Fliegennetzmaterial 1* lässt
material 2.

mehr
weniger
gleich viel

Spray-Farbe durch als/wie das Fliegennetzmate-

3.

Strumpfhosenmaterial
Fliegennetzmaterial2
Papiermaterial

lässt am wenigsten Spray-Farbe durch. Die gesamte Spray-Farbe

wird dabei vom Material

aufgenommen (absorbiert)!
zurückgeworfen (reflektiert)!

Aus diesen Beobachtungen lässt sich ableiten:

4. Je

größer
dichter
fester
härter

die Materialstruktur, desto weniger Spray-Farbe geht durch.



Bei uns **netzartige** Materialstrukturen und Papier.

5. Je dicker die Materialschicht, desto

mehr
weniger

Spray-Farbe geht durch.



Erreichte Punkteanzahl

4. Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung

In dieser Aufgabe werden zwei Fragen endgültig beantwortet:

1. Wie funktioniert eine Röntgenuntersuchung?
2. Warum sind Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler?

Die Antwort auf die erste Frage kannst du hier nachlesen!



Die Röntgenuntersuchung funktioniert fast so, wie das Experiment in der 3. Aufgabe!

Spray-Farbe kann unsere Netzquadrate durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung wegen der hohen Energie auch, den menschlichen Körper zu durchdringen.

Beim Experiment haben wir die Farbe auf der anderen Seite des Materials mit einem Zeichenpapier aufgefangen. Bei der Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der sogenannte Röntgen-Film, der schwarz wird, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft.

Die Antwort auf die zweite Frage sollst du nun selber finden!

AUFGABE:

Welche, der in der 3. Aufgabe getesteten Materialien, eignen sich als **Modelle** für Knochen und welche für die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe)?
Fülle die Tabelle aus und begründe deine Entscheidung auf Seite 8!



ZUSATZINFORMATION

Ein **Modell** ist ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit.

Die Spray-Farbe in der 3. Aufgabe ist zum Beispiel ein Modell für die Röntgenstrahlung.

Realität	Modell
Röntgengerät	Spraydose
Röntgenstrahlung	Spray-Farbe
Knochen	
Weichteile	



Begründung:



- Als Modell für die Knochen habe ich _____ gewählt, weil _____

_____.
- Als Modell für die Weichteile habe ich _____ gewählt, weil _____

_____.
- Du kannst natürlich auch selbst noch etwas schreiben, wenn du willst: _____

_____.



Erreichte Punkteanzahl



RÖNTGENMEISTERKARTE

Name und Klasse: _____

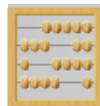


Um Röntgenmeister zu werden, musst du die vier Aufgaben in der Arbeitsmappe lösen und die Ergebnisse von der Lehrperson kontrollieren lassen!

Deine Punkte trägst du dann unten in der Punktetabelle ein.

Bei jeder Aufgabe kannst du bis zu 5 Punkte erreichen.

Hast du am Ende über 16 Punkte auf deinem Konto, kannst du dich Röntgenmeister nennen!



PUNKTETABELLE

Aufgaben	Erreichte Punkteanzahl	Kontostand
Die Charakterkarten		
Die Zuordnung		
Das Sprayexperiment		
Die Röntgenuntersuchung		

VIEL ERFOLG!

RÖNTGENMEISTERKARTE



CHARAKTERKARTE

INFRAROTSTRAHLUNG



MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

RÖNTGENSTRAHLUNG



MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

*Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man
gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir
schützen.*

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

SICHTBARE STRAHLUNG



MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

*Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles
Licht schauen schmerzt in den Augen.*

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

*Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche
Auge sichtbar ist!*

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

UV-STRAHLUNG



MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich kann Bakterien im Wasser töten.

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, Infrarotstrahlung ist ungefährlich!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Als Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1000 eV bis 250 000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Du kannst den Körper durchdringen. Der Körper kann aber auch einen Teil absorbieren (aufnehmen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei einer Röntgenuntersuchung im Krankenhaus.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Wegen der hohen Energie, kann ich den menschlichen Körper durchdringen.

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1,6 eV bis 2,9 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Ohne mich könnte man auf der Welt gar nichts sehen!

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei der Behandlung von Hautkrankheiten.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich kann Bakterien im Wasser töten.

CHARAKTERKARTE

DATENARCHIV



Im **Datenarchiv** findest du die Energiewerte von allen elektromagnetischen Strahlungsformen!

Die Energie wird in der Einheit „Elektronenvolt“ (eV) angegeben. Über diese Einheit wirst du in der Oberstufe noch viel lernen. Für dich ist aber heute nur wichtig, wie hoch die Zahlen sind!

- Die **UV-Strahlung** transportiert eine Energie zwischen 3,3 eV bis 1000 eV.
- Die **Gamma-Strahlung** ist die energiereichste Strahlungsform mit über 200 000 eV.
- Die Energie der **Infrarotstrahlung** liegt zwischen 0,001 eV und 1,6 eV.
- Bei **Röntgenstrahlung** misst man Energien von 1000 eV bis 250 000 eV.
- Die **Sichtbare Strahlung** (Licht) besitzt Energien zwischen 1,6 eV und 2,9 eV.
- Die Energie von **Mikrowellenstrahlung** liegt unter 0,001 eV.
- Die Energie ist die physikalisch wichtigste Eigenschaft der elektromagnetischen Strahlung. Verändert sich nämlich die Energie, dann verändern sich alle anderen Eigenschaften.

WECHSELWIRKUNGSARCHIV



Im **Wechselwirkungsarchiv** kannst du nachlesen, wie die verschiedenen Strahlungsformen mit dem menschlichen Körper wechselwirken!

Das Wort „wechselwirken“ bedeutet „in Kontakt treten“ oder „sich berühren“!

Hier wird also beschrieben, was mit der Strahlung passieren kann, wenn sie mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommt.

- Die **UV-Strahlung** gelangt in die obersten Schichten der Haut und wird dort absorbiert (aufgenommen).
- Das **sichtbare Licht** wird von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).
- Die **Röntgenstrahlung** kann aufgrund der sehr hohen Energie, den menschlichen Körper durchdringen. Ein Teil kann aber auch immer vom Körper absorbiert (aufgenommen) werden und gelangt somit nicht durch den Körper hindurch.
- Die **Infrarotstrahlung** wird von der Haut absorbiert (aufgenommen), was in Form von angenehmer Wärme spürbar ist.



Im **Wissensarchiv** findest du zu jeder Strahlungsform einen kurzen Text über die wichtigsten Fakten.

- **UV-Strahlung:** Die Sonne strahlt neben der sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung ab. UV-Strahlung alleine ist für das menschliche Auge aber nicht sichtbar! Man kann sie nur an den Auswirkungen sehen. Wenn die Haut nämlich zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann dies zu Sonnenbrand und später auch zu Hautkrebs führen. Deshalb sollte man sich schützen - z.B. mit Sonnencreme! UV-Strahlung kann aber auch sehr nützlich sein. Hautkrankheiten können durch Bestrahlung behandelt werden oder Bakterien im Wasser können abgetötet werden.
- **Sichtbare Strahlung:** Diese Strahlungsform ist auch besser bekannt als „das Licht“. Die sichtbare Strahlung ist wie der Name schon sagt, sichtbar für das menschliche Auge. Sie ist aber die einzige Strahlungsform, die wir sehen können! Der Nutzen dieser Strahlungsform besteht also darin, dass man ohne sichtbare Strahlung gar nichts auf der Welt sehen könnte. Im Gegensatz zur UV-Strahlung birgt sie auch keinerlei Gefahren. Einzig in ein zu helles Licht (z. B. Sonne) schauen schmerzt in den Augen!
- **Röntgenstrahlung:** Röntgenstrahlung ist bekannt für den medizinischen Nutzen und die besondere Fähigkeit, den menschlichen Körper aufgrund der hohen Energie, durchdringen zu können. Sie wird bei Röntgenuntersuchungen z. B. bei Knochenbrüchen im Krankenhaus angewendet. Da sie sehr viel Energie hat und unsichtbar ist, sollte man gewissenhaft mit ihr umgehen. Am besten man vermeidet zu viel Kontakt oder man schützt sich z. B. mit einer Bleischürze.
- **Infrarotstrahlung:** Die Infrarotstrahlung ist unsichtbar. Sie besitzt noch weniger Energie als sichtbare Strahlung. Deshalb ist sie ebenfalls ungefährlich. Die Energie ist gerade so hoch, dass sie sehr gut für Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna verwendet werden kann.

Material nach der zweiten Überarbeitung

Beschreibung der Materialien

Die Schülerinnen und Schüler werden mit Hilfe einer Lernmappe durch die Inhalte geführt. Diese Lernmappe ist in eine kurze Einleitung und vier Aufgaben, deren Reihenfolge festgelegt ist, aufgeteilt.

Die Lernmappe

Die Einleitung dient dazu, dem Lernenden eine Vorstellung zu vermitteln, was elektromagnetische Strahlung ist. Diesen Teil kann man zum einen als Einstieg ins Thema sehen, zum anderen soll diese Vorarbeit eine Bearbeitung der Lernmappe nahezu ohne fachliches Vorwissen ermöglichen. Weiters kommt der Einleitung auch eine motivierende Funktion zu. Einerseits wird die gut bekannte Röntgenuntersuchung angesprochen und andererseits lernt der Lernende die „Röntgenmeister“-Karte kennen, die ihn durch die Lernmappe führen soll und auch eine Selbstkontrolle sowie eine Beurteilung durch die Lehrkraft ermöglicht.

Jede Aufgabe für sich verfolgt ein eigenes Ziel, wobei aber die Inhalte aufeinander aufgebaut sind. Für jede Aufgabe benötigt man also das Vorwissen aus den Aufgaben bzw. der Einleitung davor.

Im Konkreten sind die Zielsetzungen der einzelnen Aufgaben folgendermaßen formuliert:

- **1. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass es verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung gibt, die sich aufgrund bestimmter Eigenschaften unterscheiden lassen.
- **2. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass sich die verschiedenen Strahlungsformen insbesondere durch die Energie unterscheiden lassen. Weiters sollen sie erkennen, dass die Gefährlichkeit direkt mit der Energie zusammenhängt.
- **3. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen: je dichter die Netzstruktur des durchstrahlten Materials ist und je dicker das Material ist, desto weniger Spray-Farbe gelangt durch das Material. Der Rest der Farbe wird vom Material aufgenommen (absorbiert).
- **4. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass Knochen bei einer Röntgenuntersuchung eine stärkere Schwächung/Absorption des Strahlenbündels bewirken, als Weichteile.

Auf Grundlage dieser Ziele wird versucht, die Besonderheiten der Röntgenstrahlung möglichst schülerzentriert zu vermitteln. Die Lehrkraft nimmt lediglich die Rolle des Beraters ein und kontrolliert die Richtigkeit der Lösungen, um dann die Punkte vergeben zu können.

Damit die Lehrkraft möglichst wenig einschreiten muss, ist es nötig, physikdidaktische Methoden gezielt einzusetzen. Hier nun ein kurzer Überblick darüber, was von den einzelnen Methoden erwartet wird und warum diese eingesetzt werden.

Fachdidaktische Methoden

Die Lernmappe dient als Arbeitsheft, die den Schüler oder die Schülerin auf 8 Seiten durch die Aufgaben führt. Alle benötigten Materialien werden dem Lernenden in Form eines Mate-

rialkuverts (Inhalt: 4 Charakterkarten, Röntgenmeisterkarte und Röntgenbild) sowie einer sogenannten Archivbox zur Verfügung gestellt. Der Inhalt der Archivbox sind drei verschiedene Archive, die eine Sammlung aller relevanten Informationen beinhalten. Diese Archive dienen als gut geordnete Informationsquelle für die Schülerinnen und Schüler, wo sie eigenständig je nach Bedarf zugreifen können, um die Charakterkarten zu lösen. Die Charakterkarten sollen vermitteln, dass man unterschiedlichen Strahlungsformen Eigenschaften zuordnen kann. Hilfestellungen bei Satzformulierungen, wie die Satzmuster und Satzanfänge sollen verhindern, dass die Lernenden Schwierigkeiten mit der Formulierung ihrer Gedanken haben, obwohl sie die Problemstellungen möglicherweise physikalisch sehr wohl erfassen und lösen könnten. Das Experiment in der 3. Aufgabe wird je nach Klassengröße auf ein oder zwei „Experimentiertischen“ durchgeführt, wo die Schülerinnen und Schüler jeweils eine Spraydose und ein Set von Netzquadraten sowie Poster vorfinden.

Für diese Einheit sind zwei Unterrichtsstunden einzuplanen, wobei eine Doppelstunde besonders geeignet ist.

Hinweise an die Lehrkraft

Um im Hinblick auf eine reale Schulsituation einen möglichst reibungslosen Verlauf der Einheit zu erreichen, sollte die Lehrkraft zu **Beginn der Einheit** einen Stundeneinstieg gestalten, der folgende Punkte beinhaltet:

- Die Lernmappe sollte kurz vorgestellt und der Schulklassse gezeigt werden. Dabei sollte erwähnt werden, dass sich alle Anweisungen, die die Schülerinnen und Schüler ausnahmslos befolgen sollten, in grauen Feldern befinden. Auch die konkreten Aufgabenstellungen seien grau unterlegt, aber zusätzlich noch in schriftlicher Form als Aufgaben gekennzeichnet. Zudem empfehle ich die beiden Icons, für Schreiben und Lesen, die Archivbox sowie das Material-Kuvert zu erwähnen und auch zu zeigen.
- Der zweite Punkt ist eine kurze Vorübung zum Spraysen. Jeder Schüler und jede Schülerin sollte einmal auf ein „Tester“ Netzquadrat spraysen. Dabei hat die Lehrkraft die Aufgabe, zu erklären oder auch vorzuzeigen, auf welche Aspekte geachtet werden muss. Zum einen sollte die Dose ca. 20 cm vom Blatt entfernt gehalten werden und zum anderen sollte nur ganz kurz abgedrückt werden. Um ein gutes Ergebnis zu erreichen, darf wirklich nur für einen ganz kurzen Moment gespraysed werden! Es ist empfehlenswert, wenn die Lehrkraft auch während der Durchführung des Experimentes immer ein Auge am Experimentiertisch hat, um beratend eingreifen zu können, wenn ein Schüler oder eine Schülerin die Anweisungen nicht gut befolgt und um die Ergebnisse kontrollieren zu können.

Auch im **Anschluss an die Bearbeitung** der Lernmappe empfehle ich der Lehrkraft, noch einmal das Wort zu ergreifen. Im Plenum sollten kurz über die Ergebnisse reflektiert und vor allem die Grenzen des Modells angesprochen werden. Dabei ist zu erwähnen, dass Papier im Experiment ohne Zweifel ein gutes Modell für Knochen sei, dass Knochen aber in Wirklichkeit nicht wie das Papier die gesamte Röntgenstrahlung absorbieren. Diese Erläuterung kann durch ein Röntgenbild unterstützt werden.

Name: _____

Klasse: _____

Lernmappe zum Thema

Röntgenstrahlung

Einleitung



Lies dir folgende Einleitung durch und folge den weiteren Anweisungen in den grauen Feldern!

Elektromagnetische Strahlung sind Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und Energie transportieren. Man unterscheidet dabei verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung. Eine kennst du sicher schon – die sichtbare Strahlung, oft einfach „Licht“ genannt. Andere Strahlungsarten sind Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung, UV-Strahlung, Gamma-Strahlung und Röntgenstrahlung.

In dieser Lernmappe wirst du etwas später die **Röntgenstrahlung** näher kennen lernen. Wenn du konzentriert und gut arbeitest wirst du am Ende auch verstehen, wie eine Röntgenuntersuchung, die z. B. bei Knochenbrüchen angewendet wird, funktioniert.

Nimm die **Röntgenmeisterkarte** aus dem Material-Kuvert!



So sieht die Röntgenmeisterkarte von hinten aus!

Lies durch, wozu diese Karte dient und lege sie dann griffbereit auf deinen Tisch!

Auf der nächsten Seite wartet auf dich die erste Hürde am Weg zum **Röntgenmeister**.

LOS GEHT'S!

1. Aufgabe: Die Charakterkarten

MATERIAL

FÜR DIESE

AUFGABE:

- 4 Charakterkarten (Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Sichtbare Strahlung, Infrarotstrahlung)
- Archive (liegen in der Archivbox)



ZUSATZINFORMATION

Die **Archivbox** ist eine Sammlung von allen Informationen, die du brauchst, um die Aufgabe zu lösen! Sie ist in 3 Kategorien eingeteilt: Datenarchiv, Wissensarchiv und Wechselwirkungsarchiv.

Suche die **4 Charakterkarten** zu den verschiedenen Strahlungen im Material-Kuvert und lege die Karten vor dir auf den Tisch! So sehen sie von hinten aus. Hole auch die **3 Archive** aus der Archivbox!



Du hast verschiedene Eigenschaften wie Augenfarbe, Haarfarbe, besondere Merkmale oder besondere Talente. Auf diese Weise unterscheidest du dich von anderen Menschen.

Auch die verschiedenen Formen der elektromagnetischen Strahlung unterscheiden sich aufgrund von einiger Eigenschaften. Diese wirst du jetzt kennenlernen!

AUFGABE:

Lies langsam und sehr genau die einzelnen Charakterkarten durch. Du wirst bald merken, dass die Karten Lücken haben und einige Eigenschaften fehlen. Fülle die Lücken mit Hilfe der Archive!

Wenn du fertig bist, gehe zur Lehrperson. Sie wird deine Lösung kontrollieren und dir hier deine Punkte eintragen!



Erreichte Punkteanzahl

2. Aufgabe: Die Zuordnung

MATERIAL: Charakterkarten



Den physikalisch entscheidenden Unterschied unter den Strahlungsformen macht die **Energie!**

Denn mit der Energie verändern sich auch die anderen Eigenschaften.

Im sogenannten **elektromagnetischen Spektrum** sind die unterschiedlichen Strahlungsformen nach ihren Energiewerten geordnet.

**AUFGABE
TEIL1:**

- Ordne die Charakterkarten dem **elektromagnetischen Spektrum** zu!
Notiere dafür die passenden Strahlungsformen in den vorgefertigten Raster. Die Strahlungsformen mit der niedrigsten Energie (ganz links) und höchsten Energie (ganz rechts) sind schon zugeordnet.
- Anschließend kreise die korrekten Satzteile im **Satzmuster** ein!



Mikrowellen- strahlung					Gamma- strahlung
---------------------------	--	--	--	--	---------------------

E N E R G I E



Satzmuster:



Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu den anderen Strahlungsformen eine eher

hohe
niedrige

Energie! Nur die

Gammastrahlung
UV-Strahlung
Mikrowellenstrahlung

ist noch energiereicher!

Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

AUFGABE
TEIL2:

- Nimm noch einmal alle Charakterkarten zur Hand und lies auf jeder Karte die Antwort auf die Frage „*MUSST DU DICH VOR MIR FÜRCHTEN?*“ durch!
- Beschreibe dann in wenigen Sätzen, ob und wie gefährlich Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung sind!
Die Satzanfänge dienen dir als Hilfe. Du kannst zusätzlich auch die Archive verwenden.



Wie gefährlich sind Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung?

- Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb _____!
Röntgenstrahlung **kann** für den Menschen also gefährlich sein.
- Sehr viel UV-Strahlung ist auch _____!
Mit Sonnencreme und Sonnenbrille _____!
- Infrarotstrahlung transportiert sehr wenig Energie, deshalb _____!

Es gilt also:

- Je höher die Energie, desto

weniger vorsichtig
vorsichtiger

 sollte man mit Strahlung umgehen!



Erreichte Punkteanzahl

3. Aufgabe: Das Sprayexperiment

Suche das Röntgenbild im Material-Kuvert und platziere es vor dir auf den Tisch!



In den letzten beiden Aufgaben wirst du experimentell herausfinden, warum Knochen auf diesem Röntgenbild hell sind und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler.

Du hast aber gerade gelernt, dass Röntgenstrahlung gefährlich sein kann, wenn man damit nicht richtig umgeht. Deshalb dürfen wir beim Experiment keine echte Röntgenstrahlung verwenden.

Wie lösen wir dieses Problem?

Wir ersetzen das Röntgengerät einfach mit einer Spraydose. Du kannst also einfach so tun, als ob die Spray-Farbe, die aus der Spraydose strahlt, Röntgenstrahlung ist.

AUFGABE	Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien (Netzquadrate) verhält, wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.
TEIL1:	Gehe dafür zu einem Experimentiertisch und folge SCHRITT FÜR SCHRITT der Versuchsanleitung!

ACHTUNG! Verwende das Spray gewissenhaft und versuche den Tisch, den Boden, deine Kleidung, die Wand rein zu halten und spraye AUF KEINEN FALL auf Mitschüler!

Versuchsanleitung:

1. Verteile die Netzquadrate auf dem Poster (Filzbeine nach unten)!
2. Schreibe die Bezeichnungen auf das Poster ab! Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat.
3. Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und halte das Spray dabei **ca. 20 cm** vom Netzquadrat entfernt!
4. **Erst jetzt darfst du sprayen!** Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER sprayen!
5. Lass dein Ergebnis **von der Lehrkraft kontrollieren!**
6. Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!



Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

AUFGABE**TEIL2:**

Nimm die Netzquadrate vom Poster und begib dich mit dem Poster zu deinem Sitzplatz! Löse dann die Satzmuster, indem du genau beobachtest, was auf dem Poster unter den jeweiligen Bezeichnungen entstanden ist!

**Satzmuster:**

1. Das *Strumpfmateri* lässt

mehr
weniger
gleich viel

Spray-Farbe durch als/wie das *Fliegennetzmaterial 1*.

2. Das *Fliegennetzmaterial 1* lässt
rial 2.

mehr
weniger
gleich viel

Spray-Farbe durch als/wie das Fliegennetzmate-

3.

Strumpfhosenmaterial
Fliegennetzmaterial2
Papiermaterial

lässt am wenigsten Spray-Farbe durch. Die gesamte Spray-Farbe

wird dabei vom Material

aufgenommen (absorbiert)!
zurückgeworfen (reflektiert)!

Aus diesen Beobachtungen lässt sich ableiten:

4. Je

größer
dichter
fester
härter

die Materialstruktur, desto weniger Spray-Farbe geht durch.



Bei uns **netzartige** Materialstrukturen und Papier.

5. Je dicker die Materialschicht, desto

mehr
weniger

Spray-Farbe geht durch.

**Erreichte Punkteanzahl**

4. Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung

In dieser Aufgabe wirst du erfahren, wie eine Röntgenuntersuchung funktioniert und warum die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler sind.

Lies folgenden Text langsam und genau durch!



Wie funktioniert also eine Röntgenuntersuchung?

Die Röntgenuntersuchung funktioniert fast so, wie das Experiment in der 3. Aufgabe!

Spray-Farbe kann unsere Netzquadrate durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung wegen der hohen Energie auch, den menschlichen Körper zu durchdringen.

Beim Experiment haben wir die Farbe auf der anderen Seite des Materials mit einem Zeichenpapier aufgefangen. Bei der Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der sogenannte Röntgen-Film, der schwarz wird, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft.

Aber warum sind die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile dunkler?

Die Antwort auf diese Frage sollst du nun selber finden! Löse dafür folgende Aufgabe!

AUFGABE:

Welche, der in der 3. Aufgabe getesteten Materialien, eignen sich als **Modelle** für Knochen und welche für die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe)? Fülle die Tabelle aus und begründe deine Entscheidung auf Seite 8!



ZUSATZINFORMATION

Ein **Modell** ist ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit.

Die Spray-Farbe in der 3. Aufgabe ist zum Beispiel ein Modell für die Röntgenstrahlung.

Realität	Modell
Röntgengerät	Spraydose
Röntgenstrahlung	Spray-Farbe
Knochen	
Weichteile	



Begründung:



- Als Modell für die Knochen habe ich _____ gewählt, weil _____

_____.
- Als Modell für die Weichteile habe ich _____ gewählt, weil _____

_____.
- Du kannst natürlich auch selbst noch etwas schreiben, wenn du willst: _____

_____.



Erreichte Punkteanzahl



RÖNTGENMEISTERKARTE

Name und Klasse: _____

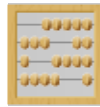


Um Röntgenmeister zu werden, musst du die vier Aufgaben in der Lernmappe lösen und die Ergebnisse von der Lehrperson kontrollieren lassen!

Deine Punkte trägst du dann unten in der Punktetabelle ein.

Bei jeder Aufgabe kannst du bis zu 5 Punkte erreichen.

Hast du am Ende über 16 Punkte auf deinem Konto, kannst du dich Röntgenmeister nennen!



PUNKTETABELLE

Aufgaben	Erreichte Punkteanzahl
Die Charakterkarten	
Die Zuordnung	
Das Sprayexperiment	
Die Röntgenuntersuchung	
Gesamtpunktzahl	

VIEL ERFOLG!

RÖNTGENMEISTERKARTE



CHARAKTERKARTE



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.



CHARAKTERKARTE



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE



SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!



CHARAKTERKARTE



SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

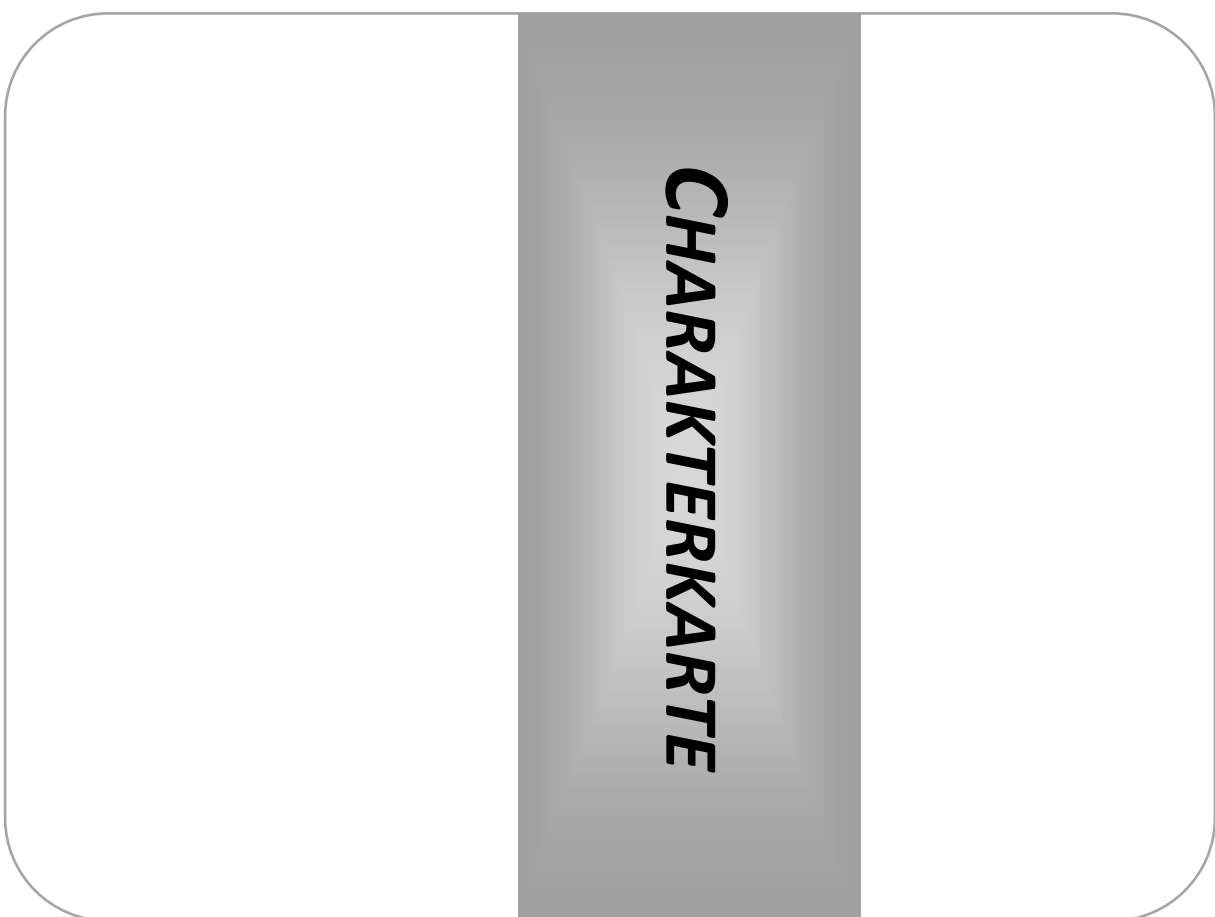
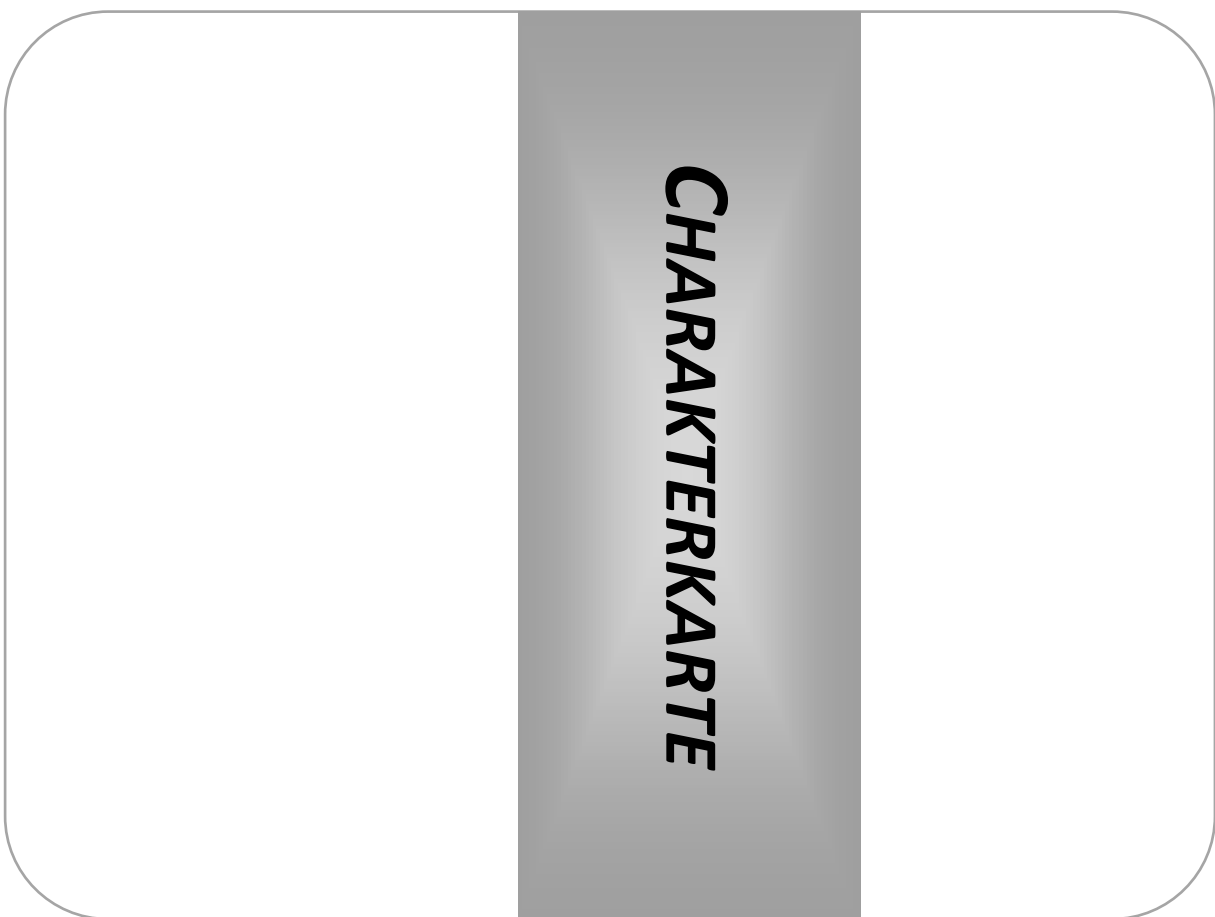
MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!





CHARAKTERKARTE



UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich kann Bakterien im Wasser töten.



CHARAKTERKARTE



UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich kann Bakterien im Wasser töten.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, Infrarotstrahlung ist ungefährlich!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Als Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

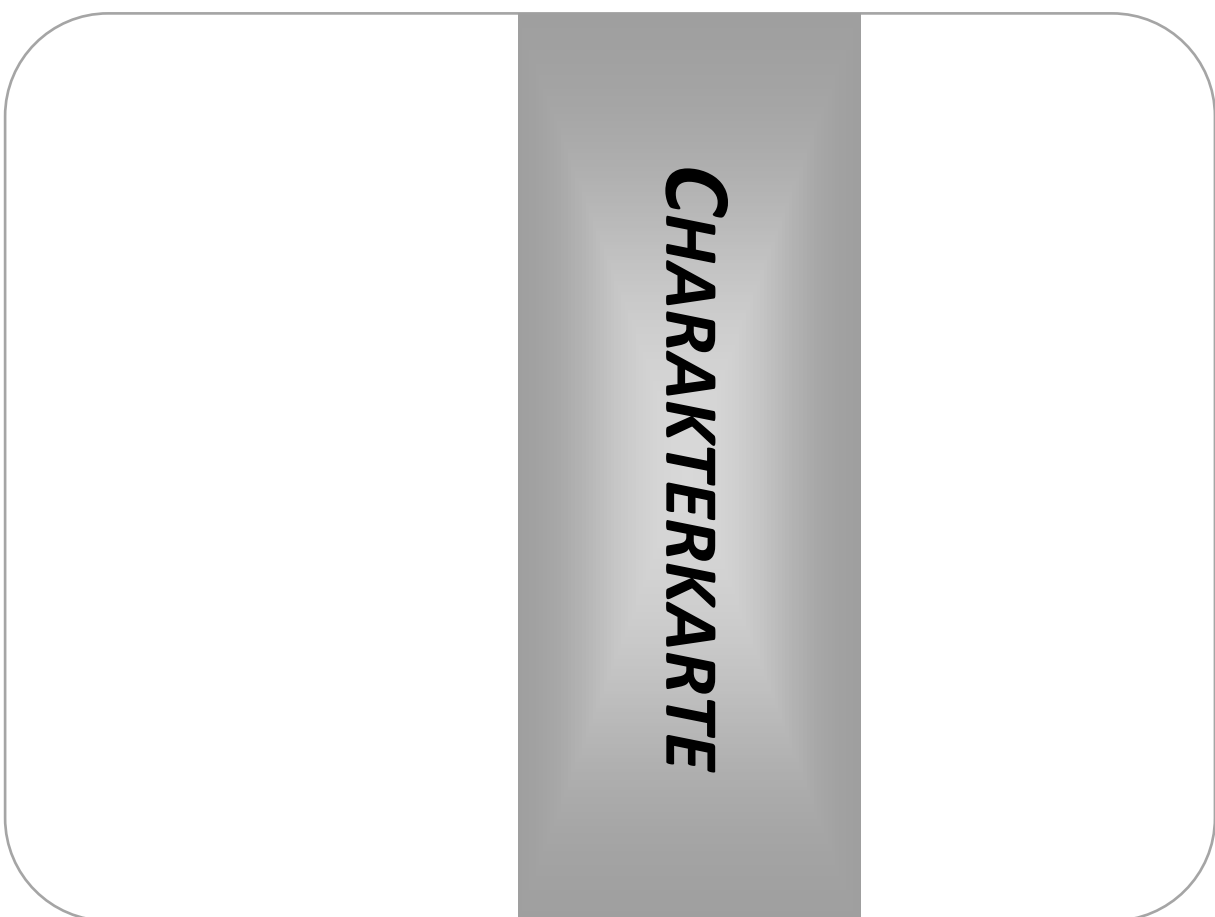
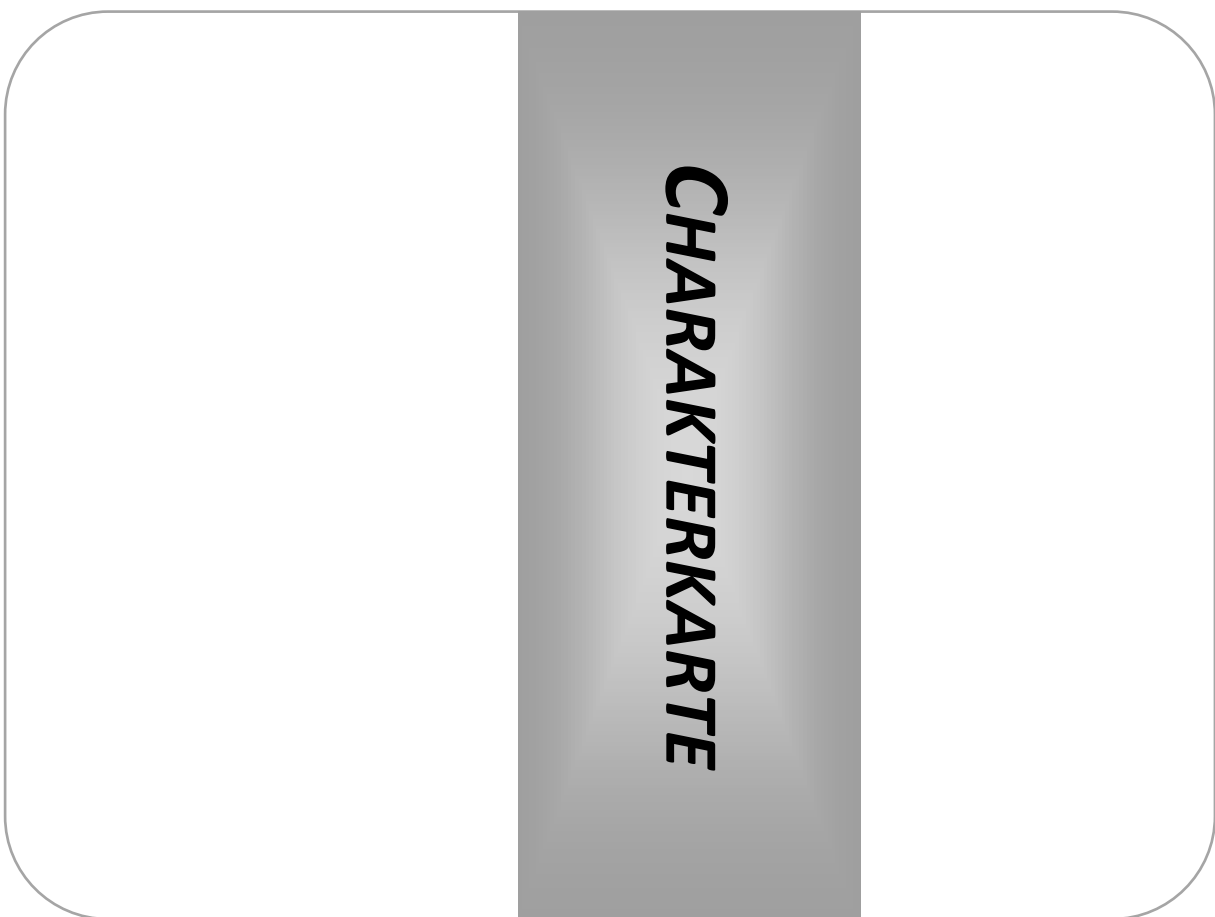
Nein, Infrarotstrahlung ist ungefährlich!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Als Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.





RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1000 eV bis 250 000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Du kannst den Körper durchdringen. Der Körper kann aber auch einen Teil absorbieren (aufnehmen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei einer Röntgenuntersuchung im Krankenhaus.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Wegen der hohen Energie, kann ich den menschlichen Körper durchdringen.



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1000 eV bis 250 000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Du kannst den Körper durchdringen. Der Körper kann aber auch einen Teil absorbieren (aufnehmen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei einer Röntgenuntersuchung im Krankenhaus.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Wegen der hohen Energie, kann ich den menschlichen Körper durchdringen.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1,6 eV bis 2,9 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Ohne mich könnte man auf der Welt gar nichts sehen!

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!



CHARAKTERKARTE

SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1,6 eV bis 2,9 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

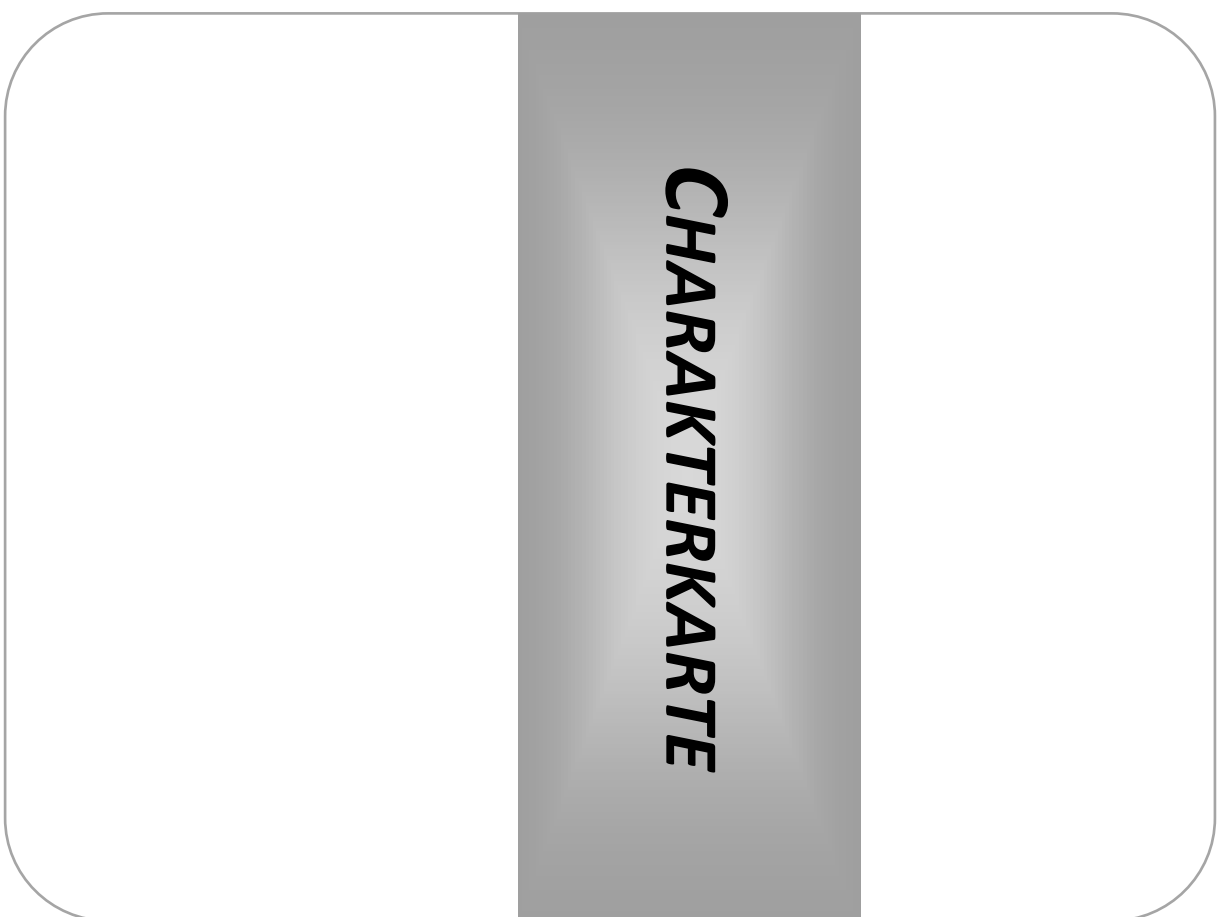
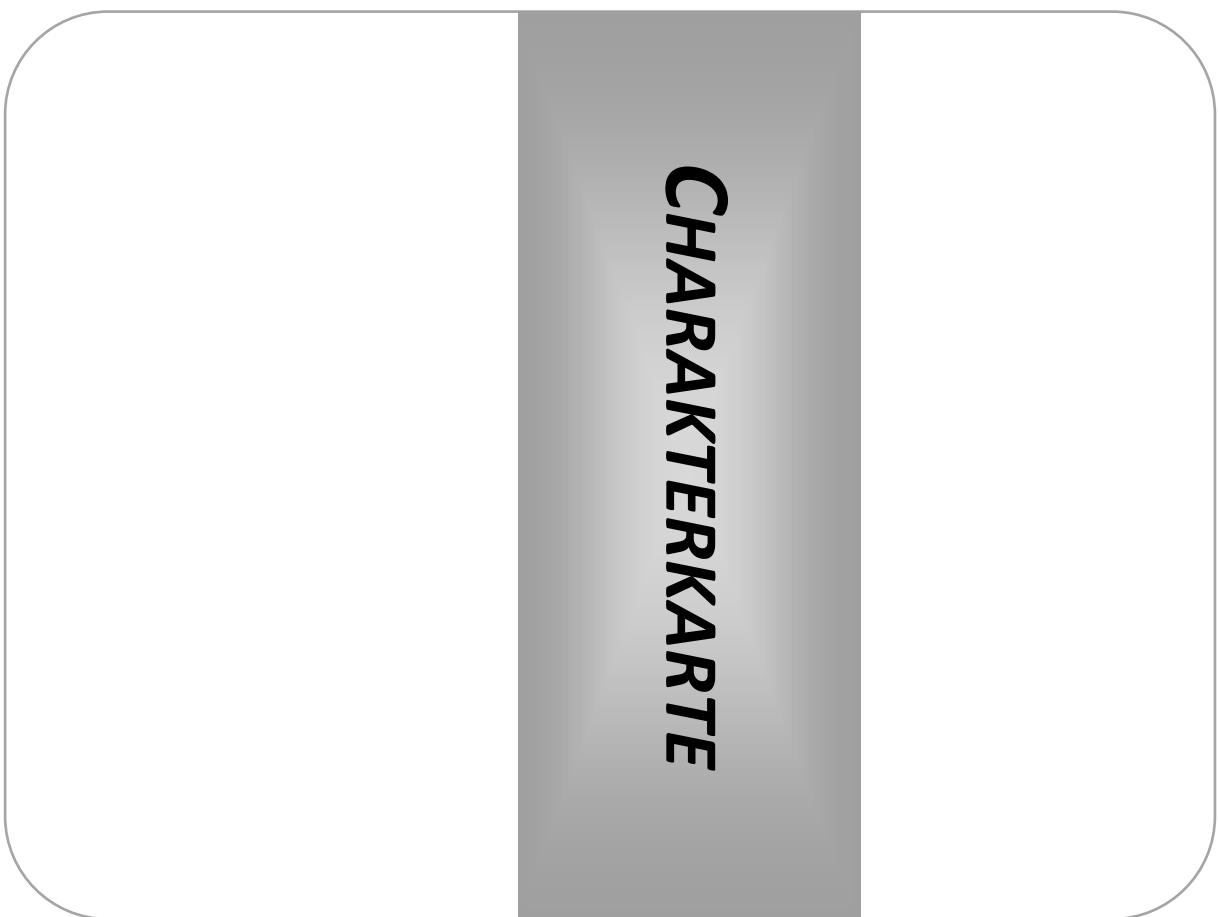
Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Ohne mich könnte man auf der Welt gar nichts sehen!

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!





UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei der Behandlung von Hautkrankheiten.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich kann Bakterien im Wasser töten.



UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei der Behandlung von Hautkrankheiten.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich kann Bakterien im Wasser töten.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE

DATENARCHIV



Im **Datenarchiv** findest du die Energiewerte von allen elektromagnetischen Strahlungsformen!

Die Energie wird in der Einheit „Elektronenvolt“ (eV) angegeben. Über diese Einheit wirst du in der Oberstufe noch viel lernen. Für dich ist aber heute nur wichtig, wie hoch die Zahlen sind!

- Die **UV-Strahlung** transportiert eine Energie zwischen 3,3 eV bis 1000 eV.
- Die **Gamma-Strahlung** ist die energiereichste Strahlungsform mit über 200 000 eV.
- Die Energie der **Infrarotstrahlung** liegt zwischen 0,001 eV und 1,6 eV.
- Bei **Röntgenstrahlung** misst man Energien von 1000 eV bis 250 000 eV.
- Die **Sichtbare Strahlung** (Licht) besitzt Energien zwischen 1,6 eV und 2,9 eV.
- Die Energie von **Mikrowellenstrahlung** liegt unter 0,001 eV.
- Die Energie ist die physikalisch wichtigste Eigenschaft der elektromagnetischen Strahlung. Verändert sich nämlich die Energie, dann verändern sich alle anderen Eigenschaften.

WECHSELWIRKUNGSARCHIV



Im **Wechselwirkungsarchiv** kannst du nachlesen, wie die verschiedenen Strahlungsformen mit dem menschlichen Körper wechselwirken!

Das Wort „wechselwirken“ bedeutet „in Kontakt treten“ oder „sich berühren“!

Hier wird also beschrieben, was mit der Strahlung passieren kann, wenn sie mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommt.

- Die **UV-Strahlung** gelangt in die obersten Schichten der Haut und wird dort absorbiert (aufgenommen).
- Die **sichtbare Strahlung** wird von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).
- Die **Röntgenstrahlung** kann aufgrund der sehr hohen Energie, den menschlichen Körper durchdringen. Ein Teil kann aber auch immer vom Körper absorbiert (aufgenommen) werden und gelangt somit nicht durch den Körper hindurch.
- Die **Infrarotstrahlung** wird von der Haut absorbiert (aufgenommen), was in Form von angenehmer Wärme spürbar ist.



Im **Wissensarchiv** findest du zu jeder Strahlungsform einen kurzen Text über die wichtigsten Fakten.

- **UV-Strahlung:** Die Sonne strahlt neben der sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung ab. UV-Strahlung alleine ist für das menschliche Auge aber nicht sichtbar! Man kann sie nur an den Auswirkungen sehen. Wenn die Haut nämlich zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann dies zu Sonnenbrand und später auch zu Hautkrebs führen. Deshalb sollte man sich schützen - z.B. mit Sonnencreme! UV-Strahlung kann aber auch sehr nützlich sein. Hautkrankheiten können z. B. durch Bestrahlung behandelt werden und sie hat die besondere Fähigkeit, Bakterien im Wasser abtöten zu können.
- **Sichtbare Strahlung:** Diese Strahlungsform ist auch besser bekannt als „das Licht“. Die sichtbare Strahlung ist wie der Name schon sagt, sichtbar für das menschliche Auge. Sie ist aber die einzige Strahlungsform, die wir sehen können! Der Nutzen dieser Strahlungsform besteht also darin, dass man ohne sichtbare Strahlung gar nichts auf der Welt sehen könnte. Im Gegensatz zur UV-Strahlung birgt sie auch keinerlei Gefahren. Einzig in ein zu helles Licht (z. B. Sonne) schauen schmerzt in den Augen!
- **Röntgenstrahlung:** Röntgenstrahlung ist bekannt für den medizinischen Nutzen und die besondere Fähigkeit, den menschlichen Körper aufgrund der hohen Energie, durchdringen zu können. Sie wird bei Röntgenuntersuchungen z. B. bei Knochenbrüchen im Krankenhaus angewendet. Da sie sehr viel Energie hat und unsichtbar ist, sollte man gewissenhaft mit ihr umgehen. Am besten man vermeidet zu viel Kontakt oder man schützt sich z. B. mit einer Bleischürze.
- **Infrarotstrahlung:** Die Infrarotstrahlung ist unsichtbar. Sie besitzt noch weniger Energie als sichtbare Strahlung. Deshalb ist sie ebenfalls ungefährlich. Die Energie ist gerade so hoch, dass sie sehr gut für Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna verwendet werden kann.

RÖNTGENBILD EINER LINKEN HAND



RÖNTGENBILD EINER LINKEN HAND



Material nach der dritten Überarbeitung

Beschreibung der Materialien

Die Schülerinnen und Schüler werden mit Hilfe einer Lernmappe durch die Inhalte geführt. Diese Lernmappe ist in eine kurze Einleitung und vier Aufgaben, deren Reihenfolge festgelegt ist, aufgeteilt.

Die Lernmappe

Die Einleitung dient dazu, dem Lernenden eine Vorstellung zu vermitteln, was elektromagnetische Strahlung ist. Diesen Teil kann man zum einen als Einstieg ins Thema sehen, zum anderen soll diese Vorarbeit eine Bearbeitung der Lernmappe nahezu ohne fachliches Vorwissen ermöglichen. Weiters kommt der Einleitung auch eine motivierende Funktion zu. Einerseits wird die gut bekannte Röntgenuntersuchung angesprochen und andererseits lernt der Lernende die „Röntgenmeister“-Karte kennen, die ihn durch die Lernmappe führen soll und auch eine Selbstkontrolle sowie eine Beurteilung durch die Lehrkraft ermöglicht.

Jede Aufgabe für sich verfolgt ein eigenes Ziel, wobei aber die Inhalte aufeinander aufgebaut sind. Für jede Aufgabe benötigt man also das Vorwissen aus den Aufgaben bzw. der Einleitung davor.

Im Konkreten sind die Zielsetzungen der einzelnen Aufgaben folgendermaßen formuliert:

- **1. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass es verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung gibt, die sich aufgrund bestimmter Eigenschaften unterscheiden lassen.
- **2. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass sich die verschiedenen Strahlungsformen insbesondere durch die Energie unterscheiden lassen. Weiters sollen sie erkennen, dass die Gefährlichkeit direkt mit der Energie zusammenhängt.
- **3. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen: je dichter die Netzstruktur des durchstrahlten Materials ist und je dicker das Material ist, desto weniger Spray-Farbe gelangt durch das Material. Der Rest der Farbe wird vom Material aufgenommen (absorbiert).
- **4. Aufgabe:** Die Schülerinnen und Schüler sollen wissen, dass Knochen bei einer Röntgenuntersuchung eine stärkere Schwächung/Absorption des Strahlenbündels bewirken, als Weichteile.

Auf Grundlage dieser Ziele wird versucht, die Besonderheiten der Röntgenstrahlung möglichst schülerzentriert zu vermitteln. Die Lehrkraft nimmt lediglich die Rolle des Beraters ein und kontrolliert die Richtigkeit der Lösungen während oder nach der Einheit, um die Punkte vergeben zu können. Die Kontrolle nach der Einheit ist eher zu empfehlen, da das Kontrollieren während der Stunde sehr stressig sein kann, was dazu führt, dass man anderen Aufgaben nicht nachkommen kann.

Damit die Lehrkraft möglichst wenig einschreiten muss, ist es nötig, physikdidaktische Methoden gezielt einzusetzen. Hier nun ein kurzer Überblick darüber, was von den einzelnen Methoden erwartet wird und warum diese eingesetzt werden.

Fachdidaktische Methoden

Die Lernmappe dient als Arbeitsheft, die den Schüler oder die Schülerin auf 8 Seiten durch die Aufgaben führt. Alle benötigten Materialien werden dem Lernenden in Form eines Mate-

rialkuverts (Inhalt: 4 Charakterkarten, Röntgenmeisterkarte und Röntgenbild) sowie einer sogenannten Archivbox zur Verfügung gestellt. Der Inhalt der Archivbox sind drei verschiedene Archive, die eine Sammlung aller relevanten Informationen beinhalten. Diese Archive dienen als gut geordnete Informationsquelle für die Schülerinnen und Schüler, wo sie eigenständig je nach Bedarf zugreifen können, um die Charakterkarten zu lösen. Die Charakterkarten sollen vermitteln, dass man unterschiedlichen Strahlungsformen Eigenschaften zuordnen kann. Hilfestellungen bei Satzformulierungen, wie die Satzmuster und Satzanfänge sollen verhindern, dass die Lernenden Schwierigkeiten mit der Formulierung ihrer Gedanken haben, obwohl sie die Problemstellungen möglicherweise physikalisch sehr wohl erfassen und lösen könnten. Das Experiment in der 3. Aufgabe wird je nach Klassengröße auf ein oder zwei „Experimentiertischen“ durchgeführt, wo die Schülerinnen und Schüler jeweils eine Spraydose, ein Set von Netzquadraten, Poster und Einweghandschuhe vorfinden.

Für diese Einheit sind zwei Unterrichtsstunden einzuplanen, wobei eine Doppelstunde besonders geeignet ist. Für eine Beurteilung der Leistung könnte die positive oder negative Mitarbeit herangezogen werden. Falls eine konkretere Benotung gewünscht ist, ist ein kleiner Test in der folgenden Stunde zu empfehlen.

Hinweise an die Lehrkraft

Um einen möglichst reibungslosen Verlauf der Einheit zu erreichen, sollte die Lehrkraft zu **Beginn der Einheit** einen Stundeneinstieg gestalten, der folgende Punkte beinhaltet:

- Die Lernmappe sollte kurz vorgestellt und der Schulklasse gezeigt werden. Dabei sollte erwähnt werden, dass sich alle Anweisungen, die die Schülerinnen und Schüler ausnahmslos befolgen sollten, in grauen Feldern befinden. Auch die konkreten Aufgabenstellungen sind grau unterlegt, aber zusätzlich noch in schriftlicher Form als Aufgaben gekennzeichnet. Zudem ist es empfehlenswert beide Icons, für Schreiben und Lesen, die Archivbox sowie das Material-Kuvert zu erwähnen und auch zu zeigen.
- Der zweite Punkt ist eine kurze Vorübung zum Spraysen. Jeder Schüler und jede Schülerin sollte einmal auf ein „Tester“ Netzquadrat spraysen. Dabei hat die Lehrkraft die Aufgabe, zu erklären oder auch vorzuzeigen, auf welche Aspekte geachtet werden muss. Zum einen sollte die Dose ca. 20 cm vom Blatt entfernt gehalten werden und zum anderen sollte nur ganz kurz abgedrückt werden. Um ein gutes Ergebnis zu erreichen, darf wirklich nur für einen ganz kurzen Moment gesprayed werden! Es ist wichtig, dass die Lehrkraft auch während der Durchführung des Experimentes immer ein Auge am Experimentiertisch hat, um beratend eingreifen zu können, wenn ein Schüler oder eine Schülerin die Anweisungen nicht gut befolgt und um die Ergebnisse kontrollieren zu können.

Auch im **Anschluss an die Bearbeitung** der Lernmappe ist es zu empfehlen, dass die Lehrkraft noch einmal das Wort ergreift. Im Plenum sollte kurz über die Ergebnisse reflektiert und vor allem die Grenzen des Modells angesprochen werden. Dabei ist zu erwähnen, dass Papier im Experiment ohne Zweifel ein gutes Modell für Knochen sei, dass Knochen aber in Wirklichkeit nicht, wie das Papier, die gesamte Röntgenstrahlung absorbieren. Diese Erläuterung kann durch ein Röntgenbild unterstützt werden.

Bastelanleitung für die Netzquadrate

Material: Stift, Schere, Lineal, Kleber (UHU), schwarzes Kartonpapier, Strumpfhose (*), Fliegennetz, weißes Papier, Filzgleiter mit max. Durchmesser von 3 cm, Klebeetiketten mit max. Größe von 5 x 2 cm

(*) Die Strumpfhose sollte wenig durchlässig sein. Sie darf aber auch nicht die gesamte Spray-Farbe aufnehmen. Es ist zu empfehlen, einige alte Strumpfhosen vor der Verarbeitung zu testen.

Bastelanleitung:

1. Zeichne mit einem Stift auf dem schwarzen Kartonpapier ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 15 cm und darin zentriert ein zweites Quadrat mit einer Seitenlänge von 10 cm.
2. Schneide das mittlere Quadrat aus und es entsteht ein Rahmen.
3. Der erste Rahmen kann als Schablone für weitere Quadrate dienen. Zeichne mit Hilfe der Schablone neun weitere Rahmen auf das schwarze Kartonpapier und schneide diese aus (vgl. Punkt 2).
4. Schneide vom Fliegennetz vier und vom weißen Papier ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 13-14 cm aus.
5. Nimm einen schwarzen Rahmen und klebe darauf zentral das weiße Quadrat. Klebe einen weiteren schwarzen Rahmen auf diese Anordnung, sodass sich die Rahmen entlang der Seitenränder nicht überlappen. Bring jeweils eine Klebeetikette vorne und eine hinten sowie an den Ecken einer Seite jeweils einen Filzgleiter an. Das Netzquadrat für „Papiermaterial“ ist fertig! Beschrifte es noch vorne und hinten.
6. Führe Punkt 5 mit dem Fliegennetzquadrat durch. Verwende dabei nur ein Quadrat vom Fliegennetz. Du erhältst das Netzquadrat für „Fliegennetzmaterial 1“! Beschrifte es mit „Fliegennetzmaterial 1 einschichtig“.
7. Führe Punkt 5 mit drei Fliegennetzquadraten durch. Achte bei der Schichtung darauf, dass nach jeder Schicht etwas Kleber angebracht wird und dass die Struktur zwischen den Schichten etwas verschoben wird. Das Netzquadrat für Fliegennetzmaterial 2 ist fertig! Beschrifte es mit „Fliegennetzmaterial 2 dreischichtig“.
8. Schneide ein größeres Stück aus der Strumpfhose aus. Verteile auf einem schwarzen Rahmen Kleber. Lege das Strumpfhosenstück auf diesen Rahmen und achte dabei darauf, dass das Strumpfhosenmaterial dabei von allen Seiten etwas gespannt wird. Dafür benötigst du mehrere Hände. Halte die Strumpfhose noch weiter unter Spannung, bis ihr merkt, dass der Kleber hält. Schneide das überflüssige Strumpfmateriale ab. Klebe einen weiteren schwarzen Rahmen auf diese Anordnung, sodass sich die schwarzen Quadrate entlang der Seitenränder nicht überlappen. Bring jeweils eine Klebeetikette vorne und eine hinten sowie an den Ecken einer Seite jeweils einen Filzgleiter an. Das Netzquadrat für „Strumpfmateriale“ ist fertig! Beschrifte es noch vorne und hinten.
9. Baste noch ein Netzquadrat mit Strumpfmateriale oder Fliegennetzmaterial und beschrifte es mit „Tester“.

Hinweise zum Spray

Welche Art von Spray für das Sprayexperiment am besten geeignet ist, kann ich leider nicht mit Sicherheit sagen, da es sehr viele verschiedene Sprays gibt. Ich kann hier lediglich meine Erfahrungen preisgeben und die beiden Spray-Arten, die ich kennengelernt habe, mit ihren Vor- und Nachteilen, vorstellen. Die Aufsätze sollten in beiden Fällen so gewählt werden, dass der Strahlkegel nicht größer wird, als die Netzquadrate.

1. *Molotow ONE4ALL Acrylic 250 ml schwarz*

Die Testung der Ausgangsmaterialien habe ich mit diesem wasserlöslichen Acryl-Spray durchgeführt.

Die Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend, da das damals verwendete Strumpfhosenmaterial sehr wenig Spray-Farbe durchgelassen hat und ein zweischichtiges Fliegennetzmaterial gerade so viel, dass es einen Kontrast zum direkt besprayten Papier ergab (vgl. Abbildung 1). Bei der Verwendung dieses Sprays für die Netzquadrate, ist zudem positiv, dass dieses Spray auf dem Material haften bleibt und schnell trocknet, wodurch man beim Anfassen der Quadrate keine schmutzigen Hände bekommt. Kommt man aber in direkten Kontakt mit dem Spray, ist es von der Haut oder von der Kleidung eher schwer abzuwaschen. Dieses Spray führt auch dazu, dass das Strumpfhosenmaterial steif und weniger durchlässig wird, wenn das Spray darauf trocknet. Man kann ein Netzquadrat sicher nicht allzu oft benutzen, was ich aber nicht getestet habe.



Abbildung 1: Modellierung eines Ellenbogens

2. *Montana Chalkspray 330 g Net/11 schwarz*

Bei der Vortestung und bei der Testung in der Schulklasse habe ich dieses Kreide-Spray verwendet.

Die Resultate sind ebenfalls durchwegs zufriedenstellend, sofern man auch darauf achtet, dass die Versuchsdurchführung korrekt und bei jedem Netzquadrat ähnlich ist, was aber für jedes Spray gleichermaßen gilt. Ein Vorteil dieses Sprays ist die Tatsache, dass es sehr einfach von Haut und Kleidung abzuwaschen ist. Man sollte aber immer mit Handschuhen arbeiten, da die Kreide nie richtig auf den Materialien haften bleibt. Bei jeder Berührung von schon besprayten Stellen wird also Kreide auf die Hand übertragen. Dieses Spray setzt also voraus, dass man sehr sauber arbeitet. Die Vorkehrungen am Experimentiertisch also dementsprechend sind. Die Netzquadrate können so auch öfter verwendet werden. Man kann die Netzquadrate sogar mit einer weichen Bürste etwas von der Kreide befreien.

Name: _____

Klasse: _____

Lernmappe zum Thema

Röntgenstrahlung

Einleitung



Lies dir folgende Einleitung durch und folge den weiteren Anweisungen in den grauen Feldern!

Elektromagnetische Strahlung sind Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und Energie transportieren. Man unterscheidet dabei verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung. Eine kennst du sicher schon – die sichtbare Strahlung, oft einfach „Licht“ genannt. Andere Strahlungsarten sind Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung, UV-Strahlung, Gamma-Strahlung und Röntgenstrahlung.

In dieser Lernmappe wirst du etwas später die **Röntgenstrahlung** näher kennen lernen. Wenn du konzentriert und gut arbeitest wirst du am Ende auch verstehen, wie eine Röntgenuntersuchung, die z. B. bei Knochenbrüchen angewendet wird, funktioniert.

Nimm die **Röntgenmeisterkarte** aus dem Material-Kuvert!



So sieht die Röntgenmeisterkarte von hinten aus!

Lies durch, wozu diese Karte dient und lege sie dann griffbereit auf deinen Tisch!

Auf der nächsten Seite wartet auf dich die erste Hürde am Weg zum **Röntgenmeister**.

LOS GEHT'S!

1. Aufgabe: Die Charakterkarten

MATERIAL FÜR DIESE AUFGABE:	• 4 Charakterkarten (Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Sichtbare Strahlung, Infrarotstrahlung) • Archive (liegen in der Archivbox)
------------------------------------	--



ZUSATZINFORMATION

Die **Archivbox** ist eine Sammlung von allen Informationen, die du brauchst, um die Aufgabe zu lösen! Sie ist in 3 Kategorien eingeteilt: Datenarchiv, Wissensarchiv und Wechselwirkungsarchiv.

Suche die **4 Charakterkarten** zu den verschiedenen Strahlungen im Material-Kuvert und lege die Karten vor dir auf den Tisch! So sehen sie von hinten aus. Hole auch die **3 Archive** aus der Archivbox!



Du hast verschiedene Eigenschaften wie Augenfarbe, Haarfarbe, besondere Merkmale oder besondere Talente. Auf diese Weise unterscheidest du dich von anderen Menschen.

Auch die verschiedenen Formen der elektromagnetischen Strahlung unterscheiden sich aufgrund von einiger Eigenschaften. Diese wirst du jetzt kennenlernen!

AUFGABE:

Lies langsam und sehr genau die einzelnen Charakterkarten durch. Du wirst bald merken, dass die Karten Lücken haben und einige Eigenschaften fehlen. Fülle die Lücken mit Hilfe der Archive!

Die Lehrperson wird später deine Lösung kontrollieren und dir hier deine Punkte eintragen!



Erreichte Punkteanzahl

2. Aufgabe: Die Zuordnung

MATERIAL: Charakterkarten



Den physikalisch entscheidenden Unterschied unter den Strahlungsformen macht die **Energie!**

Denn mit der Energie verändern sich auch die anderen Eigenschaften.

Im sogenannten **elektromagnetischen Spektrum** sind die unterschiedlichen Strahlungsformen nach ihren Energiewerten geordnet.

AUFGABE

TEIL1:

- Ordne die Charakterkarten dem **elektromagnetischen Spektrum** zu! Notiere dafür die passenden Strahlungsformen in den vorgefertigten Raster. Die Strahlungsformen mit der niedrigsten Energie (ganz links) und höchsten Energie (ganz rechts) sind schon zugeordnet.
- Anschließend kreise die korrekten Satzteile im **Satzmuster** ein!



Mikrowellenstrahlung					Gammastrahlung
----------------------	--	--	--	--	----------------

E N E R G I E



Satzmuster:



Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu den anderen Strahlungsformen eine eher

hohe
niedrige

Energie! Nur die

Gammastrahlung
UV-Strahlung
Mikrowellenstrahlung

ist noch energiereicher!

Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

AUFGABE
TEIL2:

- Nimm noch einmal alle Charakterkarten zur Hand und lies auf jeder Karte die Antwort auf die Frage „*MUSST DU DICH VOR MIR FÜRCHTEN?*“ durch!
- Beschreibe dann in wenigen Sätzen, ob und wie gefährlich Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung sind!
Die Satzanfänge dienen dir als Hilfe. Du kannst zusätzlich auch die Archive verwenden.



Wie gefährlich sind Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung?

- Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb _____!
Röntgenstrahlung **kann** für den Menschen also gefährlich sein.
- Sehr viel UV-Strahlung ist auch _____!
Mit Sonnencreme und Sonnenbrille _____!
- Infrarotstrahlung transportiert sehr wenig Energie, deshalb _____!

Es gilt also:

- Je höher die Energie, desto

weniger vorsichtig
vorsichtiger

 sollte man mit Strahlung umgehen!



Erreichte Punkteanzahl

3. Aufgabe: Das Sprayexperiment

Suche das Röntgenbild im Material-Kuvert und platziere es vor dir auf den Tisch!



In den letzten beiden Aufgaben wirst du experimentell herausfinden, warum Knochen auf diesem Röntgenbild hell sind und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler.

Du hast aber gerade gelernt, dass Röntgenstrahlung gefährlich sein kann, wenn man damit nicht richtig umgeht. Deshalb dürfen wir beim Experiment keine echte Röntgenstrahlung verwenden.

Wie lösen wir dieses Problem?

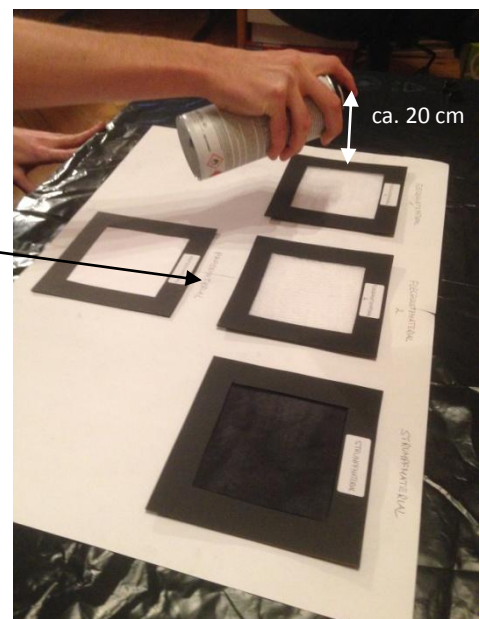
Wir ersetzen das Röntgengerät einfach mit einer Spraydose. Du kannst also einfach so tun, als ob die Spray-Farbe, die aus der Spraydose strahlt, Röntgenstrahlung ist.

AUFGABE	Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien (Netzquadrate) verhält, wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.
TEIL1:	Gehe dafür zu einem Experimentiertisch und folge SCHRITT FÜR SCHRITT der Versuchsanleitung!

ACHTUNG! Verwende das Spray gewissenhaft und versuche den Tisch, den Boden, deine Kleidung, die Wand rein zu halten und spraye AUF KEINEN FALL auf Mitschüler!

Versuchsanleitung:

1. Verteile die Netzquadrate auf dem Poster (Filzbeine nach unten)!
2. Schreibe die Bezeichnungen, die vorne und hinten angebracht sind, auf das Poster ab!
Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat.
3. Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und halte das Spray dabei **ca. 20 cm** vom Netzquadrat entfernt!
4. **Erst jetzt darfst du spraysen!** Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER spraysen!
5. Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!
6. **Wichtig:** Lass dein Ergebnis von der Lehrkraft kontrollieren!



Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

AUFGABE
TEIL2:

Nimm die Netzquadrate vom Poster und begib dich mit dem Poster zu deinem Sitzplatz! Löse dann die Satzmuster, indem du genau beobachtest, was auf dem Poster unter den jeweiligen Bezeichnungen entstanden ist!



Satzmuster:

1. Das *Strumpfmateri* lässt

mehr
weniger
gleich viel

 Spray-Farbe durch als/wie das *Fliegennetzmaterial 1*.

2. Das *Fliegennetzmaterial 1* lässt

mehr
weniger
gleich viel

 Spray-Farbe durch als/wie das Fliegennetzmaterial 2.

3.

Strumpfhosenmaterial
Fliegennetzmaterial2
Papiermaterial

 lässt am wenigsten Spray-Farbe durch. Die gesamte Spray-Farbe

wird dabei vom Material

aufgenommen (absorbiert)!
zurückgeworfen (reflektiert)!

Aus diesen Beobachtungen lässt sich ableiten:

4. Je

größer
dichter
fester
härter

 die Materialstruktur, desto weniger Spray-Farbe geht durch.



Bei uns **netzartige** Materialstrukturen und Papier.

5. Je dicker die Materialschicht, desto

mehr
weniger

 Spray-Farbe geht durch.



Erreichte Punkteanzahl

4. Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung

In dieser Aufgabe wirst du erfahren, wie eine Röntgenuntersuchung funktioniert und warum die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler sind.

Lies folgenden Text langsam und genau durch!



Wie funktioniert also eine Röntgenuntersuchung?

Die Röntgenuntersuchung funktioniert fast so, wie das Experiment in der 3. Aufgabe!

Spray-Farbe kann unsere Netzquadrate durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung wegen der hohen Energie auch, den menschlichen Körper zu durchdringen.

Beim Experiment haben wir die Farbe auf der anderen Seite des Materials mit einem Zeichenpapier aufgefangen. Bei der Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der sogenannte Röntgen-Film, der schwarz wird, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft.

Aber warum sind die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile dunkler?

Die Antwort auf diese Frage sollst du nun selber finden! Löse dafür folgende Aufgabe!

AUFGABE:

Welche, der in der 3. Aufgabe getesteten Materialien, eignen sich als **Modelle** für Knochen und welche für die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe)? Fülle die Tabelle aus und begründe deine Entscheidung auf Seite 8!



ZUSATZINFORMATION

Ein **Modell** ist ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit.

Die Spray-Farbe in der 3. Aufgabe ist zum Beispiel ein Modell für die Röntgenstrahlung.

Realität	Modell
<i>Röntgengerät</i>	<i>Spraydose</i>
<i>Röntgenstrahlung</i>	<i>Spray-Farbe</i>
<i>Knochen</i>	
<i>Weichteile</i>	



Begründung:



- Als Modell für die Knochen habe ich _____ gewählt, weil _____

- Als Modell für die Weichteile habe ich _____ gewählt, weil _____

- Um die volle Punkteanzahl zu erreichen, schreibe hier noch selbstständig etwas Sinnvolles hin:

Tipp: Überlege, ob auch andere Materialien, statt deiner Auswahl in Frage kämen und/oder schreibe hin, was du aus dieser Stunde mitgenommen hast.



Erreichte Punkteanzahl

Name: _____

Klasse: _____

Lernmappe zum Thema

Röntgenstrahlung

Einleitung



Lies dir folgende Einleitung durch und folge den weiteren Anweisungen in den grauen Feldern!

Elektromagnetische Strahlung sind Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und Energie transportieren. Man unterscheidet dabei verschiedene Formen von elektromagnetischer Strahlung. Eine kennst du sicher schon – die sichtbare Strahlung, oft einfach „Licht“ genannt. Andere Strahlungsarten sind Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung, UV-Strahlung, Gamma-Strahlung und Röntgenstrahlung.

In dieser Lernmappe wirst du etwas später die **Röntgenstrahlung** näher kennen lernen. Wenn du konzentriert und gut arbeitest wirst du am Ende auch verstehen, wie eine Röntgenuntersuchung, die z. B. bei Knochenbrüchen angewendet wird, funktioniert.

Nimm die **Röntgenmeisterkarte** aus dem Material-Kuvert!



So sieht die Röntgenmeisterkarte von hinten aus!

Lies durch, wozu diese Karte dient und lege sie dann griffbereit auf deinen Tisch!

Auf der nächsten Seite wartet auf dich die erste Hürde am Weg zum **Röntgenmeister**.

LOS GEHT'S!

1. Aufgabe: Die Charakterkarten

MATERIAL	• 4 Charakterkarten (Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Sichtbare Strahlung, Infrarotstrahlung)
FÜR DIESE AUFGABE:	• Archive (liegen in der Archivbox)



ZUSATZINFORMATION

Die **Archivbox** ist eine Sammlung von allen Informationen, die du brauchst, um die Aufgabe zu lösen! Sie ist in 3 Kategorien eingeteilt: Datenarchiv, Wissensarchiv und Wechselwirkungsarchiv.

Suche die **4 Charakterkarten** zu den verschiedenen Strahlungen im Material-Kuvert und lege die Karten vor dir auf den Tisch! So sehen sie von hinten aus. Hole auch die **3 Archive** aus der Archivbox!



Du hast verschiedene Eigenschaften wie Augenfarbe, Haarfarbe, besondere Merkmale oder besondere Talente. Auf diese Weise unterscheidest du dich von anderen Menschen.

Auch die verschiedenen Formen der elektromagnetischen Strahlung unterscheiden sich aufgrund von einiger Eigenschaften. Diese wirst du jetzt kennenlernen!

AUFGABE:

Lies langsam und sehr genau die einzelnen Charakterkarten durch. Du wirst bald merken, dass die Karten Lücken haben und einige Eigenschaften fehlen. Fülle die Lücken mit Hilfe der Archive!

Die Lehrperson wird später deine Lösung kontrollieren und dir hier deine Punkte eintragen!



Erreichte Punkteanzahl

2. Aufgabe: Die Zuordnung

MATERIAL: Charakterkarten



Den physikalisch entscheidenden Unterschied unter den Strahlungsformen macht die **Energie!**

Denn mit der Energie verändern sich auch die anderen Eigenschaften.

Im sogenannten **elektromagnetischen Spektrum** sind die unterschiedlichen Strahlungsformen nach ihren Energiewerten geordnet.

AUFGABE

TEIL1:

- Ordne die Charakterkarten dem **elektromagnetischen Spektrum** zu! Notiere dafür die passenden Strahlungsformen in den vorgefertigten Raster. Die Strahlungsformen mit der niedrigsten Energie (ganz links) und höchsten Energie (ganz rechts) sind schon zugeordnet.
- Anschließend kreise die korrekten Satzteile im **Satzmuster** ein!



Eindeutige Lösung

Mikrowellenstrahlung	Infrarotstrahlung	Sichtbare Strahlung	UV-Strahlung	Röntgenstrahlung	Gammastrahlung
----------------------	-------------------	---------------------	--------------	------------------	----------------

E N E R G I E



Satzmuster: Eindeutige Lösung



Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu den anderen Strahlungsformen eine eher

hohe
niedrige

Energie! Nur die

Gammastrahlung

ist noch energiereicher!

UV-Strahlung

Mikrowellenstrahlung

Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

AUFGABE
TEIL2:

- Nimm noch einmal alle Charakterkarten zur Hand und lies auf jeder Karte die Antwort auf die Frage „*MUSST DU DICH VOR MIR FÜRCHTEN?*“ durch!
- Beschreibe dann in wenigen Sätzen, ob und wie gefährlich Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung sind!
Die Satzanfänge dienen dir als Hilfe. Du kannst zusätzlich auch die Archive verwenden.

Musterlösung – sinngemäß ähnliche Antworten sind auch als korrekt zu werten!



Wie gefährlich sind Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung?

- Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb *muss man gewissenhaft mit ihr umgehen und sich vor ihr schützen!*

Röntgenstrahlung **kann** für den Menschen also gefährlich sein.

- Sehr viel UV-Strahlung ist auch *eine potenzielle Gefahrenquelle, da man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen kann!*

Mit Sonnencreme und Sonnenbrille *kann man sich vor ihr schützen!*

- Infrarotstrahlung transportiert sehr wenig Energie, deshalb *ist sie ungefährlich!*

Es gilt also:

- Je höher die Energie, desto

weniger vorsichtig
vorsichtiger

 sollte man mit Strahlung umgehen!



Erreichte Punkteanzahl

3. Aufgabe: Das Sprayexperiment

Suche das Röntgenbild im Material-Kuvert und platziere es vor dir auf den Tisch!



In den letzten beiden Aufgaben wirst du experimentell herausfinden, warum Knochen auf diesem Röntgenbild hell sind und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler.

Du hast aber gerade gelernt, dass Röntgenstrahlung gefährlich sein kann, wenn man damit nicht richtig umgeht. Deshalb dürfen wir beim Experiment keine echte Röntgenstrahlung verwenden.

Wie lösen wir dieses Problem?

Wir ersetzen das Röntgengerät einfach mit einer Spraydose. Du kannst also einfach so tun, als ob die Spray-Farbe, die aus der Spraydose strahlt, Röntgenstrahlung ist.

AUFGABE	Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien (Netzquadrate) verhält, wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.
TEIL1:	Gehe dafür zu einem Experimentiertisch und folge SCHRITT FÜR SCHRITT der Versuchsanleitung!

ACHTUNG! Verwende das Spray gewissenhaft und versuche den Tisch, den Boden, deine Kleidung, die Wand rein zu halten und spraye AUF KEINEN FALL auf Mitschüler!

Versuchsanleitung:

1. Verteile die Netzquadrate auf dem Poster (Filzbeine nach unten)!
2. Schreibe die Bezeichnungen, die vorne und hinten angebracht sind, auf das Poster ab!
Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat.
3. Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und halte das Spray dabei ca. **20 cm** vom Netzquadrat entfernt!
4. **Erst jetzt darfst du spraysen!** Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER spraysen!
5. Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!
6. **Wichtig:** Lass dein Ergebnis von der Lehrkraft kontrollieren!



Blättere bitte um! Auf der nächsten Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.

**AUFGABE
TEIL2:**

Nimm die Netzquadrate vom Poster und begib dich mit dem Poster zu deinem Sitzplatz! Löse dann die Satzmuster, indem du genau beobachtest, was auf dem Poster unter den jeweiligen Bezeichnungen entstanden ist!

Musterlösung, die der Grundidee entspricht – bei Abweichungen Sprayversuchsergebnis erneut kontrollieren!

Satzmuster:



1. Das *Strumpfmateri*al lässt

mehr
weniger
gleich viel

 Spray-Farbe durch als/~~wie~~ das *Fliegennetzmaterial* 1.

2. Das *Fliegennetzmaterial* 1 lässt

mehr
weniger
gleich viel

 Spray-Farbe durch als/~~wie~~ das Fliegennetzmaterial 2.

3.

Strumpfhosenmaterial
Fliegennetzmaterial2
Papiermaterial

 lässt am wenigsten Spray-Farbe durch. Die gesamte Spray-Farbe

wird dabei vom Material

aufgenommen (absorbiert)!
zurückgeworfen (reflektiert)!

Aus diesen Beobachtungen lässt sich ableiten:

4. Je

größer
dichter
fester
härter

 die Materialstruktur, desto weniger Spray-Farbe geht durch.



Bei uns **netzartige** Materialstrukturen und Papier.

5. Je dicker die Materialschicht, desto

mehr
weniger

 Spray-Farbe geht durch.



Erreichte Punkteanzahl

4. Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung

In dieser Aufgabe wirst du erfahren, wie eine Röntgenuntersuchung funktioniert und warum die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler sind.

Lies folgenden Text langsam und genau durch!



Wie funktioniert also eine Röntgenuntersuchung?

Die Röntgenuntersuchung funktioniert fast so, wie das Experiment in der 3. Aufgabe!

Spray-Farbe kann unsere Netzquadrate durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung wegen der hohen Energie auch, den menschlichen Körper zu durchdringen.

Beim Experiment haben wir die Farbe auf der anderen Seite des Materials mit einem Zeichenpapier aufgefangen. Bei der Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der sogenannte Röntgen-Film, der schwarz wird, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft.

Aber warum sind die Knochen auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile dunkler?

Die Antwort auf diese Frage sollst du nun selber finden! Löse dafür folgende Aufgabe!

AUFGABE:

Welche, der in der 3. Aufgabe getesteten Materialien, eignen sich als **Modelle** für Knochen und welche für die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe)?
Fülle die Tabelle aus und begründe deine Entscheidung auf Seite 8!



ZUSATZINFORMATION

Ein **Modell** ist ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit.

Die Spray-Farbe in der 3. Aufgabe ist zum Beispiel ein Modell für die Röntgenstrahlung.

Realität	Modell
Röntgengerät	Spraydose
Röntgenstrahlung	Spray-Farbe
Knochen	Papiermaterial / evtl. Strumpfmateri
Weichteile	beide Fliegennetzmaterialien / Strumpfmateri



Mögliche Antworten

Begründung: Musterlösung – unterstrichene Schlagwörter sollten korrekt verwendet vorkommen



- Als Modell für die Knochen habe ich *siehe oben* gewählt, weil *dieses Material gar keine bzw. am wenigsten Farbe durchgelassen hat. / dieses Material die gesamte bzw. am meisten Farbe aufgenommen bzw. absorbiert hat.*
- Als Modell für die Weichteile habe ich *siehe oben* gewählt, weil *dieses Material Farbe durchgelassen hat. / dieses Material nur einen Teil der Farbe aufgenommen bzw. absorbiert hat und den Rest der Farbe durchgelassen hat.*
- Um die volle Punkteanzahl zu erreichen, schreibe hier noch selbstständig etwas Sinnvolles zum Thema hin:
 - Als Modell für Knochen und Weichteile kann man verschiedene Materialien verwenden - siehe oben! Eine Begründung jeder Aussage ist wünschenswert, muss aber nicht verlangt werden.
 - UND / ODER diverse Kommentare zum Inhalt der Stunde.

Tipp: Überlege, ob auch andere Materialien, statt deiner Auswahl in Frage kämen und/oder schreibe hin, was du aus dieser Stunde mitgenommen hast.



Erreichte Punkteanzahl



RÖNTGENMEISTERKARTE

Name und Klasse: _____

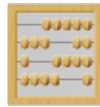


Um Röntgenmeister zu werden, musst du die vier Aufgaben in der Lernmappe lösen und die Ergebnisse von der Lehrperson kontrollieren lassen!

Deine Punkte trägst du dann unten in der Punktetabelle ein.

Bei jeder Aufgabe kannst du bis zu 5 Punkte erreichen.

Hast du am Ende über 16 Punkte auf deinem Konto, kannst du dich Röntgenmeister nennen!



PUNKTETABELLE

Aufgaben	Erreichte Punkteanzahl
Die Charakterkarten	
Die Zuordnung	
Das Sprayexperiment	
Die Röntgenuntersuchung	
Gesamtpunktzahl	

VIEL ERFOLG!

RÖNTGENMEISTERKARTE



CHARAKTERKARTE



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.



CHARAKTERKARTE



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE



SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!



CHARAKTERKARTE



SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: _____

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE



UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Durch mich startet die Vitamin D Produktion.



CHARAKTERKARTE



UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Durch mich startet die Vitamin D Produktion.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, Infrarotstrahlung ist ungefährlich!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Als Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.



INFRAROTSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 0,001 eV bis 1,6 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer Wärme.

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, Infrarotstrahlung ist ungefährlich!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Als Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1000 eV bis 250 000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Du kannst den Körper durchdringen. Der Körper kann aber auch einen Teil absorbieren (aufnehmen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei einer Röntgenuntersuchung im Krankenhaus.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Wegen der hohen Energie, kann ich den menschlichen Körper durchdringen.



RÖNTGENSTRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1000 eV bis 250 000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Du kannst den Körper durchdringen. Der Körper kann aber auch einen Teil absorbieren (aufnehmen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

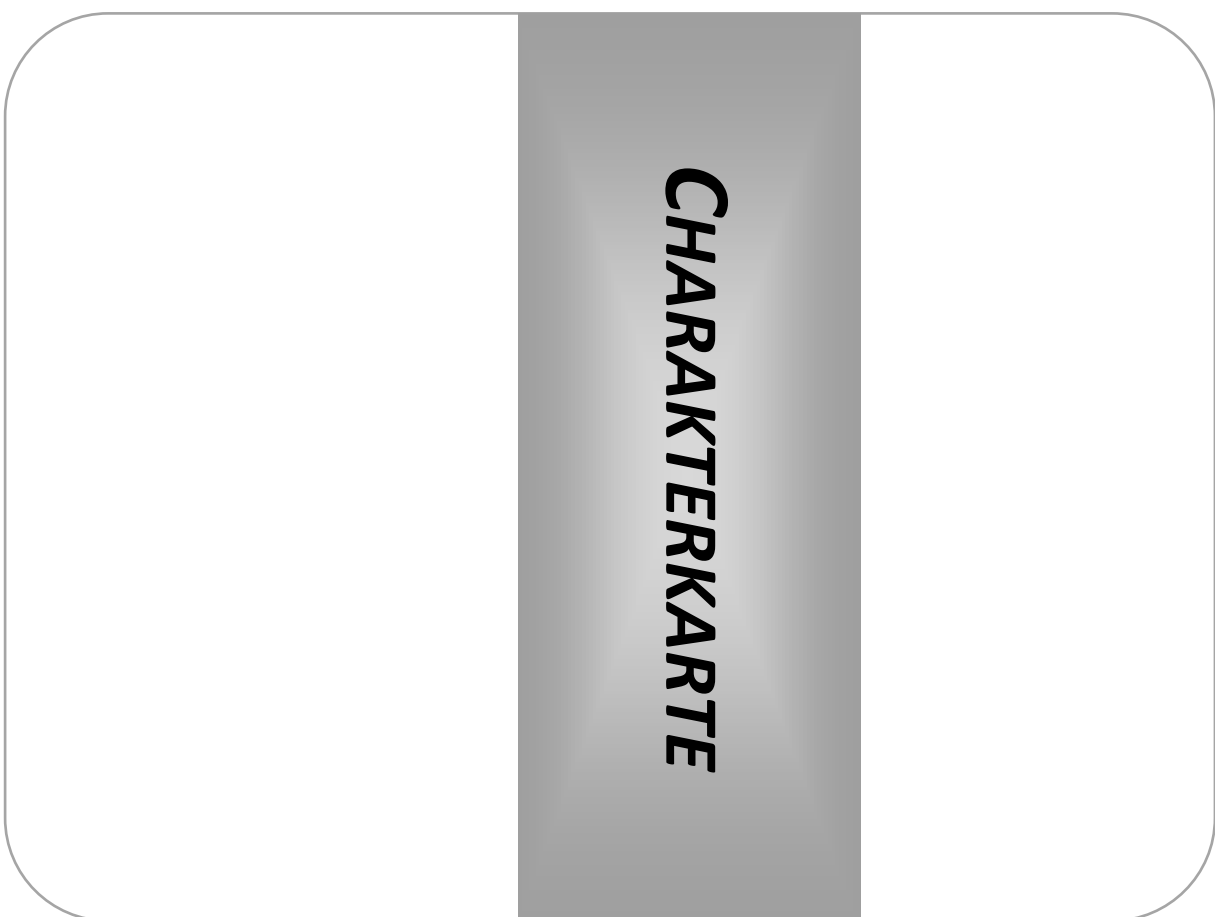
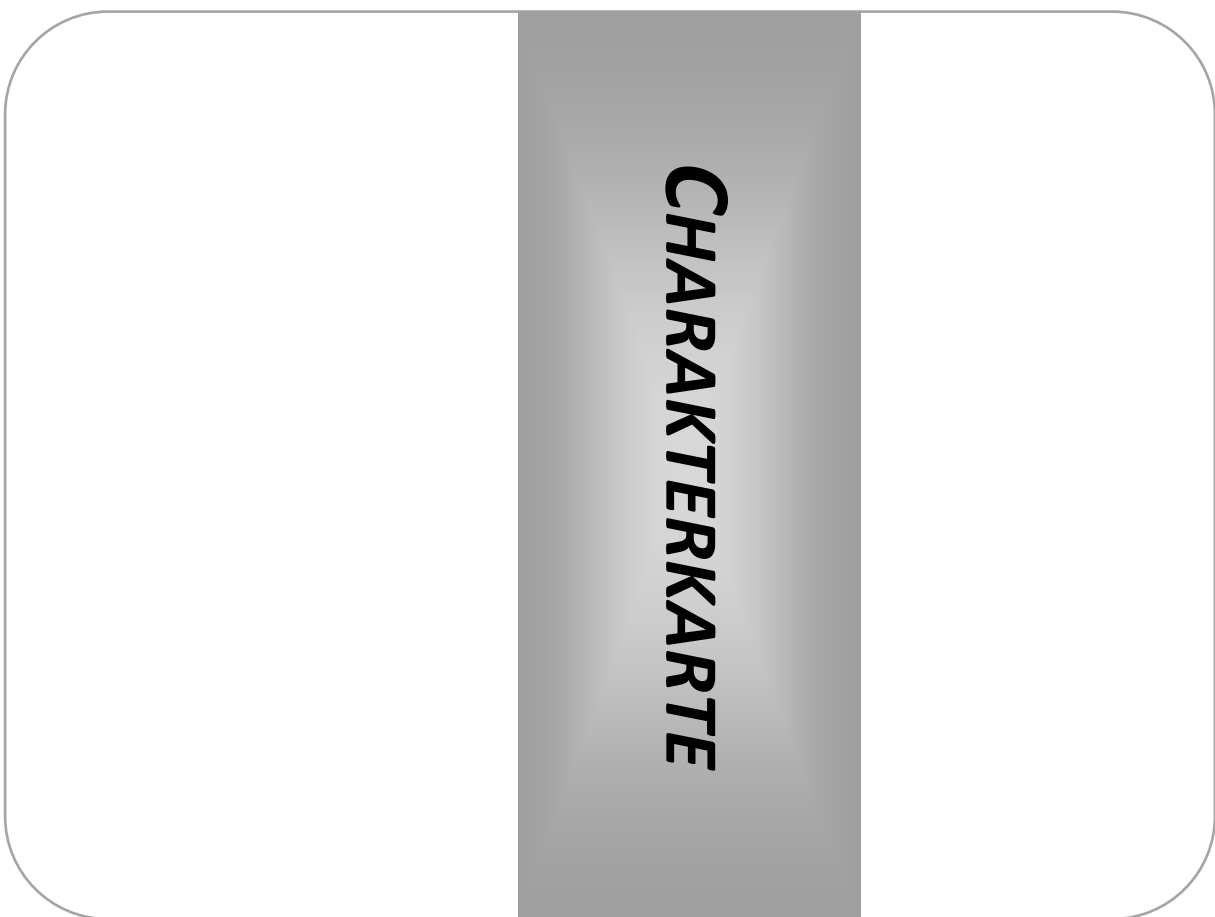
Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei einer Röntgenuntersuchung im Krankenhaus.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Wegen der hohen Energie, kann ich den menschlichen Körper durchdringen.





CHARAKTERKARTE

SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1,6 eV bis 2,9 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Ohne mich könnte man auf der Welt gar nichts sehen!

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!



CHARAKTERKARTE

SICHTBARE STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 1,6 eV bis 2,9 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Ja, ich bin für Menschen sichtbar! Ich bin ja das Licht!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich werde von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nein, ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Ohne mich könnte man auf der Welt gar nichts sehen!

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist!

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE



CHARAKTERKARTE

UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei der Behandlung von Hautkrankheiten und ich kann Bakterien im Wasser töten.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Durch mich startet die Vitamin D Produktion.



CHARAKTERKARTE

UV-STRAHLUNG

MEINE ENERGIE: 3,3 eV bis 1000 eV

BIN ICH FÜR MENSCHEN SICHTBAR?

Nein, ich bin für Menschen nicht sichtbar!

WIE WECHSELWIRKE ICH MIT DEM MENSCHLICHEN KÖRPER?

Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).

MUSS MAN SICH VOR MIR FÜRCHTEN?

Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!

WOBEI KÖNNTE ICH NÜTZLICH SEIN?

Bei der Behandlung von Hautkrankheiten und ich kann Bakterien im Wasser töten.

WELCHE SIND MEINE BESONDEREN FÄHIGKEITEN?

Durch mich startet die Vitamin D Produktion.

CHARAKTERKARTE

CHARAKTERKARTE

DATENARCHIV



Im **Datenarchiv** findest du die Energiewerte von allen elektromagnetischen Strahlungsformen!

Die Energie wird in der Einheit „Elektronenvolt“ (eV) angegeben. Über diese Einheit wirst du in der Oberstufe noch viel lernen. Für dich ist aber heute nur wichtig, wie hoch die Zahlen sind!

- Die **UV-Strahlung** transportiert eine Energie zwischen 3,3 eV bis 1000 eV.
- Die **Gamma-Strahlung** ist die energiereichste Strahlungsform mit über 200 000 eV.
- Die Energie der **Infrarotstrahlung** liegt zwischen 0,001 eV und 1,6 eV.
- Bei **Röntgenstrahlung** misst man Energien von 1000 eV bis 250 000 eV.
- Die **Sichtbare Strahlung** (Licht) besitzt Energien zwischen 1,6 eV und 2,9 eV.
- Die Energie von **Mikrowellenstrahlung** liegt unter 0,001 eV.
- Die Energie ist die physikalisch wichtigste Eigenschaft der elektromagnetischen Strahlung. Verändert sich nämlich die Energie, dann verändern sich alle anderen Eigenschaften.

WECHSELWIRKUNGSARCHIV



Im **Wechselwirkungsarchiv** kannst du nachlesen, wie die verschiedenen Strahlungsformen mit dem menschlichen Körper wechselwirken!

Das Wort „wechselwirken“ bedeutet „in Kontakt treten“ oder „sich berühren“!

Hier wird also beschrieben, was mit der Strahlung passieren kann, wenn sie mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommt.

- Die **UV-Strahlung** gelangt in die obersten Schichten der Haut und wird dort absorbiert (aufgenommen).
- Die **sichtbare Strahlung** wird von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).
- Die **Röntgenstrahlung** kann aufgrund der sehr hohen Energie, den menschlichen Körper durchdringen. Ein Teil kann aber auch immer vom Körper absorbiert (aufgenommen) werden und gelangt somit nicht durch den Körper hindurch.
- Die **Infrarotstrahlung** wird von der Haut absorbiert (aufgenommen), was in Form von angenehmer Wärme spürbar ist.

WISSENSARCHIV



Im **Wissensarchiv** findest du zu jeder Strahlungsform einen kurzen Text über die wichtigsten Fakten.

- **UV-Strahlung:** Die Sonne strahlt neben der sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung ab. UV-Strahlung alleine ist für das menschliche Auge aber nicht sichtbar! Man kann sie nur an den Auswirkungen sehen. Wenn die Haut nämlich zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann dies zu Sonnenbrand und später auch zu Hautkrebs führen. Deshalb sollte man sich schützen - z. B. mit Sonnencreme! UV-Strahlung kann aber auch sehr nützlich sein. Hautkrankheiten können z. B. durch Bestrahlung behandelt werden und Bakterien im Wasser können abgetötet werden. Zudem hat sie die besondere Fähigkeit, dass durch Bestrahlung des menschlichen Körpers die wichtige Vitamin D Produktion startet.
- **Sichtbare Strahlung:** Diese Strahlungsform ist auch besser bekannt als „das Licht“. Die sichtbare Strahlung ist wie der Name schon sagt, sichtbar für das menschliche Auge. Sie ist aber die einzige Strahlungsform, die wir sehen können! Der Nutzen dieser Strahlungsform besteht also darin, dass man ohne sichtbare Strahlung gar nichts auf der Welt sehen könnte. Im Gegensatz zur UV-Strahlung birgt sie auch keinerlei Gefahren. Einzig in ein zu helles Licht (z. B. Sonne) schauen schmerzt in den Augen!
- **Röntgenstrahlung:** Röntgenstrahlung ist bekannt für den medizinischen Nutzen und die besondere Fähigkeit, den menschlichen Körper aufgrund der hohen Energie, durchdringen zu können. Sie wird bei Röntgenuntersuchungen z. B. bei Knochenbrüchen im Krankenhaus angewendet. Da sie sehr viel Energie hat und unsichtbar ist, sollte man gewissenhaft mit ihr umgehen. Am besten man vermeidet zu viel Kontakt oder man schützt sich z. B. mit einer Bleischürze.
- **Infrarotstrahlung:** Die Infrarotstrahlung ist unsichtbar. Sie besitzt noch weniger Energie als sichtbare Strahlung. Deshalb ist sie ebenfalls ungefährlich. Die Energie ist gerade so hoch, dass sie sehr gut für Therapie z.B. in einer Infrarot-Sauna verwendet werden kann.

RÖNTGENBILD EINER LINKEN HAND



RÖNTGENBILD EINER LINKEN HAND



ERHEBUNGEN DER TESTUNGEN

Transkript: Lautes Denken (T1)

Versuchsperson: Schüler 1

Infos zur Versuchsperson: Schüler einer 4. Klasse AHS in Klagenfurt.

Infos zum Setting: Das Laute Denken wird an dem Gymnasium durchgeführt, welches der Schüler besucht. Als Raum dient der Physiksaal, der dem Schüler sehr gut bekannt ist, da der Physikunterricht meist dort stattfindet. Außer dem Schüler und dem Interviewer sind keine weiteren Personen im Raum. Der Interviewer und der Schüler kannten sich vor der Durchführung nicht. Der Schüler hatte vor der Testung eine Deutsch-Schularbeit zum Thema Charakterisierung.

Beginn des Interviews: 09:35

Ende des Interviews: 10:40

Dauer der Aufzeichnung: 00:53:40

- 1 I: Und jetzt könn ma beginnen.
- 2 S1: OK, Klasse 4.C, is jetzt egal. *Beginnt die Einleitung zu lesen.*
- 3 OK, elektromagnetische Strahlung sind Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten
- 4 und Energie transportieren. Man unterscheidet dabei verschiedene Formen von
- 5 elektromagnetischer Spannung. Eine kennst du sicher schon, die sichtbare Strahlung, oft
- 6 einfach Licht genannt. Andere Strahlungsarten sind Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung,
- 7 UV-Strahlung, Gammastrahlung und Röntgenstrahlung.
- 8 Spannend.
- 9 In dieser Lernmappe wirst du etwas die Rön- äh du etwas später die Röntgenstrahlung näher
- 10 kennenlernen. Wenn du konzentriert und gut arbeitest, wirst du am Ende auch verstehen,
- 11 wie eine Röntgenuntersuchung, Untersuchung, die z. B. bei Knochenbrüchen angewendet
- 12 wird, funktioniert.
- 13 Nimm die Röntgenmeisterkarte aus der Materialbox und ließ dazu, woz- (...)
- 14 Röntgenmeisterkarte aus der Materialbox und ließ dazu diese Ka- (...) wozu diese Karte
- 15 dient. Lege sie dann griffbereit auf den Tisch.
- 16 So sieht die Röntgen- (...) passt jetzt nimm i amol die Röntgenkarte, wenn sie do drin is.
- 17 *Holt aus der Materialbox die Röntgenmeisterkarte.*
- 18 Passt do is die Röntgenkarte, perfekt.
- 19 Passt jetzt blätter i amol um und fong amol on. So, oft...
- 20 I: Ähm, lies noch amol die Aufgabenstellung noch amol durch. Wos muast mit der
- 21 Röntgenmeisterkarte mochn?
- 22 S1: *Liest.* Nimm die Röntgenmeisterkarte aus der Materialbox und ließ durch wozu diese
- 23 Karte dient. Lege sie dann griffbereit auf den Tisch.
- 24 *Nimmt die Karte in die Hand und beginnt zu lesen.*
- 25 Um Röntgenmeister zu werden, musst (...) musst du vier Aufgaben in der Arbeitsmappe
- 26 lösen und die Ergebnisse von der Lehrperson kontrollieren lassen. Deine Punkte trägst du
- 27 dann unten in der Punktetabelle ein. Bei jeder Aufgabe kannst du bis zu 5 Punkte erreichen.
- 28 Hast du am Ende über 16 Punkte auf deinem Konto, kannst du dich Röntgenmeister nennen.
- 29 Passt.
- 30 *I merkt, dass der Tisch und die Finger des Schülers bei der Übung für das Laute Denken*
- 31 *verschmutzt worden sind.*
- 32 I: Woat, i muas nur kurz unterbrechen.
- 33 *I reinigt den Tisch.*

34 I: Mit dem hobi jetzt nit grechnet, dass des so daneben geht (...) hm!
35 Vielleicht woscht da die Händ.
36 *S1 wäscht sich die Hände.*
37 I: Guat, weiter geht's (...) also...
38 *S1 sitzt wieder und beginnt zu lesen.*
39 S1: Auf dieser Seite erwartet dich die erste Hürde am Weg zum Röntgenmeister.
40 Aufgabe: Die Charakterkarten, Material...
41 Die Charakterkarten Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Sichtbare Strahlung, Infrarotstrahlung
42 (...) passt.
43 *Archivbox (schaut kurz fragend auf die Archivbox).*
44 Suche die Charakterkarte zu den verschiedenen Strahlungen in der Materialbox und lege
45 diese (...) die Karte vor dir auf den Tisch. So sehen sie von hinten aus. Positioniere auch die
46 Arch- Archivbox in Reichweite.
47 So, ich nehm jetzt mal die Charakterkarte und leg sie hier amal do hin.
48 *Liest in der Lernmappe weiter.*
49 Du hast verschieden...
50 I: Gibt's nur ane oder...was steht do?
51 S1: Suche die Charakterkarten (...) OK!
52 *Lacht etwas peinlich berührt und holt die restlichen Charakterkarten.*
53 I: Genau lesen!
54 S1: So, des sant olle Charakterkarten, passt (...) des leg i ma do hin und jo.
55 *Liest weiter.* Du hast verschiedene Eigenschaften wie Augenfarbe, Haarfarbe, besondere
56 Merkmale oder besondere Talente. Auf diese Weise unterscheidest du dich von anderen
57 Menschen. Auch die verschiedenen Formen der elektromagne- magnetischen Strahlung
58 unterscheiden sich aufgrund von einigen (...) einiger Eigenschaften. Diese wirst du jetzt
59 kennenlernen! Lies langsam und sehr genau die einzelnen Charakterkarten durch. Du wirst
60 bald merken, dass die Karten Lücken haben und einige Eigenschaften fehlen. Fülle Lücken
61 mit Hilfe der Archivbox!
62 Passt, die Archivbox ist eine Sammlung von allen Informationen, die du brauchst, um die
63 Aufgabe zu lösen! Sie ist in drei Kategorien eingeteilt: Datenarchiv, Wissensarchiv und
64 Wechselwirkungsarchiv.
65 Passt, jetzt nimm i amol di erste Charakterkarte.
66 Meine Energie, hm, Röntgenstrahlung (...) Röntgenstrahlung, is do irgendwo
67 Röntgenstrahlung drin? *Schaut in die Archivbox.*
68 Röntgenstrahlung, meine Energie hm (...) was sollti jetzt mochn?
69 Ah, Rön- do muas es drin sein! *Nimmt das Wissensarchiv aus der Box.*
70 Uf, Wissensstrahlung, sichtbare, Röntgenstrahlung! *Beginnt zu lesen.*
71 Röntgenstrahlung ist bekannt für den medizinischen Nutzen und die besondere Fähigkeit
72 den menschlichen Körper aufgrund der hohen Energie durchdringen zu können. Wird bei
73 Röntgenuntersuchungen bei Knochenbrüchen im Krankenhaus angewendet. Da sie sehr viel
74 Energie hat und unsichtbar ist, sollte man gewissenhaft mit ihr umgehen. Am besten man
75 vermeidet zu viel Kontakt oder man schützt sich z. B. mit einer Bleischürze.
76 Meine Energie, hm.
77 *Sucht wieder in der Archivbox.*
78 S1: Wechselwirkung.
79 I: Konnst ausa nehmen.
80 S1: Jo (...) ah do stehts schon.

81 Röntgenstrahlung (...) misst man (...) bei Röntgenstrahlung misst man Energien von 1000 eV
82 bis 250000 eV.
83 So, des schreibi amol auf: von 1000 eV...
84 I: Glab is leichter zu lesen, wenn es a herausnimmst. Is dazu do. Konnst denn wieder
85 zrucklegen oba konn man rausnehmen.
86 *S1 nimmt das Datenarchiv aus der Box.*
87 S1: Des brauchi nicht mehr da...
88 *Schreibt.* OK, Röntgenstrahlung 1000 eV bis 250000 eV...
89 *Liest.* Bin ich für den Menschen sichtbar?
90 Nein (...) nicht (...) glaub ich.
91 I: Glaubst du?
92 S1: Jo, noch meiner Erkenntnis.
93 I: Jo, oba...
94 S1: Zur Sicherheit schau...
95 *Liest im Wechselwirkungsarchiv nach.*
96 I: Vielleicht schaut noch amol bei Wissensarchiv noch!
97 *S1 liest im Wissensarchiv nach.*
98 S1: Unsichtbar, passt! Sie ist unsichtbar!
99 *Schreibt auf die Charakterkarte und liest dann weiter.*
100 Wie wechselwirke ich mit dem menschlichen Körper?
101 *Sucht in der Archivbox.*
102 Tua ma's glei ause (...) sie wird (...) so, Energie, Strahlungsform. Ah, Wechselwirkung.
103 Wissensarchiv. Wechselwirkung ist unten.
104 *Nimmt das Wechselwirkungsarchiv aus der Box und liest den Teil bei der Röntgenstrahlung.*
105 *Schreibt.* Durch die sehr hohe Energie, kann sie den menschlichen Körper durchdringen.
106 I: Passt, jo!
107 S1: *Liest.* Muss man sich vor mir fürchten?
108 Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir
109 schützen.
110 Wobei könnte ich nützlich sein?
111 Im Krankenhaus bei Knochenbrüchen usw.?
112 *Liest im Wissensarchiv nach.*
113 Ehm, im Krankenhaus jo höchstwahrscheinlich...
114 *Schreibt die Antwort auf.* Im Krankenhaus bei Knochenbrüchen usw.
115 I: Gut!
116 S1: *Liest.* Welche sind meine besonderen Fähigkeiten?
117 OK, i nimm olls ausa, wird am besten sein!
118 *Liest im Wissensarchiv nach.*
119 OK, welche sind meine besonderen Fähigkeiten. Sie (...) sie hat sehr viel Energie (...) hat die
120 Fähigkeit den menschlichen Körper aufgrund der hohen Energie durchdringen (...) OK,
121 welche sind meine besonderen Fähigkeiten?
122 *Schreibt die Antwort auf.* Sie hat sehr viel Energie und kann deswegen den menschlichen
123 Körper durchdringen.
124 I: Sehr guat!
125 S1: Nächste Karte. *Liest.* Lies langsam und sehr genau (...) so nehmen wir mal die nächste
126 Karte (...) steht do die Punkte (...) wenn du fertig bist, gehe zur OK, des konni amol weglegen
127 (...) und hier is zweite Aufgabe.
128 I: Hm, äh, geh amol zruck, wos (...) schau amol die Aufgabe!

129 *S1 liest noch einmal die Aufgabenstellung zur 1. Aufgabe durch.*
130 I: Jo.
131 S1: Hmm?
132 I: Es gibt ja noch mehrere Charakterkarten!
133 S1: Jo, OK.
134 I: Das ist alles eine Aufgabe!
135 S1: OK, ja, ja.
136 *Nimmt eine neue Charakterkarte.*
137 S1: *Liest.* Sichtbare Strahlung, meine Energie (...) Sichtbare Strahlung (...) das ist im, sicher im
138 Datenarchiv.
139 *Liest im Datenarchiv nach.*
140 *Schreibt.* Besitzt Energie zwischen 3,3 eV bis 1000 eV (...) passt!
141 *Liest.* Bin ich für Menschen sichtbar?
142 Ja, ich bin für den Menschen sichtbar. Ich bin ja das Licht!
143 Wie wechselwirke ich mit dem Körper?
144 *Nimmt das Wechselwirkungsarchiv zur Hand.*
145 Ähm, sie wird von der Haut größtenteils reflektiert. *Schreibt diese Antwort auf die*
146 *Charakterkarte.*
147 *Liest.* Muss man sich vor mir fürchten?
148 Nein, ich bin ungefährlich. Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.
149 Wobei könnte ich nützlich sein?
150 *Sucht das Wissensarchiv.*
151 Des nächste, ähm...
152 *Schreibt die Antwort auf die Charakterkarte.*
153 Bei, für (...) damit man etwas sieht, gegen die Dunkelheit.
154 *Liest.* Welche sind meine besonderen Fähigkeiten?
155 Ich bin die einzige Strahlung, die für das menschliche Auge sichtbar ist.
156 Perfekt, die nächste Charakterkarte. UV-Strahlung, meine Energie 3,3 eV bis 1000 eV.
157 Sch- (...) eigentlich...
158 I: Wos denkst noch?
159 *S1 schaut in das Datenarchiv.*
160 S1: UV-Strahlung, das ist die UV-Strahlung. Bin ich für Menschen sicht- (...) habe doch etwas
161 falsch gemacht? Das ist die Sichtbare Strahlung. Ah, 1 Komma (...) habe doch Fehler gemacht.
162 *Verbessert den Fehler auf der Charakterkarte für Sichtbare Strahlung.* Das ist 1,6 eV (...) bis
163 2,9 eV.
164 *Liest.* Bin ich für den Menschen sichtbar?
165 Nein (...) eigentlich nicht!
166 *Liest im Wissensarchiv nach.*
167 Menschliche Auge, ist für das menschliche Auge nicht sichtbar.
168 *Schreibt diese Antwort auf die Charakterkarte.*
169 *Liest.* Wie wechselwirke ich mit...?
170 Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).
171 Muss man sich vor mir fürchten?
172 Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand
173 oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen.
174 Wobei könnte ich nützlich sein?
175 *Überlegt und nimmt das Wissensarchiv zur Hand.*

176 Für das Wachstum der Pflanzen glaube ich (...) und man kann. *Liest.* Man kann sich, sie nur
 177 an den Auswirkungen sehen, wenn man später was? Deshalb sollt man sich schützen mit
 178 Sonnen- UV- Hautkrankheiten können durch Bestrahlung behandelt werden oder Bakterien
 179 im Wasser können abgetötet werden.
 180 *Schreibt.* Hautkrankheiten können geheilt werden (...) und Bakterien im Wasser können
 181 abgetötet werden.
 182 *Liest.* Welche sind meine besonderen Fähigkeiten? Ich kann Bakterien im Wasser töten, jo.
 183 Des is die nächste Charakterkarte. *Liest.* Infrarotstrahlung, meine Energie 0,001 eV bis 1,6
 184 eV.
 185 Bin ich für den Menschen sichtbar?
 186 *Schreibt die Antwort auf die Charakterkarte, ohne ins Archiv zu schauen.* Nein, sie ist
 187 unsichtbar, sie ist unsichtbar.
 188 *Liest.* Wie wechselwirke ich mit dem menschlichen Körper?
 189 Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer
 190 Wärme.
 191 Muss man sich vor mir fürchten?
 192 *Schaut im Wissensarchiv nach.*
 193 *Schreibt.* Nein, sie ist ungefährlich.
 194 I: Gut.
 195 S1: *Liest.* Wobei könnte ich nützlich sein?
 196 *Schaut kurz ins Wissensarchiv, antwortet sehr rasch und schreibt dann die Antwort auf die*
 197 *Karte.* Sie kann für eine Therapie verwendet werden.
 198 *Liest.* Welche sind meine besonderen Fähigkeiten?
 199 Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.
 200 So, die Charakterisierungskarten habe ich abgeschlossen und als nächstes (...) zweite
 201 Aufgabe glaub ich. Jo!
 202 I: Hm.
 203 S1: *Liest.* Zuordnung. Material. Charakterkarten. Den physikalischen entscheidenden
 204 Unterschied unter den Strahlungsformen macht die Energie! Denn mit der Energie verändert
 205 sich auch verändern sich auch die anderen Fähi- Eigenschaften. Im sogenannten
 206 elektromagnetischen Spektrum sind die unterschiedlichen Strahlungsformen nach ihren
 207 Energiewerten geordnet.
 208 Ordne die Charakterkarten dem elektromagentischen Spektrum zu! Notiere dafür die
 209 passenden Strahlungsformen in der, in den vorgefertigten Raster. Die Strahlungsformen mit
 210 der niedrigsten Energie (ganz links) und höchsten Energie (ganz rechts) sind schon
 211 zugeordnet. Anschließend kreise die korrekten Satzteile im Satzmuster ein!
 212 *Schaut sich den Raster an.* Die Mikrowellenstrahlung, die Gammastrahlung (...) des können
 213 wir glaub ich im Datenarchiv...
 214 *Liest im Datenarchiv nach und schreibt dann die Antworten der Reihe nach auf:*
 215 Die Gammastrahlung ist die höchste, jo und die Mikrowellenstrahlung unter 0,001 eV. Und
 216 des nächste is die Sichtbare Strahlung, na die Infrarotstrahlung (...) Infrarotstrahlung. Infrarot
 217 hab ich. Dann kommt die Sichtbare Strahlung (...) Sichtbare Strahlung. Dann die UV-
 218 Strahlung, UV-Strahlung jo (...) die UV-Strahlung. Und das nächste ist die Röntgenstrahlung
 219 (...) Röntgenstrahlung.
 220 Satzmuster: Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu den anderen
 221 Strahlungsformen eine eher hohe, niedrige. Hohe Energie. Nur die Gammastrahlung ist noch
 222 energiereicher.
 223 *Unterstreicht die Worte „hohe“ und „Gammastrahlung“.*

224 *Liest.* Blättere bitte um (*unverständlich*)
 225 *Blättert um.*
 226 *Liest.* Nimm noch einmal alle Charakterkarten zur Hand und lies auf jeder Karte die Antwort
 227 auf die Frage musst du musst du dich vor mir fürchten durch. Beschreibe den (...) dann in
 228 wenigen Sätzen, ob und wie viel (...) wie gefährlich Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und
 229 Infrarotstrahlung sind!
 230 *Unterstreicht Rönt, UV und Infra.*
 231 *Liest.* Die Satzanfänge dienen dir als Hilfe. Du kannst zusätzlich auch die Archive verwenden.
 232 *Beginnt mit der Aufgabe.*
 233 Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deswegen (...) deshalb muss man
 234 sich vor ihr schützen. Jetzt schau noch zur Sicherheit nach. Die Röntgenstrahlung...
 235 I: Wo schaut nach?
 236 S1: Beim Wissensarchiv. Röntgenstrahlung ist... (*unverständlich*)
 237 *Schreibt.* Deshalb muss man gewissenhaft mit ihr umgehen.
 238 Ein gewissenhafter Umgang mit der Röntgenstrahlung ist also wichtig.
 239 *Lacht kurz, da sich der Satz wiederholt.*
 240 Sehr viel UV-Strahlung ist auch (...) schädlich...
 241 *Liest im Wissensarchiv nach.*
 242 *Schreibt.* Schädlich Beistrich denn man kann einen Sonnenbrand und Hautkrebs bekommen.
 243 I: Supa!
 244 S1: Mit Sonnencreme und Sonnenbrille, kann man sich schützen.
 245 *Schreibt die Antwort auf.*
 246 I: Gut, jo!
 247 S1: Infrarotstrahlung transportiert sehr wenig Energie, deshalb (...) ist sie auch ungefährlich
 248 (...) ist sie für den Menschen ungefährlich.
 249 *Schreibt die Antwort auf.*
 250 Es gilt also: Je höher die Energie, desto vorsichtiger sollte man mit Strahlung umgehen.
 251 Vorsichtiger!
 252 *Unterstreicht das Wort „vorsichtiger“ und blättert um.*
 253 Die nächste (...) hab ich alles gemacht? Ja! Die nächste Aufgabe: Das Sprayexperiment (...)
 254 Charakterkarten...
 255 I: Woat amol kurz, i weis di nur amol kurz auf die Röntgenmeisterkarte hin...
 256 S1: Hm.
 257 I: Solltest da vielleicht, du könntest theoretisch schon Punkte obholen.
 258 S1: Jo. *Nimmt die Röntgenmeisterkarte zur Hand.*
 259 *Liest.* Bei jeder Aufgabe kannst du bist zu 5 Punkte erreichen... (*unverständlich*)
 260 Bei den Charakterkarten glaub ich, dass ich nichts falsch gemacht habe.
 261 I: Jo, oba do steht, auf der zweiten Seite steht do unten...
 262 S1: *Liest.* Wenn du fertig bist gehe zu Lehrperson. Sie wird deine Lösung kontrollieren und
 263 hier dir hier deine Punkte eintragen.
 264 I: I bin jetzt die Lehrperson!
 265 S1: Jo.
 266 *I nimmt die Lernmappe und trägt die Punkte für die bisher gelösten Aufgaben ein.*
 267 I: So, jetzt konnst weiter mochn.
 268 S1: Dankeschön!
 269 So (...) *Liest.* Die dritte Aufgabe: Das Sprayexperiment. Material: Charakterkarte von
 270 Röntgenstrahlung, Experimentmaterial (Spray, Netzquadrate, Poster) und Röntgenbild.
 271 Des räumi amol weg, weil ichs nicht mehr brauche.

272 *Räumt die Archive weg und sucht dann die Materialien.*
 273 Spray, Netzquadrate, Poster. Spray (...) Netzquadrate (...) und das Poster, is das das Poster,
 274 das große?
 275 I: Jo, genau jo!
 276 S1: Und des a oder is des was ondes?
 277 I: Jo, was noch? Also steht (...) schau da noch amol genau on was du noch brauchst, jo.
 278 S1: Netzquadrate (...) jo oba des muas des richtige sein!
 279 I: Jo is des richtige jo.
 280 S1: So.
 281 I: Der letzte Punkt beim Material, der is da vielleicht nicht aufgefallen.
 282 S1: Suche das Material und platziere es vor dir auf den Tisch!
 283 I: I man den letzten Punkt bei den Materialien.
 284 S1: Jo Röntgenbild.
 285 *S1 holt noch das Röntgenbild und legt es vor sich auf den Tisch.*
 286 I: Is a ans drin.
 287 Und verschieb ma vielleicht das Experiment äh do noch links (...) auf den Tisch.
 288 *S1 legt das Poster auf den Tisch.*
 289 S1: Und jetz nimm i amol die Netzquadrate (...) Netzquadrate.
 290 *Nimmt die Netzquadrate aus der Folie und nimmt wieder die Lernmappe zur Hand.*
 291 *Liest.* Versuchsanleitung (...) in den letzten beiden Aufgaben hast du (...) wirst du
 292 experimentell herausfinden, warum Knochen auf diesem Röntgenbild (*beachtet das Bild*
 293 *nicht*) hell sind und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler. Du hast aber
 294 gerade gelernt, dass Röntgenstrahlung gefährlich sein kann, wenn man damit nicht richtig
 295 umgehen kann. Deshalb dürfen wir beim Experiment keine echte Röntgenstrahlung
 296 verwenden. Wie lösen wir dieses Problem? Wir ersetzen das Röntgengerät einfach mit einer
 297 Spraydose. Du kannst also einfach so tun, als ob die Spray-Farbe, die aus deiner (...) die aus
 298 der Spraydose strahlt, Röntgenstrahlung ist.
 299 Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien
 300 (Netzquadrate) verhält, wenn es sich mit ihnen in Kon- wenn es mit ihnen in Kontakt kommt.
 301 Folge dafür den Versuch- folge dafür der Versuchsanleitung und löse die Satzmuster auf
 302 Seite 6.
 303 Achtung verwende das Spray gewissenhaft und versuche den Tisch, den Boden, deine
 304 Kleidung, die Wand rein zu halten und spraye auf keinen Fall auf Mitschüler!
 305 *S1 und I lachen.*
 306 S1: *Beginnt mit der Aufgabe.* Lege ein Poster auf den Tisch und verteile darauf Netzquadrate
 307 (Bezeichnungen oben).
 308 I: Kommentier vielleicht was du grad mochst.
 309 S1: Also, ich mache gerade die Aufgabe „Das Sprayexperiment“ und teile gerade die
 310 Netzquadrate auf das Poster.
 311 *Verteilt die Netzquadrate am Poster.*
 312 I: Tuast vielleicht floch drückn.
 313 S1: Jo. OK des sieht man natürlich nit.
 314 Schreibe die Bezeichnungen auf das Poster ab! I glaub des geht so. Fliegennetzmaterial,
 315 Fliegennetzmaterial 2 und (...) jo das Papiermaterial.
 316 *Verteilt die Netzquadrate noch einmal um.*
 317 So, schreibe die Bezeichnungen auf das Poster ab! Am besten direkt über das jeweilige
 318 Netzquadrat (...) entweder Bleistift oder Kuli (...) Kuli.

319 OK, ich schreibe das jetzt auf das Poster. *Schreibt.* Strumpfmateriale (...) dann
 320 Fliegennetzmaterial 1 (...) und das Fliegennetzmaterial 2 (...) des kürzi amal ab (...) und das
 321 Papiermaterial. Passt!
 322 Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten Netzquadrates und
 323 halte das Spray ca. 20 cm vom Netzquadrat entfernt! Erst jetzt darfst du sprayen. *S1*
 324 *schüttelt das Spray.* Drücke nur einmal ganz kurz. Nicht länger sprayen!
 325 *S1:* Dieses mol kein Fehler (*lacht*).
 326 *I:* Gonz kurz, also.
 327 *S1 sprayt auf das erste Netzquadrat.*
 328 *I:* Passt.
 329 *S1:* Das nächste.
 330 *I:* Woat kurz, woat kurz! Beocht amal, wos steht do noch?
 331 *S1:* Ähm (...) erst jetzt darfst du sprayen! Drücke nur einmal ganz kurz. Nicht länger sprayen.
 332 *I:* Punkt 5.
 333 *S1:* *Liest.* Lass dein Ergebnis von der Lehrkraft kontrollieren!
 334 *I:* Genau, also schau dass genau Punkt für Punkt immer des oborbeitest (...) schaumama amal (*I*
 335 *kontrolliert das Resultat*) OK des schaut guat aus, also die Länge wie kurz du gesprayed host ist
 336 genau richtig, also nur gonz kurz druckn.
 337 *S1:* Jo.
 338 *I:* Jetzt versuachst mit die ondaren a.
 339 *S1 sprayt auf das zweite Netzquadrat.*
 340 *I:* Passt.
 341 *S1:* Jetzt is?
 342 *I:* Äh, jetzt konnst du (...) jo OK konni immer kontrollieren oder loss di jetzt durchorbeitn, des
 343 geht wenn du immer so kurz druckst donn passt.
 344 *S1 sprayt auf die restlichen Netzquadrate.*
 345 *I:* Passt.
 346 *S1:* *Deutet auf das Papiermaterial.* Do durch geht nur abissi glaubi.
 347 *I:* Hm, des weama schau, passt.
 348 *I:* Jetzt host (...) jetzt bist mit dem Teil glabi fertig, also konnst weiter orbeitn.
 349 *S1:* Jo.
 350 *Liest.* Nimm die Netzquadrate vom Zeichenpapier und löse die Satzmuster, indem du genau
 351 beobachtest, was auf dem Zeichenpapier unter der jeweiligen Bezeichnungen entstanden
 352 ist.
 353 Das Strumpfmateriale lässt. *Betrachtet das Poster.* Strumpfmateriale (...) lässt mehr, weniger,
 354 gleich viel Spray-Farbe durch wie das Fliegennetzmaterial 1.
 355 *I:* Versuch noch mehr zu kommentiern jetzt, wos tuast du also wos nimmst...
 356 *S1:* Ich nehme das gerade ab, die Fliegennetzmaterialien und schau mir an was mehr
 357 durchgegangen ist. Also beim Fliegennetzmaterial ist mehr durchgegangen und beim
 358 Strumpfmateriale weniger (...) nach meiner Erkenntnis weniger.
 359 *Unterstreicht „weniger“.*
 360 Und das Fliegennetzmaterial lässt mehr, weniger, gleich viel Spray-Farbe durch als/wie das
 361 Fliegennetzmaterial 2. Das schau ich mir gerade an (...) also mehr durch als das
 362 Fliegennetzmaterial 2, wie ich gesehen habe.
 363 *Unterstreicht „mehr“.*
 364 Strumpfhosenmateriale, Fliegen- lässt am wenigsten Spray-Farbe durch. Die gesamte Spray-
 365 Farbe wird vom Materiale zurückgeworfen, aufgenommen (...) ähm.
 366 *I:* Hm.

367 S1: Das Papiermaterial logischerweise.
 368 *Unterstreicht „Papiermaterial“.*
 369 I: *Deutet auf das Poster.* Konntst noch schau.
 370 S1: Das werd ich noch schau (...) die gesamte Spray-Farbe wird vom Material
 371 aufgenommen (absorbiert) oder zurückgeworfen (...) jo aufgenommen? Weil sonst wärs ja
 372 nicht hier oben glaub ich. *Deutet auf das Papiermaterial.* Aufgenommen, aufgenommen
 373 glaub ich. *Unterstreicht „ aufgenommen“.*
 374 Aus diesen Beobachtungen lässt sich ableiten: Je (...) je größer, dichter, fester, härter die
 375 Materialstruktur, desto weniger Spray-Farbe geht durch (...) hm, da ist aber kein weniger
 376 dichter oder so (...) je (...) fester, härter, was soll i jetzt machen? Je, das ist (...) ah jo, desto
 377 dichter die Materialstruktur, desto weniger Spray-Farbe geht durch. Jo des is die logische
 378 Antwort.
 379 I: Wie bist jetzt drauf kummen jetzt?
 380 S1: Weil, weil das ist am dichtesten. *Deutet auf Papiermaterial.* Also komplett dicht, das (...)
 381 das ist noch ein bisschen weniger dichter. *Deutet auf Strumpfmateri al.* Das ist eigentlich fast
 382 gleich. *Deutet auf Fliegennetzmaterial 2.* Aber das glaube ich, dass am wenigsten dicht ist.
 383 *Deutet auf Fliegennetzmaterial 1.* Und das noch ein bisschen mehr. *Deutet auf*
 384 *Fliegennetzmaterial 2.* Und deswegen glaub ich, dass das dichter die richtige Lösung ist.
 385 I: Sehr gut, jo passt!
 386 S1: Je dicker die Materialschicht, desto weniger Spray-Farbe geht durch. Das ist eine logische
 387 Antwort.
 388 I: Logisch und wie kommst du jetzt mit dem Experiment vielleicht drauf?
 389 S1: Also mit dem Experiment bin ich so drauf gekommen, also ich habe zuerst gesprayed...
 390 I: Jetzt konkret, jetzt konkret auf diesen letzten Satz mit der Dicke.
 391 S1: Weil das logisch ist, weil, wenn man (...) jo desto dicker die Materialschicht ist, desto
 392 weniger Strahlung geht durch (...) z. B. jo...
 393 I: Du host recht! Also du host auf jeden Fall recht! Oba wo sigst du des vielleicht am
 394 Experiment? Sigst du des irgendwo?
 395 S1: Ehm (...) najo, ich glaube das ist ein bisschen, es ist zwar nicht dicker, aber najo ein
 396 bisschen härter und jo deswegen glaub ich dass...
 397 I: OK, i glaub i verwirr di jetzt glaubi nur.
 398 S1 *lacht.*
 399 I: Bist gonz, also mit dem do host schon selber recht, also do host von haus aus recht. I
 400 verrots da noch da Testung.
 401 S1: Erreichte Punktezahl.
 402 I: Ah, genau!
 403 S1: Jo.
 404 I: Perfekt, alles richtig! Sehr gut, passt.
 405 S1: *Liest.* Nächste Aufgabe. So, die Röntgenstrahlung. In dieser Aufgabe werden zwei Fragen
 406 endgültig beantwortet: Wie funktioniert die Röntgenuntersuchung? Warum sind Knochen
 407 auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler? Die
 408 Antwort auf diese auf die erste Frage kannst du hier nachlesen!
 409 Die Röntgenuntersuchung funktioniert fast so, wie das Experiment in der 3. Aufgabe.
 410 Jo, dann bleib ich gleich da. *Bleibt beim Experiment sitzen.*
 411 S1: *Liest.* Spray-Farbe kann unsere Netzquadra- Spray-Farbe kann unsere Netzquadrate
 412 durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung wegen der hohen Energie auch,
 413 den menschlichen Körper zu durchdringen. Beim Experiment haben wir die Farbe auf der
 414 anderen Seite des Materials mit einem Zeichenpapier aufgefangen. Bei der

415 Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der sogenannte Röntgen-Film, der
 416 schwarz ist, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft. Die Antwort auf die zweite Frage solltest
 417 du nun selber finden hm...
 418 Jetzt lös ich einmal die erste Frage (...) so wie bei der dritten Aufgabe...
 419 I: Lies noch amol genau, muast du die erste Frage eigentlich lösen, also...
 420 S1: Nein eigentlich nicht, weil...
 421 I: Weil?
 422 S1: Weil das das fast das gleiche ist wie, holt jo die erste Aufgabe brauch ich nicht lösen, weil
 423 wir das is in der dritten Aufgabe brauchen, weil das schon genau so funktioniert wie, wie hier
 424 beim Test, beim (...) bei die Netzquadrate.
 425 I: Hier steht im grauen Feld? Die Antwort...
 426 S1: ...auf die erste Frage kannst du hier nachlesen!
 427 Die Antwort auf die zweite Frage sollst du nun selber finden!
 428 *Liest die zweite Frage noch einmal nach.*
 429 Weil sie weil sie dichter sind? OK.
 430 *Liest noch einmal die Antwort auf die erste Frage.*
 431 Ah, weil sie dichter sind und jo (...) na OK, Knochen, Weichteile. Naja, die Knochen sind
 432 härter und das andere ist (...) das andere ist ein bisschen nicht so dicht, weil das ein bisschen
 433 weicher ist und deswegen geht dunkler, jo weil mehr Röntgenstrahlung kommt oder
 434 Röntgenstrahlung durchkommt.
 435 I: OK, die erste, also der erste Teil der Aufgabe, also wos muast du do mochn bei diesem
 436 Raster? Also probier amol Schritt für Schritt mochn.
 437 S1: *Liest.* Welche der in der dritten Aufgabe getesteten Materialien, eignen sich als Modelle
 438 für Knochen und welche für die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe)? Fülle die
 439 Tabelle aus und begründe deine Entscheidung auf Seite 8!
 440 *Schaut sich den Raster an, zögert aber.*
 441 I: Jo und jetzt is deine Aufgabe hier diese beiden auszufüllen.
 442 S1: Modell Spraydose, Spray-Farbe (...) eignen sich als Modelle (...) Knochen und Weichteile
 443 in der Realität und hier ist (...) jo und hier ist z. B. das Papiermaterial und Fliegennetzmaterial
 444 1.
 445 I: Das für das, also schreibs eine!
 446 S1: Also für Knochen ist das Papiermaterial. Jo Knochen Papiermaterial, weil das weißer ist
 447 und dichter ist (...) und für die Weichteile ist das Fliegennetzmaterial 1, weil hier am meisten
 448 Spray durchgegangen ist.
 449 *Schreibt seine Lösungen auf.*
 450 Ja, Seite 8, wo ist Seite 8.
 451 *Blättert um.*
 452 Jo, hier ist Seite 8!
 453 Als Modell für Knochen habe ich Papier gewählt, hab ich das Papiermaterial gewählt. *Füllt*
 454 *die Lücke.* Weil (...) weil das Papiermaterial weißer ist und am dichtesten ist, deswegen
 455 eignet sich Papiermaterial für Knochen.
 456 I: Was meinst mit weißer?
 457 S1: Jo bei die Weichteile geht mehr UV-Strahlung durch, deswegen ist es schwärzer und bei
 458 Papier und bei die Knochen bzw. Papiermaterial ist es so, dass eigentlich, jo, fast gar nichts
 459 durchgegangen ist, deswegen is des Papiermaterial weißer.
 460 I: Also du meinst... *Hebt das Netzquadrat auf.*
 461 S1: Hier, ja drunter!
 462 I: Drunter is es weißer. Passt jo! Liegst richtig, host nur bissi (...) ungeschickt formuliert.

463 S1: *Schreibt die Antwort auf.* Jo unter diesem, weil unter diesem die Farbe weiß herrscht und
464 weil es am dichtesten ist.

465 Als Modell für die Weichteile habe ich (...) Fliegennetzmaterial 1 gewählt. *Füllt die Lücke.*
466 Weil unter diesem am meisten schwarz ist und weil es am wenigsten dicht ist, deswegen
467 eignet sich Fliegennetzmaterial 1 am meisten für Weichteile.

468 *Schreibt die Antwort auf: Weil es am meisten Strahlung (Spray) durchlässt und am wenigsten*
469 *dicht ist.*

470 *Liest.* Du kannst natürlich auch selbst noch etwas schreiben, wenn du willst.

471 Jo, gibt's eigentlich nicht viel zum Erklären, außer vielleicht für Fliegennetzmaterial 2 und
472 Strumpfmateriale (...) jo Fliegennetzmaterial...

473 I: Was überlegst noch? Muast nix schreiben, also konnst ma sogn was überlegst.

474 S1: Also ich überlege, dass es Fliegennetzmaterial könnte sich auch noch für Knorpel eignen,
475 weil es genau zwischen Weichteile und Knochen ist.

476 I: Sehr guat!

477 S1: Und das Strumpfmateriale ist weich und ein bisschen hart, deswegen könnte es sich das
478 für...

479 I: Weich und hart, was meinst du weich hart?

480 S1: Jo beides, für Weichteile und es könnt sich eigentlich ähm für angespannte Muskel oder
481 so eignen.

482 I: OK, passt!

483 S1: Punktzahl...

484 I: Alle Punkte! Guat jetzt host du noch die 5 Punkte bekommen. Theoretisch müssti jetzt
485 Benotung durchführen und do dafür brauchst du diese (*deutet auf Röntgenmeisterkarte*)
486 dann am Ende. So, was muas man mit dieser Röntgenmeisterkarte noch mochn?

487 *S1 liest die Röntgenmeisterkarte durch.*

488 S1: Sollti den Namen drauf schreiben?

489 I: Schüler 1.

490 S1: Schüler 1 und 4.C. Die Charakterkarten erreichte Punktezahl ist 5 (...) ja 5 (...) ja da hab
491 ich die Punktezahl (...) hm, Kontostand?

492 I: Is es unverständlich? Sog was du do grad ned verstehst!

493 S1: Jo, erreichte Punktezahl und Kontostand (...) wie, ich weiß nicht wie sie das mit
494 Punktestand meinen.

495 I: OK, guat danke! Jo erreichte Punkte is klar oder?

496 S1: Jo!

497 I: Schreib amol rein!

498 S1: 5, die Zuordnung 5...

499 I: Wie viel hast du dann nach dieser Aufgabe?

500 S1: 5.

501 I: Genau! Des is so gedacht! Oba gut. I hob ma gedocht des könnt unverständlich sein. Könnti
502 ändern vielleicht.

503 *S1 füllt die Röntgenmeisterkarte aus.*

504 I: Schreib drunter 1+!

505 *S1 und I lachen.*

506 I: Sehr gut. Passt.

507 S1: Dankeschön.

508 I: Des woas donn eigentlich.

509 **Kurze Nachbesprechung:**

510 I: Also als erste Frog: Hot des Spaß gmocht, mit so einer Lernmappe zu arbeiten?

511 S1: Jo, des hot vül Spaß gmocht, also nit so wie, dass man nur mit der Lernmappe arbeiten
 512 muss, sondern auch Karten hat und Datenarchive und eine Materialbox, wo man
 513 Experimente machen kann.
 514 I: Und is so ein Unterricht jetzt im Vergleich zu am Unterricht, wenn du nur in einer Klasse
 515 sitzt und der Lehrer vorne steht und holt der klassische Unterricht. Is des interessanter für di
 516 allein zu arbeiten oder is des ondre a OK. Also wos is der Vergleich.
 517 S1: Also für mich persönlich is eigentlich fast das interessanter, weil man alles selber suchen
 518 kann und wenns unverständlich ist auch noch ein Experiment machen kann und eigentlich
 519 finde ich das mit der Lernmappe fast besser als den klassischen Unterricht.
 520 I: Könntest du da vorstellen, sowos in der Gruppe zu mochn?
 521 S1: Jo schon, do muas man halt ein bisschen organisieren und reden, aber das könnt ich mir
 522 schon vorstellen eigentlich.
 523 I: OK. Inhaltlich woas interessant?
 524 S1: Jo, also inhaltlich hats sehr viel Information gegeben, die auch sehr verständlich
 525 geschrieben war und könnt sich eigentlich für den normalen Unterricht auch eignen.
 526 I: OK. Und für di selber. Interessiert du di so für Strahlung.
 527 S1: Für Strahlung schon so irgendwie.
 528 I: Host du schon a Röntgenuntersuchung kobt? Host a Röntgenbild von dir sölba?
 529 S1: Jo amol wo i den Fuß verstaucht habe.
 530 I: OK. Und host des Gfühl, dass du jetzt wos dazua glernt host?
 531 S1: Jo auf jeden Foll, weil...
 532 I: Wos host ned gwusst und wos host vielleicht davor nicht gewusst und weißt du jetzt und
 533 wos host davor schon gwusst?
 534 S1: Also, davor hab ich eigentlich gewusst, welche unsichtbar sind, das ist eigentlich eh
 535 logisch und neu erfahren habe ich das mit den eV und für was es nützlich is und jo...
 536 I: OK. Mit den eV, wos meinst du mit eV?
 537 S1: Mit dem do, mit dem Energie 1000 eV-250000 eV?
 538 I: Dass es unterschiedliche Energien hat.
 539 S1: Jo.
 540 I: OK.
 541 S1: I hob schon gewusst, dass Infrarotstrahlung und UV-Strahlung ganz auf den anderen
 542 Seiten sind, aber so ganz genau...
 543 I: OK. Guat. Und den Versuch sölba, des host eh schon gsogt, des hot da gfoln, dass do wos
 544 mochn konnst.
 545 S1: Jo schon.
 546 I: OK. Sunst noch wos zum Versuch. Beim ersten Mol do host gmerkt, do host zu long
 547 gesprayed und noch dem ersten Mol host schon verstonn kobt wie man des am besten
 548 mocht.
 549 S1: Jo, weil beim ersten Mol, jo des erste Mol, jo...
 550 I: Wenn man des erste Mol a Spray in da Hond hot, is des abissi schwierig. Deswegen hobi
 551 genau diesen...
 552 S1: *Unverständlich.*
 553 I: Äh, woa irgendwos sehr schwierig und irgendwos sehr einfach? Oda woa olls so wie du`s...
 554 S1: Jo eigentlich woa alls verständlich und eigentlich wars für mich ganz spannend und
 555 eigentlich nicht schwer, sondern eher einfache (...) jo, es war eigentlich ganz eine feine
 556 Aufgabe sozusagen...
 557 I: Also du hast kein Problem gehabt jede Aufgabe zu lösen?
 558 S1: Nein.

559 I: Des hobi eigentlich eh gmerkt, stimmt!
560 OK. Eigentlich. Schließ ma des amol offiziell ob.

Transkript: Lautes Denken (T2)

Versuchsperson: Schülerin 2

Infos zur Versuchsperson: Schülerin einer 4. Klasse AHS in Klagenfurt (besucht die selbe Klasse wie Schüler 1).

Infos zum Setting: Das Laute Denken wird an dem Gymnasium durchgeführt, welches die Schülerin besucht. Als Raum dient der Physiksaal, der der Schülerin sehr gut bekannt ist, da der Physikunterricht meist dort stattfindet. Außer der Schülerin und dem Interviewer ist noch der Physiklehrer im Geräteraum nebenan, was der Schülerin aber nicht auffällt. Der Interviewer und die Schülerin kannten sich vor der Durchführung nicht. Die Schülerin hatte davor eine Deutsch-Schularbeit zum Thema Charakterisierung.

Beginn des Interviews: 11:25

Ende des Interviews: 12:45

Dauer der Aufzeichnung: 01:01:11

- 1 I: Start, passt nimmt auf. Kriegst (...) bekommst die Lernmappe und beginnst.
- 2 S2: *Liest.* Lernmappe zum Thema Röntgenstrahlung. Einleitung: Lies die folgende Einleitung
- 3 durch und folge den weiteren Anweisungen in den grauen Feldern.
- 4 Elektromagnetische Strahlung Strahlung sind Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit
- 5 ausbreiten und Energie transportieren. Man unterscheidet dabei verschiedene Formen von
- 6 elektromagnetischer Strahlung. Eine kennst du sicher noch schon, Sichtbare Strahlung, oft
- 7 einfach Licht genannt. Andere Strahlungsarten sind Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung,
- 8 UV-Strahlung, Gammastrahlung und Röntgenstrahlung. In dieser Lernmappe wirst du etwas
- 9 später die Röntgenstrahlung näher kennenlernen. Wenn du konzentriert und gut arbeitest,
- 10 wirst du am Ende auch verstehen, wie eine Röntgenuntersuchung, die z. B. bei
- 11 Knochenbrüchen angewendet wird, funktioniert.
- 12 Nimm die Röntgenmeisterkarte aus der Materialbox und lies durch wozu diese Karte dient.
- 13 Lege sie dann griffbereit auf den Tisch.
- 14 Was ist diese Röntgenmeisterkarte? Was ist das?
- 15 I: Jo, wo findest du sie?
- 16 S2: In da Materialbox. Ich nehme jetzt den Röntgenmeisterkarte aus der Box.
- 17 *Liest.* So sieht die Röntgenmeisterkarte von hinten aus. Auf der nächsten Seite wartet auf
- 18 dich die erste Hürde am Weg zum Röntgenmeister. Los geht's.
- 19 I: Jo, do, was muast du mit der mochn. *Deutet auf die Röntgenmeisterkarte.* Lies noch amol
- 20 den im grauen Feld nochamol durch.
- 21 S2: Lies durch wozu diese Karte dient. Do oda?
- 22 I: Jo, genau!
- 23 S2 *Liest.* Um Röntgenmeister zu werden muast du die vier Aufgaben in der Arbeitsmappe
- 24 lösen und die Ergebnisse von der Lehrperson kontrollieren lassen. Deine Punkte trägst du
- 25 dann unten in der Punktetabelle ein. Bei jeder Aufgabe kannst du bis zu 5 Punkten erreichen.
- 26 Hast du am Ende über 16 Punkte auf deinem Konto, kannst du dich Röntgenmeister nennen.
- 27 OK, Punktetabelle. Do gibt's Aufgabe, erreichte Punktezahl und Kontostand und die
- 28 Charakterkarte, die Zuordnung, das Sprayexperiment, die Röntgenuntersuchung. Viel Erfolg.
- 29 *Liest.* Auf der nächsten Seite wartet auf dich die erste Aufgabe am (...) Röntgenmeister.
- 30 *Blättert um.*
- 31 *Liest.* Erste Aufgabe: Die Charakterkarte. Material für diese Aufgabe: Charakterkarte
- 32 (Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Sichtbare Strahlung, Infrarotstrahlung), Archivbox.

33 Ähm. Sein de a do drin oder wie?
34 *I deutet auf die Lernmappe.*
35 S2: *Liest und lacht.* Suche die Charakterkarte zu den verschiedenen Strahlungen in der
36 Materialbox und lege die Karten vor dir auf den Tisch. So sehen sie von hinten aus.
37 Positioniere auch die Archivbox in der Reichweite.
38 *Steht auf.* Ich nehme jetzt die Charakterkarte aus der Materialbox und...
39 I: Lies amol genau: Charakterkarte oder...
40 S2: Charakterkarte, na. *Steht noch einmal auf.* ich nehme die anderen Karten auch aus der
41 Box und lege die Archivbox griffbereit.
42 I: Host die, also Archivbox host registriert? Is, jo?
43 S2 *stimmt zu.*
44 S2: *Liest.* Du hast verschiedene Eigenschaften wie Augenfarbe, Haarfarbe, besondere
45 Merkmale oder besondere Talente. Auf diese Weise unterscheidest du dich von anderen
46 Menschen. Auch die verschiedenen Formen der elektromagnetischen Strahlung
47 unterscheiden sich aufgrund von einigen (...) einiger Eigenschaften. Diese wirst du jetzt
48 kennenlernen!
49 Aufgabe: Lies langsam und sehr genau die einzelnen Charakterkarten durch. Du wirst bald
50 merken, dass die Chara- Karten Lücken haben und einige Eigenschaften fehlen. Fülle die
51 Lücken mit Hilfe der Archivbox!
52 Zusatzinformation: Die Archivbox ist ei- eine Sammlung von allen Informationen, die du
53 brauchst, um die Aufgabe zu lösen! Sie ist in drei Kategorien eingeteilt: Datenarchiv,
54 Wissensarchiv und Wechselwirkungsarchiv.
55 Wenn du fertig bist, gehe zur Lehrperson. Sie wird deine Lösung kontrollieren und die hier
56 (...) und dir hier deine Punkte eintragen.
57 *Nimmt eine Charakterkarte zur Hand.* OK, ich fange mit der Sichtbaren Strahlung an. Meine
58 Energie (...) is keine Ahnung oder...
59 I: Tua glei laut denken, also wos...
60 S2: Meine Energie. Ich weiß nicht was ich da hinschreiben soll. Und ich weiß auch nicht wo
61 ich das finde.
62 I: Du kannst, also schau amol die Aufgabe, wo findest du deine Informationen?
63 S2: In der Archivbox! Oba wo?
64 I: Keine Angst sie beißt nicht. *Lacht.*
65 S2 *sucht in der Archivbox.*
66 S2: Do steht irgendwos von Sichtbarer Strahlung. Do auch jo. Do glaub ich (...) do nur
67 Sichtbares Licht, oba i waß ned. Do steht nur sichbares Licht.
68 I: OK, gut dass des grad jetzt erkonnt host. Sichtbare Strahlung sollte do stehn, is oba des
69 gleiche.
70 S2: OK, passt! Also Datenarchiv. *Liest.* Im Datenarchiv findest du die Energiewerte von allen
71 elektromagnetischen Strahlungsformen. Die Energie wird in der Einheit Elektronenvolt (eV)
72 angegeben. Über diese Einheit wirst du in der Oberstufe noch viel lernen. Für dich ist aber
73 heute nur wichtig wie hoch die Zahlen sind.
74 Also bei da (...) die Sichtbare Strahlung (Licht) bezeichnet Energie besitzt Energien zwischen
75 1,6 e-Volt und 2,9 Elektronvolt.
76 Also 1,6 eV oder? *Schreibt.*
77 Ich habe das jetzt hingeschrieben und gehe zur nächsten Frage.
78 *Liest.* Bin ich für Menschen sichtbar?
79 Ja, ich bin für Menschen sichtbar. Ich bin ja das Licht.
80 Wie wechselwirke ich mit dem menschlichen Körper?

81 Ehm, ich les jetzt das Wechselwirkungsarchiv durch.

82 *Liest.* Im Wechselwirkungsarchiv kannst du nachlesen wie die verschiedenen

83 Strahlungsformen mit dem menschlichen Körper ver- wechselwirken.

84 I: Schweres Wort?

85 S2: Jo. *Lacht.*

86 *Liest.* Das Wort wechselwirken bedeutet in Kontakt treten oder sich berühren. Hier wird also

87 beschrieben, was mit der Strahlung passieren kann, wenn sie mit dem menschlichen Körper

88 in Kontakt kommt.

89 Jetzt lese ich das mit der Sichtbaren Strahlung durch.

90 *Liest.* Das Sichtbare Licht wird von der Haut zum größten Teil reflektiert (zurückgeworfen).

91 Ich schreibe jetzt meine Antwort hin.

92 I: Jo, passt!

93 S2: Das Sichtbare (...) also ich schreib das jetzt alles nur ab, weil das eine ziemlich lange

94 Antwort ist.

95 *Schreibt.*

96 Jetzt les ich die nächste Frage durch.

97 *Liest.* Muss man sich vor mir fürchten?

98 Nein ich bin ungefährlich! Einzig in ein zu helles Licht schauen schmerzt in den Augen.

99 Wobei könnte ich nützlich sein?

100 Jetzt les ich das Wissensarchiv durch. *Liest.* Im Wissensarchiv findest du zu jeder

101 Strahlungsform einen kurzen Text über die wichtigsten Fakten.

102 Jetzt les ich das mit der Sichtbaren Strahlung durch. *Liest.* Diese Strahlungsform ist auch

103 besser bekannt als das Licht. Die Sichtbare Strahlung ist wie der Name schon sagt, ist

104 sichtbar für das menschliche Auge. Sie ist aber die einzige Strahlungsform die wir sehen

105 können. Der Nutzen dieser Strahlungsform besteht also darin, dass man ohne Sichtbare

106 Strahlung gar nichts auf der Welt sehen kann. Im Gegensatz zur UV-Strahlung bringt sie auch

107 keinerlei Gefahren. Einzig in ein zu helles Licht, z. B. Sonne, schaut schmerzt in den Augen.

108 Also wobei kann ich nützlich sein. Ähm, der Nutzen besteht darin, dass ähm dass ohne

109 Sichtbare Strahlung ähm würden wir auf der Welt nichts sehen. Ohne ihr würden wir auf der

110 Erde nichts sehen.

111 I: Passt, jo.

112 S2 *schreibt.*

113 S2: So, OK. Also mit der ersten Karte bin ich fertig und (...) muss ich ihnen geben oder?

114 I: Aso zum kontrollieren, gut jo! Bei dir pass i jetzt eh auf und schau.

115 S2: OK. Ähm, donn Infrarotstrahlung. Und fong jetzt on. Meine Energie: 0,001 Elektron.

116 *Schaut im Datenarchiv nach.* Elektronenvolt. Bin ich für Menschen sichtbar? Ähm, das ist jetzt

117 glaub ich im Datenarchiv (...) und jetzt les ich das mit dem Infrarotstrahlung durch. *Liest.*

118 Infrarotstrahlung wird von der Haut absorbiert (aufgenommen), was in Form von

119 angenehmer Wärme spürbar ist.

120 Ähm, also die Infrarotstrahlung wird von der Haut absorbiert (aufgenommen), oder?

121 I: Bei welchem Punkt bist du jetzt?

122 S2: Aso!

123 *Nimmt das Wissensarchiv zur Hand.*

124 *Liest.* Die Infrarotstrahlung ist unsichtbar. Sie besitzt noch weniger Energie als Sichtbare

125 Strahlung. Deshalb ist sie ebenfalls ungefährlich. Die Energie ist gerade so hoch, dass sie sehr

126 gut für Therapie, z. B. in einer Infrarotsauna, verwendet werden kann.

127 Ähm, nein sie ist unsichtbar.

128 I: Passt.

129 *S2 schreibt die Antwort auf.*
130 *S2: Liest.* Wie wechselwirke ich mit dem menschlichen Körper?
131 Ich werde von der Haut absorbiert (aufgenommen). Man spürt das in Form von angenehmer
132 Wärme.
133 Muss man sich vor mir fürchten?
134 Ähm, nein sie ist ungefährlich, oder?
135 I: Brauchst du so oft mit mir noch fröhen. Olls was du steht (*deutet auf Archive*) stimmt, also passt
136 des, jo! Probier (...) weil ich kontrolliere dann eh danach.
137 *S2: Ajo, jo.*
138 *Schreibt die Antwort auf.*
139 *Liest.* Wobei könnte ich nützlich sein?
140 Ähm, ich glaube das ist bei. *Sucht passendes Archiv.* Also na du. *Nimmt Wissensarchiv.* Ähm
141 (...) sie ist sehr gut für Therapien.
142 I: Passt, jo.
143 *S2 schreibt die Antwort auf.*
144 *S2: Liest.* Welche sind meine besonderen Fähigkeiten?
145 Die Wärme hat eine therapeutische Wirkung.
146 OK ähm jetzt nimm ich die UV-Strahlung.
147 *Liest.* Meine Energie: 3,3 Elektronenvolt bis 1000 Elektronenvolt. Bin ich für Menschen
148 sichtbar?
149 Also ich lies jetzt ähm die, dass Wissensarchiv durch bei UV-Strahlung.
150 *Liest.* Die Sonne strahlt neben der sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung. UV-Strahlung
151 alleine ist für das menschliche Auge aber nicht sichtbar. Man kann sie nur an Auswirkungen
152 sehen.
153 *S2: Also ähm, sie ist unsichtbar?*
154 I: Jo.
155 *S2 schreibt die Antwort auf.*
156 *S2: Liest.* Wie wechselwirke ich mit dem menschlichen Körper?
157 Ich gelange in die obersten Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen).
158 Muss man sich vor mir fürchten?
159 Nicht wirklich. Wenn man aber zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann man Sonnenbrand
160 oder sogar Hautkrebs bekommen. Man kann sich aber schützen!
161 Wobei könnte ich nützlich sein?
162 Ähm, das ist auch beim Wissensarchiv.
163 *Liest.* Wenn die Haut nämlich zu viel UV-Strahlung abbekommt, kann dies zu Sonnenbrand
164 und später auch zu Hautkrebs führen. Deshalb sollte man sich schützen, z. B. mit
165 Sonnencreme. UV-Strahlung kann aber auch nützlich sein. Hautkrankheiten können durch
166 bestrahlte Bestrahlung behandelt werden oder Bakterien im Wasser können abgetötet
167 werden.
168 Also, ähm, bei Bestrahlung können Hautkrankheiten behandelt werden und Bakterien im
169 Wasser abgetötet werden.
170 *Schreibt die Antwort auf.*
171 I: Abissl zu wenig Platz gebn.
172 *S2: Jo, aber ich weiß nicht, ich schreibe generell so. Ähm, es kann sein das grammatikalisch und so*
173 *falsch ist, bin nicht so guad in Deutsch.*
174 I: Ist zum Glück jetzt nicht so wichtig.
175 *S2: Liest.* Welche sind meine besonderen Fähigkeiten?
176 Ich kann Bakterien im Wasser töten.

177 *Verwundert.* Des hobi schon hinschriebn...

178 OK, passt. Ähm, jetzt nehm ich die Röntgenka- Röntgenstrahlung und fang jetzt an.

179 Meine Energie. Das wird wieder beim Datenarchiv sein. Und jetzt lies ich das mit

180 Röntgenstrahlung durch. Ähm. *Liest.* Bei Röntgenstrahlung misst man Energie von Energien

181 von 1000 Elektronenvolt bis 250000 Elektronenvolt.

182 Meine Energie is also 1000 Elektronenvolt bis 250000 Elektronenvolt.

183 *Schreibt die Antwort auf.*

184 *Liest.* Bin ich für Menschen sichtbar?

185 Das wird wahrscheinlich wieder beim Wissensarchiv sein. Also ähm Röntgenstrahlung.

186 *Liest.* Röntgenstrahlung ist bekannt für den medizinischen Nutzen und die besondere

187 Fähigkeit den menschliche Körper aufgrund der hohen Energie durchdringen zu können. Sie

188 wird bei Röntgenuntersuchungen, z. B. bei Knochenbrüchen im Krankenhaus a- im

189 Krankenhaus angewendet. Da sie sehr viel Energie hat und unsichtbar ist sollte man

190 gewissenhaft mit ihr umgehen. Am besten man vermeidet zu viel Kontakt oder man schützt

191 sich z. B. mit einer Bleischürze.

192 Ähm (...) oba do steht nit ob des sichtbar is. Weat do goanit sein oda?

193 I: Lies noch amol genau.

194 S2: *Liest.* Röntgenstrahlung ist bekannt für den medizinischen Nutzen und die besonderen

195 Fähigkeit die besondere Fähigkeit, den menschliche Körper aufgrund der hohen Energie

196 durchdringen zu können. Sie wird bei Röntgenuntersuchungen, z. B. bei Knochenbrüchen im

197 Krankenhaus angewendet. Da sie sehr viel Energie hat und unsichtbar ist sollte man

198 gewissenhaft mit ihr umgehen. *Lacht.*

199 I: Passt.

200 S2 *schreibt die Antwort auf.*

201 S2: *Liest.* Wie wechselwirke ich mit dem menschlichen Körper?

202 Also das is wieder beim Wechselwirkungsarchiv. *Liest.* Die Röntgenstrahlung kann aufgrund

203 der sehr hohen Energie den menschlichen Körper durchdringen. Ein Teil kann aber auch

204 immer vom Körper absorbiert (aufgenommen) werden und gelangt somit nicht durch den

205 Körper hindurch.

206 Also die meiste geht durch den Körper durch, aber zum Teil wird sie auch absorbiert.

207 *I stimmt nickend zu.*

208 S2 *schreibt die Antwort auf.*

209 S2: *Liest.* Muss man sich vor mir fürchten? Ich habe sehr viel Energie. Daher muss man mit

210 gewissenhaft gewissenhaft mit mir umgehen und sich vor mir schützen.

211 Wobei könnte ich nützlich sein?

212 Hm, ähm. Das haben (...) beim Wissensarchiv (...) UV-Strahlung kann, also (...) sie wird bei

213 Röntgenuntersuchungen z. B. bei Knochenbrüchen im Krankenhaus angewendet. Ähm, sie

214 wird bei Knochenbrüchen verwendet?

215 *Schreibt die Antwort auf.*

216 Oba des is ned nützlich. Waß ned. Jo so erkennt man Knochenbrüche.

217 I: Jo, und warum is es nicht nützlich?

218 S2: Jo weil ma, weil du a Krebs kriagn konnst.

219 I: Hm.

220 S2: Jo also des, jetzt waßi ned...

221 I: Also du manst ähm...

222 S2: Jo i waß ned, so nützlich so jo des is nützlich, dass du holt des ähm dass du des nochan

223 sigst, dass du Knochenbrüche host, oba des is ned nützlich, dass du holt durchschaun konnst.

224 Also, dass du bei Knochenbrüchen (...) also des wird jo angewendet für Knochen- bei
 225 Knochenbrüchen.
 226 I: Genau.
 227 S2: Bei Knochenbrüchen, oba so erkennst du sie jo a. Und des is eh a nützlich? OK. (*lacht*) I
 228 waß ned. Sie wird bei Knochenbrüchen angewendet.
 229 I: Des passt, jo. Oba du host (...) wos host noch wegen Krebs gmeint?
 230 S2: Jo wenn du zu vül host und zu vül kriegst, donn konnst du jo Krebs kriagn oda so.
 231 I: Jo brauchst nur an Punkt zruck gehen. Do stehts eh, dass man aufpassen muas.
 232 S2: Jo.
 233 *Schreibt die Antwort auf.*
 234 *Liest.* Welche sind meine besonderen Fähigkeiten?
 235 Ich kann durch meine Energie durch den Körper hindurchdringen?
 236 I: Passt.
 237 *S2 schreibt die Antwort auf.*
 238 S2: Also i bin jetzt fertig und ja (...) und da, i waß ned des do...
 239 I: I bin die Lehrperson. Alles richtig. Passt.
 240 S2: *Liest.* Zweite Aufgabe: Die Zuordnung. Material: Charakterkarte (...) Charakterkarten.
 241 *Lacht.* Den physikalischen entscheidenden Unterschied unter den Strahlungsformen macht
 242 die Energie. Denn mit der Energie verändern sich auch die anderen Eigenschaften. Im
 243 sogenannten elektromagnetischen Spektrum sind die unterschiede- unterschiedlichen
 244 Strahlungsformen nach ihren Energiewerten geordnet.
 245 Aufgabe 1 Aufgabe Teil 1: Ordne die Charakterkarten dem elektromagnetischen Spektrum
 246 zu! Notiere dafür die passenden Strahlungsformen in den vorgefertigten Raster. Die
 247 Strahlungsformen mit der niedrigsten Energie (ganz links) und höchsten Energie (ganz
 248 rechts) sind schon zugeordnet. Anschließend kreise die korrekten Satzteile im Satzmuster
 249 ein.
 250 OK ich nehme jetzt die Charakterkarten und schau mir zuerst die Energie an und werde sie
 251 dann zuordnen. Ich lege die Karten so vor mich hin, so dass ich einen Überblick habe. Und
 252 die kleinste Energie ist jetzt zur Zeit die Infrarotstrahlung (...) ja. *Schreibt.* Der zweitkleinste is
 253 die Sichtbare Strahlung. *Schreibt.* Ähm, donn is, ähm, jo donn is die UV-Strahlung. *Schreibt.*
 254 Und die höchste zur Zeit is jetzt die Röntgenstrahlung. *Schreibt.* Und ich schätz, dass die
 255 Gammastrahlung die stärkste is.
 256 *Liest.* Anschließend kreise die korrekten Satzteile im Satzmuster ein.
 257 Satzmuster: Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu den anderen
 258 Strahlungsformen ein- eine hä (...) wos? Die Röntgenstrahlung transportiert im Vergleich zu
 259 den anderen Strahlungsformen eine eher hohe. *Kreist ein.* Energie! Nur die (...) nur die
 260 Gammastrahlung. *Kreist ein.* Is noch energiereicher! Blättere bitte um! Auf der nächsten
 261 Seite befindet sich der zweite Teil dieser Aufgabe.
 262 Ich kann die Charakterkarten weglegen.
 263 *Liest.* Aufgabe Teil 2: Nimm noch einmal die Charakterkarten zur Hand und lies auf jeder
 264 Karte die Antwort auf die Frage: Musst du dich vor mir fürchten? durch. Beschreibe dann in
 265 wenigen Sätzen, ob und wie gefährlich Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und
 266 Infrarotstrahlung sind. Die Satzanfänge dienen dir als Hilfe. Du kannst zusätzlich auch die
 267 Archive verwenden.
 268 Ich nehm jetzt die Charakterkarten und ähm versuche die Fragen zu beantworten.
 269 *Liest.* Wie gefährlich sind Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung.
 270 Röntgenstrahlung transportiert eine sehr hohe Energie, deshalb ist sie (...) deshalb muss man
 271 gewissenhaft mit ihr umgehen und sich vor ihr schützen.

272 *Schreibt die Antwort auf.*

273 *Liest.* Ein gewissenhafter Umgang mit Röntgenstrahlung ist also wichtig. Ja, ähm. Sehr viele

274 UV-Strahlung sehr viel UV-Strahlung ist auch schädlich? Ja ähm (...) sehr viel UV-Strahlung ist

275 auch nicht sehr gut da man dadurch Hautkrebs bekommen kann.

276 *Schreibt die Antwort auf.*

277 *Liest.* Mit Sonnencreme und Sonnenbrille ähm kann man sich vor ihr schützen.

278 *Schreibt die Antwort auf.*

279 *Liest.* Infrarotstrahlung transportiert sehr viel Energie...

280 I: Host des jetzt richtig glesn?

281 S2: Sehr wenig Energie. Deshalb ist sie ungefährlich? Steht do...

282 I: Wenns do steht, donn passt's. *Lacht*

283 *S2 schreibt die Antwort auf.*

284 S2: *Liest.* Es gilt also: Je höher die Energie, desto vorsichti- vorsichtiger sollte man mit

285 Strahlung umgehen. *Kreist „vorsichtiger“ ein.*

286 Erreichte Punktezahl...

287 I: 5.

288 S2: *Liest.* Dritte Aufgabe: Das Sprayexperiment. Material: Charakterkarte von

289 Röntgenstrahlung, Experimentmaterial (Spray, Netzquadrat, Poster), Röntgenbild.

290 Suche das Material in der Material-Box und platziere es vor dir auf den Tisch!

291 Ich brauch jetzt noch das Röntgenbild. *Steht auf und greift in die Material-Box.* Röntgenbild.

292 Ich lege jetzt vor mir hin. In den...

293 I: Host jetzt olls gfunden? Also, das ganze Material?

294 S2: Charakterkarte. *Nimmt die Charakterkarte in die Hand.* Und Spray. Wo is des Spray?

295 I: Olles is in der Materialbox.

296 *S2 steht auf und greift in die Material-Box.*

297 S2: Netzquadrate (...) und Poster.

298 I: Und jo OK, mochma so. I sog da nur, experimentieren wirst donn do. Hobma extra

299 hergerichtet. Oba moch weiter.

300 S2: Jojo. *Liest.* In den letzten beiden Aufgaben wirst du experimentell herausfinden, warum

301 Knochen auf diesem Röntgenbild hell sind und die Weichteile (Muskel-, Fett- und

302 Hautgewebe) dunkler. *S2 beachtet das Röntgenbild nicht.* Du hast aber gerade gelernt, dass

303 Röntgenstrahlung gefährlich sein kann, wenn man damit nicht richtig umgeht. Deshalb

304 dürfen wir beim Experiment keine echte Röntgenstrahlung verwenden. Wie lösen wir das

305 Problem? Wir ersetzen das Röntgengerät einfach mit einer Spraydose. Du kannst also

306 einfach so tun, als ob die Spray-Farbe, die aus der Spraydose strahlt, Röntgenstrahlung ist.

307 Aufgabe: Finde experimentell heraus, wie sich Spray-Farbe mit unterschiedlichen Materialien

308 (Netzquadrat) verhält, wenn es mit ihnen in Kon- in Kontakt kommt. Folge dafür der

309 Versuchsanleitung und löse anschließend die Satzmuster auf Seite 6!

310 Achtung! Verwende das Spray gewissenhaft und versuche den Tisch, den Boden, deine

311 Kleidung, die Wand rein zu halten und spraye auf keinen Fall auf Mitschüler!

312 Versuchsanleitung: Lege ein Poster auf den Tisch und verteile darauf die Netzquadrate

313 (Bezeichnung nach oben)! Schreibe die Bezeichnungen au- schreibe die Bezeichnungen auf

314 das Poster ab! Am besten direkt über das jeweilige Netzquadrat. Nimm das Spray in die

315 Hand und schüttele es. Ziele in die Mitte des Netzquadrates (...) des ersten Netzquadrates und

316 halte das Spray dabei ca. 20 cm vom Netzquadrat entfernt! Viertens: Erst jetzt darfst du

317 spraysen! Drücke nur einmal ganz kurz. NICHT LÄNGER spraysen! Lass dein Ergebnis von der

318 Lehrkraft kontrollieren! Führe dann Punkt 3 und 4 für alle Netzquadrate durch!

319 OK, ähm. Ich werd das jetzt machen. Also erster muss ich ja das Poster auf den Tisch legen.
320 *Legt das Poster auf den Tisch.* Ähm (...) jetzt nimm ich die Netzquadrate raus (...) und (...)
321 Fliegennetz- ähm is da, Papiermaterial, Fliegennetzmaterial 2 und Strumpfmateriel. Ähm,
322 jetzt tu ich Fliegennetzmaterial 1, Fliegennetzmaterial 2 (...) also Fliegennetz? *Schwer*
323 *leserlich.*
324 I: Stimmt, jo, genau.
325 S2: Dann tu ich Papiermaterial her und Strumpf- (...) Strumpfmateriel. Ähm (...) jetzt muss ich
326 die Bezeichnungen (...) ähm (...) neben die Netzquadrate schreiben.
327 *Schreibt die Bezeichnungen auf das Poster ab.*
328 Dann geb ich da irgendwo das Fliegennetzmaterial 2 hin. Ähm dann kommt das
329 Papiermaterial. Und zuletzt das Strumpfhosenmaterial.
330 Hm jetzt hab ich alles hingeschrieben und jetzt nimm ich die Spraydose. *Fängt gleich schütteln*
331 *an.*
332 I: Genau befolgen nochamol. Äh, einzig geh von der Seiten, dass du abissl weiter weg bist.
333 Weil wenn du zu nahe sprayst, kann sein dass abissl (...). I würd die Versuchsanleitung noch
334 zu dir nehmen, weil do san noch zwa drei Schritte, die du am besten Schrittweise
335 durcharbeitest. Bis jetzt host supa Schrittweise gmocht, moch weiter so.
336 S2: *Liest.* Schreib die Bezeichnung auf das Poster ab. Am besten direkt über das jeweilige
337 Netzquadrat. Nimm das Spray in die Hand und schüttle es. Ziele in die Mitte des ersten
338 Netzquadrates und halte das Spray dabei ca. 20 cm. *Schüttelt das Spray.* Ich nimm jetzt den
339 Spray und halte es ca. 20 cm vom Netzquadrat entfernt.
340 I: Etwas niedriger noch.
341 *S2 sprayt.*
342 I: Passt.
343 S2: Und...*unverständlich.*
344 *S2 schüttelt wieder.*
345 I: Nächster Punkt is noch wos!
346 S2: Jo i soll des Dings da (...) von der Lehrkraft kontrollieren lassen.
347 I: Jo i schau amol ob des (...) weil es kann sein, dass es, dass igendwos ned so guat gongen is,
348 oba schaut amol guat aus.
349 *S2 schüttelt und sprayt.*
350 I: OK, passt.
351 S2: Und jetzt noch auf dem Papiermaterial.
352 *Schüttelt und sprayt.*
353 I: Passt.
354 *S2 sprayt.*
355 I: Passt.
356 *S2 legt das Spray weg.*
357 S2: I les ma jetzt die andere Seite durch. *Liest.* Nimm die Netzquadrate vom Zeichenpapier
358 und löse die Satzmuster indem du genau beobachtet was auf dem Zeichenpapier unter der
359 jeweiligen Bezeichnung entstanden ist.
360 I: I hülff das dabei, leg ma`s do her. *S2 und I nehmen die Netzquadrate ab.* Gut.
361 S2: Unterm Papiermaterial is goanix.
362 I: Jawohl, gut erkannt!
363 S2: Ähm. *Liest.* Indem du genau beobachtest was unter dem Zeichenpapier unter jeweiligen
364 Bezeichnungen entstanden ist ja.
365 Satzmuster: Eins. Das Strumpfmateriel lässt (...) ähm. Das Strumpfmateriel is das da. Lässt
366 weniger Spray-Farbe durch als/wie das die Flie- Fliegennetzmaterial 1. Is weniger. *Kreist*

367 „weniger“ ein. Das Fliegennetzmaterial 1 lässt ähm (...) lässt we- mehr Spray-Farbe durch
368 als/wie das Fliegenmaterial 2. *Kreist „mehr“ ein.* Ähm. Papiermaterial (...) lässt am wenigsten
369 Spray-Farbe durch. Die gesamte Spray-Farbe wird dabei vom (...) ähm vom Material
370 zurückgeworfen glabi, oder? Von dem do. Von dem do, weils ned drauf is oder. Oder
371 absorbiert? (*lacht*)
372 I: Überleg da jetzt sölba.
373 S2: Aso do, aufgenommen.
374 I: Warum?
375 S2: Jo, weil des ned durchgeht.
376 I: Weil's ned durchgeht und jo, wie sigst du jetzt (...) wie erkennst du, dass es aufgenommen
377 worden is?
378 S2: Jo weil's drauf bleibt.
379 I: Genau.
380 S2 *kreist „Papiermaterial“ und „aufgenommen (absorbiert)“ ein.*
381 S2: *Liest.* Aus diesen Beobachtungen lässt sich ableiten: Je dichter die Materialstruktur, desto
382 weniger Spray-Farbe geht durch. *Kreist „dichter“ ein.* Ah, do unten Netzartige
383 Materialstrukturen und Papier.
384 I: Wos woa des ah? Des würdi jetzt gern...
385 S2: Hm?
386 I: Du host jetzt grad „ah“ gsogt! Wos host grad erkannt?
387 S2: Jo, dass die Knochen holt mehr Materialstruktur hobn als des ondere...
388 I: OK, passt.
389 S2: *Liest.* Je dicker die Materialschicht, desto ähm (...) weniger Farbe geht durch, Spray-Farbe
390 oda? Desto weniger (...) je dicker die Materialschicht.
391 I: Hm, wie erkennst du des, wo erkennst du des?
392 S2: Jo weil des dichter is und do host mehr Löcher drinnen!
393 I: Des is Dichte, jo.
394 S2: Jo!
395 I: Wie is mit der Dicke?
396 S2: Aha. Je dicker die (...), desto mehr geht durch?
397 I: Äh, also. Es kann richtig sein! Nur jetzt, i wüls nur wissen ob du des do irgendwo erkennst.
398 *Zeigt auf das Poster.*
399 S2: Waß ned, do is wohrscheinlich dicker? *Zeigt auf ein Netzquadrat.* Oder vielleicht doch
400 ned?
401 I: Überleg amol. Also, wos host als Antwort schreiben wolln? Des woa richtig!
402 S2: Mehr? Äh, weniger meini!
403 I: Genau, schreib amol. Also is richtig jetzt! Jetzt würdi oba nur gern noch wissen sigst du des
404 irgendwo am Experiment? Würdest du des...
405 S2 *kreist „weniger“ ein.*
406 S2: Waß ned. I glab ned na. Waßi ned i sigs grad ned. I waß ned de is jo schon dicker oder?
407 I: Als?
408 S2: Doch ned. Waßi ned. Weil des is dünner wie dos oder? Losst oba mehr durch. Waßi ned
409 sigi ned na.
410 I: Tipp vielleicht vergleich vielleicht die zwa gleichen Materialien. Du host zwa Mol des
411 gleiche Material.
412 S2: Jo, Fliegennetzmaterial.
413 I: Genau. Wos is der Unterschied zwischen denen zwei?
414 S2: Doss der dicker is? Weil des doppelt is.

415 I: Genau! OK.

416 S2: OK, jetzt waß i's! *Freut sich.*

417 I: Jo, mit Hülfe funktioniert's!

418 S2: OK passt bin fertig.

419 I: Guat erkonnt jo! Jo, äh, jetzt bin i wieder dron.

420 S2: Do is abissl schworz.

421 I: Jo, des geht gonz leicht runter. Des tua ma.

422 S2: Jo passt schon.

423 I: Des is nämlich Kreidespray.

424 S2: Ah.

425 I: Des is Kreidenmaterial. Des geht leicht oba.

426 S2: Cool.

427 I: Gut. Eine Aufgabe host noch. Äh, du konnst gern (...) wosch da die Händ kurz...

428 *S2 wäscht sich die Hände.*

429 S2: OK.

430 I: Gut.

431 S2: *Liest.* Vierte Aufgabe: Die Röntgenuntersuchung. In dieser Aufgabe werden zwei Fragen

432 endgültig beantwortet: Wie funktioniert eine Röntgenuntersuchung? Warum sind Knochen

433 auf dem Röntgenbild hell und die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe) dunkler?

434 *(unverständlich)* Waß ned! Die Knochen nehmen nocha des Dings auf oder? Die

435 Röntgenstrahlung oda?

436 I: Genau.

437 S2: Des ondare (...) mehr durchlossn oda?

438 S2: *Liest.* Die Antwort auf diese erste Frage kannst du hier nachlesen!

439 Die Röntgenuntersuchung funktioniert fast so, wie das Experiment in der 3. Aufgabe! Spray-

440 Farbe kann unsere Netzquadrate durchdringen. So ähnlich schafft es die Röntgenstrahlung

441 wegen der hohen Energie auch, den menschlichen Körper zu durchdringen. Beim Experiment

442 haben wir die Farbe auf der anderen Seite des Materials mit einem Zeichenpapier

443 aufgefangen. Bei der Röntgenuntersuchung befindet sich hinter deinem Körper der

444 sogenannte Röntgen-Film, der schwarz wird, wenn Röntgenstrahlung auf ihn trifft.

445 Die Antwort auf die zweite Frage sollst du nun selber finden!

446 Aufgabe: Welche, der in der 3. Aufgabe getesteten Materiale Materialien, eignen sich als

447 Modell für Knochen und welche für die Weichteile (Muskel-, Fett- und Hautgewebe)? Fülle

448 die Tabelle aus und begründe deine Entscheidung auf Seite 8!

449 Zusatzinformation: Ein Modell ist ein vereinfachtes Abbild der Wirkung Wirklichkeit. Die

450 Spray-Farbe in der 3. Aufgabe ist zum Beispiel ein Modell für die Röntgenstrahlung.

451 OK. Ähm. *Schaut sich die Tabelle an.* Realität: Röntgengerät – Modell: Spraydose.

452 Röntgenstrahlung – Spray-Farbe. Knochen – Papiermaterial?

453 I: Des is deine Aufgabe, jo. Wos du, wos du mochn wülst.

454 *S2 schreibt „Papiermaterial“ in die Tabelle.*

455 S2: Weichteile – olle ondand Materialien?

456 *Schreibt „Fliegennetzmaterial 1 und 2, Strumpfhosenmaterial“ in die Tabelle.*

457 I: Kurze Froge: Warum nimmst du olle drei? Also des passt (...) des is supa...

458 S2: Weil olle durchglossn hobn?

459 I: Genau, OK. Oba verschieden viel.

460 S2: Jo.

461 I: OK, na passt.

462 S2: Des tuat wohrscheinlich a verschieden viel durchlossn oda?

463 I: Hm stimmt.

464 S2: *Liest.* Begründung: Als Modell für die Knochen habe ich ähm Papiermaterial gewählt

465 *Schreibt „Papiermaterial“ auf.* Gewählt, weil (...) es nichts durchlässt. *Schreibt „es keine*

466 *Farbe durchlässt“ auf).* Als Modell für die Weichteile habe ich alle anderen genommen.

467 I: Jo, schreib eine: alle anderen.

468 S2 *schreibt „alle anderen“ und „sie alle Farbe durchgelassen haben“ in die Lücken.*

469 I: Wos host du gschriebn jetzt her?

470 S2: Weil sie alle Farbe durchgelassen haben.

471 I: OK.

472 S2 *Liest.* Du kannst natürlich auch selbst noch etwas schreiben, wenn du willst.

473 I: Wenn du irgendwas noch...

474 S2: Folgt ma grad nit so ein wos.

475 I: Passt, OK.

476 S2: Waßi ned. OK.

477 I: Punktzahl. Passt.

478 S2: Do muasi a noch irgendwas do eintrogn oda? *Nimmt die Röntgenmeisterkarte in die*

479 *Hand und liest.* Um Röntgenmeister zu werden, musst du dir die vier Aufgaben in der

480 Arbeitsmappe lösen und die Erei- Ergebnisse von der Lehrperson kontrollieren lassen! Deine

481 Punkte trägst du dann unten in der Punktetabelle ein. Bei jeder Aufgabe kannst du bis zu 5

482 Punkten erreichen. Hast du am Ende über 16 Punkte auf deinem Konto, kannst du dich

483 Röntgenmeister nennen!

484 OK. Aufgaben: Die Charakterkarten.

485 Also des is des do, wohrscheinlich. Jo, hobi 5 Punkte erreicht. Einfach nur 5 hinschreiben

486 oder und Kontostand, waß ned wos Kontostand is?

487 I: Hot schon Schüler1 den einwond kobt. Des werdi noch verändern.

488 S2: OK.

489 I: Ehm, des hast so du host 5 – jetzt host 5. Wenn jetzt wieder 5 kriegst, host donn 10...

490 S2: Aso! OK.

491 I: I hobs logisch gfundn. *Beide lachen.* Ihr belehrt mich eines besseren.

492 S2: I waß ned.

493 I: Jo es is...

494 S2: Waß ned Kontostand i waß ned...

495 I: Jo, passt.

496 S2: So, wenn i's jetzt waß is es schon logisch, oba...

497 I: Jojo, is gscheider erreichte Punkte und am Ende Ergebnis. Mocht mehr Sinn.

498 S2: OK. OK, passt.

499 I: Gut, sehr gut. Schließ ma des ab. Wenn du noch abissl Zeit host (...). Drum, i hätt do noch

500 apoa Frogn vorbereitet, dass ma kurz noch amol darüber redn wenn du wüllst.

501 S2: Jo.

502 **Kurze Nachbesprechung:**

503 I: Grundsätzlich, hot's holbswechs Spaß gmocht mit so ana Lernmappe zu orbeiten?

504 S2: Jo, schon. Oba i waß ned, do bei den Dings. *Deutet auf die Charakterkarten.* Dos woa, i

505 waß ned des wär cooler gwesn, wenn i de also de schon do stehn, die hätt i a gern

506 nochgschaut so. Weil i waß ned. De hätt i gern liaba nochgschaut. Also sölba aufgschriebn,

507 als dass de schon do stehn...

508 I: Hättest gern alle leer kobt?

509 S2: Jo.

510 I: Olle leer, OK.

511 S2: Und anfoch nur olle nochschaun. Weil do steht schon so und i hätt liaba olle
 512 nochgschaut!
 513 I: Also wirklich von olle Koatn olle?
 514 S2: Jo.
 515 I: Jo, des is möglich äh is holt abissl zeitaufwändiger.
 516 S2: Jo, is trotzdem besser find i.
 517 I: OK, passt, jo. Des wundert mi, dass Schüler monchmol, also dass Schüler mehr Orbeit
 518 hoben wolln als...
 519 S2: Jo, waß ned findi cooler irgendwie.
 520 I: Jo, passt guat. Ähm und im Vergleich zu i nimm on sowos, so an Unterricht, so a
 521 Lernmappe host noch nit so oft bearbeitet.
 522 S2: Na, oba des woa cooler als wenn der Lehrer mir des so erklärn würd.
 523 I: Jetzt oba trotzdem: I hob oba bei dir gmerkt, dass du immer aufschaut und immer frogst
 524 „passt?passt?“
 525 S2: Jo, i bin so unsicher.
 526 I: Würdest du des a mochn wenn i (...) also wos würdest du mochn wenn i ned do sitzen
 527 würd?
 528 S2: Donn würdi`s nit mochn.
 529 I: Würdest anfoch hinschreiben und...
 530 S2: Jo. Is a bei der Schularbeit so. Schreibi anfoch hin. Oba wenn der gleiche a bei ana
 531 Schularbeit so wär und der Lehrer dabei, donn würd i die gonze Zeit frogn, weil waß nit.
 532 I: OK jo passt. Weil i muas jetz nur einordnen, wie i meine Hilfe jetz do (...) also mit in die in
 533 die Erhebung nimm. Ähm, wie gfoln dir die Inhalte, also wie woa Strahlung,
 534 elektromagnetische Strahlung, Röntgenstrahlung, also wie is des?
 535 S2: Cool! Findi cool Röntgenstrahlung.
 536 I: Weil?
 537 S2: Jo waß nit findi cool. Also i möchte sölba irgendwos mochn mit Medizin nocha und
 538 Röntgenstrahlung...
 539 I: Jo. Und host des gfühl, dass wos glernt host?
 540 S2: Jo schon.
 541 I: Host du schon wos gwusst? Host du wos neu erfohrn?
 542 S2: Also, i hob schon von UV-Strahlung gwusst, dass du holt so, wenn du zu viel kriegst donn
 543 kriegst wohrscheinlich Hautkrebs und so, und dass Röntgenstrahlung a ned so guat is, oba i
 544 hob ned gwusst, dass Infrarotstrahlung und Sichtbare Strahlung un- un- ungefährlich sein,
 545 weil i hob gedocht, dass Infrarotstrahlung doch gefährlich is...
 546 I: Oba sichtbares nicht?
 547 S2: Jo.
 548 I: Oba bei sichtbarem host schon gwusst, dass nicht gefährlich is?
 549 S2: Jo, des schon. Also, jo oba i hob trotzdem wos glernt glabi.
 550 I: Hm, jojo OK. Und bei Gefährlichkeit (...) und so z. B. bei Sichtbarkeit. Weil do i waß, Schüler
 551 1 hot do z. B. monchmol schon sölba a Idee kobt. Schon sölba irgendwos gsogt und du, eh
 552 richtig, host gschaut wos im Wissensarchiv steht, des is der Sinn der Soche. Oba hättest des
 553 schon im Vorhinein die Sichtbarkeit gwusst, oda...
 554 S2: Also do hobi glabi (...) ähm do des hobi gwusst.
 555 I: UV host gwusst.
 556 S2: Also des hätti jetz nit so gsogt, dass es sichtbar is, also Sichtbare Strahlung es heißt ja
 557 schon so, oba i hätt jetz nit gsogt, dass die Sichtbare Strahlung ähm, dass man die Strahlung
 558 sigt, sondern nur das Licht. So i waß ned.

559 I: OK.

560 S2: Röntgenstrahlung hobi gwusst, dass es nit Dings is und Infrarotstrahlung hobi gedocht,
561 dass es sichtbar is waß ned.

562 I: Also rotes Licht?

563 S2: Jo.

564 I: Jojo is oft denkt man oft. Hobi a gedocht als Schüler. Konnst ma vielleicht so in ein, zwei,
565 drei Sätzen kurz sogn: Wos woa des wichtigste eigentlich von dieser wos denkst du, wollt i
566 jetzt dir damit beibringen? Jetzt bezogen eher auf die Röntgen. Do, OK, des sind jetzt die
567 allgemeinen Strahlungen...

568 S2: Bei Röntgenstrahlung? Waß ned des, i glab des mit dem Ding, wie des funktioniert.

569 I: Jo, wie funktioniert?

570 S2: Jo, ehm, also die UV-Strahlung wird holt auf den Körper gstrahlt und diese Knochen
571 haben holt mehr Materialdichte, also mehr Materialdichte oder so und tuan (...)
572 aufnehmen und darum sigt man de. Und de ond an holt weniger Materialdichte und
573 tuan de holt durch lossn, die UV-Strahlung, äh Röntgenstrahlung.

574 I: Jo, so, des is eigentlich da des is die Quintessenz dieser Stunde. Gut, jo. OK du host ma eh
575 schon gsagt (...) jo, wos hot da am besten gfoln? Oda wos hot da goanet gfoln?

576 S2 *deutet auf das Poster.*

577 I: Also der Versuch?

578 S2: Jo. Versuch und dass i do holt nachschaun hob kennen, weil des mochi gern so
579 nachschaun. So lesen hobi nit so lust so irgend an Text durchlesn, oba wenni des jetzt so hob,
580 dassi selber schau konn findi cooler.

581 I: Eher Kurze Texte, kompakt?

582 S2: Jo, so.

583 I: Und der Versuch, hilft der zum Verständnis von dem?

584 S2: Schon, jo.

585 I: OK. Host irgendwo Schwierigkeiten kobt? Konni eigentlich selber überlegen. Nit so wirklich
586 oder?

587 S2: Na. Waß nit, i glab nit so. Na, na eigentlich nit. I hob holt beim Lesen Probleme, weil i bin
588 immer so unkonzentriert. Des is a so bei der Schularbeit des Problem, dass i des immer so
589 durchlies und donn is meistens hobi folsch glesn und donn is es holt und donn überflieg i
590 wos und des hobi donn nit in der Schularbeit, weil i des nit realisiert hob oda so.

591 I: Sonst noch, außer des komplett leer mochn, noch Tipps, wos es noch interessanter mochn
592 würd oder aufregender?

593 S2: Also, ähm. I glab, i waß es nit, des is für mi jetzt so: Bin ich für Menschen sichtbar? I
594 würd so persönlich eher frogn: Ist sie für Menschen sichtbar? Weil Infrarotstrahlung, man
595 schreibt jo donn a: Nein, sie ist nicht sichtbar. Nit so: Nein, ich bin nicht sichtbar. Des würd i
596 jetzt so. waßi ned.

597 I: Hobi a überlegt jo.

598 S2: Oba sunst find i es eigentlich cool!

599 I: OK.

600 S2: Würd i a gern in der Schul hobl so.

601 I: Schon?

602 S2: Jo.

603 I: Könntest da des jetzt (...) in der Schul is holt schwierig, dass des jetzt jeder einzeln mocht.
604 Könntest da vorstellt in ana Gruppe in ana Gruppenarbeit des zu mochn? Zu viert, oder so?

605 S2: Jo wär cool, weil nocha könnt ma so gegenseitig so schaun und verbessern. Also donn
606 könnt ma olle so gemeinsom schaun so. I glab, donn würde man a viel lernen dabei, weil du
607 jo selber schaun musst und so.
608 I: Gut donn schließ ma`s ob. Dankesehr.

Interview mit der Lehrkraft nach der Testung (T3)

LK...Lehrkraft

I...Interviewer (Ich)

- 1 I: Feedback zur Stunde allgemein amol anfoch, wos Ihnen aufgfoln is.
- 2 LK: Jo also, ehm, i sag amal wie ich es erlebt hab. Die Klasse hat relativ gut und ruhig
- 3 gearbeitet, was bei den Burschen oft nicht der Fall ist, die müssen beschäftigt sein. Also
- 4 insofern denk ich ma, dass des Material ganz gut hingehaut hat. Ähm, für mich selber wars
- 5 so wie es derzeit angedacht ist eher stressig, weil ich die Karten, also den Auftrag hatte diese
- 6 ausgefüllten Arbeitsblätter gleich zu kontrollieren und da war ich wirklich mit den 13
- 7 Schülern an meiner Grenze. Mit einer ganzen Klasse, 20, 25, kann ich mir das nicht
- 8 vorstellen, vor allem weil ich mir zum Korrigieren immer gern Zeit lasse und das einfach in
- 9 Ruhe durchlese, den Schülern auch gerecht werden. Äh, jo und wonn sie ned die Station zum
- 10 Sprühen beaufsichtigt hätten, wär das gar nicht gegangen, ja. Das heißt, äh, prinzipiell ist es
- 11 denk ich auch möglich, dass man diese Auswertung durch den Lehrer dann später macht,
- 12 man muss des jo ned gleich kontrollieren.
- 13 I: Aso!
- 14 LK: Ich denk, dass das auch möglich ist, dass die Schüler die 4 Aufgaben bearbeiten, man
- 15 sammelt ab, schaut sich das am Nachmittag gemütlich an und bespricht dann auch vielleicht
- 16 erst nächste Stunde nach, weil dann sieht man, wenn Schwierigkeiten waren, wo
- 17 Schwierigkeiten waren.
- 18 I: Jo des wär genau a Punkt gwesn, ob's zu viel Stau, ob zu viele habe warten müssen. I glaub
- 19 des warten is ned des Problem?
- 20 LK: Des warten glaubi woa jetzt ned wirklich des Problem!
- 21 I: Oba hobi eh gsehn, sie konnten eigentlich goaned aufs Experiment schau. Donn hob holt i
- 22 ongfongen abissl zu schau.
- 23 LK: Genau, und, und, genau, und abgesehn vom Experiment, manchmal, ich denk wenn man
- 24 schon solche Sachen macht, wo man Material vorbereitet hat und das heißt, dass das
- 25 Unterrichten selbst jetzt nicht mehr viel Aufwand ist, äh, man muss ned drinen steht und die
- 26 ganze Stunde irgendwie was reden, dann könnte man die Zeit wenigstens nutzen und mit
- 27 den Schülern so Gespräche zu führen und da über Dinge zu diskutieren und so, da könnte
- 28 man die Zeit einfach besser nutzen, als zu korrigieren während der Stunde.
- 29 I: I glaub des konni, i glaub des werdi noch ändern.
- 30 LK: Sonst hat's eigentlich gut gepasst und die Kinder haben sich ausgekannt und...
- 31 I: Jo, i hob eh einpaar Frogn die sie gstellt hobn, die hobi ma aufgschriebn. Is sunst noch
- 32 irgendwo a Frog aufgetaucht, die irgendwie interessant wär?
- 33 LK: Na, weil den anen, den den Felix, den hab ich dann eh zu Ihnen gschickt, weil der das mit
- 34 dem Netz so völlig falsch verstanden hat.
- 35 I: So wie sie.
- 36 LK: Jo genau, so wie die Iris am Schluss jetzt genau, ähm...
- 37 I: Könnte man fast als Schülervorstellung...

38 LK: Jo weiß ich nicht, aber deswegen hab ich, also ich hab ihn nicht zu Ihnen geschickt, damit
39 sie mir jetzt die Arbeit abnehmen, sondern ich wollt dass sie des, ich hab des interessant
40 gefunden und wollt, dass Sie des das miterleben, was sich der denkt der Bursche.

41 I: Mit dem Hinweis auf's Experiment und wirklich dass i ihm erklärt hob, wie viel ist da
42 durchgegangen, hot er donn erkonnt: A jo OK, is doch umgekehrt! So wie es eigentlich
43 gefragt war.

44 LK: Jo, also i hob des Gfühl kabt, dass er sozusagen zu sehr in einer Mikrostruktur gedacht
45 hat und nicht so sehr in dieser Globalstruktur. Also schworz bedeutet, was auch immer des
46 schwarz oder dieses hellgrau oder dunkelgrau oder mittelgrau oder was a immer verursacht,
47 ähm, bedeutet halt eine gewisse Abschattierung Punkt aus und der hat halt wirklich die
48 Mikrostruktur analysiert. Ja, das ist interessant einfach der Zugang, ja. Es war aber nicht nur
49 einer, es waren zwei und die dritte, zweieinhalb, die dritte hat das dann glaub ich selbst im
50 Gespräch mit ihren Schulkollegen hingekriegt.

51 I: Jo OK.

52 LK: Oder halt sie ist dort hin gekommen, wo wir es haben wollten.

53 I: Ja.

54 LK: Ja.

55 I: Ähm, sunst wär für die Lernmappe, is ma donn aufgfoln hobi gor kane Lösungen, oba des
56 woa kein Problem?

57 LK: Des is ma auch aufgefallen. Ich hab mir nämlich gedacht, ich hab mich echt nicht wirklich
58 gut vorbereitet auf die Stunde, weil ich mir gedacht hab: Ja, wir haben das jetzt eh
59 besprochen und i waß des eh noch olles. Und donn druck i ma den Zettel von Ihnen aus und
60 les den schnell durch. Dann is mir was dazwischen gekomme, i hab supplieren müssen und
61 so. Dann hab i ma den halben Zettel in der anen Pause durchglesen und den halben Zettel in
62 der anderen Pause. Also ich hätt mich ein bisschen besser vorbereiten können und jetzt hobi
63 ma schon docht: Und die Lösungen für die Arbeitsblätter?

64 I: Jo.

65 LK: OK, aber da gibt's keine? Und ja.

66 I: I hob noch kane gmocht.

67 LK: Jo, is aber trotzdem.

68 I: Is oba glabi gongen, oder?

69 LK: Ja es is schon gegangen.

70 I: Weil es is ziemlich. Außer zum Sprayexperiment, oba des homs donn wohrscheinlich a,
71 jeder is mit seinem/mit ihrem Experiment gekommen...

72 LK: Ja das hab ich dann schon gecheckt, ja.

73 I: Ja, oba des könnti vielleicht mochn, dass i do noch a Lösungsblatt moch.

74 Und, äh, hot's irgendwie Probleme mit der Dicke gegeben? Hobn do, hot do. I werd donn eh
75 sehn wos die Resultate sant, oba hot do irgendwer einen Einwand kobt?

76 LK: Na.

77 I: Hobn olle erkonnt, dass Unterschied zwischen einschichtig und dreischichtig ist?

78 LK: Ja, ja, i glaub des war ganz gut, ja.

79 I: Weil des woa des Problem bei der Vortestung. De hobn bade ned erkonnt, was jetz der
80 Unterschied zwischen de zwa Netzstrukturen is.

81 LK: Aso na, wär ma nicht auffalln.

82 I: I hob holt einschichtig und dreischichtig ergänzt und scheinboa woa des jetz die Lösung.

83 LK: Woa scheinboa guad.

84 I: Weil hobi darauf geochtet oba irgendwie is nie wos kummen.

85 LK: Eine Schülerin hat geschrieben einsichtig.

86 I: OK, jo do is eigentlich eh olls beantwortet wos mir jetz a auffalln is. Und apoa Sochn de
87 noch zu mochn sant, oba grundsätzlich...

88 LK: Jo und wos is noch zu mochn glauben Sie?

89 I: Ähm, Lösungen für die Lernmappe.

90 LK: Ja OK, jo.

91 I: Donn, äh, aso dass man eben die Kontrolle auslagert aus der eigentlichen Stund. Dass man
92 ned währenddessen mocht und dass die Lehrkraft sich donn wirklich auf den
93 Experimentiertisch konzentriern konn, weil do woa schon aniges, wos i hob sogn müssen. I
94 hob ma do aufgschriebn, wos i fia Hinweise hob geben müssen.

95 LK: Jo, jo.

96 I: Des is schon a Liste. Klanigkeiten.

97 LK: Eine andere Möglichkeit wäre es, dass man quasi Lösungen so foliert oder wos a immer
98 und aushängt und die Schüler Selbstkontrolle machen. Also das wär grad bei diesen
99 Aufgaben teilweise auch ganz gut, also teilweise würds funktioniern. Allerdings wo's einen
100 Text ausfüllen müssen, das is dann vielleicht schon besser wenn das jemand liest, also ähm,
101 ich glaube dass sie unter Umständen den Unterschied zwischen der korrekten Lösung und
102 ihrer vielleicht eventuell nicht korrekten Lösung gar nicht so herausfinden.

103 I: Genau und des is überhaupt bei den Charakterkarten hobi gsehn war einfach nur „nein,
104 nein“. Also sichtbar? „nein“.

105 LK: Ja.

106 I: Es is. Gewünscht wär, dass a Sotz is.

107 LK: Ja gut, allerdings der Satz is jetz in der Lösung auch nicht so wahnsinnig aussagekräftig.

108 I: Eh ned, eh ned. Drum...

109 LK: Aber zum Beispiel bei den, bei der letzten Aufgabe, bei der Begründung warum sie
110 welches Material nehmen, da hab ich halt schon darauf geachtet, dass das Wort
111 „durchgelassen“ oder halt „absorbiert“ oder was auch immer vorkommt, ja also, dass das
112 wirklich die Begründung ist.

113 I: Jo, des muas i ma eh noch onschau.

114 LK: Ja das, ja.

115 I: Ah jo genau, nur der Strumpf is verklebt hinten beim Experiment abissl.

116 LK: Aha.

117 I: Oba beim Tester viel mehr, weil do viel mehrere draufgesprayt haben.

118 LK: Jo.

119 I: Und wenn man zusätzlich den Hinweis gibt: Jo sprayts ned genau auf die nasse Stelle, donn
120 geht's wieder. Und nachdem der Strumpf genau der sein soll, der am wenigsten durchlosst,
121 is es eigentlich sogoa guad, dass wenn sie öfter drauf sprayen...

122 LK: OK, donn mochts nichts sozusagen.

123 I: Das Netz macht überhaupt keine Probleme. Also auf des hobi noch geocht. Weil des am
124 Onfong wirklich beim Tester hobi schon Ongst kriagt, dass was schief geht.

125 LK: Jo.

126 I: Dass do jetz olls verklebt, weil wenn olls verklebt hobma a Problem. Donn hobn fünf die
127 Lösung und der Rest hot folsche.

128 LK: Und die Spraydose, was hot dazwischen ned so funktioniert? Eingetrocknet oder?

129 I: Na, wenn man richtig fest schüttelt, geht sie donn.

130 Ajo und was sie überhaupt ned beachtet haben bei der Versuchsanleitung is wirklich, dass
131 sie Schritt für Schritt zuerst auflegen, aufschreiben und dann sollten sie auf eines sprayen
132 und donn die Lehrkraft fragen: Is des in Ordnung wie i des gmacht hab? Und donn erst
133 weiter sprayen. So is es gedacht, oba...

134 LK: Da haben sie nicht genau genug gelesen oder?

135 I: Also einige sind ohne Lernmappe gekommen, wussten oba meistens trotzdem was zu tun
136 is und einige hobn des einfach auflegt und donn hobn sie eins nachm andren gesprayt. I
137 hob sie glossn, weil sie es eh richtig gmocht hobn, außer wenn gsegn hob, dass sie was folsch
138 mochn. Oba des is a zu überlegen, ob i des donn überhaupt irgendwie ondas, dass i des
139 überhaupt ned verlang. Weil es hot funktioniert ohne. Drum des könnti...

140 LK: Wie, was, dass Sie was verlangen?

141 I: Dass i verlang, dass sie wirklich nach dem ersten Sprayen die Lehrkraft fragen: Jo passt
142 des?

143 LK: Aso!

144 I: Es woa...

145 LK: Es wär vielleicht sogar weniger Aufwand, wenn man sie sprayen lasst und wenn man eh,
146 wenn es bei den meisten hinhaut, dann passts eh und wenss bei einem oder zwei nicht
147 hinhaut, dann lasst man sich halt noch amal machen.

148 I: Genau oder...

149 LK: Das es sich nicht verhakt, diese vier Dinge, dass man nicht eine Stunde um sonst
150 gearbeitet hat.

151 I: Jo, jo. Gut, i würd sogn...

152 LK: Also, i hob gfundn holt, dass die Aufgaben nicht so wahnsinnig schwierig waren, ja und
153 ich hab ma schwer getan da irgendwie zu differenzieren zwischen 0,1,...also 0 bis 5 Punkten,
154 weil waren sie eh alle erledigt. Ich hab mich dann zum Schluss selber darauf geeinigt, dass da
155 war die Frage, was man da sonst noch dazu zu sagen hat oder sowas, wenn sich da jemand
156 keine Gedanken gemacht hat und der Rest hat ganz gestimmt, dann hat's nur 4 Punkte
157 gegeben.

158 I: OK, jo so hobis gedocht und während der Stund hobi ma noch gedocht do könnte man
159 einen Bonuspunkt vergeben, oder...

160 LK: Ja also eigentlich wenn man die Leistungsbeurteilungsverordnung interpretiert, gibt's
 161 sehr gut nur dann, wenn deutlich eigenständige Leistungen gezeigt werden oder in einem
 162 deutlichen Maß gezeigt werden, das heißt das passt schon.

163 I: OK, dann könnte man das noch...

164 LK: Der ein, der Michi, ähm, der is abissl ausflippt, weil er, weil i ihm auf eins nur 4 Punkte
 165 geben hob und der wollt aber 5 Punkte und donn hot er irgendwos, werdens donn eh sehn,
 166 hingekritzelt und so und er is donn völlig durch den Wind gewesen.

167 I: Aha, OK.

168 LK: Also völlig, i mein...

169 I: Jo, OK. Also oba sie sogn abissl zu leicht für die konkrete Beurteilung? I waß ned hobns olle
 170 gschofft über 15 Punkte?

171 LK: Jo.

172 I: OK, jo deswegen hobis a als Lernmappe bezeichnet, weil es soll jo eigentlich des Ziel is dass
 173 olle olles gmocht hobn und olle olles verstonden hobn.

174 LK: Jo.

175 I: Und ned dass man wirklich sogt: Der hot de Aufgob goaned glöst. Weil eigentlich, wenn
 176 man die zweite, dritte Aufgabe gar nicht löst, donn kann man die vierte goanimmer lösen.
 177 Drum des is eh aufbauend. Is fraglich, ob diese Beurteilung überhaupt so wirklich noch Note
 178 möglich is bei diese Materialien.

179 LK: Ja, kann man natürlich auch sagen: Macht man nicht. Sondern belohnt einfach den
 180 Arbeitseinsatz, dass sie dabei waren, dass sie das gemacht haben und dass sie des erfüllt
 181 haben.

182 I: Und die Punkte sind einfoch...

183 LK: Des is die Mitarbeit und fertig.

184 I: Jo, und sie sind Röntgenmeister. So abissl als Motivation. Und donn vielleicht an Test
 185 darauf onschließen, wenn man wirklich eine Beurteilung hoben will zu dem gonzen.

186 LK: Ja, dann könnte man des besser entkuppeln.

187 I: Zeitlich hats eigentlich, is abissl schneller gongen als i's ma gedocht hob.

188 LK: OK, also man hätt zeitlich, äh, zuerst hätti gedoch wir sind kurz noch Punkt fertig, jo,
 189 spätestens viertel nach, ähm, es hat dann halt, es is halt ein unterschiedliches Arbeitstempo.
 190 Das eine Mädl da vorne, die arbeitet immer irrsinnig langsam, ist jedes mal die letzte beim
 191 Abgeben, aber sie arbeitet sehr qualitätsvoll, jo und da sind dann manche schon fertig. Der
 192 eine glaub ich war schon nach der ersten Stunde fertig...

193 I: Ähm, 12:58. Also noch 45 Minuten woa der erste fertig und die letzte um 13:32. Also holbe
 194 Stund später. Oba beim Sprayexperiment ist es guad, dass es sich so aufteilt.

195 LK: Jo, gott sei dank, ned.

196 I: Weil maximal 3 woan amol sunst woa immer eigentlich...

197 LK: Jo, genau.

198 I: Des einzige wo Stau entstonden is, woa holt bei den Kontrollen, oba des könnte man
 199 wirklich ändern.

200 LK: Allerdings auf der anderen Seite, i man, wenn man halt offen arbeitet und es gibt
201 unterschiedliche Arbeitstempi, donn muas man sich holt was überlegen, was man sonst mit
202 den Leuten macht.
203 I: Jo wenn sie fertig sant die holbe Stund.
204 LK: Also lesen is natürlich immer a Gschichte.
205 I: Hm, etwas vorbereiten sogoa zur Röntgenstrahlung.
206 LK: Hm, jo.
207 I: Jo passt. Oba für zwei Stunden is es schon nötig. Also in ana Stund pockt man des ned?
208 LK: Na in ana Stund, na vor allem mit der Erklärung.
209 I: Doppelstund is do ideal.
210 LK: Eigentlich schon muss man sagen.
211 I: Und eventuell einsammeln und donn noch die Nochbesprechung mochn. Donn is die dritte
212 vielleicht.
213 LK: Jo oder eineinhalb Stunden. Aber eine Stunde is zu stressig.

Interessante Stellen von den Diktiergeräten (T4)

Diktiergerät 1

Stelle 1: Charakterkarten

- 1 S: Hä? Wie wechselwirke ich mit dem menschlichen Körper? Ich gelange in die obersten
2 Schichten der Haut und werde dort absorbiert (aufgenommen). Was ist da jetzt der Sinn der
3 Aufgabe, Frau Professor?
4 LK: Schau einmal ins Wechselwirkungsarchiv.

Stelle 2: Charakterkarte UV-Strahlung

- 5 S: Frau Professor, hier steht wobei könnte ich nützlich sein. Aber das ist ja eigentlich schon
6 hier die Antwort, bei dem: Ich kann Bakterien im Wasser töten.
7 LK: Hm, vielleicht gibt's noch andere Sachen.
8 S: Durch Strahlung behandelt werden und ich habe die besondere Fähigkeit Bakterien im
9 Wasser abtöten zu können.

Stelle 3: Gefährlichkeit

- 10 S1: Wie hast du sehr viel UV-Strahlung hingeschrieben?
11 S2: Sehr viel UV-Strahlung ist auch gefährlich, weil man Sonnenbrand oder Hautkrebs
12 bekommen kann.

Stelle 4: Sprayexperiment

- 13 I: Kurz der Hinweis: Vielleicht nicht dort spraysen, wo schon ziemlich schwarz ist.

Diktiergerät 2

Stelle 5: Charakterkarten und Archive

- 14 S1: Wo sind die Charakterkarten? Dort?
15 S2: Dort! Warte. Ja.
16 S1: 4 Charakterkarten.
17 S2: Nein, du musst von jedem diesem Ding eins nehmen.

Stelle 6: Ergebnis Sprayexperiment

- 18 S: Ich hab aber was andres gefunden. Das lustige ist (unverständlich). Und das hab ich
19 gesehen.
20 LK: Echt, das heißt echt gleich viel?

Stelle 7: Gefährlichkeit

- 21 S1: Tobi, komm mal her! Tobi! Da steht: Mit Sonnencreme und Sonnenbrille und...

22 S2: Schützt du dich gegen Sonnenbrand.

23 S1: Aso, man sollte es...

Stelle 8: Dichter oder fester

24 S: Dichter? Dichter oder fester?

25 Stelle 9: Begründung

26 S1: Sara, was ist Weichteile?

27 S2: Fliegennetz (unverständlich).

28 S1: Also ist Farbe durchgegangen. Wird schon passen!

Stelle 10: Unzufrieden mit erhaltenen Punkten

29 S1: Ich habe jetzt 3 Punkte bei Aufgabe 4 bekommen, was ich aber nur kacke finde, einfach
30 nur unnötig, also jo. Weil ich etwas eigenes nicht hingeschrieben hab und weil ich beim, bei
31 der Begründung einen Rechtschreibfehler hatte. Ja, danke Frau Professor.

32 S2: Für Ihre nächsten Arbeiten, bitte nicht einen Lehrer das kontrollieren lassen. Danke!

Stelle 11: Freiwilliger Zusatzkommentar

33 S1: Da muss man garnichts schreiben?

34 S2: Wenn du willst.

35 S1: Und was hast du da...

36 S2: Dann bekommst du einen Extrapunkt.

Beobachtungsprotokoll der Unterrichtseinheit (BP)

Zeitaspekt

- 1 Beginn des Stundeneinstiegs: 12:00
 - 2 Austeilen der Unterrichtsmaterialien: 12:15
 - 3 Erster Lernender gibt die bearbeiteten Materialien ab: 12:58
 - 4 Letzter Lernender gibt die bearbeiteten Materialien ab: 13:30
 - 5 Ende der Nachbesprechung: 13:42
- 6 Die Einheit dauerte ziemlich genau so lange, wie es geplant war. Auf die Doppelstunde
7 fehlten noch 13 Minuten. Somit ist diese Einheit wie vorgesehen am besten für eine
8 Doppelstunde geeignet, wobei man bei einer sehr guten Klasse möglicherweise nur
9 eineinhalb Stunden benötigt.
- 10 Auffallend ist das unterschiedliche Arbeitstempo unter den Lernenden. Dies hat einerseits
11 zur Folge, dass sich die schnelleren langweilen, nachdem sie ihre Arbeit beendet haben.
12 Dafür sollte man eine alternative Beschäftigung, möglicherweise zum selben Thema,
13 vorbereitet haben. Ansonsten stören sie jene bei der Arbeit, die etwas länger brauchen.
14 Andererseits kommt das unterschiedliche Arbeitstempo den Materialien entgegen.
15 Besonders beim Spray-Experiment können immer maximal zwei Lernende gleichzeitig
16 arbeiten. Es teilte sich so auf, dass es nur einmal zur Situation kam, dass einer warten
17 musste, um sein Experiment durchführen zu können. Jene die gerade Experimentieren,
18 werden so auch von niemandem gestört oder beeinflusst. Als Lehrkraft hat man auch einen
19 besseren Überblick, wenn weniger Lernende beim Tisch stehen.

Stundeneinstieg

- 20 • Vorstellung meiner Person und Aufklärung über die Diplomarbeit sowie das Thema
21 der Einheit.
- 22 • Anmerkung, dass diese Einheit zur Note zählt und die Ergebnisse benotet werden.
- 23 • Diktiergerät wird an zwei Lernende verteilt und von mir eingeschaltet.
- 24 • Vorstellung der Lernmappe: Kurze Zusammenfassung der Inhalte jeder einzelnen
25 Aufgabe.
- 26 • Vorstellung des Material-Kuverts und des Inhaltes durch öffnen
- 27 • Vorstellung der Archivbox, als Box, wo alle relevanten Informationen zu finden sind.
- 28 • Anmerkung, dass alle Anweisungen grau unterlegt sind und zeigen der beiden Icons
29 (Lehrkraft geht durch Klasse und zeigt in Lernmappe)
- 30 • Vorstellung der Röntgenmeisterkarte
- 31 • Vorübung zum Spraysen: Erläuterung warum eine Übung nötig ist – Vorstellung des
32 Sprays als Kreidespray das gut abwaschbar ist aber wie jedes Spray etwas stinkt –
33 Erläuterung der wichtigen Punkte, wie man spraysen muss – Vorführung – Schüler
34 spraysen und Lehrkraft und ich unterbreiten Verbesserungsvorschläge – Mehrheit
35 sprayt gut – Lernende fragen danach, warum diese Vorübung nötig war

- 36 • Erkenntnis: Strumpfhosenmaterial verklebt an Stellen, die sehr oft besprayed werden
- 37 • Austeilen der Materialien und Hinweis, dass sie beim Lesen die wichtigen
- 38 Informationen unterstreichen sollen

Fragen an die Lehrkraft

- 39 • Zwei Schüler fragen sich am Anfang der 1. Aufgabe, welches Archiv sie zuerst nehmen
- 40 sollen. Auf Nachfrage, ob nirgends steht, welche sie nehmen sollen, deuten sie auf
- 41 das Feld „Material für diese Aufgabe“, wo tatsächlich keine konkrete Anweisung zu
- 42 finden ist. Später löst sich dieses Problem auf, als sie die anschließende Anweisung
- 43 lesen.
- 44 • Ein Schüler fragt, welche Lücken er auf den Charakterkarten ausfüllen soll. Die
- 45 Lehrkraft ist verblüfft über diese Frage, deutet aber auf die leeren Zeilen. Nun kennt
- 46 sich der Schüler aus.
- 47 • Ein Schüler fragt, was „wechselwirken“ bedeutet und wie man sich das vorstellen
- 48 kann. Die Lehrkraft fordert ihn auf, das Wechselwirkungsarchiv zur Hand zu nehmen.
- 49 Dort findet der Schüler seine Antwort.
- 50 • Ein Schüler fragt, warum er das Röntgenbild in der dritten Aufgabe benötigt.

Kontrolle durch die Lehrkraft

51 Alle Schülerinnen und Schüler lassen sich nach jeder Aufgabe ihre Ergebnisse kontrollieren
52 und ihre erreichten Punkte eintragen. Die Lehrkraft holt sie dafür zu sich zum Lehrertisch
53 und erfüllt geduldig ihre Aufgabe. Öfter kommt es zu Stausituationen. Deshalb ist es
54 manchmal etwas unruhig. Die Wartezeit ist aber nie allzu lange, wodurch alles kontrollierbar
55 bleibt.

56 Die Schülerinnen und Schüler erkennen auch die Funktion der Röntgenmeisterkarte schnell.
57 Viele tragen ihre Punkte auch gleich nach jeder Aufgabe ein. Die Lehrkraft sammelt am Ende
58 der Stunde die Röntgenmeisterkarten ein, um eine Benotung durchführen zu können.

Das Sprayexperiment

59 Als die ersten Lernenden zum Experimentiertisch gehen, erkenne ich, dass die Lehrkraft
60 keine Chance hat, den Experimentiertisch im Auge zu haben, da sie durchgehen mit der
61 Kontrolle und der Punktevergabe beschäftigt ist. Deshalb greife ich in den Unterricht ein und
62 beginne das Experiment zu beaufsichtigen. Dies stellt sich schnell als notwendig heraus, da
63 immer wieder kleine Hilfestellungen und Zurechtweisungen notwendig sind:

- 64 • Einige erkennen nicht gleich, dass sie auf einer Seite des Tisches nur die
- 65 Netzquadrate auflegen sowie beschriften dürfen und die andere Seite für das
- 66 Sprayen gedacht ist.
- 67 • Ein Schüler fragt, wohin er das Poster nach dem Experiment geben soll. Ich weise auf
- 68 die Lernmappe hin.
- 69 • Einige verwenden keine Handschuhe, was zu sehr schmutzigen Händen führen kann.

- 70 • Viele kommen ohne Lernmappe. Obwohl einige trotzdem alles richtig durchführen,
71 ist das mitführen der Lernmappe sicher besser.
- 72 • Eine Schülerin vergisst eine Bezeichnung auf das Poster zu schreiben und ein Schüler
73 schreibt gar keine ab.
- 74 • Das Spray „streikt“ manchmal. Kräftiges schütteln löst dieses Problem.

75 Weitere Erkenntnisse:

76 Das Strumpfmateriale verklebt an Stellen, die oft besprayed werden. Die Schülerinnen und
77 Schüler sollten darauf hingewiesen werden, nicht immer auf die selbe Stelle am Netzquadrat
78 zu sprayen. Diese Problem ist aber nicht allzu schlimm, da dies das gewünschte Ergebnis des
79 Experimentes verbessert. Das Strumpfmateriale lässt nämlich, abgesehen vom Papier, ohnehin
80 am wenigsten durch.

81 Die Netzquadrate sind am Ende der Einheit voll mit Kreidespray, wodurch ein sauberes
82 Anfassen nur noch mit Handschuhe möglich ist. Einige Bezeichnungen vorne sind auch nicht
83 mehr sichtbar. Die Schülerinnen und Schüler erkennen nicht, dass die Netzquadrate vorne
84 und hinten beschriftet sind.

85 KEIN Lernender befolgt den fünften Punkt der Versuchsanleitung! Dies führt aber zu keinem
86 schlechteren Ergebnis, sofern ich die Durchführung im Auge habe und die oben
87 angesprochenen Hilfestellungen gebe.

88 Sehr viele stellen die Frage, ob es richtig sei, dass unter dem Papier keine Farbe am Poster
89 ist. Ich gebe darauf keine Antwort und verweise nur auf die weiteren Aufgaben.

Auswahl der Modelle

90 Die Mehrheit wählt wie vermutet das Papiermateriale als Modell für Knochen.

91 Zwei Schülerinnen und ein Schüler haben eine besondere Idee. Sie wählen die Löcher in der
92 Netzstruktur als Modell für Weichteile und die Fäden, die das Netz aufspannen als Modell
93 für Knochen. In einem Gespräch erkennen aber alle scheinbar ihre Fehlvorstellung und
94 akzeptieren die Begründung, unter Zuhilfenahme des Experimentes.

Nachbesprechung

- 95 • Frage danach, welche Strahlungen die Lernenden heute kennengelernt haben.
- 96 • Ansprechen des Ordnungsprinzips nach der Energie und die damit verbundene
97 Wirkung auf Menschen. Ein Schüler merkt an: „Je mehr Energie, desto gefährlicher.“
- 98 • Frage der Lehrkraft: „Wie merkt man Röntgenstrahlung?“ Ein Schüler antwortet:
99 „Haut.“ Ein anderer: „Gar nicht!“ Lehrkraft gibt ihre „Fangfrage“ zu. Weitere
100 gemeinsame Überlegungen, für welche Strahlungen wir Sinnesorgane haben – Licht,
101 Infrarot.
- 102 • Ansprechen der Notwendigkeit der Röntgenstrahlung in der Medizin.

- 103 • Auf die Frage der Lehrkraft: „Was passiert mit Röntgenstrahlung in unserem Körper?“
104 folgt stille. Dann Antwortet ein Schüler: „Viel geht durch, aber etwas wird
105 absorbiert.“ Lehrkraft: „ Von was hängt das ab?“ Schülerin: „Dichte!“
- 106 • Ansprechen der Grenze des Modells: „Viele haben Papier als Modell für die Knochen
107 gewählt. Das ist nicht ganz richtig.“ Schüler: „Lässt auch etwas durch.“ Lehrkraft:
108 „Knochen haben auch Struktur. Papier ist ein halbwegs gutes Modell.“
- 109 • Feedback der Schülerinnen und Schüler zur Stunde.