

Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das  
Lehramt an Gymnasien im Land Niedersachsen

Thema:

# **Lernentwicklung in einer wiederholt durchlaufenen Lerneinheit zur Elektrostatik**

vorgelegt von:  
Jan Fleischhauer

- 1. Gutachter: Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter
- 2. Gutachter: Prof. Dr. Tanja Riemeier
- Betreuer: Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter  
Christian Rogge

Bearbeitungszeitraum: 21.1.2006 bis 2.7.2006

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Didaktischer Hintergrund.....	5
2.1	Schülervorstellungen und Lernen aus physikdidaktischer Perspektive .....	5
2.2	Kumulatives Lernen.....	8
2.3	Modelle für Spiralcurricula.....	12
3	Die Lerneinheit .....	14
3.1	Kartenbasierte Lernumgebung.....	14
3.2	Klärung fachlicher Zusammenhänge.....	16
4	Datengrundlage.....	20
5	Fragestellungen der Arbeit .....	22
6	Methodisches Vorgehen .....	26
6.1	Protokollierung .....	26
6.2	Analyse der Bearbeitungsdauer .....	28
6.3	Analyse der Bezugnahme auf Vorwissen.....	28
6.4	Kategoriengestützte Analyse zur Konzeptentwicklung.....	29
6.4.1	Die Kategorien im Einzelnen .....	30
6.4.2	Allgemeine Kodiervorschriften.....	36
6.5	Videograph-Software.....	37
7	Ergebnisse der Arbeit.....	39
7.1	Bearbeitungsdauer .....	39
7.1.1	Allgemeiner Überblick .....	39
7.1.2	Veränderung der Bearbeitungsdauer nach Aufgabentypen .....	41
7.1.3	Zum Zusammenhang der zeitlichen und inhaltlichen Dynamik .....	44
7.2	Bezugnahme auf Vorwissen.....	54
7.2.1	Erinnerungen an Vorwissen aus der Schule .....	55
7.2.2	Erinnerungen an Erfahrungen aus dem ersten Durchlauf .....	58
7.3	Konzeptentwicklung .....	61
7.3.1	Allgemeiner Überblick .....	61
7.3.2	Auswertung nach Doppelstunden.....	63
7.3.3	Auswertung nach Aufgabentypen.....	65
8	Zusammenfassung.....	68
	Literaturverzeichnis .....	70
	Anhang.....	74
1	Karten der Lernumgebung .....	74
2	Auszüge der Protokolle .....	82

# 1 Einleitung

Immer wieder bemerken Lehrer zu Beginn eines Unterrichtsthemas, welches sie mit ihren Schülern<sup>1</sup> vor einiger Zeit schon einmal behandelt haben, dass die Schüler sich offensichtlich nicht mehr oder nur noch geringfügig an die vorherigen Unterrichtsinhalte erinnern können. Dies ist bedauerlich, weil somit der vorherige Unterricht scheinbar ineffizient war und weil nicht an das Vorwissen aus dem vorherigen Unterricht angeknüpft werden kann. Gerade bei der Strukturierung des Physikunterrichts in Form von aufeinander aufbauenden Einheiten ist dies ärgerlich, da die Schüler mit ihrem Lernen scheinbar wieder „bei Null“ beginnen müssen. Ob Schüler tatsächlich nur wenig aus vorherigem Unterricht behalten, woran dies liegen könnte, welche Aspekte am ehesten erinnert werden und inwiefern Lehrer davon ausgehen können, dass Wiederholungen schneller stattfinden, sind zentrale Fragen, die in dieser Arbeit zumindest ansatzweise untersucht werden.

Dieser Arbeit liegen als Beobachtungsdaten Videoaufnahmen einer Gruppe von drei Real-schülerinnen zugrunde. Diese Schülerinnen haben im 8. und 10. Schuljahr die gleiche Lerneinheit zum Thema Elektrostatik durchlaufen. Die Daten wurden 1999 und 2001 an der Universität Bremen erhoben (vgl. C. v. Aufschnaiter 2003). Pro Durchgang wurden drei Doppelstunden unter Laborbedingungen aufgezeichnet.

Die Lerneinheit zur Elektrostatik ist so konzipiert, dass die Schülerinnen eigenständig arbeiten können. Die Strukturierung geschieht durch kartenbasierte Aufgaben, die so konzipiert sind, dass in der Regel zuerst Erfahrungen im Vordergrund stehen, bevor dann eine Generalisierung angestrebt wird. Nach anfänglichen Anziehungs- und Abstoßungsphänomenen von geriebenen Körpern wird genauer auf die Polarität von Gegenständen eingegangen, die mit Hilfe einer Glimmlampe untersucht wird. Anschließend werden elektrostatische Phänomene am Elektroskop behandelt.

Dieser Arbeit liegt dabei die Fragestellung zugrunde, inwiefern eine Lernentwicklung bei den Schülerinnen im Verlauf der Einheit stattfindet und wie sich die Lernentwicklung zwischen dem ersten und zweiten Durchgang unterscheidet. Insbesondere soll auch darauf eingegangen werden, inwiefern die Lernenden auf vorherige Wissensbestände zurückgreifen und welche Qualität der Rückgriff hat.

Zur Umsetzung der aufgeführten Ziele wird in Kapitel 2 zunächst der didaktische Hintergrund vorgestellt, der für die Analyse der Lernentwicklung in einer wiederholt durchlaufenen Lerneinheit sinnvoll erscheint. In Kapitel 3 wird ein Überblick sowohl über die Konzeption der kartenbasierten Lernumgebung gegeben, als auch eine Klärung der fachlichen Zusammen-

---

<sup>1</sup> Im weiteren Verlauf der Arbeit werden keine geschlechtsspezifischen Differenzierungen bei Bezeichnungen, wie Schüler und Lehrer, vorgenommen. Mit der männlichen Form werden beide Geschlechter wertfrei eingeschlossen.

hänge zu allen Aspekten durchgeführt, die in der Lernumgebung enthalten sind. Kapitel 4 gibt einen Überblick über die zugrundeliegenden Videodaten und in Kapitel 5 werden die Fragestellungen dieser Arbeit vorgestellt. Das methodische Vorgehen wird in Kapitel 6 detailliert erläutert. Die Ergebnisse der Arbeit werden dann in Kapitel 7 getrennt nach verschiedenen Analysen dargelegt und abschließend in Kapitel 8 noch einmal kurz zusammengefasst. Materialien zu der Unterrichtseinheit sowie ausgewählte Protokolle der Schülerhandlungen können im Anhang nachgeschlagen werden. Die vollständigen Auswertungsdaten sowie die Rohdaten liegen in digitaler Form bzw. im Materialordner<sup>2</sup> vor.

---

<sup>2</sup> Der Materialordner befindet sich bei Prof. C. v. Aufschnaiter im Institut für Didaktik der Mathematik und Physik der Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover.

## 2 Didaktischer Hintergrund

In den folgenden drei Unterkapiteln werden didaktische Hintergründe erläutert, die für die Analyse der Lernentwicklung in einer wiederholt durchlaufenen Lerneinheit sinnvoll erscheinen.

Hier, wie in der gesamten Arbeit, wird von einer konstruktivistischen Sichtweise des Lernens ausgegangen. Diese Sichtweise lässt sich stark verkürzt mit den folgenden Grundannahmen umreißen: Zum einen kann Wissen nicht von einer Person auf eine andere übertragen werden, sondern jede Person konstruiert Wissen neu. Zum anderen baut Wissen immer auf bereits vorhandenem Wissen auf, so dass bei der Gestaltung von effektiven Lernumgebungen Vorerfahrungen immer mit berücksichtigt werden müssen.<sup>3</sup>

### 2.1 Schülervorstellungen und Lernen aus physikdidaktischer Perspektive

Ausgehend von der Grundannahme, dass Wissen immer auf bereits vorhandenem Wissen aufbaut, kommt dem vorunterrichtlichen Wissen eine entscheidende Rolle zu. Alle Lernenden haben diese mehr oder minder ausdifferenzierten Vorstellungen und Vorerfahrungen – auch zu Themenbereichen des Unterrichts. Dieses Vorwissen ist nicht nur in vielen Fällen sehr hilfreich für den Lernprozess, sondern Lernen wäre ohne Rückgriff auf das Vorverständnis gar nicht erst möglich.

Die Vorstellungen von Schülern sind jedoch nicht in jedem Fall hilfreich für den Lernprozess. Wenn Schülervorstellungen<sup>4</sup> nicht mit den physikalischen Vorstellungen übereinstimmen, können diese Alltagsvorstellungen das Lernen von Physik behindern und somit eine Ursache für Lernschwierigkeiten darstellen.

Ein solches Lernhemmnis entsteht besonders dann, wenn Schüler Vorstellungen und Erfahrungen haben, die sich im Alltag wiederholt bewährt haben, aber in einem neuen Zusammenhang nicht mehr fachlich angemessen sind. Duit betont in diesem Zusammenhang, dass „Alltagsvorstellungen [...] also keineswegs schlicht falsch [sind]. Sie haben sich vielmehr als Interpretationsrahmen alltäglicher Erfahrungen bestens bewährt.“ (Duit 1993, S. 5).

Wenn Alltagsvorstellungen jedoch physikalische Phänomene nicht angemessen prognostizieren oder erklären können, ist es notwendig, die Vorstellungen zu ändern. Wenn die Vorstellungen auf Konzepten basieren, liegt es nahe, einen Konzeptwechsel anzustreben. Wann dies gelingen kann, haben Posner et al. (1982) postuliert. Als Bedingungen für einen Konzeptwechsel haben sie festgestellt, dass die vier folgenden Faktoren entscheidend sind:

---

<sup>3</sup> Ausführliche Erläuterungen bieten unter anderem Duit (1995) und Gerstenmaier & Mandl (1995).

<sup>4</sup> Der Begriff „Schülervorstellungen“ wird hier sowohl für die Erfahrungen, als auch für das Wissen von Schülern verwendet.

- (1) Es muss eine Unzufriedenheit bei den Lernenden zu ihren bereits vorhandenen Vorstellungen vorliegen.
- (2) Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein.
- (3) Sie muss aber auch intuitiv plausibel, also einleuchtend, sein.
- (4) Die neue Vorstellung muss sich in neuen Situationen in der Anwendung bewähren.

Aus diesen Bedingungen schließen Häußler et al. (1998, S. 199f., S. 235), dass ein Unterricht, der auf einen Konzeptwechsel bei den Lernenden abzielt, die drei folgenden Grundsätze zu beachten hat, die nach Duit (2002, S. 12) jedoch auch allgemein für guten Unterricht gelten sollten.

- (1) Die vorunterrichtlichen Vorstellungen sind nicht nur bei der Planung zu berücksichtigen, sondern auch im Unterricht aufzugreifen und zu behandeln.
- (2) Es ist wichtig, dass neue Vorstellungen nicht einfach den Lernenden dargeboten werden sollen, sondern die Schüler müssen sich mit diesen aktiv auseinandersetzen, damit sie diese Vorstellungen für sich eigenständig konstruieren können. „Dies schließt auch die Reflexion über das erworbene und das alte Wissen, also über den durchlaufenden Lernprozess ein.“ (Duit 2002, S. 13).
- (3) Es ist darauf zu achten, dass die Lehrenden bei ihrem Unterricht nicht nur das Ziel einer physikalisch richtigen Begriffsbildung vor Augen haben, sondern auch die (noch) falschen Vorstellungen und den Weg zur physikalisch richtigen Begriffsbildung berücksichtigen.

Um das Durchlaufen der von Posner et al. (1982) beschriebenen Faktoren und damit einen Konzeptwechsel zu erreichen, gibt es nach Jung (1986) die im Folgenden dargestellten Möglichkeiten bei der Gestaltung von Lernumgebungen.

### **Anknüpfen**

Bei diesem Lernweg sind diejenigen Alltagserfahrungen der Ausgangspunkt, die nicht oder zumindest möglichst wenig mit dem physikalischen Verständnis kollidieren. Ausgehend von diesen Schülervorstellungen ist ein möglichst kontinuierlicher und relativ bruchloser Übergang zu den physikalischen Sichtweisen zu gestalten. Ein Nachteil dieses Weges ist jedoch, dass dieser kontinuierliche Prozess sehr lange dauert, bis man bei neuen physikalischen Konzepten ankommt.

### **Umdeuten**

Wie beim Anknüpfen geht es auch hier um einen kontinuierlichen Weg. Dabei werden aber nicht die Schülervorstellungen aufgegriffen, die mit den physikalischen Konzepten übereinstimmen, sondern es werden insbesondere Begriffe anders definiert. Ein Beispiel ist die häufig vorkommende Alltagsvorstellung, dass der Strom in einer Glühlampe verbraucht wird. An diese Vorstellung kann angeknüpft werden, wobei dann deutlich gemacht wird, dass nicht der Strom, sondern die Energie dort „verbraucht“ wird. Ähnliches bietet sich bei der Vorstellung an, dass eine Kraft in Richtung der Bewegungsrichtung bei einer gleichförmigen Bewegung

vorhanden ist. Hier kann den Lernenden deutlich gemacht werden, dass ihre Vorstellung grundsätzlich passend ist, diese aber in der Physik als Impuls bezeichnet wird.

Es ist zu vermuten, dass der Vorteil des Umdeutens gegenüber dem Anknüpfen vor allem darin gesehen wird, dass prinzipiell in vergleichsweise geringer Zeit eine Vorstellungsänderung erreicht werden kann, da die Vorstellung in wesentlichen Aspekten zutreffend war, jedoch nur eine andere Bezeichnung zu wählen ist. Allerdings könnte man auch hinterfragen, ob es sich dabei nicht nur um das Einüben von richtigem Sprechen handelt, ohne dass es zu neuen Vorstellungen kommt. Ein Nachteil besteht in jedem Fall darin, dass nicht zu jedem physikalischen Konzept schon eine ähnliche Vorstellung aus der Alltagswelt besteht und sich somit nur wenige Möglichkeiten für die Anwendung dieses Lernweges bieten.

### **Konfrontieren**

Bei diesem diskontinuierlichen Weg, wird bewusst versucht, einen inneren Konflikt bei den Lernenden zu provozieren, um sie von der wissenschaftlichen Sichtweise und deren Vorzügen zu überzeugen. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten.

Es können entweder die Schülervorstellungen und die wissenschaftlichen Vorstellungen direkt nebeneinander gestellt werden, so dass die Lernenden dann entscheiden können, welche der Vorstellungen vorteilhafter ist, oder die Lernenden äußern ihre Vermutungen zum Ausgang eines Experiments und das anschließende (abweichende) Ergebnis erzeugt dann einen kognitiven Konflikt.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass der Unterricht sehr schnell an einer Stelle ist, an der neue Konzepte in den Vordergrund treten, und somit diese Variante scheinbar sehr zeitsparend ist. Allerdings hat diese Methode auch eine Reihe von Nachteilen, insbesondere wenn sie nicht richtig angewandt wird. Zunächst müssen den Lernenden ihre Alltagsvorstellungen wirklich bewusst sein. Wenn sie nur ein intuitives Verständnis, aber keine expliziten Konzepte haben, sind sie, sofern sie feststellen, dass ihre Erwartungen nicht eintreffen, nur überrascht. Sie können aber nicht reflektieren, inwiefern ihre Vorstellungen nicht mit der Beobachtung übereinstimmen. Darüber hinaus müssen die Lernenden auch ein anderes Ergebnis beobachten können. Es mangelt jedoch oftmals an Experimenten, an denen die Unterschiede zwischen Schülervorstellungen und den wissenschaftlichen Vorstellungen deutlich werden (vgl. Wiesner 1995). Dies ist um so problematischer, weil Schüler bei Experimenten oftmals das sehen, „was sie sehen wollen“, oder – etwas präziser ausgedrückt – was ihnen ihre Vorstellungen zu sehen erlauben“ (Duit 1993, S. 5).

Ebenfalls von Nachteil ist, dass es zum Teil sehr viel Zeit bedarf, bis alle Konzepte der Schüler durchdiskutiert sind. Dies liegt unter anderem auch daran, dass die Lernenden Ergebnisse, die ihren Vorhersagen nicht entsprechen, wegdiskutieren (vgl. Duit 1993, S. 5). Die Schüler sind auch häufig bereit, ihr jeweiliges Konzept – zumindest in Teilen – spontan an die neuen Beobachtungen und Diskussionsergebnisse anzupassen, ohne ihr Konzept vollständig aufzugeben. Dieses „Festhalten“ an ihren Vorstellungen ist allerdings nicht verwunderlich, da sich diese nun vermeintlich falschen Vorstellungen im Alltag wiederholt bewährt haben. Es

erscheint somit nicht plausibel, dass diese bewährten Vorstellungen nun ohne größere Not aufzugeben sind. Insbesondere auch aus diesem Grund reicht es oftmals nicht, nur ein überzeugendes Experiment durchzuführen, sondern es bedarf der wiederholten Anwendung und Überprüfung des neuen Konzeptes, so dass es sich – wie von Posner et al. (1982) beschrieben – als fruchtbar erweist. Darauf weist auch Duit hin:

Ein empirisches Gegenbeispiel überzeugt in der Regel nicht, daß die eigene Vorstellung nicht adäquat ist. Es bedarf vieler solcher Beispiele und es bedarf einer neuen Vorstellung, die den Schülern einleuchtend ist, um zu überzeugen. (Duit 1993, S. 5)

Auch wenn die beschriebenen drei Wege für Konzeptwechsel jeweils verschiedene Vor- und Nachteile haben, hat es sich für alle Wege „in einer Vielzahl von empirischen Untersuchungen gezeigt, daß die Schüler im allgemeinen die physikalische Sichtweise nur in ersten vorläufigen Ansätzen erwerben.“ (Duit 1993, S. 5). Es kann also im Unterricht nicht davon ausgegangen werden, dass vorunterrichtliche Vorstellungen gänzlich überwunden werden können oder gar vollständig durch physikalische Erklärungen ersetzt werden können.

Alltagsvorstellungen [...] lassen sich nicht tilgen, sie überstehen in der Regel unterschiedlichen Bemühungen relativ unverändert. Es ist übrigens verblüffend, daß man auch bei sich selbst intuitive Alltagsvorstellungen in solchen Gebieten – auch in der Physik – entdeckt, in denen man sich selbst nicht so gut auskennt. (Duit 1993, S. 7)

Aus diesem Grund sollte man nach Duit zufrieden sein, wenn eine Koexistenz von Alltagsvorstellungen und physikalisch richtigen Vorstellungen erreicht wird. Die Alltagsvorstellungen stellen eine brauchbare Basis zum Handeln in Alltagssituationen dar. In anderen Situationen müssen die Schüler jedoch dann auch erkennen, dass die Alltagsvorstellungen keine brauchbare Hilfe sind und stattdessen die physikalischen Konzepte herangezogen werden müssen.

## **2.2 Kumulatives Lernen**

Die Bezeichnung „kumulatives Lernen“ bezieht sich auf den vernetzten Aufbau einer Wissensbasis. Obwohl der Terminus „kumulativ“ die unverbundene Anhäufung von Wissen nahe legt, beziehen sich Ansätze des kumulativen Lernens gerade darauf, dass es Lernenden gelingt, neue Lerninhalte mit bereits bekannten Aspekten zu verknüpfen. Ursprünglich geht der Begriff des kumulativen Lernens auf Gagné zurück: „Lernen ist deshalb kumulativ, weil sich spezifische intellektuelle Fertigkeiten auf eine Reihe von Fertigkeiten höherer Ordnung multiplizieren.“ (Gagné 1980, S. 144). Gagné betont ebenso wie Weinert, dass kumulatives Lernen „von der Verfügbarkeit des relevanten Vorwissens beim Lernenden“ (Weinert 1996, S. 12) abhängt. Diese Sichtweise scheint im Sinne einer kognitivistischen Grundausrichtung zwar selbstverständlich, jedoch gibt es auch die Idee des additiven Lernens. Hier wird davon ausgegangen, dass das Wissen lediglich quantitativ aber unverbunden zunimmt (vgl. Harms & Bündler 1999). Diese beiden Grundannahmen deuten an, dass es Lernen gibt, das stärker kumulativ oder stärker additiv ist, wobei über die Effizienz vorerst nichts gesagt ist.



Gagné geht in seinem Modell des kumulativen Lernens vor allem von der Strukturierung eines Themenbereichs nach fachsystematischen Gesichtspunkten aus. Durch die Klärung der fachlichen Voraussetzungen für jede identifizierte Wissenskomponente ergibt sich schließlich für alle Wissenssegmente eine „Hierarchie sachlogisch aufeinander aufbauender Kenntnisebenen“ (Weinert 1996, S. 13). Somit ist das Lernmodell von Gagné „zugleich ein Instruktionsmodell zur schrittweisen Sequenzierung und zur inhaltlichen Ordnung des zu erlernenden Wissens, das selbstverständlich auf unterschiedlichen Wegen von unten nach oben durchlaufen werden kann“ (Weinert 1996, S. 13).

Ende der 90er Jahre wurde der von Gagné geprägte Begriff des kumulativen Lernens erneut aktuell. Grund dafür war die TIMS-Studie (Third International Mathematics and Science Study), die feststellt, dass die Leistungsfortschritte von einer Jahrgangsstufe zur nächsten insbesondere in den Unterrichtsfächern Physik und Biologie – im Vergleich etwa zum Fremdsprachenunterricht – gering sind und somit die Kumulativität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern zu wünschen übrig lässt (vgl. BLK 1997, S. 71).

Der Wissenserwerb erfolgt überwiegend additiv und in zu geringem Maße kumulativ. Neue Sachverhalte werden dazugelernt; das neu Erlernte wird aber nicht ausreichend mit vorhandenem Wissen vernetzt, bzw. vorhandenes Wissen wird zu wenig in neues Wissen integriert. (Schecker 2001, S. 86)

Anknüpfend an die Ergebnisse von TIMSS hat die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) beschlossen ein Programm zur „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS) aufzulegen, welches seit Herbst 1998 in den Schulen läuft (vgl. Prenzel & Duit 1999, S. 32). Das Modul 5 „Zuwachs an Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen“ dieses Programms beschäftigt sich dabei besonders mit dem kumulativen Lernen, wobei unter kumulativem Lernen die Ausdifferenzierung, teilweise Revidierung und Erweiterung einer bestehenden Wissensstruktur verstanden wird und das kumulative insbesondere vom additiven Lernen abgegrenzt wird, „bei dem neue Wissenskomponenten einfach dem bereits bestehenden Wissenskorpus hinzugefügt werden“ (Prenzel & Duit 1999, S. 36).

Im Folgenden werden die wichtigsten Aspekte des kumulativen Lernens vorgestellt.

### ***Gut organisierte Wissensbasis***

Da der kumulative Wissensaufbau an bereits vorhandenes Wissen und vorhandenen Erfahrungen anschließt, nimmt das Vorwissen eine zentrale Rolle ein. Dabei geht es nicht nur um die Menge des Vorwissens, sondern auch um dessen Qualität. Qualität bedeutet dabei nach Weber (2003, S. 22) eine „Vernetzung und hierarchische Ordnung des begrifflichen Wissens bzw. der kognitiven Schemata.“ Eine gut organisierte Wissensbasis ist damit sowohl Voraussetzung als auch Ergebnis des kumulativen Lernens. Dabei nimmt „bei steigender Schwierigkeit und Komplexität der kognitiven Anforderung von Aufgaben und Problemstellungen [...]

die Bedeutung des spezifischen Vorwissens für deren erfolgreiche Bearbeitung zu.“ (BLK 1997, S. 17).

### **Anschlussfähigkeit für nachfolgendes Lernen**

Ein weiteres Merkmal kumulativen Lernens ist die Anschlussfähigkeit für nachfolgendes Lernen. Anschlussfähigkeit bedeutet, dass (sequentieller) Transfer ermöglicht wird, d.h. „dass Dinge, die zu einem Zeitpunkt gelernt werden, Einfluss auf das Lernen zu einem späteren Zeitpunkt haben“ (vgl. Weber & Schön 2001).

Aspekte des Transfers werden typischerweise in Hinsicht auf horizontalen oder vertikalen Transfer unterschieden. Unter einem horizontalen bzw. lateralen Transfer versteht man die Anwendung einer erlernten Fertigkeit auf ähnliche Situationen des gleichen Komplexitätsniveaus. Mit vertikalem Transfer ist die Übertragung bzw. das Anwenden von gelernten einfachen Fähigkeiten auf das Erlernen höherer komplexerer Fähigkeiten gemeint (vgl. Gagné 1970, S. 188). Der horizontale und vertikale Transfer wird auch bei Schecker, Fischer und Wiesner betont:

Kumulatives Lernen hat stattgefunden, wenn Schüler Aufgaben aus einem vor einem Jahr behandelten Themenbereich nach der Behandlung eines *neuen* Themenbereichs mit größerer Sicherheit, tieferem Verständnis, größerer Breite oder in kürzerer Zeit erfolgreich bearbeiten können als vorher und dabei Beziehungen zwischen physikalischen Phänomenen, Begriffen und Methoden aus verschiedenen Themenbereichen beschreiben können (vertikal) bzw. zwischen physikalischen Sachverhalten und parallel behandelten Inhalten anderer Fächer herstellen können (horizontal). (Schecker, Fischer & Wiesner 2004, S. 217)

Als wesentlicher Grund für die Forderung nach einer guten Anschlussfähigkeit wird in der Literatur unter anderem genannt, dass die Vergessensrate geringer ist:

Kumulatives Lernen wirkt der Vergessensrate entgegen. Ein Sachverhalt wird wieder ins Gedächtnis gerufen und unter neuen Aspekten überdacht, auch wenn das gar nicht der aktuelle Unterrichtsgegenstand ist. (MNU 2001, S. VIII)

Außerdem sei die Transferfähigkeit der Wissensbestände als Folge von kumulativem Lernen insgesamt größer:

Wissen wird leichter aktivierbar, und an neue Anforderungen anpassbar, wenn kognitive Schemata hierarchisch geordnet und untereinander vernetzt sind und durch die vorgängige Erprobung in unterschiedlichen Kontexten vom Erwerbzusammenhang gleichsam abgezogen sind. Es handelt sich also nicht um abstraktes, sondern systematisch abstrahiertes, aber erprobtes und oftmals auch erfahrungsbezogenes Wissen. (BLK 1997, S. 21)

Dies korrespondiert, mit der Aussage von Nolting und Paulus (1996, S. 148), dass das Transferieren selbst [...] gelernt werden“ muss, „wobei es wichtig ist, dass man dieselbe Strategie an wechselnden Stoffen erprobt.“

### ***Erfahren von Kompetenzzuwachs***

Gemäß der BLK-Expertise ist die Erfahrung von Kompetenzzuwachs eine weitere wesentliche Voraussetzung für kumulatives Lernen. Dies begründen Harms und Bündler (1999) damit, dass das Erfahren von Kompetenzzuwachs die Voraussetzung für die Motivation der Lernenden ist und andernfalls die Lernbereitschaft sinke. Auch wenn dieser Zusammenhang grundsätzlich nicht bestritten wird, ist nicht ganz klar, auf welchen Zeitskalen das Erfahren von Kompetenzzuwachs vorliegen muss. In der BLK-Expertise heißt es dazu: „Lernanstrengungen lohnen sich dann, wenn ersichtlich ist, was man hinterher kann“ und weiter wird ausgeführt, dass dieses Kompetenzerleben nach mehreren Jahren Lernen vorliegen muss.

Im Gegensatz dazu zeigen Ergebnisse aus der empirischen Lehr-Lernforschung, dass sich Motivation für Lernanstrengungen vor allem aus Kompetenzerleben in kurzen Zeiträumen ergibt:

Situatives Erleben von Kompetenz entwickelt sich in einem Zeitfenster von ca. 2 - 8 Minuten und ist mit je aufgabenspezifischen Inhalten verknüpft. [...] Annahmen, die darüber hinaus eine Stabilität dieser Erlebnisqualität postulieren, sind nicht mit den Ergebnissen dieser Arbeit vereinbar. (C. v. Aufschnaiter 1999, S. 193 f.)

### ***Kumulatives versus sinnstiftendes Lernen***

Schon bei den Ausführungen des Modells des kumulativen Lernens von Gagné wurde deutlich, dass kumulatives Lernen zumindest ursprünglich als weitestgehend enggeführtes und systematisches Lernen verstanden wurde. Auch wenn sich die heutzutage diskutierte Struktur im Gegensatz zu Gagné nicht mehr ausschließlich an einer Fachlogik orientiert, sondern vor allem auch Erkenntnisse über die Lernprozesse von Schülern berücksichtigt werden, bleibt die festgelegte Strukturierung der Lernangebote, da diese weiterhin meist fachsystematisch aufeinander abgestimmt sind. Kumulatives Lernen steht damit zumindest tendenziell im Gegensatz zu situiertem Lernen in lebensweltlichen Kontexten. Da allerdings eine gut organisierte (zumindest grundlegende) Wissensbasis auch für situierten Transfer entscheidend ist, ist nicht entweder kumulatives Lernen oder situiertes Lernen anzustreben. Stattdessen ist eine „Balance zwischen enggeführtem, systematischem Lernen in definierten Wissensdomänen und situationsbezogenem Lernen im praktischen Umgang mit lebensweltlichen Problemen zu finden“ (BLK 1997, S. 16).

## 2.3 Modelle für Spiralcurricula

Bereits seit den 70er Jahren werden Modelle zur Organisationsform von aufeinander aufbauenden Lehrgängen (sogenannte Spiralcurricula) diskutiert. Bruner (1980) spricht in diesem Zusammenhang von einer „Curriculum-Spirale“.

Das Curriculum sollte bei seinem Verlauf wiederholt auf diese Grundbegriffe zurückkommen und auf ihnen aufbauen, bis der Schüler den ganzen formalen Apparat, der mit ihnen einhergeht, begriffen hat. (Bruner 1980, S. 26)

Eine neuere Definition stammt von Böhn:

Bei einem Spiralcurriculum sind die Lehrpläne verschiedener Schuljahre so aufeinander abgestimmt, daß Themen und Ziele kontinuierlich aufgegriffen, vertieft und verfestigt werden. Dabei wird das Thema auf dem jeweils höheren Niveau zu komplexeren Aufgaben und Problemstellungen geführt. Dadurch entsteht eine curriculare Hierarchie. (Böhn 1990, S. 85)

Dabei gibt es verschiedene Ausdifferenzierungen solcher sogenannten Spiralmodelle. Autoren, die auf die Gliederung nach Klassenstufen hinweisen, sprechen von einer Rampenstruktur oder von Lernplateaus, wobei die Anforderungen in höheren Klassenstufen ansteigen, so dass in unteren Klassenstufen stärker Phänomene und in höheren Klassenstufen Prozesse und Modelle in den Vordergrund treten (vgl. Haubrich et al 1997, S. 134f.). Wird hingegen von Lehrplansäulen innerhalb eines Spiralcurriculums gesprochen, geht es um die Betonung von vor allem fachlogischen Themenbereichen (z.B. Elektrizität, Mechanik, Optik), die im Verlauf des Curriculums immer wieder die Inhalte und Begriffe für den Unterricht liefern, wobei jeweils andere Lernziele definiert werden. Bei Verwendung des Begriffs Lernspirale wird hingegen der kontinuierliche Prozess des Lernens über alle Jahrgangsstufen betont, so dass die Lernplateaus untereinander verbunden sind.

Dabei wird der Vorrat an Inhalten und Begriffen sowohl schrittweise erweitert als auch stetig gefestigt und vertieft. (Prinzip der curricularen Wiederholung). Dem Prinzip der Schülerorientierung folgend, können die Lernwege schulformspezifisch und schulintern variiert werden. (Haubrich et al 1997, S. 134)

Unabhängig von der unterschiedlichen Schwerpunktsetzung lässt sich das Spiralprinzip an drei Grundvorstellungen festmachen: Zum einen werden Inhalte eines Themengebietes in mehreren Durchgängen aufgegriffen. Zum anderen werden bei den jeweiligen Durchgängen die behandelten Inhalte variiert. Des Weiteren nimmt die Komplexität der Inhalte von Durchgang zu Durchgang in der Regel zu. Durch Spiralcurricula wird also eine zunehmende vertikale und horizontale Vernetzung angestrebt (siehe Kapitel 2.2).

### **Schlussfolgerungen für Lernen in spiralcurriculaartigen Lehrgängen**

Empirische Befunde zum Spiralcurriculum sind so gut wie nicht vorhanden, was sicherlich auch daran liegt, dass sie nur schwer ermittelbar sind. Im Bereich der Physikdidaktik hat sich Duit (1973) mit der Frage beschäftigt, inwiefern und bezüglich welcher Aspekte langzeitliches Behalten von Verhaltensdispositionen gewährleistet ist, da langzeitliches Behalten die Voraussetzung ist, dass an Vorwissen beim wiederholten Aufgreifen von Inhalten angeknüpft werden kann.

Wie oben erwähnt, kann der Unterricht nach einem Spiralcurriculum nur dann effektiv gelingen, wenn die aus vorangegangenen Unterrichtseinheiten benötigten Verhaltensdispositionen tatsächlich zur Verfügung stehen und nicht in einem großen Teil der Unterrichtszeit wiederholt oder neu gelernt werden müssen. Es ist also nötig, dass die Verhaltensdispositionen, die in nachfolgenden Unterrichtseinheiten benötigt werden, in dieser Zeit behalten werden. [...] [Es...] kann die Folgerung gezogen werden, daß solche Verhaltensdispositionen für eine längere Zeit erworben werden, die als Begriffe oder Regeln gelernt worden sind, oder bei denen Regeln und Begriffe angewandt werden können. Werden nur verbale Assoziationen erlernt, ist zu erwarten, daß die Verhaltensdispositionen relativ schnell vergessen werden, wenn sie in der Zeit nach dem Unterricht nicht laufend geübt werden. (Duit 1973, S. 90)

Duit (1973, S. 16) stützt sich bei seinen Annahmen auf entsprechende Befunde von Katona (1940) sowie Briggs und Reed (1943). Katona hatte herausgefunden, dass Lernende, die von Regeln nur die sprachlichen Formulierungen gelernt hatten, den überwiegenden Teil davon innerhalb eines Monats wieder vergaßen. Schüler, die die Regeln als solche gelernt hatten, behielten sie in diesem Zeitraum jedoch vollständig. Briggs und Reed zeigten, dass Faktenwissen aus Prosastücken sehr viel stärker vergessen wird, als die allgemeinen Gedanken, die diesen Stücken zugrunde liegen.

Anknüpfend an diese Studien und seine eigenen empirischen Ergebnisse formuliert Duit die folgende Empfehlung.

Entsprechend wird eine Regel vermutlich dann als Regel gelernt, wenn sie durch viele Versuche veranschaulicht und ausführlich besprochen wird und wenn Anwendungen der Regel behandelt werden.

Für die Unterrichtsplanung ergibt sich daraus die Forderung, dass es wegen der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit effektiver ist, relativ wenige Begriffe und Regeln mit vielen Beispielen und Versuchen zu erlernen und die Beziehungen zwischen den Begriffen und Regeln deutlich zu machen, um die Bildung übergeordneter Begriffe und Regeln zu erleichtern. (Duit 1973, S. 91)

Duit weist allerdings auch darauf hin, dass diese Forderung für die Physikdidaktik auch schon von Wagenschein (1967, S. 7f.) erhoben wurde und auch aus den lernpsychologischen Ergebnissen im Bereich schulischen Lernens von Ausubel (1968) folgt.

### 3 Die Lerneinheit

Die der Arbeit zugrundeliegende Lernumgebung wurde von Anja Schoster entwickelt (vgl. Schoster & S. v. Aufschnaiter 2000) und bereits in Hinblick auf verschiedene Fragestellungen ausgewertet (u.a. S. v. Aufschnaiter, C. v. Aufschnaiter & Schoster 2000, Rogge 2004).

Die Lerneinheit ist so aufgebaut, dass die Schüler erst Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen machen, bevor eine Generalisierung der Phänomene z.B. in expliziten Regeln und physikalischen Konzepten und Modellen angestrebt wird. Entsprechend konstruktivistischer Annahmen zum Lernen wird also angestrebt, dass die Schüler aus ihren selbständig durchgeführten Experimenten wichtige Phänomene der Elektrostatik entdecken. Erklärungen sollen die Lernenden dadurch entwickeln, dass sie systematisch einzelne Parameter variieren. „Vom Konkreten zum Abstrakten“ und „Vom Einfachen zum Komplexen“ sind also die Grundideen der Lernumgebung.

#### 3.1 Kartenbasierte Lernumgebung

Die Lernumgebung wurde so konzipiert, dass die Schüler Aufgaben, Informationen und Hinweise auf Karten erhalten. Dies dient dazu, dass möglichst viele Einflussparameter auf den Lernprozess konstant gehalten werden, damit die Reproduzierbarkeit für verschiedene Probandengruppen und für Wiederholungen durch gleiche Probandengruppen möglichst gut gewährleistet ist.

Auf den Karten sind dabei nicht nur die Arbeitsaufträge enthalten, sondern es ist auch Platz für das Aufschreiben von Beobachtungen und Erklärungen vorgegeben. Die Karten werden dabei von einer Gruppe von drei Schülern gemeinsam bearbeitet, wobei absichtlich nur eine Karte pro Aufgabe an die Schüler gegeben wird, damit sie diese zusammen bearbeiten und insbesondere auch ihre Überlegungen aussprechen, da die Überlegungen und damit auch die aktuelle Lernentwicklung bei Einzelarbeit kaum feststellbar wäre.

Während der gesamten Zeit befindet sich zwar auch ein Versuchsleiter im Raum, dieser gibt jedoch keine inhaltlichen Hinweise, sondern ist nur für Organisatorisches da und gibt beispielsweise Hilfekarten aus, wenn die Schüler diese anfordern.

Die in der Lernumgebung eingesetzten Kartentypen werden im Folgenden kurz vorgestellt<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Der gesamte Kartensatz befindet sich im Anhang.

### **Aufgabenkarten**

Insgesamt enthält die Lerneinheit 51 Aufgabenkarten (1.1 bis 1.21, 2.1 bis 2.14 sowie 3.1 bis 3.16), bei denen die erste Ziffer jeweils die Doppelstunde angibt, in der die Karte eingesetzt wird. Die Karten für die jeweilige Doppelstunde liegen für die Schüler auf einem Stapel. Sie werden in der vorgegebenen Reihenfolge aber nach den eigenen zeitlichen Vorstellungen der Lernenden bearbeitet.

### **Informationskarten**

Die Informationskarten (A, D, T, U) können von den Schülerinnen zu bestimmten Aufgabenkarten beim Versuchsleiter angefordert werden. Sie enthalten Erklärungen und Erläuterungen und sind theoretische Hilfestellung für die Bearbeitung der Aufgabenkarten.

### **Hypothetische Karten**

In der Lerneinheit sind fünf hypothetische Karten (H1 bis H5) enthalten. Auf ihnen wird ein Phänomen beschrieben, das die Schüler eigentlich vorher mit Hilfe der Aufgabenkarten selber herausfinden sollen. Wenn ihnen dies jedoch nicht gelingt, gibt der Versuchsleiter den Schülern durch die Hypothetische Karte die Information, die für die weitere Bearbeitung der Aufgabenkarten notwendig ist.

### **Interventionskarten**

Innerhalb der Lerneinheit können an 21 Stellen Interventionskarten vom Versuchsleiter ausgeteilt werden. Auf diesen Karten stehen Erklärungen, die im Gegensatz zu den Informationskarten absichtlich sehr theoretisch und deutlich komplizierter sind.

### 3.2 Klärung fachlicher Zusammenhänge

Im Folgenden werden die wesentlichen grundlegenden physikalischen Sachverhalte erläutert, die im Rahmen der Lernumgebung entwickelt bzw. angebahnt werden.

Die Erläuterung der Inhalte gliedert sich in zwei Bereiche. In der ersten Spalte wird eine Verallgemeinerung angegeben, die auch von den Schülerinnen der Lernumgebung aus Beobachtungen erschließbar ist. Diese verallgemeinerte Beschreibung bezieht sich immer auf Phänomene. In der letzten Spalte wird jeweils eine Erklärung bzw. physikalische Regel angegeben, die sich aus modellhaften Annahmen ergibt und die nicht direkt beobachtbar ist. Diese physikalische Erklärung wird jedoch nicht mehr auf noch grundlegendere physikalische Konzepte (wie z.B. eine quantenmechanische Sichtweise) zurückgeführt, da dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. An einigen Stellen werden jedoch Literaturhinweise für tiefergehende Beschreibungen und Erklärungen gegeben.

Thema	Verallgemeinerung	Karte	Erklärung	Karte
<b>Anziehung und Abstoßung geriebener Körper</b>	Geriebene Körper aus Kunststoff ziehen nicht geriebene (leichte) Körper an. Man erreicht eine Anziehung besonders gut, wenn man die beiden Materialien beim Reiben fest aneinander presst.	1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.12	Das Reiben ist für die Anziehung nicht von Bedeutung, sondern dient nur dazu, dass Körper in engen Kontakt kommen. Da die Anziehungskräfte zwischen Elektronen und Ionen der verschiedenen Stoffe (Affinität) unterschiedlich groß sind, findet beim Kontakt von zwei Stoffen ein Elektronenübertritt von dem Stoff mit der geringeren Affinität zu dem Stoff mit der größeren Affinität statt. Die Aufladung ist „um so stärker, je schlechter die Stoffe leiten“ (Gerthsen 1999, S. 337).	N L Q C P B E J D
	Zwei gleiche Körper aus Kunststoff, die aneinander gerieben wurden, ziehen sich an.	1.13 1.15 1.17	Geladene Körper können ungeladene, nicht leitende Stoffe auf Grund von Polarisierung anziehen. Kommt ein geladener Körper in die Nähe eines ungeladenen, nichtleitenden Körpers, werden die Elektronenwolken aller Moleküle in ihrer Form verändert. Sie richten sich im äußeren Feld des geladenen Körpers aus. Somit ändert sich im gesamten (ungeladenen) Körper die Ladungsverteilung, so dass die eine Seite des Körpers positiv und die andere Seite negativ wird. Dieser Vorgang wird als Polarisation bezeichnet. Bei unpolaren Molekülen spricht man von Verschiebungspolarisation und bei polaren Molekülen spricht man von Orientierungspolarisation, wenn sich die schon vorher vorhandenen Dipole im äußeren Feld ausrichten. <sup>6</sup>	
	Zwei gleiche Körper aus Kunststoff, die mit dem gleichen Lappen gerieben wurden, stoßen sich ab.	1.14 1.15 1.16 1.18		
	Zwei unterschiedliche Körper aus Kunststoff, die gerieben wurden, ziehen sich entweder an oder stoßen sich ab.	1.15		
	Damit sich zwei Körper <sup>7</sup> anziehen, muss mindestens einer von beiden gerieben worden sein.	1.9	Sind beide Körper hingegen geladen, ziehen sie sich an, wenn sie ungleichnamig geladen sind und stoßen sich ab, wenn sie gleichnamig geladen sind.	
	Es werden auch schwere Gegenstände angezogen, wobei man dies schlechter feststellen kann.	1.10	Damit ein Körper von einem anderen angehoben werden kann, muss die Anziehungskraft größer als die Gravitationskraft sein. Körper mit geringer Masse lassen sich daher leichter anziehen.	

<sup>6</sup> Mehr zur dielektrischen Polarisierung bieten Gerthsen (1999, S. 310ff.) und Tipler (1994, S. 725ff.).

<sup>7</sup> Diese Beschreibung beschränkt sich auf elektrostatische Effekte. Magnetische Effekte sind ausgenommen.



<b>Elektrische Ladung</b>	Körper, die gerieben wurden und dann andere (nicht-geriebene) Körper anziehen, nennt man elektrisch geladen.	1.11	<p>Es gibt zwei verschiedene Ladungszustände, die positiv und negativ genannt werden. Positiv geladene Körper haben einen Elektronenmangel, negativ geladene haben einen Elektronenüberschuss.</p> <p>Gleichnamig geladene Körper stoßen sich ab. Ungleichnamig geladene Körper ziehen sich an.</p> <p>Ladungen bleiben immer erhalten. Sie können lediglich umverteilt werden, aber nicht erzeugt oder zerstört werden. Wenn Ladungen unterschiedlicher Polarität in Berührung kommen, können sie sich in ihrer Wirkung gegenseitig (partiell) neutralisieren.</p>	F D I G
	Zwei Körper, die sich nach dem Reiben abstoßen, nennt man gleichnamig geladen.	1.19		
	Zwei Körper, die sich nach dem Reiben anziehen, nennt man ungleichnamig geladen.	1.19		
<b>Die Glimmlampe</b>	Eine Glimmlampe leuchtet, wenn man sie an einen elektrisch geladenen <sup>8</sup> Körper hält.	1.20 1.21 2.1 2.3	<p>Liegt zwischen einem geladenen Körper und dem Körper eines Menschen eine Potentialdifferenz von mindestens 75 Volt (Zündspannung der Glimmlampe) vor und ist gewährleistet, dass ausreichend bewegliche Ladungsträger vorhanden sind, fließt ein Strom durch die Glimmlampe, so dass diese leuchtet, wenn man die Körper durch die Lampe verbindet.<sup>9</sup></p>	S R
	Man muss die Glimmlampe am metallenen Ende anfassen, damit sie leuchtet, wenn man sie mit dem anderen Ende an einen geladenen Körper hält.	2.2		
<b>Leuchten der Glimmlampe</b>	Bei Körpern aus Kunststoff leuchtet die Glimmlampe nur an geriebenen Stellen.	2.3 2.4	<p>Da Kunststoff nicht leitet, können sich die Elektronen auf der Oberfläche eines Kunststoffkörpers nicht frei bewegen. Somit sind auch nur die geriebenen Stellen geladen. Mit der Glimmlampe kann man daher auch nur an den Stellen, an die man die Glimmlampe hält, Elektronen ab- oder zuführen.</p> <p>Metall hingegen ist ein Leiter, so dass ein Teil der Elektronen im gesamten Metallkörper frei beweglich sind. Mit der Glimmlampe können daher an jeder Stelle Elektronen ab- oder zugeführt werden.</p> <p>Beim Berühren der Metallplatte mit der Glimmlampe oder mit der Hand, wird der zuvor geladene metallene Körper geerdet und somit neutral. Ein anschließender Ladungsnachweis ist deshalb nicht mehr möglich. Da Kunststoff nicht leitet, wird beim Berühren mit der Glimmlampe oder der Hand nur der Bereich um die Glimmlampe bzw. Hand geerdet und nicht der ganze Körper. Ein Ladungsnachweis ist anschließend an geriebenen, aber ungeerdeten Stellen weiterhin möglich.</p>	
	Bei Metall leuchtet die Glimmlampe auch an nicht geriebenen Stellen.	2.5		
	Bei Metall leuchtet die Glimmlampe nur einmal, bei Kunststoff kann sie mehrmals leuchten, wenn man sie an verschiedene Stellen hält.	2.5		
	Wenn man einen geladenen Körper aus Metall berührt, leuchtet die Glimmlampe bei anschließendem Berühren nicht auf.	2.6		

<sup>8</sup> Hier und im Folgenden liegt der Bezeichnung „geladen“ kein modellbasiertes Ladungskonzept zugrunde, sondern damit ist die Eigenschaft von Körpern gemeint, nach Reibung eine Anziehung auf andere nicht geriebene Körper auszuüben.

<sup>9</sup> Näheres zu den Leuchterscheinungen wird unter dem Thema „Leuchten der Glimmlampe“ auf dieser Seite erläutert.

<b>Leuchten der Glimmlampe</b>	Eine Glimmlampe leuchtet heller, wenn man sie an Metall hält und weniger hell, wenn man sie an Kunststoff hält.	2.7	Wenn man eine Glimmlampe an einen geladenen Metallkörper hält, fließen im Gegensatz zu einem Körper aus Kunststoff beim gesamten Körper Elektronen ab bzw. auf. Es kommt zu einem größeren Strom als bei einem Kunststoffkörper. Die stärkere Helligkeit des Leuchtens ist also durch die höhere Stromstärke beim vollständigen Ladungsausgleich bedingt.	
	Eine Glimmlampe kann an unterschiedlichen Enden leuchten.	2.7 2.8 2.9 2.10	Beim Leuchten handelt es sich nach Grehn und Krause (1998, S. 221) um das negative Glimmlicht einer Glimmentladung. Dieses tritt immer an der Elektrode auf, die dem negativen Gegenstand zugewandt ist (Kathode). Das Leuchten entsteht, wenn die Atome des Neongas der Glimmlampe durch inelastische Stöße mit Elektronen angeregt werden und die Atome unter Abgabe eines Lichtquants wieder in den Grundzustand übergehen. <sup>10</sup>	T
	An welchem Ende die Glimmlampe leuchtet, hängt davon ab, welche Körper aneinander gerieben wurden.	2.11		
	Mit einer Glimmlampe kann man nachweisen, ob ein Körper positiv oder negativ geladen ist.	2.11		
<b>Laden des Elektroskops</b>	Berührt man mit einem geladenen Gegenstand das Elektroskop und entfernt den geladenen Gegenstand dann wieder, bleibt der Zeiger des Elektroskops ausgelenkt.  Wenn man einen geladenen Kunststoffkörper am Elektroskop abstreift, ist der Ausschlag stärker als beim Berühren des Elektroskops.	3.5 3.6 3.8 3.9	Beim Berühren mit einem geladenen Körper findet ein Ladungsausgleich entsprechend der vorliegenden Kapazitäten von Körper und Elektroskop statt. Das Elektroskop ist somit überall mit gleicher Polarität geladen, so dass sich Zeiger und Aufhängung abstoßen und der Zeiger ausgelenkt wird.  Die Gravitationskraft wirkt auf den Zeiger als Rückstellkraft, da der Zeiger auf der unteren Seite länger ist als auf der oberen Seite und somit der Schwerpunkt des Zeigers etwas unterhalb seiner Befestigungsachse liegt.	N W
	Der Zeigerausschlag eines Elektroskops ist nicht davon abhängig, welcher geladene Gegenstand verwendet wird.	3.13		
	Reibt man eine Kunststoffolie auf dem Elektroskopsteller so schlägt der Elektroskopzeiger erst aus, wenn man die Folie nach dem Reiben entfernt.	3.7	Beim Reiben des Elektroskopstellers mit einer Kunststoffolie wird – wie in allen anderen Fällen – auf dem einen Körper ein Elektronenmangel und auf dem anderen ein Elektronenüberschuss erzeugt. Die Ladungen auf Elektroskopsteller und Folie bilden zusammen eine elektrische Doppelschicht, in der die Ladungstrennung aufgrund der räumlichen Nähe keine Auswirkung auf den Elektroskopauschlag hat. Erst bei Trennung der beiden Gegenstände verteilt sich der Elektronenmangel über das gesamte Elektroskop und der Zeiger schlägt folglich aus.	

<sup>10</sup> Eine genauere Erklärung der Leuchterscheinungen bei einer Glimmentladung bietet Gerthsen (1999, S. 468).

<b>Influenz am Elektroskop</b>	Hält man einen geladenen Gegenstand über ein Elektroskop, schlägt der Elektroskopzeiger aus.	2.12 2.13	<p>Ein geladener Körper besitzt ein äußeres elektrisches Feld, dessen Feldstärke um so größer ist, je stärker der Körper geladen ist. Wird dieser Körper in die Nähe des Elektroskops gehalten, so kommt es zu einer Verschiebung der freien Elektronen, so dass der Elektroskopteller gegensätzlich zu Aufhängung und Zeiger geladen ist. Diese Ladungsverschiebung ist um so größer, je stärker das äußere elektrische Feld ist. Der Elektroskopteller ist entgegengesetzt zum influenzierenden Körper geladen und Zeiger und Aufhängung besitzen die gleiche Polarität wie der influenzierende Körper. Da sich Körper gleicher Polarität abstoßen, wird der Zeiger gegenüber der festen Aufhängung ausgelenkt, bis die Rückstellkraft (s.o.) die Abstoßungskraft ausgleicht. Dabei ist der Ausschlag größer, wenn die durchschnittliche Verschiebung der Ladungsträger größer ist.</p> <p>Da innerhalb des Elektroskops nur Ladungen verschoben werden und es zu keinem Ladungsübertrag zwischen Probekörper und Elektroskop kommt, bleibt das Elektroskop insgesamt elektrisch neutral.</p> <p>Entfernt man den über das Elektroskop gehaltenen geladenen Körper, nimmt das äußere elektrische Feld wieder ab und die Ladungsverschiebung innerhalb des Elektroskops sowie der Zeigerausschlag gehen zurück.</p> <p>Entsprechend schlägt der Zeiger nicht aus, wenn man einen ungeladenen Körper über das Elektroskop hält, da dieser kein elektrisches Feld erzeugt und es somit nicht zu einer Ladungsverschiebung im Elektroskop kommt.</p>	X U
	Wenn man beim berührungslosen Ausschlag den Elektroskopzeiger mit der Glimmlampe berührt, so leuchtet diese auf.	3.3 3.4		
	Je stärker ein Körper geladen wurde, desto stärker schlägt der Elektroskopzeiger aus, wenn man den Körper über das Elektroskop hält.	3.1 3.2		
	Entfernt man einen über ein Elektroskop gehaltenen geladenen Gegenstand, so geht der Ausschlag des Elektroskopzeigers zurück.	2.13		
	Ungeladene Körper bringen das Elektroskop nicht zum Ausschlag, wenn man sie über das Elektroskop hält.	2.14		
<b>Erden des Elektroskops</b>	Ein geladenes Elektroskop kann man entladen, indem man es berührt. Diesen Vorgang nennt man Erden.	3.15	Durch das Berühren eines geladenen Elektroskops wird dieses mit der Erde verbunden. Über den menschlichen Körper fließt Strom, so dass Elektronen zum positiv geladenen Elektroskop bzw. vom negativ geladenen Elektroskop fließen.	
	Ein geladenes Elektroskop wird portionsweise entladen, wenn man einen Gegenstand, der isoliert gehalten wird, wiederholt an das Elektroskop hält und diesen dazwischen erdet.	3.16	Wird ein isoliert gehaltener Körper an ein geladenes Elektroskop gehalten, geht ein Teil der Ladung des Elektroskops auf den Körper über. Der Ladungsanteil, der jeweils abgegeben wird, hängt von den Kapazitäten der beiden Körper ab. Diese Ladungsportion gibt der isoliert gehaltene Körper beim Erden ab, so dass er erneut Ladung vom Elektroskop aufnehmen kann.	
<b>Erden beim Influenzieren</b>	Man kann ein Elektroskop zum dauerhaften Ausschlag bringen, indem man, während man einen geladenen Körper über das Elektroskop hält, den Elektroskopzeiger berührt. Diesen Vorgang nennt man „Laden durch Erden beim Influenzieren“	3.10 3.11 3.12 3.14	<p>Wenn der Probekörper in die Nähe des Elektroskoptellers gehalten wird, schlägt der Zeiger auf Grund von Influenz aus. Das Berühren des Elektroskops führt zur Erdung von Zeiger und Aufhängung. Die Ladung auf dem Elektroskopteller ändert sich jedoch kaum, da das influenzierende Feld des Probekörpers weiter besteht.</p> <p>Entfernt man den Körper, nimmt das elektrische Feld ab. Die Ladungsträger verteilen sich über das ganze Elektroskop, so dass der Zeiger ausschlägt.</p> <p>Durch das Erden beim Influenzieren wird das vorher neutrale Elektroskop somit geladen.</p>	Y

## 4 Datengrundlage

Die untersuchte Gruppe von Schülerinnen besteht aus drei Personen. Die drei Schülerinnen besuchen alle eine Realschule, wobei sie den leistungsstärkeren Schülern zuzurechnen sind. Das zeigt sich auch daran, dass sie alle überlegen, nach der 10. Klasse auf ein Gymnasium zu wechseln.

Die drei Schülerinnen bearbeiten genau die selben Karten im Abstand von zwei Jahren in der 8. und 10. Klasse. Insofern unterscheiden sich die der Arbeit zugrundeliegenden Daten von einem Unterrichtsablauf gemäß einem Spiralcurriculum, da nach dem Spiralmodell ein Themenbereich zwar erneut aufgegriffen wird, aber nicht genau die gleichen Aufgaben gestellt werden, sondern in der Regel mit Ausnahme von wenigen Wiederholungsaufgaben zu Beginn der Einheit vor allem komplexere Aufgabenstellungen oder zumindest Aufgaben in Bezug auf neue Aspekte gestellt werden.

### Videoaufzeichnung

Pro Schülergruppe wurden pro Durchgang drei Doppelstunden mit Hilfe einer Videokamera festgehalten. Die Kamera war in einem Raum der Universität Bremen so ausgerichtet, dass die Schüler samt Tisch und Material zu jeder Zeit im Bild zu sehen sind (siehe Abbildung 4.1). Der abseits sitzende Versuchsleiter ist auf den Videos in der Regel nicht zu sehen, da er unterhalb bzw. neben der Kamera sitzt.



Abbildung 4.1: Videoausschnitt aus dem 1. Durchgang

Die Bearbeitung der Karten verteilt sich wie in Abbildung 4.2 angegeben auf die folgenden Videodateien:

Stunde	1. Durchgang		2. Durchgang	
	Dateiname	Karten	Dateiname	Karten
Erste Doppelstunde	jsf_1ds_a.mpg	1.1 bis P	jsfll_1ds_a.mpg	1.1 bis P
	jsf_1ds_b.mpg	1.11 bis 1.21	jsfll_1ds_b.mpg	1.11 bis 1.21
Zweite Doppelstunde	jsf_2ds_a.mpg	2.1 bis H3	jsfll_2ds_a.mpg	2.1 bis H3
	jsf_2ds_b.mpg	2.10 bis 2.14	jsfll_2ds_b.mpg	2.10 bis 2.14
Dritte Doppelstunde	jsf_3ds_a.mpg	3.1 bis U	jsfll_3ds_a.mpg	3.1 bis 3.10
	jsf_3ds_b.mpg	3.12 bis 3.16	jsfll_3ds_b.mpg	3.11 bis 3.16

**Abbildung 4.2: Bearbeitete Karten in den jeweiligen Videodateien**

## 5 Fragestellungen der Arbeit

Ausgehend vom theoretischen Rahmen (Kapitel 2) wird in dieser Arbeit der Frage nachgegangen, inwiefern eine Lernentwicklung im Verlauf der Lerneinheit stattfindet. Zusätzlich wird untersucht, wie sich die Lernentwicklung im zweiten Durchgang vom ersten unterscheidet.

Da die Lerneinheit grundsätzlich so aufgebaut ist, dass die von Duit (1973) genannten Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen eingehalten werden, kann erwartet werden, dass langzeitliches Behalten von Verhaltensdispositionen gewährleistet ist. In der Lernumgebung werden wichtige Phänomene der Elektrostatik aufgegriffen und systematische Variationen angeregt, so dass die in Kapitel 2 genannten zentralen Merkmale für (kumulatives) Lernen vorliegen sollten. Ob Schüler ein (vernetztes) Verständnis entwickelt haben, lässt sich unter anderem daran erkennen, dass sie - nach einem gewissen zeitlichem Abstand – die bearbeiteten Inhalte in kürzere Zeit, mit größerer Sicherheit, tieferem Verständnis oder größerer Breite entwickeln (s.a. MNU 2001, S. VIII). Gegenstand dieser Arbeit ist, diese Veränderungen angemessen zu operationalisieren und anhand von empirischen Daten zu prüfen.

### ***Bearbeitungsdauer der Karten***

Bei der Bearbeitung der Lerneinheit durch die Schüler ist zu erwarten, dass frühere Aufgaben in einem zweiten Durchgang in kürzerer Zeit bearbeitet werden. Da Lernende sich nach Duit (1973) besonders gut an Phänomene und schlecht an Erklärungen erinnern, kann erwartet werden, dass die Schülerinnen für experimentelle Aufgabenteile im zweiten Durchgang nicht so lange benötigen wie für andere Aufgaben. Für Aufgaben, bei denen Erklärungen im Vordergrund stehen, könnte hingegen erwartet werden, dass die Schülerinnen im zweiten Durchgang nicht viel schneller werden.

**F 1:** Verändert sich die Bearbeitungsdauer der Karten zwischen dem ersten und zweiten Durchgang?

- ▶ **H 1** Die Gesamtdauer für die Bearbeitung der Aufgabenkarten ist im zweiten Durchgang gegenüber dem ersten Durchgang kürzer.
- ▶ **H 2** Die Bearbeitungsdauer reduziert sich bei Aufgaben, die Experimente beinhalten, stärker als bei allen anderen Aufgaben.
- ▶ **H 3** Die Bearbeitungsdauer reduziert sich bei Aufgaben, bei denen die Schüler eine Begründung abgeben sollen am wenigsten.

### **Bezugnahme auf Vorwissen**

Da das Vorwissen eine zentrale Rolle für das Lernen einnimmt, wird dieses besonders untersucht. Weber und Schön haben dazu eine Untersuchungsmethode vorgeschlagen.

Sequenzieller Transfer sollte sich darin bemerkbar machen, dass einmal erworbene Lerninhalte für das Weiterlernen im selben Wissensbereich genutzt werden können. Dies wäre beispielsweise daran zu erkennen, wie oft die Schülerinnen und Schüler beim Beginn eines neuen Unterrichtsabschnitts auf früher gelerntes Wissen zurückgreifen können, was sich z.B. über die Anzahl rückbezogener Äußerungen zu Beginn des neuen Unterrichtsabschnitts feststellen lässt. (Weber & Schön 2001, S.2)

Wenn man diese Idee von Weber und Schön auf die Lernumgebung überträgt, können zwei verschiedene Arten von rückbezogenen Äußerungen vorkommen. Zum einen sind dies Äußerungen, die sich auf Vorwissen aus der Schule beziehen, und zum anderen Äußerungen, die im zweiten Durchgang der Lernumgebung auftreten und sich auf den ersten Durchgang beziehen. Entsprechend lassen sich die folgende Fragestellung und darauf bezogene Hypothesen ableiten.

**F 2** In welchem Umfang treten rückbezogene Äußerungen bei den Lernenden auf?

- ▶ **H 4** Die Schülerinnen greifen wiederholt auf physikalisches Wissen aus der Schule zurück.
- ▶ **H 5** Die Schülerinnen greifen im zweiten Durchgang wiederholt auf Vorwissen aus dem ersten Durchgang zurück.

Zusätzlich zu der Frage nach der Häufigkeit rückbezogener Äußerungen, soll aber auch die Qualität der Äußerungen betrachtet werden. Eine Untersuchung von Duit gibt bereits Hinweise, welche Äußerungen zu erwarten sind:

Weiterhin hat sich gezeigt, daß die Erklärung der Funktion von Bimetallstreifen mit der unterschiedlich starken Ausdehnung der beiden Metalle nur in geringem Ausmaß für eine längere Zeit erworben worden ist. Eine Verbesserung dieses Ergebnisses wird sich vermutlich nur durch eine sehr viel ausführlichere Behandlung der Funktion von Bimetallstreifen als im Unterricht dieser Untersuchung erreichen lassen. Es ist allerdings fraglich, ob sich solch ein zusätzlicher Aufwand lohnt, da viele Schüler auch nach einem Jahr noch angeben, daß ein Bimetall aus zwei verschiedenen Metallen besteht und daß ein Bimetallstreifen sich biegt, wenn er erwärmt wird. Somit kann auf Vorkenntnisse zurückgegriffen werden, wenn die Funktion, nicht aber die Funktionserklärung des Bimetallstreifens in einer späteren Unterrichtseinheit wieder benötigt wird. (Duit 1973, S. 89)

Daraus lässt sich die folgende Fragestellung ableiten:

**F 3** In welchem Umfang treten im zweiten Durchgang (auf den ersten Durchgang bezogene) rückbezogene Äußerungen bei den Lernenden auf?

- ▶ **H 6** Im zweiten Durchgang treten auf den ersten Durchgang bezogene phänomenbasierte Äußerungen häufiger auf als modellbasierte Äußerungen zu Funktionserklärungen.
- ▶ **H 7** Die Schülerinnen können im zweiten Durchgang häufig die Versuchsausgänge mit Hinweis auf die Erfahrungen im ersten Durchgang vorhersagen.

### ***Entwicklung von physikalischen Konzepten***

In Hinblick auf die Qualität des von den Schülerinnen im zweiten Durchgang erzeugten Wissens ergibt sich die Frage, ob in der Lernumgebung die Schülerinnen mit größerer Sicherheit und tieferem Verständnis argumentieren (s.a. MNU 2001, S. VIII). Insbesondere ist zu erwarten, dass im Verlauf der Lernumgebung und verstärkt im zweiten Durchgang die Handlungen zielgerichteter werden, physikalische Vorhersagen vermehrt getroffen werden und physikalische Bezeichnungen häufiger verwendet werden. Außerdem ist zu vermuten, dass vermehrt physikalische Konzepte explizit formuliert werden, so dass die folgenden Fragestellungen und Hypothesen nahe liegen:

**F 4** Verändert sich die Häufigkeit von physikalischen Vorhersagen und die Häufigkeit von systematisch verwendeten physikalischen Begriffen?

- ▶ **H 8** Im Verlauf eines Durchgangs der Lernumgebung formulieren die Schülerinnen öfter physikalische Vorhersagen und benutzen systematisch häufiger physikalische Begriffe.
- ▶ **H 9** Im zweiten gegenüber dem ersten Durchgang formulieren die Schülerinnen öfter physikalische Vorhersagen und benutzen systematisch häufiger physikalische Begriffe.

**F 5** Formulieren die Schülerinnen vermehrt physikalische Konzepte?

- ▶ **H 10** Im Verlauf der Lernumgebung nehmen explizite Formulierungen physikalischer Konzepte zu.
- ▶ **H 11** Im zweiten Durchgang formulieren die Schülerinnen gegenüber dem ersten Durchgang häufiger physikalische Konzepte.



**F 6** Bei welchen Aufgabentypen gibt es zwischen dem ersten und dem zweiten Durchgang eine besonders starke Veränderung bezüglich der Konzeptentwicklung?

- ▶ **H 12** Bei Aufgaben, in denen nach Erklärungen gefragt wird, machen die Schülerinnen im zweiten Durchgang öfter physikalische Vorhersagen und benutzen systematisch häufiger physikalische Begriffe als bei experimentellen Aufgaben.
- ▶ **H 13** Bei Aufgaben, in denen Erklärungen gefragt sind, formulieren die Schülerinnen im zweiten Durchgang häufiger Konzepte als bei experimentellen Aufgaben.

## 6 Methodisches Vorgehen

### 6.1 Protokollierung

Um die vorliegenden Videodaten besser analysieren zu können, wurden die Gespräche und Handlungen der Lernenden verschriftlicht. Im Rahmen dieser Arbeit wurden nicht nur alle Äußerungen der Schülerinnen protokolliert, wie dies z.B. auch am IPN<sup>11</sup> in der Videostudie zu „Lehr-Lern-Prozessen im Physikunterricht“ geschieht (vgl. Seidel, Kobarg & Rimmele 2003, S. 86), sondern die transkriptartigen Protokolle geben auch für den Kontext relevante Handlungen der Schülerinnen wieder. Aufgrund des großen zeitlichen Aufwands des Transkribierens von ungefähr einer Stunde für zwei bis drei Minuten Video, wurden z.T. nur die Handlungen aufgeschrieben, die für die weitere Auswertung relevant sind. Ebenso wurden nicht immer alle Redepausen und nicht jedes Räuspern festgehalten, so dass in dieser Arbeit diese Transkripte „transkriptartige Protokolle“ oder nur „Protokolle“ genannt werden, um deutlich zu machen, dass sie nicht immer die Detailliertheit aufweisen, die in der hannoverschen Arbeitsgruppe „Didaktik der Physik“ bei Transkripten üblich ist.

Das Erstellen von transkriptartigen Protokollen ist wie jede Informationsverarbeitung ein selektiver Prozess und ist streng genommen sowohl ein Teil der Datenauswertung als auch Grundlage für eine weitere Auswertung der Daten. Der Vorteil der Anfertigung von transkriptartigen Protokollen liegt zum einen darin, dass beim mehrfachen Betrachten einer Videosequenz deutlich mehr Aspekte des Geschehens wahrgenommen und festgehalten werden können. Zum anderen erlauben die Protokolle bei einer späteren Auswertung, sich auf die Fragestellung zu konzentrieren, und es ist nicht mehr nötig, insbesondere wenn die Bild- oder Tonqualität nicht so gut ist, die genauen Handlungen und Äußerungen erneut wahrzunehmen. Auch wenn ich zu Beginn meiner Untersuchungen gehofft habe, dass es nicht erforderlich ist, die noch nicht transkribierten Daten von rund sieben Stunden zu verschriftlichen, zeigte sich schnell, dass nur ein genaues Protokollieren eine zutreffende Kategorisierung (vgl. Kapitel 6.4) erlaubt.

Protokoll 6.1 zeigt beispielsweise, wie wichtig es ist, dass nicht nur der genaue Wortlaut ermittelt wird, sondern auch weitere Handlungen festgehalten werden. Würde man diesen Ausschnitt nur hören, könnte man denken, dass Schülerin F die Äußerung „Weil es elektrisch neutral ist.“ gerade (ggf. erneut) konstruiert. Erst wenn nachvollzogen wird, welche Aufgabenkarte die Schülerin vor sich liegen hat, was sie auf diese Karte geschrieben hat und dass sie beim Sprechen auf die Karte guckt, kann entschieden werden, ob der von ihr geäußerte Aspekt in diesem Moment (re)konstruiert wird oder nur abgelesen wird.

---

<sup>11</sup> Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel

**Protokoll 6.1: Karte 2.3 und Karte I im 2. Durchgang**

Zeitintervall	Schüleraktivität
0:11:20	J: (schreibt auf Karte I) F: (schreibt auf Karte 2.3) F: (liest Antwort von Karte 2.3 vor) "Weil es elektrisch neutral ist."
0:11:30	F: (legt Karte 2.3 weg und will Karte G greifen)
jsfll_2ds_a.mpg	J: Warte mal.

Wie dem obigen Beispiel zu entnehmen ist, werden in den Protokollen dieser Arbeit zur Reduktion der Schreibaufwand und für eine bessere Lesbarkeit diverse Abkürzungen und Symbole verwendet, die auf Rogge (2006, S. 1) basieren.

Zeichen	Bedeutung
A:	Anrede von einer Person (in diesem Fall von A)
AB:	Anrede von zwei Personen (in diesem Fall A und B)
ABC:	Äußerung von drei Personen gleichzeitig (in diesem Fall A, B und C)
:A	Anrede an eine Person (hier an A gerichtet)
A:B	Anrede von einer Person an eine andere Person (von A an B)
:sich	Selbstgespräch
VL	Abkürzung für Versuchsleiter bzw. Versuchsleiterin
Mhm.	(eher) zustimmende Äußerung
Hm.	(eher) ablehnende Äußerung
..?..	Aussage/ Wort nicht verstanden
...	Aussage wird abgebrochen oder wird von einer anderen Person unterbrochen bzw. Aussage wird nach der Unterbrechung fortgesetzt.
/,/,//,///,/Xs/	1 Sekunde Pause, 2 Sekunden Pause, 3 Sekunden Pause, X Sekunden Pause
A: „xxx“	A liest den Text xxx laut vor
{xxx}	Vermutete Äußerung einer Person, wenn diese nicht eindeutig verständlich ist
(xxx)	Handlungsbeschreibung
[xxx]	Kommentar des Transkribierers
xxx	Auf Karte notierte Antwort der Lernenden

**Tabelle 6.1: Transkriptionsregeln (nach Rogge 2006, S. 1)**

## 6.2 Analyse der Bearbeitungsdauer

Um zu überprüfen, ob die Schülerinnen schneller oder langsamer zwischen dem ersten und zweiten Durchgang werden, wurde die Bearbeitungsdauer für alle Karten ausgewertet.

Der Beginn der Bearbeitung einer Aufgabenkarte wurde dadurch festgelegt, dass eine der drei Schülerinnen die betreffende Karte vom Stapel nimmt. Nur wenn eine Karte aufgenommen wird und offensichtlich im Anschluss nicht beachtet wird, wurde der Aufgabenbeginn später festgelegt. Das Ende der Bearbeitungsdauer ist durch das Weglegen der Karte auf den Ablagestapel definiert, den die Schülerinnen von sich aus gebildet haben. Dabei ist es möglich, dass eine Karte noch von der einen Schülerin bearbeitet wird, zum Beispiel indem diese die Antwort noch aufschreibt, und gleichzeitig eine andere Schülerin bereits die neue Aufgabe liest. In diesem Fall wurde das Überschneidungsintervall beiden Karten zugeordnet.

Entsprechend wurde verfahren, wenn z.B. eine Interventionskarte hereingereicht wird, diese von den Schülerinnen aufgenommen wird und gleichzeitig mit der bisherigen Karte bearbeitet wird. Diese Gleichzeitigkeit liegt häufig vor, da die Interventionskarten in der Regel thematisch passend gegeben werden, so dass oft auch keine Unterscheidung möglich ist, zu welcher Karte die jeweilige Schülerhandlung zum entsprechenden Zeitpunkt zuzuordnen ist. Wird jedoch die Arbeit zu einer Karte offensichtlich zwischenzeitlich eingestellt, um eine andere Karte zu bearbeiten, wurde diese Zeit abgezogen.

Insgesamt wurden die Bearbeitungsdauern der Karten analog zu der Zuschreibung von Kategorien nur auf 10 Sekunden genau ermittelt.

## 6.3 Analyse der Bezugnahme auf Vorwissen

Anknüpfend an die Aussage von Weber & Schön (2001), dass sich sequenzieller Transfer dadurch bemerkbar machen sollte, dass „einmal erworbene Lerninhalte für das Weiterlernen im selben Wissensbereich genutzt werden können“ und das dies beispielsweise daran zu erkennen wäre, „wie oft die Schülerinnen und Schüler beim Beginn eines neuen Unterrichtsabschnitts auf früher gelerntes Wissen zurückgreifen können, was sich z.B. über die Anzahl rückbezogener Äußerungen zu Beginn des neuen Unterrichtsabschnitts feststellen“ ließe, wird in dieser Arbeit auch untersucht wie häufig und in welchem Kontext die Schülerinnen explizit Vorwissen einbringen.

Dazu gibt es grundsätzlich die Möglichkeit, diese Stellen im Rahmen einer kategoriengestützten Analyse (siehe auch Kapitel 6.4) zu markieren. Da die explizite Verwendung von Vorwissen aus der Schule oder aus dem ersten Durchgang der Laborstudie jedoch sehr selten vorkommt, wird darauf verzichtet. Stattdessen werden alle Videosequenzen, in denen explizite Äußerungen vorkommen, vollständig transkribiert und die Protokolle dazu qualitativ ausgewertet. Dabei wurden die Protokolle nach Vorwissen aus der Schule und Vorwissen aus dem ersten Durchgang unterteilt.

Auch wenn davon auszugehen ist, dass die Schülerinnen häufig bzw. immer Vorwissen in ihre aktuellen Handlungen implizit einbringen, können nur die Stellen ermittelt werden, in denen sie dies explizit zeigen. Ein beispielhafter Protokollauschnitt ist im Folgenden angegeben.

#### Protokoll 6.2: Erinnerung an die Glimmlampe

Zeit	Schüleraktivität zu Karte 2.9 im 2. Durchgang	(jsfill_2_ds_b.mpg)
0:44:10	F: (nimmt Karte 2.9) J: (liest Karte 2.9 vor) "Reibt den roten Plastikstab mit dem Lappen und berührt"	
0:44:20	J: (liest Karte 2.9 vor) den Plastikstab mit der Glimmlampe. Welches Ende der Glimmlampe leuchtet?" F: (nimmt roten Plastikstab und rotes Tuch) J: <b>Jetzt kommt das, ob das oben oder unten leuchtet und ob das positiv oder</b>	
0:44:30	J: <b>negativ ist.</b> // J:F Mach [Reib den Stab]! F: (reibt roten Plastikstab mit rotem Tuch)	
0:44:40	J: Das müssen wir uns jetzt erarbeiten. / Wo ist meine tolle Glimmlampe?	

## 6.4 Kategoriengestützte Analyse zur Konzeptentwicklung

Um auch quantitativ untersuchen zu können, inwiefern die Schülerinnen physikalische Konzepte entwickeln und benutzen, wurde eine kategoriengestützte Analyse durchgeführt.

Bei dieser kriteriengeleiteten Auswertung der Videodaten wurde jedem Zeitintervall eine von mehreren Kategorien zugeordnet.

Wie bei jedem Auswertungsschritt handelt es sich dabei um eine deutliche Reduktion der Datenmenge, die die Daten damit jedoch auch besser verarbeitbar und analysierbar macht.

Bei der Auswertung in dieser Arbeit werden die Kategorien immer für ein festes Intervall von 10 Sekunden zugeschrieben. Dieses als Time-Sampling bezeichnete Verfahren wird im Gegensatz zu einer variablen Festlegung der Zeitintervalle, z.B. nach inhaltlichen Kriterien (Event-Sampling), gewählt. So ist es möglich, die Anzahl der den jeweiligen Kategorien zugeschriebenen Intervalle einfach auszuzählen, um eine Aussage über den zeitlichen Umfang der jeweiligen Kategorien zu ermöglichen.

Das kurze Intervall von 10 Sekunden basiert auf empirische Studien der Bremer Arbeitsgruppe um Stefan von Aufschnaiter und entspricht etwa der mittleren Dauer eines Lösungsweges, die von Saniter (2003, S. 165) mit 10 Sekunden bzw. von Smolé (2000, S. 116) mit 12 Sekunden ermittelt wurde. Das heißt, die Schüler verfolgen im Mittel 10 bis 12 Sekunden lang einen Gedankengang, bevor sie den nächsten Gedankengang mit zumindest leicht verändertem inhaltlichen Aspekt entwickeln. Durch das 10 Sekunden-Intervall wird damit möglichst sichergestellt, dass in einem Intervall maximal ein Wechsel stattfindet. So wird weitgehend vermieden, dass inhaltliche Aspekte zugunsten eines anderen Aspektes nicht kategorisiert werden.

Bei der Zuschreibung der Kategorien ist jedoch auch davon auszugehen, dass die jeweiligen Kategorien nicht immer klar von einander abgrenzbar sind. Dies liegt nicht an einer ungünsti-

gen Wahl der Kategorien, sondern daran, dass der Übergang zwischen den verschiedenen Arten von Kategorien kontinuierlich und nicht diskret ist. Die Zuschreibung der Konzeptualisierung ist zudem abhängig von den vorherigen und folgenden Äußerungen und Handlungen der Schülerinnen, da oftmals nur der Kontext eine Beurteilung zulässt.

Um eine möglichst zutreffende Kodierung zu gewährleisten, wurden alle Zuordnungen der beiden höchsten Kategorien („intuitiv regelbasiert“ und „explizit regelbasiert“ sowie deren Unterkategorien) von Claudia von Aufschnaiter überprüft. Ebenso wurde bei der untersten der drei Kategorien („explorativ“) in rund 40 Prozent der Zuordnungen vorgegangen. Eine Inter-coderreliabilität wurde jedoch nicht explizit ermittelt. Bei Intervallen mit unterschiedlichen Zuschreibungen wurde daraufhin gemeinsam entschieden, welche Kategorie zugeordnet wird.

### **6.4.1 Die Kategorien im Einzelnen**

Die verwendeten Kategorien beruhen auf dem Artikel „Von Fehlvorstellungen und fehlenden Erfahrungen: Kompetenzentwicklung im Physik-Unterricht“ von Claudia von Aufschnaiter zur Physikertagung 2005 in Berlin. Es werden in dem Artikel drei Kategorien für die Beschreibung von Konzeptentwicklung durch Schüler vorgestellt: „exploratives Vorgehen“, „intuitiv regelbasiertes Vorgehen“ und „explizit regelbasiertes Vorgehen“, wobei „explizit regelbasiertes Vorgehen“ noch in zwei Unterkategorien unterteilt wird: „phänomenbasierte Konzeptualisierungen“ und „modellbasierte Konzeptualisierungen“. Da in dem Artikel die Kategorien an Hand von Prototyp-Beispielen definiert wurden, wird im Folgenden versucht, die Kategorien etwas genauer zu umreißen. Insbesondere wird möglichst dargelegt, wie sich die Kategorien von einander abgrenzen lassen.

## Exploratives Vorgehen

Exploration bedeutet die mentale Erkundung „konkreter Objekte, Situationen oder Phänomene“ (C. v. Aufschnaiter 2005, S. 4). Zur Exploration gehört unter anderem das Beobachten von Objekten sowie das Beschreiben des Gesehenen. Auch das Ausprobieren von Dingen gehört dazu, sofern es nicht intuitiv, systematisch bzw. theoriegeleitet ist. Inbegriffen ist auch die mentale Exploration von Objekten bzw. die Erinnerung an Ereignisse aus der Vergangenheit. Dies beinhaltet auch Intervalle, in denen sich die Lernenden an vorherige Beobachtungen erinnern.

Es ist zu beachten, dass die Zuschreibung nur dann erfolgen sollte, wenn die Exploration zu einem *physikalischen* Themenbereich stattfindet. Insbesondere sind allgemeine organisatorische Gespräche zwischen den Schülerinnen nicht explorativ, wenn der Organisationsbedarf sich nicht aufgrund eines speziellen inhaltlichen Aspekts ergibt.

In der untersuchten Lerneinheit liegt exploratives Vorgehen zum Beispiel an den folgenden Stellen vor.

### Protokoll 6.3: Karte 1.5 im 1. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:28:00	S: (durchsucht Materialkiste) F: <b>Was ist das denn für ein Faden?</b> <sup>12</sup> (nimmt Faden des graphitisierten Tischtennisballs in die Hand) J: (nimmt Faden des graphitisierten Tischtennisballs in die Hand) Wolle {oder so was}?	<b>EXPLORATIV</b>
0:28:10 jsf_1ds_a.mpg	S: (nimmt {knittrige Plastikfolie} aus Materialkiste)	<u>Begründung:</u> Erkunden des Fadens

### Protokoll 6.4: Karte 2.4 im 2. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:14:20	F: (beobachtet das Leuchten der Glimmlampe) <b>Da, wo es [die Folie] gerieben, ist es [Leuchten der Glimmlampe] am stärksten.</b>	<b>EXPLORATIV</b>
0:14:30 jsfll_2ds_a.mpg	J: (schreibt auf Karte 2.4)	<u>Begründung:</u> Beschreiben einer konkreten Situation

### Transkript 6.5: Karte 3.1 im 2. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:00:50	F: (nimmt geriebenen Plastikstab vom Elektroskopsteller weg) <b>Guck, jetzt geht der</b> (zeigt auf Elektroskopzeiger) <b>erst wieder langsam zurück.</b>	<b>EXPLORATIV</b>
0:01:00 jsfll_3ds_a.mpg		<u>Begründung:</u> Beschreiben einer konkreten Situation, Erkunden

<sup>12</sup> Fettdruck hebt Aussagen oder Handlungen hervor, die deutliche Indikatoren für die zugeordnete Kategorie darstellen

## Intuitiv regelbasiertes Vorgehen

Intuitiv regelbasiertes Vorgehen liegt vor, wenn das Handeln erfahrungsbasiert stattfindet, ihm also eine Regelhaftigkeit zugrunde liegt, die nicht konkret ausgesprochen wird – ggf. nicht einmal ausgesprochen werden kann – sondern nur intuitiv vorhanden ist.

Intuitiv regelbasiertes Vorgehen lässt sich daran erkennen, dass Handlungen zielgerichtet sind. Dies ist jedoch meist nicht aus einer einzelnen Sequenz zu erkennen, sondern kann nur aus einem Vergleich zu vorherigen Handlungen geschehen und ist in der Regel sehr schwer abzugrenzen.

Einfacher ist es, wenn Vorhersagen zu physikalischen Sachverhalten getroffen werden, also z.B. Versuchsausgänge ohne explizite Begründung vorhergesagt werden. In diesem Fall liegt eindeutig regelbasiertes Vorgehen vor. Nur wenn es sich um unsichere Vermutungen oder schlichtes Raten handelt, liegt nicht intuitiv regelbasiertes Verhalten, sondern Exploration vor. Ein weiterer Anhaltspunkt für intuitiv regelbasiertes Verhalten ist die systematische Benutzung von Bezeichnungen zur Beschreibung von Phänomenen und Objekten. Dabei ist jedoch zu fragen, ob die Benutzung wirklich systematisch erfolgt oder nur zufällig ein möglicherweise passendes Wort gewählt wurde. Intuitiv regelbasiertes Vorgehen liegt dabei auch vor, wenn eine Bezeichnung systematisch falsch benutzt wird, da auch in diesem Fall eine (wenn auch falsche) Regelhaftigkeit zugrunde liegt.

Im Folgenden sind drei Beispiele für intuitiv regelbasierte Konzeptualisierungen angegeben:

### Protokoll 6.6: Karte 1.5 im 1. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:30:40          0:30:50 jsf_1ds_a.mpg	S: Das geht nicht. (hält Styroporplatte in der Hand) Was ist das? VL: Styropor. F: <b>Styropor geht doch aber normalerweise.</b> Styro-.	<b>INTUITIV REGELBASIERT</b>  <u>Begründung:</u> Feststellung eines Verstoßes gegen die bisherige Erfahrung: „Styropor lässt sich aufladen.“

### Protokoll 6.7: Karte 2.12 im 2. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:16:10          0:16:20 jsfll_2ds_b.mpg	J: negativ, ne? F: (reibt roten Plastikstab mit rotem Lappen) Ja. J: Das heißt, wenn... F: <b>Das heißt, das (zeigt auf Elektroskopeller) ist positiv und das (zeigt auf Stab) ist negativ.</b> J: Ja und guck noch mal, prüf noch mal... F: <b>Dann muss das, dann muss das (zeigt auf Metallplatte) wohl negativ sein</b> , weil sich das ja abstößt. J: Ja. F: Oder?.	<b>INTUITIV REGELBASIERT</b>  <u>Begründung:</u> Folgerung aus der Erfahrung: „Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab.“



## Protokoll 6.8: Karte 1.10 im 2. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:44:40	JSF: (betrachten Karte 1.10) S: Dahinten, {sind <b>die</b> } [ <b>Gegenstände</b> ], <b>die leichter sind</b> . {Die <b>ziehen sich an</b> .}	<b>INTUITIV REGELBASIIERT</b>  Begründung: Indirekte Formulierung der Erfahrung: „Nur leichtere Gegenstände werden angezogen.“
0:44:50	J:F <b>Normal ja, aber ich glaube man kann das nicht sehen, weil dass... Also die Auswirkung ist nicht ganz so groß</b> . Verstehst Du? F: Mhm.	<b>INTUITIV REGELBASIIERT</b>  Begründung: J äußert, dass es normalerweise etwas Regelhaftes gibt.
0:45:00	S: <b>Also normal vermutlich...</b> J: <b>...vom Theoretischen her müsste das ja gehen</b> . F: Ja, klar. J: Aber weil das halt. <b>Also weil die anderen Gegenstand viel schwerer sind,</b>	Beide Intervalle: <b>INTUITIV REGELBASIIERT</b>  Begründung: Mögliche zugrundeliegende Erfahrung: „Anziehung liegt vor, aber die elektrische Anziehungskraft ist gegenüber der großen Gravitationskraft von massereichen Objekten kaum feststellbar.“
0:45:10  0:45:20 jsfil_1ds_a.mpg	J: <b>lässt sich das halt nicht so gut zeigen</b> . JSF: (schweigen) /5s/ J: Ist da (guckt zur Materialkiste) noch irgendwas drinnen, womit das gehen könnte?	

## Explizit regelbasiertes Vorgehen

Explizit regelbasierte Konzeptualisierungen liegen vor, wenn Konzepte oder Theorien explizit formuliert werden. Die Aussagen beinhalten dabei immer Generalisierungen über Objekt- oder Situationsklassen. Als hartes Entscheidungskriterium, ob eine Handlung oder Formulierung intuitiv oder explizit regelbasiert ist, dient die Forderung, dass *jede* explizit regelbasierte Äußerung *verallgemeinernd* sein muss. Beispielsweise ist eine Formulierung vom Typ „Immer, wenn ..., dann ...“ eine explizit regelbasierte Konzeptualisierung.

Explizit regelbasiertes Vorgehen lässt sich dabei in phänomenbasierte oder modellbasierte Konzeptualisierungen einteilen. Die Unterteilung wird im Folgenden beschrieben.<sup>13</sup>

### Phänomenbasierte Konzeptualisierungen

Phänomenbasierte Konzeptualisierungen liegen vor, wenn Konzepte formuliert werden, die aus Erfahrungen abgeleitet werden können. Es handelt sich um „phänomenübergreifende Verallgemeinerungen“ (C. v. Aufschnaiter 2005, S. 4).

In den untersuchten Daten traten z.B. folgende phänomenbasierte Konzeptualisierungen auf:

#### Protokoll 6.9: Karte 3.13 im 1. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:34:20	J: der Lampe. <b>Also, wenn's [das Leuchten] unten ist, ist negativ</b> (hört auf zu reiben und zeigt auf Glimmlampe) und... S: (nimmt Glimmlampe) FJ (gleichzeitig): ... <b>und wenn's oben ist...</b> J: ... <b>ist es positiv</b> . (reibt roten Plastikstab mit rotem Lappen). J: (hört auf zu reiben) J:S Mach mal.	<b>EXPLIZIT REGELBASIERT PHÄNOMENBASIERT</b>
0:34:30 jsf_2ds_a.mpg	S: (berührt mit Glimmlampe geriebenen Stab) J: Ich seh	<u>Begründung:</u> Verallgemeinernde Regel wird an Phänomen entwickelt.

#### Protokoll 6.10: Karte 2.7 im 2. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:34:20	J: ..?.. <b>je länger</b> man das [Stab] reibt, ..?.. also da leuchtet das [Glimmlampe] besser.	<b>EXPLIZIT REGELBASIERT PHÄNOMENBASIERT</b>
0:34:30 jsf_2ds_a.mpg		<u>Begründung:</u> Verallgemeinernde Regel wird an Phänomen festgemacht.

<sup>13</sup> Derzeit wird in der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik der Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover diskutiert, ob eine Unterscheidung in phänomenbasierten Konzeptualisierungen und modellbasierten Konzeptualisierungen auch für intuitiv regelbasiertes Vorgehen möglich ist. Diese Überlegung wird jedoch nicht in die vorliegende Arbeit integriert.

### Modellbasierte Konzeptualisierungen

Modellbasierte Konzeptualisierungen liegen vor, wenn Konzepte formuliert werden, die nicht allein aus Erfahrungen abgeleitet werden können. Es handelt sich also um modellbasierte Erklärungen (vgl. C. v. Aufschnaiter 2005, S. 4). Eine scharfe Abgrenzung zwischen phänomenbasierten und modellbasierten Konzeptualisierungen liefert in der Regel die Frage, ob in der Formulierung nur konkrete, wahrnehmbare Objekte vorkommen. In diesem Fall ist die Formulierung keine modellbasierte Konzeptualisierung, sondern eine phänomenbasierte.

Idealisierte Beispiele für modellbasierte Konzeptualisierungen wären unter anderem: „ein Elektroskop dient zum Ladungsnachweis“ oder „wenn man den Elektroskopzeiger berührt, geht Ladung vom Elektroskop auf die Erde über“, da dies Konzeptualisierungen zum Ladungsbegriff sind und Ladung an sich nicht wahrnehmbar ist.

In der vorliegenden Lerneinheit traten beispielsweise die folgenden modellbasierten Konzeptualisierungen auf. Beim zweiten Beispiel ist zum besseren Verständnis noch ein Teil des vorherigen Intervalls angegeben.

#### Protokoll 6.11: Karte 1.18 im 1. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:27:80	[...] J: (wiederholt) Woran liegt es, dass man manchmal Anziehung und manchmal Abstoßung beobachten kann?	- nicht relevant -
0:28:00  0:28:10 jsf_1ds_b.mpg	F: (schaut auf rote Karte F) <b>Ja, weil entweder, weil die beide positiv oder beide negativ oder weil der eine positiv und der andere negativ.</b> J: Aber das kann man ja nicht sehen. (rollt roten Plastikstab auf dem Tisch hin und her)	<b>EXPLIZIT REGELBASIERT MODELLBASIERT</b>  Begründung: Verallgemeinernde Regel, bei der die Ladungspolarität nicht alleine aus Erfahrungen erläutert wird.

#### Protokoll 6.12: Karte 3.8 im 2. Durchgang

Zeitintervall	Schüleraktivität	Zugeordnete Kategorie
0:26:50  0:27:00 jsf_3ds_a.mpg	J: Ist der Gegenstand... S: <b>...ist der Gegenstand positiv geladen, dann entsteht [beim Zeiger?] ein Elektronenüberschuss.</b> J: (schreibt auf Karte 3.8)	<b>EXPLIZIT REGELBASIERT MODELLBASIERT</b>  Begründung: Verallgemeinernde Regel, bei der der Elektronenüberschuss nicht alleine in Erfahrungen begründet ist.

## 6.4.2 Allgemeine Kodiervorschriften

Bei der Einordnung der Kategorien wurde nach den folgenden allgemeinen Regeln verfahren.

### ***Höherwertige Kategorien überdecken niedrigere Kategorien***

Da die Kategorien nicht für jede einzelne Schülerin zugeschrieben wurden, sondern für die gesamte Gruppe, wurde immer die höherwertigere Konzeptualisierung kodiert, auch wenn diese nur von einer der drei Schülerinnen erreicht wurde.

### ***In Zweifelsfällen die höhere Kategorie***

Die Zuordnung der Kategorien im Bereich der Grenze zwischen den Kategorien bleibt damit jedoch trotzdem weiterhin ein Problem. Durch die Definition von notwendigen und hinreichenden Voraussetzungen wird bei der Beschreibung der Kategorien versucht, eine scharfe Abgrenzung zu ermöglichen. Trotzdem bleiben Zweifelsfälle, in denen dann grundsätzlich höher eingestuft wird, auch wenn diese Fälle eher selten auftreten.

### ***Wiederholte Konzeptualisierungen werden kodiert***

Wenn die Schülerinnen Aussagen von anderen Schülerinnen wiederholen, Konzepte beim Aufschreiben laut erneut sprechen, wird in diesen Fällen die Konzeptualisierung zugeschrieben, die dem gesprochenen Inhalt entspricht. Auch wenn zu kritisieren wäre, dass dieses Konzept von der Schülerin, die gerade spricht, nicht selber erstmals entwickelt wurde, so berufe ich mich in der Zuschreibung auf eine konstruktivistische Sichtweise des Lernprozesses, wonach diese Konzepte auch beim Wiederholen immer neu entwickelt werden. Die Erkenntnis, dass sich nach spätestens 30 Sekunden (häufig nur 5 bis 20 Sekunden) die Orientierung einer Tätigkeit ändert oder ein neuer Gedankengang beginnt (vgl. u.a. S. v. Aufschnaiter 2001, S. 257; S. v. Aufschnaiter, C. v. Aufschnaiter & Schoster 2000, S. 21), stützt diese Kodierungsregel, sofern die Wiederholung mehr als 30 Sekunden später erfolgt.

### ***Keine Kodierung bei nicht physikalischen & nicht rekonstruierbaren Vorstellungen***

Das Kategoriensystem ist so aufgebaut, dass es nicht allen möglichen Tätigkeiten eine Kategorie zuweist. Daher gibt es Aktivitäten, denen keine Kategorie zugeordnet wird.

Dazu zählt unter anderem, wenn Aufgabentexte vorgelesen werden, wenn die Schülerinnen alleine für sich lesen oder etwas aufschreiben. In diesen Fällen ist nicht klar festzustellen, ob die Schülerinnen dabei (mit)denken bzw. verstehen, was sie gerade lesen oder schreiben.

Ebenso werden Ereignisse nicht kodiert, die nicht von physikalischem Inhalt sind. Dies tritt zum Beispiel auf, wenn die Schülerinnen organisieren, wer was machen soll oder wenn sie „Off Task“ sind, sich also zum Beispiel über Privates unterhalten, auch wenn dies so gut wie nie geschah.

## 6.5 Videograph-Software

Das Programm Videograph ist eine Software, die am IPN von Rolf Rimmele entwickelt wurde. Mit dieser können Multimediadaten, wie zum Beispiel Filme, abgespielt und gleichzeitig ausgewertet werden. Das Programm erlaubt die Konstruktion von Beobachtungskategorien bzw. Rating-Skalen, die zur Analyse der in den Multimediadateien enthaltenen Inhalte eingesetzt werden können (vgl. Rimmele 2006).

Die Oberfläche der Software besteht dabei aus drei Fenstern, die in der Größe und Position frei verändert werden können. In Abbildung 6.1 ist ein Screenshot der Softwareoberfläche zu sehen.



**Abbildung 6.1: Benutzeroberfläche der Videograph-Software**

In der oberen linken Ecke ist das Videofenster zu sehen, in dem die Filmdatei angezeigt wird. In der oberen rechten Ecke befindet sich das Transkriptfenster, in dessen oberen Teil einem Videoabschnitt vorher definierte Kategorien durch Anklicken zugeordnet werden können. Darunter befindet sich ein Bereich, in dem Notizen vorgenommen werden können. In diesem Fall ist dort eine Begründung für die Zuordnung der Kategorie „explizit regelbasiert“ eingege-

ben. Im untersten Teil des Transkriptfensters wird der Text des transkriptartigen Protokolls eingegeben.

Dem jeweils ausgewählten Zeitintervall können also mehrere Kategorien, ein Transkripttext und eine Notiz zugeordnet werden. Sowohl die Kategorien, als auch Transkript- und Notiztext können auch im Nachhinein noch geändert werden.

Im unten befindlichen Fenster „Timeline“ kann nicht nur die aktuelle Zeit des Videos abgelesen werden, sondern auch welche Kategorien den vorherigen und kommenden Zeitintervallen zugeordnet wurden. Hier wird auch die Länge der Zeitintervalle festgelegt. Dabei kann zwischen festen Zeitintervallen wie z.B. 10 Sekunden (Time-Sampling) und einer variablen Festlegung der Zeitintervalle z.B. nach inhaltlichen Kriterien (Event-Sampling) gewählt werden (vgl. Seidel, Kobarg, & Rimmele 2003, S. 80).

Eine einschaltbare Loop-Funktion ermöglicht, dass das Zeitintervall so lange wiederholt wird, bis die transkribierende Person mit allen Zuschreibungen und Transkriptionen fertig ist und dann per Mausklick oder Tastendruck zum nächsten Zeitintervall übergeht. Außerdem können hier Zeitmarken definiert werden, um zum Beispiel Aufgabenbeginn und -ende schneller zu finden, wenn später erneut darauf zurückgegriffen werden soll.

Sowohl die Transkripttexte als auch die Kategorienzuordnung können inklusive Zeitzuordnungen in verschiedenen Dateitypen (u.a. SPSS, MS Excel, MS Word) exportiert werden, um dann dort weiterverarbeitet zu werden.

## 7 Ergebnisse der Arbeit

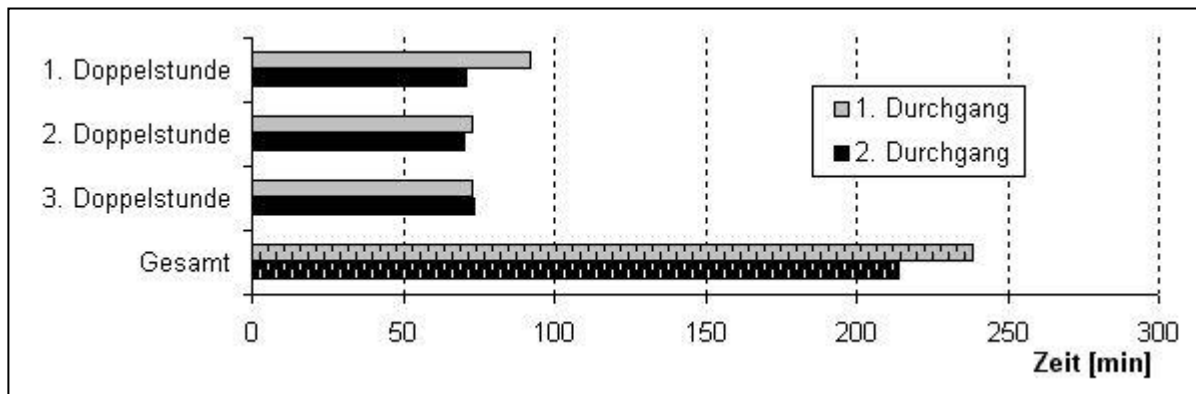
### 7.1 Bearbeitungsdauer

#### 7.1.1 Allgemeiner Überblick

Bei der Analyse der Bearbeitungsdauer wurde zunächst der Frage nachgegangen, ob sich die Bearbeitungsdauer der Karten zwischen dem ersten und zweiten Durchgang verändert. Dazu wurde in Kapitel 5 die folgende Hypothese aufgestellt:

**H 1** Die Gesamtdauer für die Bearbeitung der Aufgabenkarten ist im zweiten Durchgang gegenüber dem ersten Durchgang kürzer.

Wie Abbildung 7.1 zeigt, hat die Bearbeitungsdauer der Karten insgesamt vom 1. zum 2. Durchgang um 10 Prozent abgenommen. Die Hypothese H 1 trifft somit im Rahmen der vorliegenden Daten zu. Betrachtet man jedoch die einzelnen Stunden, so zeigt sich, dass nur in den ersten beiden Doppelstunden die Bearbeitungsdauer abgenommen hat und der Rückgang der gesamten Bearbeitungsdauer vor allem durch die erste Doppelstunde begründet ist. In der dritten Doppelstunde ist die Bearbeitungsdauer hingegen – wenn auch nur minimal - angestiegen.



**Abbildung 7.1: Absolute Bearbeitungsdauer der Karten<sup>14</sup> nach Doppelstunden**

Beim Betrachten der einzelnen Karten bestätigt sich dieses Ergebnis: In der ersten Doppelstunde wurden zwei Drittel der Karten schneller bearbeitet, was insbesondere daran liegt, dass die Schülerinnen ähnliche Experimente nicht so häufig durchführen mussten.

Über die gesamte Lerneinheit betrachtet hat bei 38 Karten die Bearbeitungsdauer abgenommen und bei 29 Karten ist die Dauer angestiegen. Insofern ist keine systematische Abnahme

<sup>14</sup> Es sind nur die Karten berücksichtigt, die in beiden Durchgängen bearbeitet wurden.

der Bearbeitungsdauer über die gesamte Dauer der Lerneinheit festzustellen. Dies zeigt auch Abbildung 7.2, in der der relative Anteil der Bearbeitungsdauer im ersten und zweiten Durchgang von allen Karten dargestellt ist.

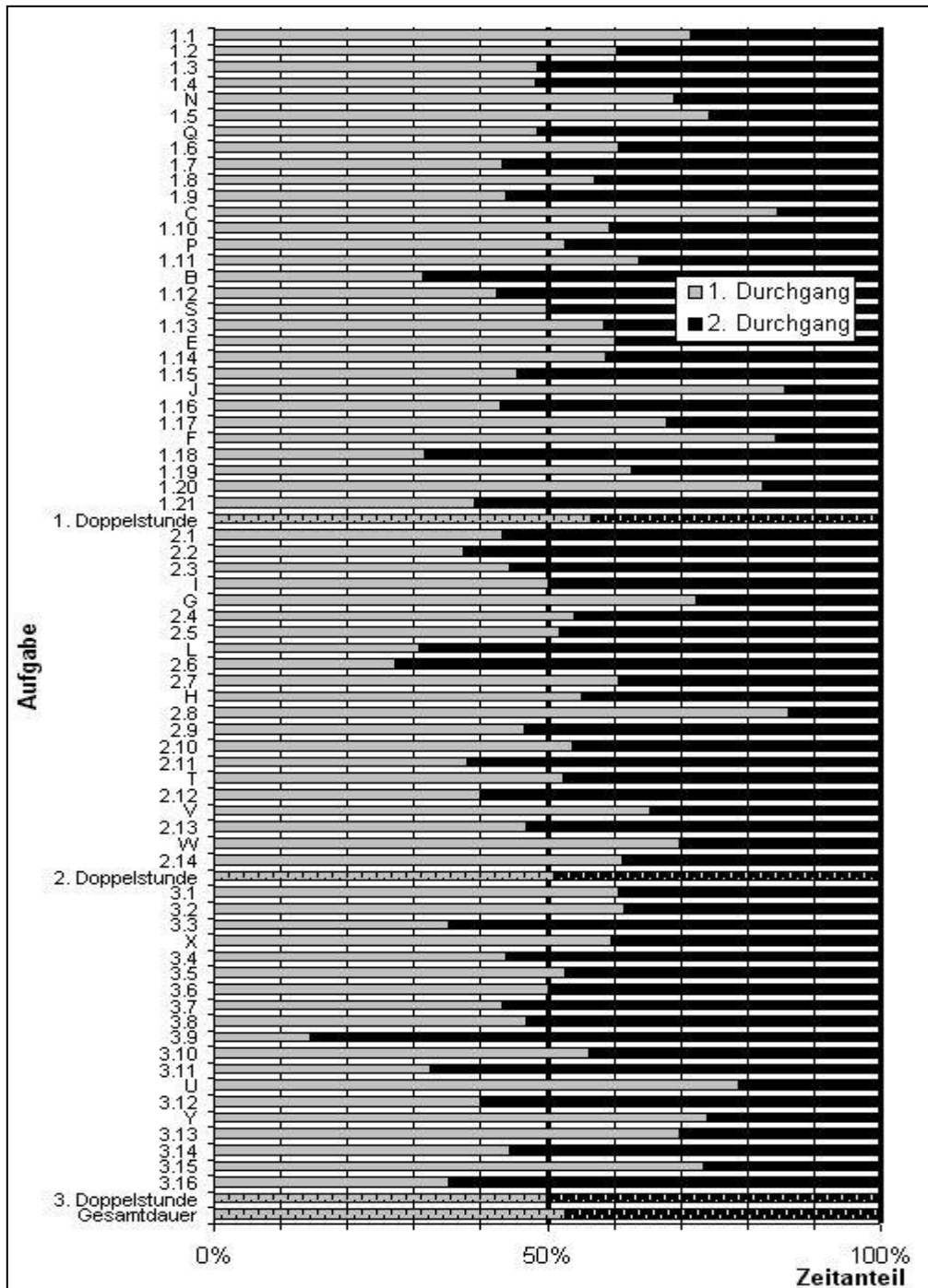


Abbildung 7.2: Relativer Anteil der aus dem ersten und zweiten Durchgang summierten Bearbeitungsdauern<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Es sind nur die Karten berücksichtigt, die in beiden Durchgängen ausgeteilt wurden.



## 7.1.2 Veränderung der Bearbeitungsdauer nach Aufgabentypen

Da die Bearbeitungsdauer bei den einzelnen Karten im Verhältnis zwischen dem ersten und zweiten Durchgang stark variierte, besteht die Frage, ob dies an der Art der Karten liegt. In Kapitel 5 wurden dazu die folgenden Hypothesen formuliert:

- H 2** Die Bearbeitungsdauer reduziert sich bei Aufgaben, die Experimente beinhalten, stärker als bei allen anderen Aufgaben.
- H 3** Die Bearbeitungsdauer reduziert sich bei Aufgaben, bei denen die Schüler eine Begründung abgeben sollen am wenigsten.

Um diesen Hypothesen nachzugehen, ist es hilfreich, die Karten der Lernumgebung in verschiedene Aufgabentypen einzuordnen.

Aufgabentyp	Beschreibung	Karten
Experimentieren	Karten, bei denen ausschließlich Experimente durchgeführt werden sollen.	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.13, 1.14, 1.16, 1.20, 1.21, 2.1, 2.4, 2.5, 2.8, 2.9, 2.10, 2.12, 3.5, 3.6, 3.10, 3.11, 3.12
Notieren	Karten, bei denen ausschließlich eine Antwort notiert werden soll. Diese Antwort kann entweder aus vorherigen Experimenten geschlossen werden oder durch erneutes Experimentieren gefunden werden.	1.6, 1.7, 1.8, 1.11, 1.12, 1.15, 1.17, 1.18, 1.19, 3.16
Interpretieren	Zu diesem Aufgabentyp zählen alle Interventions- und Informationskarten: Die Karteninformation ist zu interpretieren. Es kann - aber muss nicht - experimentiert und begründet werden.	N, Q, C, P, B, S, E, J, F, I, G, L, H, T, V, W, X, U, Y
Begründen	Karten, bei denen nach Erklärungen und Erläuterungen gefragt wird. Zum Teil wird dazu aber auch das Durchführen von Experimenten gefordert.	1.9, 1.10, 2.2, 2.3, 2.6, 2.7, 2.11, 2.13, 2.14, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.7, 3.8, 3.9, 3.13, 3.14, 3.15

Wertet man die Aufgabendauer für diese verschiedenen Aufgabentypen aus, zeigt sich, dass eine systematische Abnahme der Aufgabendauer nur beim Aufgabentyp „Interpretieren“ festzustellen ist, wie auch Abbildung 7.3 zeigt. Eine Abnahme der Bearbeitungsdauer liegt auch beim Aufgabentyp „Experimentieren“ vor, wobei die Abnahme nicht so stark ist wie beim Typ „Interpretieren“. Es ist somit festzuhalten, dass Hypothese H 2 nicht bestätigt werden kann, da die Abnahme der Bearbeitungsdauer bei Interpretationsaufgaben am größten ist.

Hypothese H 2 kann ebenfalls nicht komplett bestätigt werden. Es liegt bei diesem Aufgabentyp zwar eine der geringsten Veränderungen bei der Bearbeitungsdauer vor, aber auf der anderen Seite gibt es nicht eine Abnahme, sondern eine – wenn auch geringe – Zunahme der Bearbeitungsdauer.

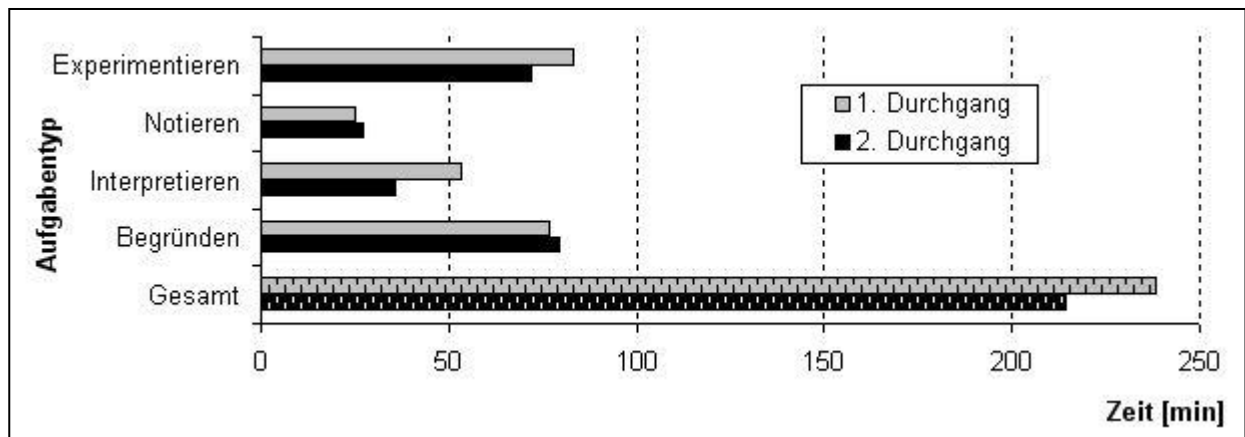


Abbildung 7.3: Absolute Bearbeitungsdauer der Karten<sup>16</sup> nach Kartentyp

Betrachtet man noch einmal alle einzelnen Karten, wie dies in Abbildung 7.4 zu erkennen ist, so zeigt sich, dass eine Zunahme der Bearbeitungsdauer beim Kartentyp „Interpretieren“ nur bei drei von 19 Aufgaben festzustellen ist. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass beim Aufgabentyp „Interpretieren“ eine deutliche Tendenz für kürzere Bearbeitungsdauern vorliegt.<sup>17</sup> Es lässt sich vermuten, dass das bessere Vorverständnis im zweiten Durchgang dazu führt, dass die Interventions- und Informationskarten besser verstanden werden können. Diese Vermutung müsste jedoch durch genauere Analyse sowie durch weitere Fälle geprüft werden.

Trotz des Ergebnisses, dass die Bearbeitungsdauer vor allem bei Interpretationsaufgaben angestiegen ist, zeigt sich, dass eine allgemeine Aussage zur Veränderung der Aufgabendauer und der möglichen Gründe ohne Betrachtung des Inhalts nicht sinnvoll ist, da die Zeitanteile im ersten und zweiten Durchgang bei den einzelnen Aufgaben (auch innerhalb der Aufgabentypen) stark variieren. Es ist also nötig eine qualitative Analyse der Kartenbearbeitung vorzunehmen um Gründe für diese Varianz zu finden. Dies geschieht im Folgenden exemplarisch anhand der fünf Karten mit der stärksten Zunahme der Bearbeitungsdauer und der fünf Karten mit der stärksten Abnahme der Bearbeitungsdauer.

<sup>16</sup> Es sind nur die Karten berücksichtigt, die in beiden Durchgängen ausgeteilt wurden.

<sup>17</sup> Eine detaillierte Analyse von Karten mit längerer Bearbeitungsdauer wird im Kapitel 7.1.2 durchgeführt.

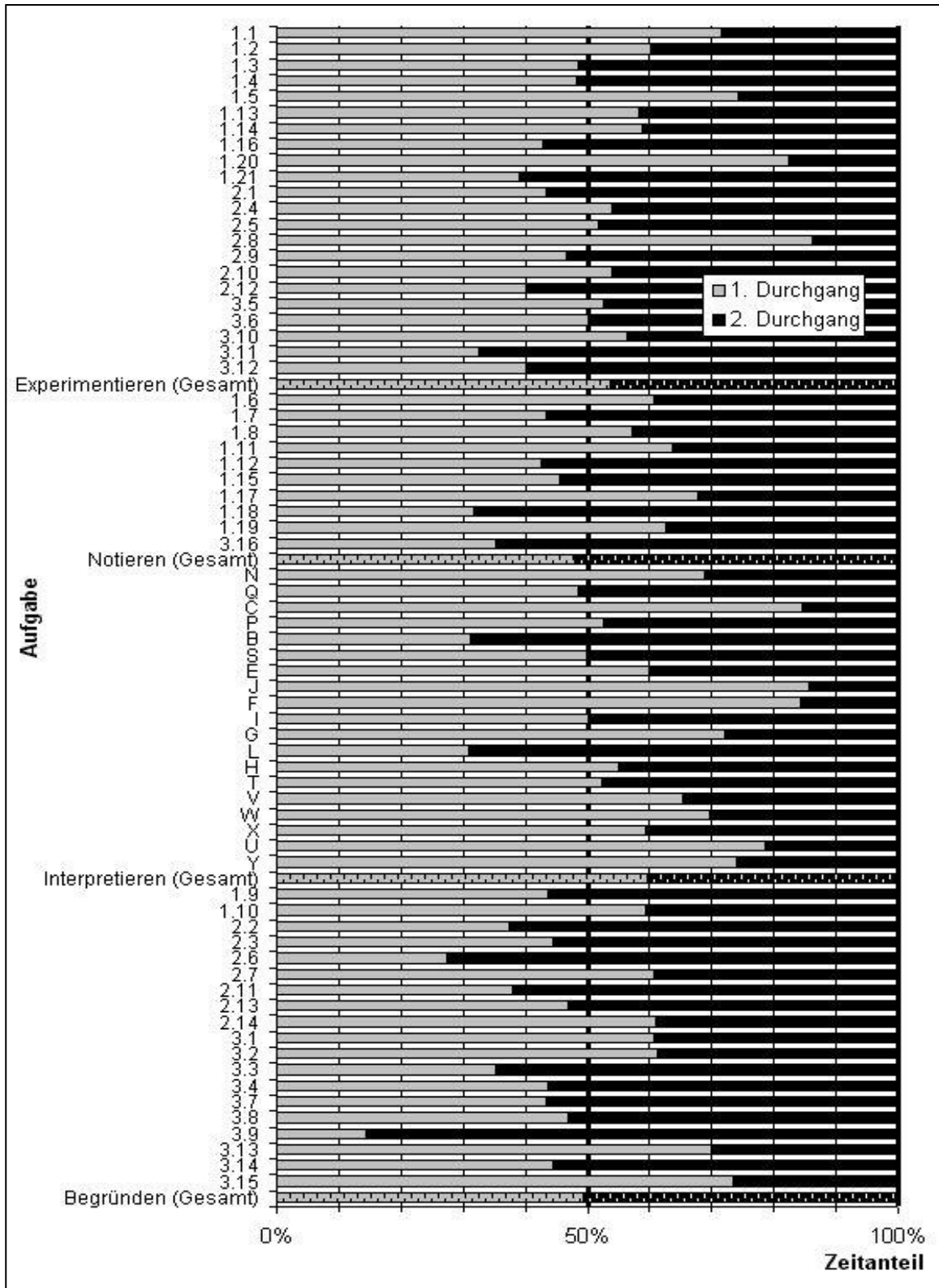


Abbildung 7.4: Relativer Anteil der aus dem ersten und zweiten Durchgang summierten Bearbeitungsauern nach Aufgabentypen

### 7.1.3 Zum Zusammenhang der zeitlichen und inhaltlichen Dynamik

In der folgenden Detailanalyse wird untersucht, inwiefern sich eine Zu- oder Abnahme der Aufgabendauer mit der Hypothese vereinbaren lässt, dass die Schülerinnen im zweiten Durchgang die Karten besser und schneller bearbeiten. Die Detailanalyse wird dabei exemplarisch anhand der fünf Karten mit der stärksten Ab- bzw. Zunahme der Bearbeitungsdauer vorgenommen. Die Karten sind innerhalb der beiden Bereiche nach ihrem zeitlichen Vorkommen in der Lernumgebung sortiert, damit der Leser zwischen den einzelnen Karten bezüglich der Inhalte und des Lernfortschritts der Schülerinnen nicht völlig springen muss.

#### Karten mit kürzerer Bearbeitungsdauer

Karte	Dauer im 1. Durchgang	Dauer im 2. Durchgang	Abnahme
2.8	4:10	0:40	84,0 %
J	2:00	0:20	83,3 %
C	3:40	0:40	81,8 %
F	2:40	0:30	81,2 %
1.20	2:20	0:30	78,6 %

#### Karte C

<b>C</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b></p> <p>Ist ein Gegenstand durch Reiben aufgeladen worden, kann er nicht aufgeladene, kleine Körper anziehen.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
----------	--

1. Durchgang	Karte C	Zeit: 0:43:30 – 0:47:10	Datei: jsf_1ds_a.mpg
<p>Zuerst liest F und anschließend liest J die Karte vor. F versucht die Information auf konkrete Gegenstände zu beziehen (u.a. Styroporkügelchen). Daraufhin fragt F, ob die Information ihnen weitergeholfen habe, woraufhin geprüft wird, ob die Information für die Bearbeitung von Karte 1.9 hilft. Als Karte 1.9 abgeschlossen ist, wird erneut Karte C von F vorgelesen. Die Schülerinnen versuchen daraufhin, die Information auf die Anziehung zwischen einem Luftballon und einem Plastikstab anzuwenden und führen dazu die konkreten Experimente durch. Anschließend entscheiden sie, dass ihnen die Information auf Karte C nicht weitergeholfen habe.</p>			

2. Durchgang	Karte C	Zeit: 0:37:40 – 0:38:20	Datei: jsfll_1ds_a.mpg
<p>J liest die Karte vor und stellt dann fest: „Das [was auf Karte C steht], wussten wir ja vorher auch schon, oder? Hat uns das weitergeholfen?“ F bestätigt, dass ihnen dies nicht weitergeholfen habe, so dass J „Nein“ ankreuzt und die Karte anschließend weglegt.</p>			

Im ersten Durchgang wird die Information auf der Karte schlechter verstanden und es bedarf der Anwendung auf konkrete Fälle. Aufgrund der zu geringen Erfahrungen ist es also nötig, diese Information mit aktueller Exploration zu verknüpfen, um sie besser zu verstehen.

### **Karte J**

<b>J</b>	<p><b>Anziehung /Abstoßung</b></p> <p>Gleichnamig geladene Gegenstände stoßen einander ab. Ungleichnamig geladene Gegenstände ziehen einander an.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
----------	--

1. Durchgang	Karte J	Zeit: 0:17:30 – 0:22:50	Datei: jsf_1ds_b.mpg
<p>F liest Karte J zuerst alleine und dann laut vor. Dabei wissen die Schülerinnen nicht, was gleichnamig bedeutet und beenden daher die Bearbeitung der Karte vorerst.</p> <p>Nach der Bearbeitung der Karten 1.16 und 1.17 vermuten die Schülerinnen, dass „gleichnamige Gegenstände“ „gleiche Gegenstände“ bedeutet, da sie Abstoßung nur beobachtet haben, wenn sie zwei gleiche PVC-Folien gerieben haben und Anziehung immer nur zwischen unterschiedlichen Objekten auftrat. Daraufhin gehen sie noch einmal auf Karte J ein und notieren, dass ihnen Karte J doch weitergeholfen habe: „Nun wissen wir, was ‘gleichnamig’ heißt“.</p>			

2. Durchgang	Karte J	Zeit: 0:14:40 – 0:15:00	Datei: jsfll_1ds_b.mpg
<p>Die Schülerinnen haben bereits bei der vorherigen Karte herausgefunden, dass sich Gegenstände mit gleichen Ladungen abstoßen. Als F die Karte J daraufhin vorliest, kichern alle drei, da sie den Inhalt der Karte schon selbstständig herausgefunden haben. Daraufhin kreuzt F das Feld „Nein“ an und schreibt als Begründung auf die Karte, dass sie schneller waren.</p>			

Die Bearbeitungszeit reduziert sich in diesem Fall aufgrund des größeren Vorwissens, welches die Schülerinnen im zweiten Durchgang besitzen. Das Wort „gleichnamig“ bereitet im Gegensatz zum ersten Durchgang keine Probleme mehr.

**Karte F**

<b>F</b>	<p><b>Ladungen</b></p> <p>Es gibt zwei Arten von Ladungen, die positiv (+) oder negativ (-) genannt werden. Zwei verschiedene Gegenstände können also gleichnamig (beide positiv bzw. beide negativ) oder ungleichnamig (einer positiv, der andere negativ) geladen sein.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
----------	--

1. Durchgang	Karte F	Zeit: 0:22:20 – 0:25:00	Datei: jsf_1ds_b.mpg
<p>J liest die Karte vor. Das Vorlesen der Karte dauert 23 Sekunden. Nach einem Schweigen von sechs Sekunden gibt J den Inhalt noch einmal in eigenen Worten wieder: „Also, wenn sie gleichnamig sind, sind sie beide plus, positiv oder negativ und wenn sie, also wenn das jetzt zwei gleiche sind (greift nach den Folien), dann sind sie entweder beide positiv oder negativ und wenn sie jetzt verschieden sind, wie zum Beispiel dies (zeigt auf roten Stab) oder das (zeigt auf Luftballon), dann sind sie, ist der eine positiv und der andere negativ.“ Daraufhin bestätigt F dies, kreuzt auf Karte F „Ja“ an und schreibt: „Jetzt wissen wir, was sich anzieht und was nicht.“</p>			

Interessant ist dabei, dass die Schülerinnen nicht bemerken, dass sie direkt vor dieser Karte schriftlich festgehalten haben, dass „gleichnamige Gegenstände“ „gleiche Gegenstände“ wären, was zu ihrer neuen Interpretation, die sie nach dem Lesen der Karte F gewonnen haben, im Widerspruch steht.

2. Durchgang	Karte F	Zeit: 0:17:20 – 0:17:50	Datei: jsfll_1ds_b.mpg
<p>Im zweiten Durchgang liest F den Beginn von Karte F vor. J liest anschließend den Rest der Karte vor und stellt sofort fest, dass sie die Information der Karten bereits wussten: „Nein, das hat uns nicht weitergeholfen. Wir sind zu schlau.“ Sie kreuzt daraufhin „Nein“ an und ergänzt auf der Karte: „Wir wussten das schon.“</p>			

Im zweiten Durchgang wird die Information besser verstanden. Dies zeigt sich auch daran, dass das Vorlesen der Aufgabenkarte nur noch 11 Sekunden dauert. Aufgrund von größeren Vorerfahrungen bedarf es zum Verstehen der Karte nicht mehr der Anwendung des Karteninhalts auf konkrete Objekte.

**Karte 1.20**

<b>1.20</b>	Reibt einen aufladbaren Gegenstand, und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab. Leuchtet die Glimmlampe? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
-------------	--

<b>1. Durchgang</b>	<b>Karte 1.20</b>	Zeit: 0:28:50 – 0:31:10	Datei: jsf_1ds_b.mpg
J liest die Karte vor. S vermutet, dass sie das schon gemacht haben, was von F bestätigt und von J bestritten wird. F reibt daraufhin die Folie und hält sie an beide Seiten der Glimmlampe. Sie stellt kein Leuchten fest und J vermutet, dass die Glimmlampe nicht leuchtet, weil die Lampe auf beiden Seiten an Plus angeschlossen sei. J schreibt daraufhin auf die Karte: „Die Glimmlampe kann gar nicht leuchten, weil es einmal Plus und einmal Minus geben muß.“			

<b>2. Durchgang</b>	<b>Karte 1.20</b>	Zeit: 0:23:30 – 0:24:00	Datei: jsfll_1ds_b.mpg
J liest die Karte vor woraufhin alle drei Schülerinnen feststellen, dass sie das Experiment schon gemacht haben und dass die Glimmlampe leuchten werde. Daraufhin schreibt F auf der Karte „Ja“ und ergänzt, dass sie diese Karte nicht bearbeitet haben, weil „wir es schon gemacht haben“. Währenddessen führt J den Versuch dennoch durch und beobachtet das erwartete Leuchten der Glimmlampe.			

Die schnellere Bearbeitungsdauer ergibt sich in Karte 1.20 dadurch, dass die Schülerinnen im zweiten Durchgang den Experimentausgang sicher voraussagen können und daher das Experiment nicht mehr durchführen müssen, auch wenn J dies trotzdem noch tut, während sie darauf wartet, dass F mit dem Schreiben fertig wird. Dies entspricht den Überlegungen zur Hypothese H 1, dass die Schülerinnen im zweiten Durchgang weniger Experimente benötigen.

**Karte 2.8**

<b>2.8</b>	Tastet geriebene Gegenstände aus Kunststoff und Metall an unterschiedlichen Stellen ab. Können Sie Unterschiede beim Leuchten der Glimmlampe feststellen? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
------------	---

1. Durchgang	Karte 2.8	Zeit: 0:40:30 – 0:44:40	Datei: jsf_2ds_a.mpg
<p>F liest die Karte vor. Daraufhin reibt J den Plastikstab und den Metallstab mit einem Tuch. J vermutet: „Ich würde lieber das (zeigt auf Metallplatte mit isoliertem Griff) nehmen, weil das [unisolierter Metallstab] geht ja nicht, wenn man das anfasst.“, J reibt den Metallstab trotzdem und stimmt S erst zu, nachdem sie selber festgestellt hat, dass die Glimmlampe beim Ranhalten an den mit dem Tuch geriebenen Metallstab nicht leuchtet. Daraufhin reibt sie die Metallplatte mit dem Lappen und der Folie. S tastet die Metallplatte mit der Glimmlampe ab. Die Schülerinnen wiederholen den Versuch mehrmals, bis F darauf hinweist, dass sie an verschiedenen Stellen abtasten sollen.</p> <p>F vermutet daraufhin: „Da, wo es am meisten gerieben wurde, leuchtet es am stärksten.“ J reibt erneut den Plastikstab, S tastet diesen mit der Glimmlampe ab und stellt bei der zweiten Durchführung ein unterschiedliches Leuchten fest. Daraufhin notiert F: „An den nicht so doll geriebenen Stellen leuchtet es mehr als an den Stellen, wo wir nicht so viel gerieben haben.“ Wobei aus dem vorherigen Gespräch zu vermuten ist, dass sie eigentlich aufschreiben wollte: „An den doll geriebenen Stellen leuchtet es mehr als an den Stellen, wo wir nicht so viel gerieben haben.“ Während F schreibt, probieren J und S das gleiche Experiment mit der Metallplatte aus, brechen es aber aus nicht klar erkennbaren Gründen ab.</p>			

2. Durchgang	Karte 2.8	Zeit: 0:43:40 – 0:44:20	Datei: jsfl_2ds_a.mpg
<p>J liest die Karte 2.8 vor. F meint daraufhin, dass sie dies schon gemacht haben, was von J bestätigt wird, so dass J auf Karte 2.8 schreibt: „schon vorher ausgeführt“. Die Schülerinnen haben zuvor jedoch nur beim Plastikstab zu Aufgabe 2.7 herausgefunden, dass die Glimmlampe am meisten leuchtet, „wo am meisten gerieben wurde.“ (vgl. Video jsfl_2ds_a zum Zeitpunkt 0:34:50 bis 0:35:10)</p>			

In beiden Durchgängen bearbeiten die Schülerinnen die Aufgabe, „an unterschiedlichen Stellen“ abzutasten unvollständig. Sie erkennen zwar in beiden Fällen, dass das Leuchten der Lampe beim Plastikstab davon abhängt, wie lange bzw. wie stark gerieben wurde, jedoch erkennen sie in beiden Fällen nicht, dass es bei der Metallplatte nicht darauf ankommt, wo diese gerieben wird und wo abgetastet wird. Genau so wenig erkennen sie, dass die Glimmlampe bei der Metallplatte nur beim ersten Berühren aufleuchtet und beim Plastikstab mehrmals aufleuchten kann, wenn sie an verschiedenen Stellen abtasten.

Es zeigt sich, dass die Schülerinnen beim zweiten Durchgang das Teilergebnis „Je stärker man beim Plastikstab eine Stelle reibt, desto stärker leuchtet die Glimmlampe dort“ nebenbei in Aufgabe 2.7 herausgefunden haben, wohingegen sie beim ersten Durchgang dieses Ergebnis erst nach vielen Experimenten herausfinden.

Dies entspricht also den Überlegungen, die zur Aufstellung der Hypothese H 2 (Reduktion der Bearbeitungsdauer bei Experimentieraufgaben) geführt haben.



## Karten mit längerer Bearbeitungsdauer

Karte	Dauer im 1. Durchgang	Dauer im 2. Durchgang	Abnahme
3.9	2:20	14:00	600 %
2.6	1:30	4:00	167 %
L	2:00	4:30	125 %
B	0:50	1:50	120 %
1.18	2:10	4:40	115 %

### Karte B

<b>B</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b></p> <p>Beim Reiben verschiedener Materialien kann Elektrizität entstehen, d.h. die Materialien laden sich auf.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
----------	--

1. Durchgang	Karte B	Zeit: 0:04:30 – 0:05:20	Datei: jsf_1ds_b.mpg
J liest die Karte vor. Anschließend wird sofort diskutiert, ob die Karte ihnen weiterhilft. Die Schülerinnen stellen fest, dass ihnen die Information für das Concept Mapping an der Tafel weiterhilft. Daraufhin kreuzt J „Ja“ an und schreibt „für die Tafel“ auf die Karte.			

2. Durchgang	Karte B	Zeit: 0:2:30 – 0:04:20	Datei: jsfl_1ds_b.mpg
Die Schülerinnen lesen die Karte für sich, stellen dann fest, dass die Information klar sei. F: „Ist doch klar, weil er geladen ist und durch Ladung entsteht doch Elektrizität. Oder?“ Daraufhin schauen sie auf die Concept Map an der Tafel und J erläutert, wie sie die Zusammenhänge zwischen den Begriffen sieht: „Ladung ist Energie und dann hätten wir dazwischen noch Elektrizität. // Und Elektrizität ist ja... Ach nee, durch Ladung entsteht Energie, die man zur Elektrizität machen kann.“ Anschließend entscheiden sie sich, dass ihnen die Karte nichts geholfen habe, weil sie die Information schon vorher wussten.			

In beiden Durchgängen erkennen die Schülerinnen, dass ihnen die Information für das Concept Mapping hilft. Die Zunahme der Bearbeitungszeit ist in diesem Fall dadurch begründet, dass F versucht explizit zu erläutern, wie sie den Zusammenhang zwischen Reiben bzw. Ladung und Elektrizität sieht. Die Schülerinnen benötigen also in diesem Fall mehr Zeit für eine inhaltliche Erweiterung.

**Karte 1.18**

<b>1.18</b>	Überlegt Euch einen weiteren Versuch, bei dem sich zwei geladene Gegenstände abstoßen. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
-------------	--

<b>1. Durchgang</b>	<b>Karte 1.18</b>	Zeit: 0:25:10 – 0:27:20	Datei: jsf_1ds_b.mpg
Die Schülerinnen probieren sofort verschiedene Gegenstände aus. F nimmt zwei Plastikstäbe und schreibt, ohne mit den anderen zu sprechen, auf, dass die beiden Plastikstäbe sich abstoßen. S nimmt zwei Styroporplatten und ist sich nicht sicher, ob diese sich nach dem Reiben abstoßen. Sie wiederholt den Versuch und bemerkt: „Also anziehen tun sie sich nicht.“ F sagt daraufhin: „Nee, also sind die abstoßend“ und schreibt dies auf			

<b>2. Durchgang</b>	<b>Karte 1.18</b>	Zeit: 0:17:50 – 0:22:30	Datei: jsfl_1ds_b.mpg
Die Schülerinnen bearbeiten die Aufgabe wie im ersten Durchgang indem sie verschiedene Gegenstände ausprobieren. Dabei entdeckt J das Elektroskop und erinnert sich auch daran, dass sie dies schon kennt. Über rund 90 Sekunden explorieren die drei Schülerinnen die Funktionsweise des Elektroskopes bis J die anderen auffordert: „Aber lass lieber die Aufgabe machen.“ Im Folgenden probieren J und F aus, ob sich zwei geriebene PVC-Stäbe abstoßen. Im Gegensatz zum ersten Durchgang schließen sie aus der Beobachtung „Ich merke nichts“ <u>nicht</u> , dass eine Abstoßung vorliegt, weil sie keine Anziehung spüren. Schließlich stellen sie fest, dass sich die geriebene PVC-Folie vom geriebenen Plastikstab abstößt			

Die Verlängerung der Bearbeitungszeit resultiert zum einen daraus, dass sich die Schülerinnen einem anderen Themengebiet (Elektroskop) im zweiten Durchgang zuwenden und zum anderen, dass sie genauer vorgehen und nicht aus einer „Nicht-Anziehung“ eine Abstoßung schließen. Sie gehen somit fachlich angemessener mit ihren Ergebnissen um.

**Karte L**

<b>L</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b></p> <p>Werden zwei Gegenstände aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung. Dabei können einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstände gehören, zu dem anderen Gegenstand überwechseln. Das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sind.</p> <p><i>Glaut Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
----------	--

<b>1. Durchgang</b>	<b>Karte L</b>	Zeit: 0:22:30 – 0:24:30	Datei: jsf_2ds_a.mpg
---------------------	----------------	-------------------------	----------------------

J liest die Karte vor, woraufhin die drei Schülerinnen fünf Sekunden schweigen bis J fragt, was denn „Lonen“ seien. Die Schülerinnen lesen die Karte daraufhin erneut und stellen fest, dass die Karte ihnen nicht geholfen habe, da sie nicht wissen, was „Lonen“ sind.

Bei diesem Durchgang zeigt sich deutlich, dass die Schülerinnen das Wort Ionen vorher nicht kannten und nichts mit diesem Wort anfangen können. Das zeigt sich nicht nur darin, dass sie es falsch aussprechen, sondern auch beim späteren Ausfüllen der Fragebögen, wo sie „lonen“ bzw. „Lohnen“ schreiben.

<b>2. Durchgang</b>	<b>Karte L</b>	Zeit: 0:17:50 – 0:22:20	Datei: jsfll_2ds_a.mpg
---------------------	----------------	-------------------------	------------------------

F liest die Karte vor und erkennt dann, dass ein Grammatikfehler auf der Aufgabenkarte ist. Anschließend liest J die Karte erneut vor, woraufhin alle drei Schülerinnen feststellen, dass sie den Inhalt noch nicht verstanden haben. F liest daraufhin die Karte noch einmal vor, wobei sie nach den ersten beiden Sätzen jeweils prüft, ob der einzelne Satz verstanden wurde: „OK, das verstehen wir, oder?“ bzw. F: „Ja, das hatten wir auch in der Schule.“

Der letzte Satz bleibt hingegen vorerst unverstanden. Die Schülerinnen diskutieren, die Begriffe Ion, Atom und Elektron. Ansatzweise gelingt ihnen, die Bedeutung der Begriffe zu rekonstruieren, so dass sie am Ende auf der Karte ankreuzen, dass ihnen die Karte geholfen habe und sie begründen: „Weil wir uns vorher nicht sicher waren.“

Die Verlängerung der Aufgabenzeit ist dadurch begründet, dass das Vorwissen zum Behandeln der Aufgabe im ersten Durchgang so gering ist, dass diese Aufgabe nicht von den Schülerinnen behandelt werden kann und daher sofort abgebrochen wird. Im zweiten Durchgang ist das Vorwissen dann zumindest so groß, dass die Karte bearbeitet werden kann, auch wenn die Aufgabenstellung weiterhin Probleme bereitet, weil die Schülerinnen mit den vielen Begriffen immer noch nicht sicher umgehen können.

**Karte 2.6**

<b>2.6</b>	Könnt Ihr die Glimmlampe zum Leuchten bringen, wenn Ihr einen geriebenen Metallstab abtastet? Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
------------	---

<b>1. Durchgang</b>	<b>Karte 2.6</b>	Zeit: 0:24:20 – 0:25:50	Datei: jsf_2ds_a.mpg
J liest die Aufgabe vor. Anschließend führen die Schülerinnen den Versuch durch. J reibt den Metallstab, S tastet ihn mit der Glimmlampe ab und stellt kein Leuchten fest, J vermutet „Weil wir das anfassen“, und wiederholt: „Das leitet nur, wenn man es irgendwo anfasst.“ F schreibt auf Karte 2.6: „Nein, weil wir den Metallstab angefasst haben.“			

<b>2. Durchgang</b>	<b>Karte 2.6</b>	Zeit: 0:28:00 – 0:32:00	Datei: jsfll_2ds_a.mpg
Im zweiten Durchgang liest F die Karte vor und vermutet: „Das ist schon wieder das gleiche, oder nicht?“ J fordert trotzdem auf, das Experiment einfach durchzuführen. Nachdem J die Glimmlampe an den geriebenen Metallstab gehalten hat und kein Leuchten beobachtet hat, vermutet sie: „Du darfst das doch eigentlich nicht berühren“. F ist hingegen der Meinung, dass sie den Metallstab doch berühren dürfe, da sie die anderen (nichtleitenden) Stäbe auch immer berührt habe. J ist jedoch weiterhin entgegengesetzter Meinung, weil sie die Metallplatte auch nicht berühren durften. F fasst den Metallstab daraufhin mit dem Lappen an, vermutet jedoch, dass der doch leite, woraufhin J vorschlägt, den Stab irgendwie mit Gummi anzufassen. F zieht daraufhin den nicht aufgeblasenen Luftballon über das eine Ende des Metallstabs. Der Stab wird daraufhin noch mal gerieben und es wird kein Leuchten der Glimmlampe festgestellt. Letztendlich stellt F fest, dass auf der Karte auch „nichts mit Gummi“ gefordert sei und formuliert die Antwort: „Nein, weil das Metall während des Laden schon wieder entladen wird (durch das Anfassen des Stabes mit der Hand).“			

In diesem Fall dauert die Aufgabe länger, weil sie zum einen nicht der von den Schülerinnen entwickelten intuitiven Regel entspricht, dass alle geriebenen Gegenstände geladen sind. Zum anderen wird später ein zusätzliches Experiment durchgeführt, um zu überprüfen, ob es wirklich daran liegt, dass der Metallstab leitend angefasst wird. Dieser Bedarf zur Überprüfung ist beim ersten Durchgang nicht entstanden und führt zu einer umfassenderen Bearbeitung der Aufgabe. Auch wenn der Ausgang des Experimentes nicht mehr von den Schülerinnen berücksichtigt wird (u.a. weil sie sich wieder auf die Aufgabenstellung beziehen und ggf. auch, weil der Versuchsausgang nicht ihre Vermutung bestätigt) ist deutlich zu erkennen, dass der größere Zeitaufwand für eine umfassendere Auseinandersetzung verwendet wurde.

**Karte 3.9**

<b>3.9</b>	Wie kann man ein Elektroskop durch Berühren laden? Stelle eine Regel auf. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
------------	--

1. Durchgang	Karte 3.9	Zeit: 0:31:20 – 0:33:40	Datei: jsf_3ds_a.mpg
<p>J liest die Aufgabe vor und beantwortet spontan: „Mit einem geladenen Gegenstand“ Gleichzeitig reibt sie einen PVC-Stab, um das Experiment durchzuführen und erklärt im Anschluss: „weil sich die Elektronen so (zeigt mit der Hand hin und her) {hin- und herbewegen, wenn} die positiv und negativ war“ was durch F bestätigt wird. J stellt daraufhin die Regel auf: „Der geriebene Gegenstand überträgt die Ladung.“ F hinterfragt zwar noch, ob dies eine Regel sei, darauf wird aber nicht mehr eingegangen.</p> <p>Im Anschluss findet eine Diskussion statt, ob nur negative Ladungen übertragen werden. Dabei bringt niemand Begründungen vor, es kommt aber dennoch zum Konsens, dass positive und negative Ladungen übertragen werden.</p>			

2. Durchgang	Karte 3.9	Zeit: 0:30:20 – 0:44:20	Datei: jsfl_3ds_a.mpg
<p>Die Schülerinnen stellen innerhalb von 40 Sekunden die gleiche Regel auf, wie sie im ersten Durchgang in zwei Minuten formuliert wurde: „Wir denken, dass durch einen geriebenen Gegenstand die Ladungen auf den Elektroskopteller übertragen werden.“</p> <p>F formuliert noch eine zusätzliche Regel: „Wenn man, wenn man das [Elektroskopteller?] nicht berührt, dann dient der Elektroskopteller eher als Leiter, oder?“ J ist sich diesbezüglich nicht sicher und verlangt, dass diese Regel experimentell belegt wird. Im Folgenden wird daraufhin versucht, die Ladungspolarität des Elektroskopes, und von verschiedenen geriebenen Gegenständen (Plastikstab, PVC-Folie, Metallplatte) bestimmt. Dies dauert sehr lange, weil die Glimmlampe zum Teil nur wenig leuchtet und somit ungenau abgelesen werden kann, ob der Gegenstand positiv oder negativ ist. Letztendlich finden die Schülerinnen heraus: „Wenn der Körper somit z.B. pos. ist, überträgt er dies auf den Elektroskopteller. Dieser ist nun auch pos. geladen.“</p> <p>Anschließend wiederholen sie das Experiment mit einer Metallplatte, die sie mit einer PVC-Folie reiben und sind überrascht, dass Elektroskopteller und PVC-Folie beide positiv geladen sind. Nach der Hilfestellung von der Versuchsleiterin, dass Zeiger und Aufhängung leitend verbunden sind, schreiben sie auf: „Dies überträgt sich auf Zeiger und Aufhängung. Zeiger schlägt aus.“</p> <p>Im Folgenden werden die Karten 3.8 und 3.7 entsprechend dieses Ergebnisses korrigiert.</p>			

Es zeigt sich, dass die gleiche Antwort auf die Frage in deutlich geringerer Zeit gefunden wird. Dass die Bearbeitung der Karte deutlich länger dauert, liegt vor allem daran, dass zusätzliche inhaltliche Aspekte genauer betrachtet werden und experimentell belegt werden.

### **Ergebnisse der Detailanalyse zur Aufgabendauer**

Insgesamt zeigt sich, dass die aufgestellten Hypothesen H 1 bis H 3 (siehe Kapitel 5) nicht zutreffend waren. Die Begründungen, die beim Aufstellen der Hypothesen verwendet wurden, konnten jedoch in den vorliegenden Ergebnissen wiedergefunden werden. So konnte mehrmals festgestellt werden, dass die Schülerinnen im zweiten Durchgang weniger Zeit für das Durchführen von Experimentieren benötigt haben. Dieses hat sich jedoch beispielsweise nicht auf die Gesamtdauer der Bearbeitung der Experimentieraufgaben ausgewirkt, da vielfach im zweiten Durchgang neue Aspekte von den Schülerinnen behandelt wurden, die sie im ersten Durchgang nicht für relevant hielten oder die sie vorher gar nicht erkannt haben.

Insgesamt bleibt also festzuhalten, dass beim Aufstellen der Hypothesen zu sehr die Variable „Zeit“ im Fokus stand. Dass die Schülerinnen im zweiten Durchgang jedoch nicht nur schneller, sondern auch „besser“ werden können, d.h. größere Sicherheit, tieferes Verständnis oder größere inhaltliche Breite erreichen können, wurde außer acht gelassen.

## **7.2 Bezugnahme auf Vorwissen**

Wie in Kapitel 5 erläutert, ist zu vermuten, dass sich die Schülerinnen wiederholt an schon vorher durchgeführte Experimente erinnern, so dass sich die folgenden Hypothesen ergeben haben:

**H 4** Die Schülerinnen greifen wiederholt auf physikalisches Wissen aus der Schule zurück.

**H 5** Die Schülerinnen greifen im zweiten Durchgang wiederholt auf Vorwissen aus dem ersten Durchgang zurück.

Während der Durchsicht der Videodaten hat sich bereits gezeigt, dass die Stellen, an denen sich die Schülerinnen an Vorwissen oder Vorerfahrung erinnern und dies verbal auch deutlich machen, sehr selten sind. An nur drei Stellen haben die Schülerinnen explizit zu erkennen gegeben, dass sie sich auf Schulwissen beziehen, wobei alle Stellen im zweiten Durchgang vorkommen. Rückbezogene Äußerungen auf den ersten Durchgang treten im zweiten Durchgang auch nicht viel häufiger auf: An vier Stellen beziehen sich die Schülerinnen auf den ersten Durchgang. Somit ist festzustellen, dass rückbezogene Äußerungen unerwartet selten vorkommen. Die den Hypothesen H 4 und H 5 (implizit) beinhaltete Qualität von expliziten Rückbezügen konnte somit nicht gefunden werden. Es ist zwar denkbar, dass die Schülerinnen eher intuitiv auf physikalisches Wissen aus der Schule und aus dem ersten Durchgang Bezug nehmen, dieses kann jedoch aus der Beobachtersicht nicht sicher erfasst werden.

Aufgrund dieses seltenen Vorkommens rückbezogener Äußerungen bietet es sich auch nicht an, das Verhältnis dieser Zeitintervalle an der Gesamtdauer der Lernumgebung zu ermitteln und daraus Rückschlüsse ziehen zu wollen. Stattdessen werden diese wenigen Stellen im Folgenden qualitativ ausgewertet. Dazu werden die transkriptartigen Protokolle dieser Stellen wiedergegeben und anschließend jeweils in einem Fazit die Gemeinsamkeiten festgehalten.

### 7.2.1 Erinnerungen an Vorwissen aus der Schule

Zeit	Erinnerung an den Atomaufbau	(jsfll_2_ds_a)
0:11:40	J: (schreibt auf Karte I, legt Karte I weg) F: (nimmt Karte G und liest vor) "Unterschiedlich geladene Gegenstände"	
0:11:50	J: (liest Karte G vor): "Ein Gegenstand ist positiv geladen, wenn positive Ladungen in der Überzahl sind. Bei einem positiv geladenen Gegenstand herrscht Elektronenmangel. Ein"	
0:12:00	J: (liest Karte G vor) "Gegenstand ist negativ geladen, wenn negative Ladungen in der Überzahl sind. Bei einem negativ geladenen Gegenstand herrscht damit ein Elektronenüberschuss."	
0:12:10	J: <b>Elektronen waren doch - Sind das Minus oder Plus?</b> J: <b>Minus, ne?</b> F: <b>Minus.</b> J: <b>Und Protonen sind doch Plus.</b> S: <b>Plus.</b> J: <b>Und die sind doch in Atomkernen, ne? Also in dem Kern.</b>	
0:12:20	J: <b>Und da sind doch auch die Neutronen.</b> S: <b>Neutronen, die sind neutral.</b> F: Die sind doch - ja! J: Hat uns das weitergeholfen? Nee, oder?	
0:12:30	F: <b>Das wussten wir doch schon.</b> J: <b>Ja, das hatten wir doch in der Schule.</b> J: (liest Karte G vor) „Wenn ja, warum?“ S: Also ich weiß nicht. J: (legt Karte G weg)	

Zeit	Erinnerungen an den Chemieunterricht	(jsfll_2_ds_a)
0:18:30	J: (liest Karte L vor) "Werden zwei Gegenstände aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung. Dabei können einige Elektronen, die zu dem"	
0:18:40	J: (liest Karte L vor) "einen Gegenstand gehören, zu dem anderen Gegenstand überwechseln. Das rührt daher" nee: "Das rührt daher, dass die"	
0:18:50	J: (liest Karte L vor) "Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen"	
0:19:00	J: (liest Karte L vor) "unterschiedlich stark sind." J: Verstanden, oder nicht? F: Nicht so. S: Nicht so. X: Nicht? S: (liest Karte L vor) "Werden zwei"	

0:19:10	F: (liest Karte L vor) "Gegenstände aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung." OK, das verstehen wir, oder? "Dabei können
0:19:20	F: (liest Karte L vor) "einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstand gehören, zu dem anderen Gegenstand überwechseln." <b>J: Ja, das hatten wir auch in der Schule.</b> F: Genau. (liest Karte L vor) "Das rührt daher, dass die"
0:19:30	F: (liest Karte L vor) "Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sind." J: Noch mal.
0:19:40	J: Den Satz. F: (liest Karte L vor) "Das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen"
0:19:50	F: (liest Karte L vor) "unterschiedlich stark sind." J: Das heißt, wenn das jetzt stärker ist als das, dann? Was passiert dann?
0:20:00	F: Dann F: Dass die [Elektronen] dann da rüberwechseln. J: Was ist denn noch mal der Unterschied
0:20:10	J: zwischen Ionen und Elektronen. Elektron ist Minus. F: Sind Ionen nicht so was wie ähm, wie S: Aus zwei / und wenn da irgendwie
0:20:20	S: eins rübergeht oder so was. F: Oder war das nicht?
0:20:30	J: <b>Das war das mit dieser Achterschale, ne? Elektronen auf der Achterschale.</b> J: Also das ganze ja, aber was ist denn ein
0:20:40	J: Oder? F: Ja guck mal! Klar! Wenn er hier sagt. Hier stehen, hier steht irgendwie positiv geladene Ionen, dann haben die ja
0:20:50	J: Ist das eine Elektron positiv geladen. Ach nee, das eine Atom, oder was das da ist, ist positiv geladen. F: Ja, dann haben die ja
0:21:00	J: Atome und Ione sind noch kleiner, sag ich, oder? Oder nicht? Nicht? X: Warte mal.
0:21:10	J: Das eine ist halt positiv geladen und das andere ist negativ, oder was steht hier?
0:21:20	J (liest Karte L vor): "Das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen..."
0:21:30	J: ... unterschiedlich stark sind." Ja, dass ist schon F: Das andere da. J: Mhm. F: Und hat uns das geholfen?
0:21:40	J: Ja, oder? F: Wenn ja, warum?
0:21:50	S: Weil wir das vorher nicht wussten. J: Ja eigentlich schon, aber - schreib einfach gar nichts hin.
0:22:00	F: (schreibt auf Karte L) S: ...nicht sicher waren.

Zeit	Erinnerung an Influenz (...oder Induktion?)	(jsfll_3_ds_b)
0:06:00	[...] F: (liest Karte U vor) "Elektrische Influenz. Wird ein... ..Wird ein elektrisch geladener	



0:06:10	F: (liest Karte U vor) "Gegenstand. // Wird ein Gegenstand einem ungeladenen leitenden Körper genähert, so verschieben sich bewegliche Ladungen im Leiter in Richtung"
0:06:20	F: (liest Karte U vor) "auf die ungleichnamigen Ladungen. Diesen Vorgang der Ladungstrennung nennt man elektrische Influenz." F: <b>Wo hatten wir das denn noch in der Schule schon?</b>
0:06:30	J: <b>Influenz, ich weiß es nicht.</b> S: <b>Influenzkraft.</b> F: <b>War das Influenzkraft?</b> J: <b>Hatten wir.</b>
0:06:40	S: <b>Ich weiß es auch nicht mehr genau.</b> J: ..?.. F: Hier können wir erst mal hinschreiben "elektrische Influenz", oder? J: Mhm.
0:06:50	F: (schreibt auf Karte 3.11) JS: (betrachten Karte U)
0:07:00	JS: (betrachten Karte U) F: (legt Karte 3.11 beiseite) J: Weiter.

Die wiedergegebenen drei Protokolle zeigen, dass nur an wenigen Stellen explizite Erinnerungen an Schulwissen durch die drei Schülerinnen formuliert werden.

Dabei erinnern sich die Schülerinnen vor allem an Bezeichnungen wie „Elektronen“, „Protonen“, „Neutronen“, „Influenzkraft“, „Achterschale“, ohne dass sie zu der Bezeichnung auch die entsprechenden Assoziationen und Bedeutungen rekonstruieren können, wie die letzten beiden Protokolle zeigen. Die Bezeichnungen sind also nur intuitiv passend mit dem Thema verankert, ohne dass sie so gut verstanden sind, dass sie auch nutzbringend angewendet werden können.

Auffallend ist des Weiteren, dass explizite Erinnerung an schulische Wissensbestände nur im zweiten Durchgang stattfindet.

## 7.2.2 Erinnerungen an Erfahrungen aus dem ersten Durchlauf

Zeit	Erinnerung an die Glimmlampe	(jsfll_1_ds_b)
0:04:30	F: (liest Karte 1.12 vor) Wie kann man die Eigenschaft, die geriebene Gegenstände besitzen, nachweisen? J: Hä? F: (liest Karte 1.12 vor) Wie kann man die Eigenschaft, die geriebene Gegenstände besitzen, nachweisen? [Sofort:] Indem man sie reibt.	
0:04:40	F: {Indem man's} versucht. S: Durch ausprobieren. J: <b>Das gibt's doch noch mit dieser einen kleinen Lampe. Wisst ihr das noch?</b>	
0:04:50	S: Wenn man die da einfach so ranhält. J: Ja, genau. Und dann, und <b>dann blitzt das so einmal</b> . F: Ach ja. J: Ich weiß gar nicht, ist die da drunter noch?	
	[...]	
0:05:20	[...] J: (nimmt Filmdose) Oh. (macht sie auf) Man. (lässt Glimmlampen aus Filmdose fallen, nimmt eine Glimmlampe in die Hand)	
0:05:30	J: <b>Das war doch: Ich glaube, auf der einen Seite war Plus und auf der anderen war Minus</b> , oder? S: (reibt Luftballon mit rotem Lappen) [...]	

Zeit	Erinnerung an das Elektroskop	(jsfll_1_ds_b)
0:18:50	J: (nimmt zwei rote Plastikstangen aus der Materialkiste) F: (reibt Styroporklotz mit rotem Lappen) F: (hält Styroporklotz über Styroporkügelchen, welches vom Klotz angezogen wird) Schade. // Ach, das hatten wir doch vorher schon. J: <b>Das Ding, (zeigt auf Elektroskop) da konnte man doch dran gucken</b>	
0:19:00	J: (zeigt auf das Elektroskop) <b>ob das positiv war oder negativ</b> . J:F <b>Weißt du's noch?</b> J: Da schlägt doch der Zeiger aus, oder nicht?	
0:19:10	J: Aber ich weiß nicht mehr, ob das, wenn man das da oben raufmacht, ob das dann positiv war, oder? J: Gib mal. (nimmt den roten Lappen) J: (nimmt sich roten Lappen und reibt Stab)	

Zeit	Versuch, sich zu erinnern, welche Stoffe leiten	(jsfll_2_ds_a.mpg)
0:30:30	F: (schreibt auf Karte 2.6) J: Also wenn man das [Plastikstab] anfässt,	
0:30:40	J: dann entlädt man das ja sozusagen schon wieder. F: ..?.. unter Ladung stehen. F: Nein, weil...	
0:30:50	J: Das Metall schon sehr entladen wird, wenn man das anfässt oder so was. F: (schreibt auf Karte 2.6)	

0:31:00	F: (schreibt auf Karte 2.6) J:S <b>Kannst du dich da noch {erinnern}, von vor zwei Jahren?</b> S: <b>Ich weiß</b>
0:31:10	S: <b>es auch nicht mehr.</b> F: (schreibt auf Karte 2.6 und murmelt, was sie schon geschrieben hat) J: ...entladen wird.

Zeit	Erinnerung an die Glimmlampe	(jsfl_2_ds_b.mpg)
0:44:10	F: (nimmt Karte 2.9) J: (liest Karte 2.9 vor) "Reibt den roten Plastikstab mit dem Lappen und berührt"	
0:44:20	J: (liest Karte 2.9 vor) den Plastikstab mit der Glimmlampe. Welches Ende der Glimmlampe leuchtet?" F: (nimmt roten Plastikstab und rotes Tuch) J: <b>Jetzt kommt das, ob das oben oder unten leuchtet und ob das positiv oder</b>	
0:44:30	J: <b>negativ ist. //</b> J:F Mach [Reib den Stab]! F: (reibt roten Plastikstab mit rotem Tuch) J: Das müssen wir uns jetzt erarbeiten. / Wo ist meine tolle Glimmlampe?	

Die vorliegenden vier Protokolle stimmen mit der Hypothese H6 überein.

**H 6** Im zweiten Durchgang treten auf den ersten Durchgang bezogene phänomenbasierte Äußerungen häufiger auf als modellbasierte Äußerungen zu Funktionserklärungen.

Die Schülerinnen erinnern sich vor allem an Phänomene, wie das Leuchten der Glimmlampe oder an Eigenschaften von in dem Moment vorliegenden Objekten. Die Funktionsweise der Objekte oder Erklärungen für die Effekte reaktivieren sie jedoch nicht. Aufgrund der Verwendung der Bezeichnungen „plus“ und „minus“ könnte man denken, dass sie entsprechende modellbasierte Funktionserklärungen äußern, jedoch zeigt der Kontext der Protokolle, dass die Schülerinnen die Begriffe nicht zur Erklärung, sondern zur Beschreibung der Funktion der Geräte verwenden. In anderen Fällen zeigt sich, dass ein Versuch, sich an explizite Regeln zu erinnern, nicht gelingt und somit auch nicht direkt weiterhilft.

Da keine rückbezogenen modellbasierten Funktionserklärungen in der Lernumgebung stattfanden, sondern ausschließlich phänomenbasierte rückbezogene Äußerungen zu finden sind, stimmt die Hypothese H 6 mit den Daten überein, wobei jedoch aufgrund der wenigen stattgefundenen Äußerungen keine verallgemeinernde Aussage getroffen werden kann.

Es ist auch festzustellen, dass die Schülerinnen an keiner Stelle einen Versuchsausgang mit Hinweis auf Erkenntnisse aus dem ersten Durchgang vorhersagen können. Die Detailanalyse von Karte 1.20 in Kapitel 7.1.3 zeigt vielmehr, dass die Schülerinnen selbst wenn sie Vermutungen zum Versuchsausgang haben, trotzdem das Experiment durchführen, auch wenn sie das Experiment nur wenige Minuten vorher schon gemacht haben. Dieser untersuchte Einzelfall legt somit nahe, dass nach zwei Jahren nicht damit gerechnet werden kann, dass Lernende Versuchsausgänge sicher vorhersagen – zumindest nicht, wenn sie alternativ die Möglichkeit

haben, das Experiment in kurzer Zeit durchzuführen. Die Hypothese H 7 kann somit anhand der vorliegenden Daten nicht bestätigt werden.

**H 7** Die Schülerinnen können im zweiten Durchgang häufig die Versuchsausgänge mit Hinweis auf die Erfahrungen im ersten Durchgang vorhersagen.

Dieses Ergebnis stimmt im Übrigen mit den Ergebnissen aus Kapitel 7.3 überein, in dem dargestellt wird, dass nur die intuitiv regelbasierten Handlungen im zweiten Durchgang zunehmen, wohingegen die explizit regelbasierten Konzeptualisierungen im Wesentlichen gleich bleiben. Die obigen Beispiele legen nahe, dass dies daran liegt, dass explizit regelbasierte Konzepte noch nicht sicher genug beherrscht werden, um sie nutzbringend anwenden zu können.

## 7.3 Konzeptentwicklung

In diesem Teil wird vor allem dargestellt, inwiefern die Schülerinnen physikalische Konzepte entwickeln und benutzen. Die Ergebnisse der in Kapitel 6.3 vorgestellten kategoriengestützten Analyse zur Konzeptentwicklung werden im Folgenden präsentiert.

### 7.3.1 Allgemeiner Überblick

Betrachtet man die Veränderung der Häufigkeit der Konzeptualisierungen zwischen dem ersten und zweiten Durchgang, so fällt auf, dass für alle kodierten Ereignisse die Kategorie „*intuitiv regelbasiert*“ von 14 % im ersten Durchgang auf 20 % im zweiten Durchgang zunimmt (siehe Abbildung 7.5). Dies bestätigt die Hypothese H 8:

**H 9** Im zweiten gegenüber dem ersten Durchgang formulieren die Schülerinnen öfter physikalische Vorhersagen und benutzen systematisch häufiger physikalische Begriffe.

Die Zunahme dieser intuitiv regelbasierten Schüleraktivitäten ist gleichzeitig verbunden mit einem leichten Rückgang in der Kategorie „*explorativ*“ von 82 % im ersten Durchgang auf 75 % im zweiten Durchgang. Ein möglicher Grund dafür ist, dass Experimente nicht so häufig wiederholt werden müssen, da Vorerfahrungen aus dem ersten Durchgang vorliegen, die es den Schülerinnen ermöglichen, sich an Ergebnisse von Experimenten schneller zu erinnern, Versuchsausgänge besser in Erinnerung zu behalten und schneller in Explorationsphasen wesentliche Faktoren von unwesentlichen zu trennen. Dies konnte zum Teil auch in der Detailanalyse festgestellt werden (siehe Kapitel 7.1.3).

Keine deutliche Veränderung zeigt sich hingegen bei der Kategorie „*explizit regelbasiert*“ zwischen dem ersten und dem zweiten Durchgang.

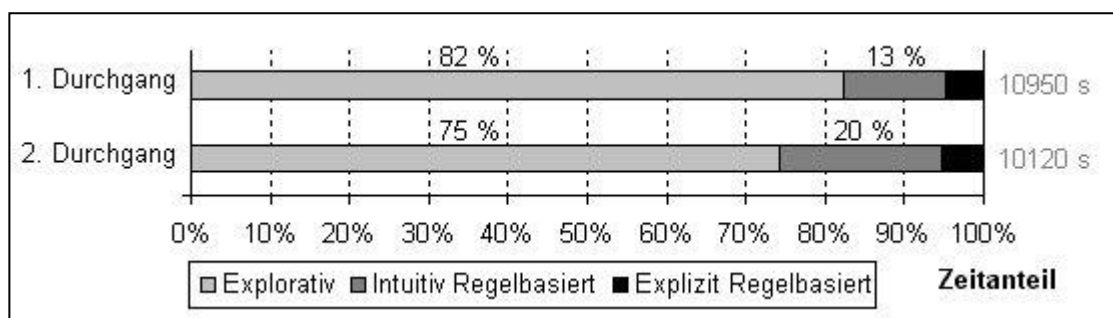
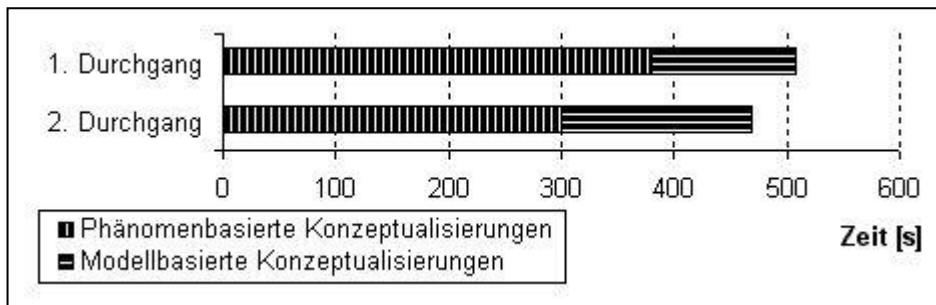


Abbildung 7.5: Häufigkeit der Konzeptualisierungen<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Es sind nur kodierte Ereignisse berücksichtigt.



**Abbildung 7.6: Häufigkeit von explizit regelbasierten Konzeptualisierungen**

Abbildung 7.6 zeigt die Unterkategorien der explizit regelbasierten Schüleraktivitäten. Aufgrund der vergleichsweise kleinen Zahl der Ereignisse wurde auf eine Darstellung der prozentualen Anteile verzichtet und statt dessen die absoluten Zeitanteile angegeben. Phänomenbasierte Konzeptualisierungen gehen zwischen dem ersten und zweiten Durchgang leicht zurück, wohingegen modellbasierte Konzeptualisierungen eine leichte Zunahme aufweisen. Aus diesen Veränderungen kann jedoch keine deutliche Schlussfolgerung gezogen werden, da die Anzahl dieser Intervalle hierfür zu gering ist. Es kann daher nur die Schlussfolgerung gezogen werden kann, dass explizit regelbasierte Konzepte sowohl im ersten als auch im zweiten Durchgang nur sehr selten formuliert werden und dass es keine systematische Zunahme diese Konzeptualisierungskategorie vom ersten zum zweiten Durchgang gibt.

### 7.3.2 Auswertung nach Doppelstunden

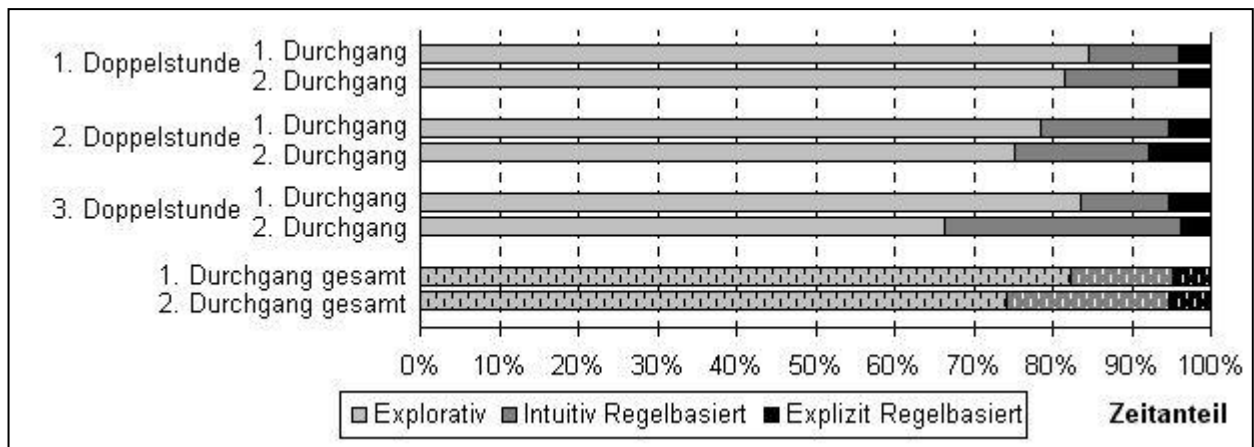


Abbildung 7.7: Häufigkeit der Konzeptualisierungen nach Doppelstunden<sup>19</sup>

Betrachtet man das Vorkommen der Konzeptualisierungskategorien im ersten Durchgang von Doppelstunde zu Doppelstunde, so ist festzustellen, dass von den Schülerinnen in allen Doppelstunden in gleichem Maße explizite Konzepte formuliert werden. Auch im zweiten Durchgang bleibt der Anteil explizit regelbasierter Konzeptualisierungen ähnlich ausgeprägt wie im ersten Durchgang (s. a. Abb. 7.5), auch wenn er in der zweiten Doppelstunde leicht angestiegen ist. Somit bestätigen die Daten weder Hypothese H 10 noch Hypothese H 11:

**H 10** Im Verlauf der Lernumgebung nehmen explizite Formulierungen physikalischer Konzepte zu.

**H 11** Im zweiten Durchgang formulieren die Schülerinnen gegenüber dem ersten Durchgang häufiger physikalische Konzepte.

Betrachtet man den Anteil intuitiv regelbasierter Handlungen, so ist festzustellen, dass dieser im ersten Durchgang von der ersten zur zweiten Stunde ansteigt und dann in der dritten Doppelstunde wieder auf das Niveau der ersten Stunde zurückgeht (Abb. 7.7). Eine Erklärung dafür ergibt sich aus dem Vergleich mit dem zweiten Durchgang.

Der Anteil intuitiv regelbasierter Schüleraktivitäten nimmt im zweiten Durchgang von Doppelstunde zu Doppelstunde deutlich zu. So ist der Anteil intuitiv regelbasierter Konzeptualisierungen in der dritten Doppelstunde mit 30 % doppelt so hoch, wie in der ersten Doppelstunde. Vergleicht man nun die Entwicklungen im ersten und zweiten Durchgang und lässt den Anteil intuitiv regelbasierter Schüleraktivitäten in der dritten Doppelstunde des ersten Durchlaufs

<sup>19</sup> Es sind nur kodierte Ereignisse berücksichtigt.

außen vor, so scheint es in beiden Durchgängen eine lineare Zunahme der intuitiv regelbasierten Handlungen zu geben, was Hypothese H 9 bestätigen würde:

**H 8** Im Verlauf eines Durchgangs der Lernumgebung formulieren die Schülerinnen öfter physikalische Vorhersagen und benutzen systematisch häufiger physikalische Begriffe.

Der Anstieg der intuitiv regelbasierten Aktivitäten im Verlauf der Doppelstunden ist vermutlich durch die inhaltlich aufeinander aufbauenden Aufgaben induziert und somit (auch) durch die Gestaltung der Lernumgebung bedingt. Die zu Beginn der Lernumgebung bearbeiteten Phänomene werden im Verlauf der Lernumgebung wieder aufgegriffen und mit anderen Sachverhalten verknüpft.

Es bleibt jedoch die Frage, warum die dritte Doppelstunde im ersten Durchgang eine derartige Abweichung aufweist. Dieser Einbruch lässt sich vermutlich nur erklären, wenn man die Konzeption der Lernumgebung vor Augen hat. Wie schon beschrieben, müssen im Verlauf der Lernumgebung immer mehr Aspekte miteinander verbunden werden. In der dritten Stunde werden bei der Behandlung des Elektroskops nahezu alle vorherigen Erkenntnisse miteinander verknüpft. Auch wenn diese Aspekte in den ersten beiden Doppelstunden auch im ersten Durchgang weitgehend entwickelt wurden, sind die Schülerinnen mit der Anwendung und Verknüpfung der einzelnen Erkenntnisse zu einer Erklärung von komplexeren Vorgängen nicht in der Lage, so dass sie sehr viel weniger intuitiv regelbasierte Handlungen vornehmen. Dieser Einbruch wird in einer genaueren Untersuchung zur Karte W zum gleichen Themengebiet (Elektroskop) von S. von Aufschnaiter (2000, S. 233ff.) beschrieben und mit der zu hohen Kompliziertheit der Aufgabe erklärt.

Dass die Schülerinnen in der dritten Stunde im Vergleich zum zweiten Durchgang sogar etwas mehr explizit regelbasierte Erklärungen vornehmen, liegt möglicherweise daran, dass sie abstrakte Erklärungen reproduzieren, diese jedoch nicht intuitiv erfasst haben. Diese Vermutung bedarf jedoch genauerer Untersuchungen, die aufgrund des Umfangs dieser Arbeit nicht mehr durchgeführt werden konnten.

Der Anteil intuitiv regelbasierter Handlungen liegt im zweiten Durchgang immer über dem Anteil des ersten Durchgangs (Abb. 7.7). Somit trifft Hypothese H 8 auch für die einzelnen Doppelstunden zu:

**H 9** Im zweiten gegenüber dem ersten Durchgang formulieren die Schülerinnen öfter physikalische Vorhersagen und benutzen systematisch häufiger physikalische Begriffe.

Dies liegt vermutlich daran, dass die Erfahrungen des ersten Durchgangs mit den wiederholten Erfahrungen des zweiten Durchgangs die Schülerinnen zu vermehrt intuitiv-regelbasierten Handlungen befähigen.



### 7.3.3 Auswertung nach Aufgabentypen

Bisher wurden die Befunde nur in Hinblick auf die zeitliche Entwicklung und den Verlauf der Lerneinheit ausgewertet. Betrachtet man die zugeschriebenen Konzeptualisierungen nach Aufgabentyp (siehe Kapitel 7.1.2) so zeigen sich zwar nur wenige, aber doch interessante und sehr auffällige Unterschiede zwischen den verschiedenen Aufgabentypen.

Besonders deutlich ist, dass beim Aufgabentyp „Interpretieren“ der Zeitanteil, dem keine der Konzeptualisierungskategorien zugeordnet wurde (u.a. weil die Schülerinnen lesen oder schreiben), mit 38 % doppelt so hoch ist, wie bei den übrigen Aufgabentypen (Abb. 7.8). Dieser Wert, der sich im ersten und zweiten Durchgang kaum unterscheidet, lässt sich dadurch erklären, dass die Schülerinnen bei diesem Aufgabentyp sehr viel Zeit mit dem – oftmals wiederholtem – Lesen der Karte verbringen, um den Karteninhalt zu interpretieren.

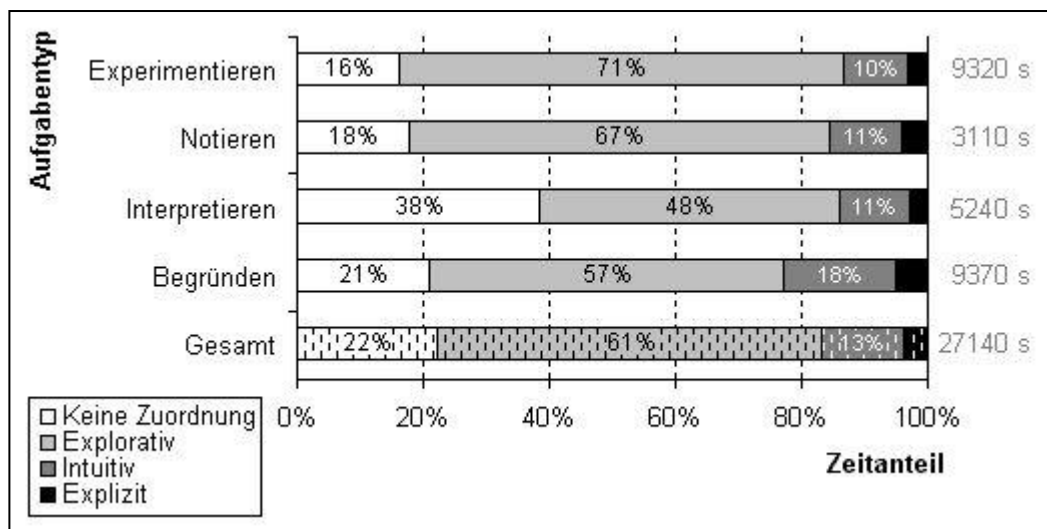
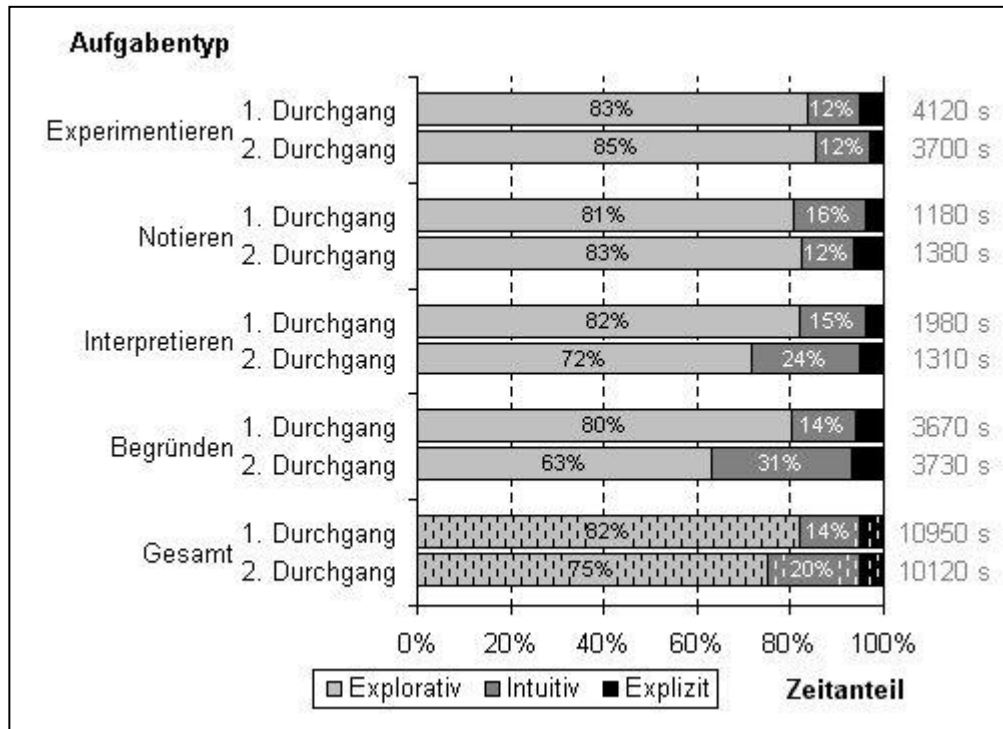


Abbildung 7.8: Verteilung der Kategorien auf die Aufgabentypen

Des Weiteren zeigt sich, dass der Anteil intuitiv regelbasierter Handlungen der Schülerinnen bei Begründungsaufgaben deutlich höher ist. Um dies zu interpretieren ist ein Blick auf Abbildung 7.9 hilfreich, in der auch die Veränderung der Anteile zwischen dem ersten und zweiten Durchgang dargestellt ist. Die Abbildung zeigt, dass der insgesamt relativ hohe Anteil intuitiv regelbasierter Handlungen bei den Karten zum Interpretieren und Begründen vor allem auf eine deutliche Erhöhung beim zweiten Durchgang zurückzuführen ist.

Bei den Karten zum Begründen erhöht sich die absolute Zeit von 510 Sekunden im ersten auf 1.190 Sekunden im zweiten Durchgang um mehr als das Doppelte – bei einer unwesentlichen Steigerung der gesamten Bearbeitungsdauer dieses Aufgabentyps (knapp 2 %) vom ersten zum zweiten Durchgang. Somit stimmen diese Ergebnisse mit der Hypothese H 12 überein:

**H 12** Bei Aufgaben, in denen nach Erklärungen gefragt wird, machen die Schülerinnen im zweiten Durchgang öfter physikalische Vorhersagen und benutzen systematisch häufiger physikalische Begriffe als bei experimentellen Aufgaben.



**Abbildung 7.9: Häufigkeit der Konzeptualisierungen nach Aufgabentyp und Durchgang<sup>20</sup>**

Auffallend ist auch, dass es bei den rein experimentellen Aufgabenstellungen keine nennenswerten Veränderungen gibt. Es wird also bei der Bearbeitung dieser Karten im Gegensatz zum ersten Durchgang nicht vermehrt intuitiv regelbasiert gehandelt.

Auch wenn Abbildung 7.9 nahe legt, dass im zweiten Durchgang bei den Interpretationsaufgaben deutlich mehr intuitiv regelbasiertes Handeln vorliegt, ist dies für die absoluten Zeitdauern nicht richtig. Die Dauer ist im zweiten Durchgang mit 310 Sekunden nur um 20 Sekunden höher als im ersten Durchgang. Die deutliche relative Zunahme ist darin begründet, dass bei den Interpretationsaufgaben die absolute Explorationszeit von 1.620 Sekunden im ersten Durchgang auf 940 Sekunden im zweiten Durchgang um 42 % zurückgeht. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Schülerinnen in zweiten Durchgang die Karteninhalte deutlich besser verstanden haben und sie somit deutlich weniger Experimente und Überlegungen anstellen mussten, um die wesentliche Information aus den Karten zu entnehmen. Diese Vermutung steht dabei im Einklang mit den Ergebnissen der Detailuntersuchungen zu Karte C und Karte F in Kapitel 7.1.3.

<sup>20</sup> Es sind nur kodierte Ereignisse berücksichtigt.

Hypothese H 13 wird hingegen nicht bestätigt, da sich bei den explizit regelbasierten Konzeptualisierungen keine deutlichen Veränderungen ergeben:

**H 13** Bei Aufgaben, in denen Erklärungen gefragt sind, formulieren die Schülerinnen im zweiten Durchgang häufiger Konzepte als bei experimentellen Aufgaben.

## 8 Zusammenfassung

Anknüpfend an die Frage, inwiefern Lehrer bei der wiederholten Behandlung eines Themenbereichs davon ausgehen können, dass Schüler aus dem vorherigen Unterricht entsprechendes Vorwissen rekonstruieren können, werden hier noch einmal die zentralen Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst.

Für die analysierte Schülergruppe, welche die Lernumgebung zur Elektrostatik im Abstand von zwei Jahren wiederholt durchlaufen hat, kann festgestellt werden, dass sich die Bearbeitungszeit von Aufgaben beim wiederholten Bearbeiten nicht automatisch reduziert. Nur bei Aufgaben, bei denen die Schülerinnen vorgegebene Informationen interpretieren, sowie zum Teil bei Experimentieraufgaben geht die Bearbeitungsdauer im Durchschnitt zurück. Die inhaltliche Analyse einzelner Aufgaben zeigt, dass die untersuchten Schülerinnen im zweiten Durchgang die wesentlichen Informationen schneller aus Texten entnehmen können und Experimente nicht mehr so häufig durchführen müssen. Nur in wenigen Fällen wirkt sich dies jedoch auf die Gesamtdauer der Bearbeitung aus, da die Schülerinnen oftmals neue Aspekte entdecken oder Fragestellungen genauer bearbeiten.

Es kann also festgehalten werden, dass die untersuchten Schülerinnen im zweiten Durchgang zwar nicht in jedem Fall schneller werden, aber bei längerer Bearbeitungsdauer zumindest mit größerer Sicherheit, tieferem Verständnis oder größerer inhaltlicher Breite die Aufgaben bearbeiten.

Entgegen vorheriger Erwartungen wurde in dieser Arbeit festgestellt, dass die Schülerinnen äußerst selten auf Vorwissen aus der Schule oder dem ersten Durchgang explizit zurückgreifen. Abstrakte Modelle und Konzepte werden von diesen Schülerinnen nicht aktiviert, sondern bestenfalls Phänomene und Eigenschaften von Objekten erinnert. Die Ergebnisse von Duit (1973), dass sich Schüler nach einer gewissen Zeit vor allem an Phänomene und nicht an deren Erklärungen bzw. physikalische Konzepte erinnern, konnten somit in dieser Arbeit bestätigt werden. Sofern die Ergebnisse dieser Arbeit auch in weiteren Fällen eintreffen, ließe sich für die wiederholte Behandlung eines Themas im Unterricht empfehlen, dass in der Wiederholungsphase zunächst auf Phänomene und Eigenschaften von Objekten eingegangen werden sollte, bevor daran anknüpfend oder darauf aufbauend die physikalischen Erklärungen wiederholt und vertieft werden.

Bei der Untersuchung der Konzeptentwicklung zeigt sich, dass die Schülerinnen sowohl im Verlauf der Lerneinheit als auch vom ersten zum zweiten Durchgang „besser“ werden. „Besser“ heißt in diesem Fall, dass der Anteil der Explorationsen zugunsten der „höheren“ Konzeptualisierungskategorien zurückgeht. Entgegen vorheriger Erwartungen haben diese Schülerinnen jedoch nicht vermehrt explizite Konzepte entwickelt. Alleine der Anteil der intuitiv

regelbasierten Äußerungen und Handlungen hat sowohl im Verlauf der Lerneinheit als auch vom ersten zum zweiten Durchgang zugenommen.

Diese Zunahme der intuitiv regelbasierten Handlungen scheint jedoch abzubrechen, sobald die Aufgaben zu komplex werden, wie sich in der dritten Doppelstunde des ersten Durchgangs zeigt. Dort kommt es bei den untersuchten Schülerinnen nicht zu einer Stagnation der intuitiv-regelbasierten Anteile, sondern der Prozentsatz ist sogar auf das Niveau der ersten Doppelstunde zurückgefallen. Dieses Ergebnis deutet an, dass sich eine Überforderung von Lernenden negativ auf den Lernprozess auswirkt. Es bedarf aber genauerer Untersuchungen und umfangreicherer Daten, um diese Vermutung zu untermauern.

Des Weiteren zeigt sich in der Untersuchung, dass die Aufgaben, welche die Schülerinnen auffordern, Begründungen zu nennen oder Informationen zu interpretieren, im zweiten Durchgang zu einem besonders hohen Zuwachs an intuitiv regelbasierten Aktivitäten geführt haben. Da diese Aufgaben jedoch im ersten Durchgang keinen erhöhten Anteil an intuitiv-regelbasierten Schülerhandlungen aufweisen, darf keinesfalls gefolgert werden, dass eine Erhöhung des Anteils von diesen Aufgabentypen in Lernumgebungen zu verstärkter Konzeptentwicklung führen würde. Vielmehr zeigt sich, dass dies erst im zweiten Durchgang geschieht. Die Schülerinnen müssen also ausreichend Erfahrungen zu den entsprechenden physikalischen Themenfeldern vorweisen können, bevor sie höhere Konzeptualisierungen erreichen. Nur wenn sie wiederholt und mit systematischer Variation Objekte und Phänomene entdecken, ist es ihnen möglich, in größerem Maße physikalische Vorhersagen zu treffen oder physikalische Bezeichnungen zu verwenden. Es wäre also ein Trugschluss, daraus zu folgern, den Lernenden weniger Explorationsaufgaben zu stellen, weil bei der Behandlung von diesen kaum höhere Konzeptualisierungen erreicht werden.

Trotz dieser Ergebnisse sind weitere Fragen hinsichtlich der Lernentwicklung in dieser Einheit zu Elektrostatik offen geblieben. So wäre es sinnvoll, noch stärker die Qualität der Schüleräußerungen in den Blick zu nehmen und beispielsweise genauer zu untersuchen, welche Konzepte im einzelnen wie weit entwickelt werden. Dies bedarf jedoch einer detaillierteren Analyse der einzelnen Schüleraktivitäten, die in dieser Arbeit nur ansatzweise für einzelne Aufgaben durchgeführt werden konnte. Des Weiteren ist es notwendig, die Ergebnisse dieser Arbeit anhand von weiteren Schülergruppen zu überprüfen. Auch dieses konnte auf Grund des vergleichsweise geringen zeitlichen Umfangs einer Examensarbeit nicht durchgeführt werden. Die geringe Anzahl an empirischen Untersuchungen zur Lernentwicklung in wiederholt durchlaufenen Lernumgebungen verdeutlicht, dass die Thematik noch lange nicht erschöpft ist und auch in Zukunft noch ausreichendes Potential für weitere Arbeiten zu diesem Themenbereich bietet. Insbesondere im Zuge der großen internationalen Vergleichsstudien wird sich in den nächsten Jahren der Fokus sicherlich verstärkt darauf richten, was Schüler alles nicht (mehr) können und warum langzeitliches Behalten nicht ausreichend bei deutschen Schülern gewährleistet ist und wie Lernumgebungen zu gestalten sind, damit die Vergessensrate möglichst gering ist.

## Literaturverzeichnis

- Aufschnaiter, C. v. (1999). *Bedeutungsentwicklung, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben*. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen*, Bd. 3. Berlin: Logos.
- Aufschnaiter, C. v. (2003). „Ich weiß was rauskommt, aber ich kann es nicht erklären“. In A. Pitton (Hrsg.), *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie* (pp. 114-116). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 23. Münster, Hamburg, London: LIT VERLAG.
- Aufschnaiter, C. v. (2005). Von Fehlvorstellungen und fehlenden Erfahrungen: Kompetenzentwicklung im Physik-Unterricht. In Deutsche Physikalische Gesellschaft, Fachverband Didaktik der Physik (Hrsg.), *Didaktik der Physik: Vorträge – Physikertagung 2005 – Berlin*. Beitrag zum Plenarvortrag auf der CD-Rom zur Tagung.
- Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S. v. (2001). Über den Zusammenhang von kognitiver Entwicklung und situativen Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben. In C. Finkbeiner & G.W. Schnaitmann (Hrsg.), *Lehren und Lernen im Kontext empirischer Forschung und Fachdidaktik* (S. 459 – 478). Donauwörth, Dortmund, Leipzig, München: Auer.
- Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S. v. (2005). Über den Zusammenhang von Handeln, wahrnehmen und Denken. In R. Voss (Hrsg.), *Unterricht aus konstruktivistischer Sicht: die Welten in den Köpfen der Kinder* (2. Auflage) (S. 234 – 248). Weinheim, Basel: Beltz.
- Aufschnaiter, S. v. (2000). Kompliziert oder schwierig - kognitive Entwicklung beim Lösen von Aufgaben. In H. Bayrhuber & U. Unterbruner (Hrsg.), *Lehren und Lernen im Biologieunterricht* (S. 226 – 237). Innsbruck, Wien, München: Studien Verlag.
- Aufschnaiter, S. v. (2001). Wissensentwicklung und Lernen am Beispiel Physikunterricht. In J. Meixner & K. Müller (Hrsg.), *Konstruktivistische Schulpraxis. Beispiele für den Unterricht* (S. 249 – 271). Neuwied, Kriftel: Luchterhand.
- Aufschnaiter, S. v., Aufschnaiter, C. v. & Schoster, A. (2000). Zur Dynamik von Bedeutungsentwicklungen unterschiedlicher Schüler(innen) bei der Bearbeitung derselben Physik-Aufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 37 - 57.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology - a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- BLK (Bund-Länder-Kommission für Bildungsforschung) (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des Naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung (Heft 60). Bonn: BLK.
- Briggs, L. J. & Reed, H. B. (1943). The curve of retention for substance material. *Journal of experimental Psychology*, 58, 97-105.
- Bruner, J. (1980). *Der Prozess der Erziehung* (5. Auflage). In W. Loch (Hrsg.), *Sprache und Lernen*, Bd. 4. Düsseldorf: Schwann.
- Duit, R. (1973). *Über langzeitliches Behalten von Verhaltensdispositionen in einem physikalischen Spiralcurriculum*. Kiel: IPN.

- Duit, R. (1993). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 16, 4 - 10.
- Duit, R. (1994). An Schülervorstellungen anknüpfend Physik lehren und lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 22, 4 - 6.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 905-923.
- Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1 - 26). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Gagné, R. (1970). *Die Bedingungen des menschlichen Lernens* (2. Auflage). Hannover: Schroedel.
- Gagné, R. (1980). *Die Bedingungen des menschlichen Lernens* (5. Auflage). Hannover, Dortmund, Darmstadt, Berlin: Schroedel.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 876-888.
- Gerthsen, C. (1999). *Gerthsen Physik* (20. Edition). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Grehn, J. & Krause, J. (Hrsg.). (1998). *Metzler Physik* (3. Auflage). Hannover: Schroedel.
- Harms, U. & Bünder, W. (1999). *Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen. Erläuterungen zum Modul 5 des Modellversuchs der Bund-Länder-Kommission „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. IPN: Kiel.
- Haubrich, H., Kirchberg, G., Brucker, A., Engelhard, K. Hausmann, W. & Richter, D. (1997). *Didaktik der Geographie konkret*. München: Oldenbourg.
- Hausmann, W. (1990). Spiralcurriculum. In D. Böhn (Hsg.), *Didaktik der Geographie-Begriffe* (S. 85 - 86). München: Oldenbourg.
- Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34(3), 2 - 6.
- Katona, G. (1940). *Organizing and memorizing. Studies in the Psychology of Learning and Teaching*. New York: Columbia University Press.
- MNU (2001). *Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung – aktuelle Anforderungen. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Physikunterricht*. Im Internet: <http://www.mnu.de/download.php?datei=128&myaction=save> (letzter Zugriff am 30.06.2006).
- Nolting, H. P. & Paulus, P. (1996). *Pädagogische Psychologie* (2. Auflage). In H. Seg (Hrsg.), *Grundriß der Psychologie*, Bd. 20. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

- Prenzel M., Duit, R. (1999). Ansatzpunkte für einen besseren Unterricht – Der BLK-Modellversuch „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 6, 32 - 37.
- Rogge, C. (2004). *Lernprozesse von Schülern der Sekundarstufe II in einem handlungsorientierten Elektrostatik-Unterricht*. Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien im Land Niedersachsen an der Universität Hannover.
- Rogge, C. (2006). *Informationen zum Transkribieren und Protokollieren von Videos*. Internes Dokument der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik an der Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover.
- Rimmele, R. (2006). *Das Programm Videograph*. Im Internet:  
<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/videograph/htmStart.htm> (letzter Zugriff am 30.06.2006)
- Saniter, A. (2003). *Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik*. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen*, Bd. 28. Berlin: Logos.
- Schecker, H. (2001). TIMSS – Konsequenzen für den Physikunterricht. In BMBF (Hrsg.), *TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht* (S. 85-97). Bonn: BMBF.
- Schecker, H., Fischer, H. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In Tenorth, H.-E. (Hrsg.), *Kerncurriculum Oberstufe II* (S. 148 - 234). Weinheim, Basel: Beltz.
- Schoster, A. & Aufschneider, S. v. (2000). Schülerinnen und Schüler lernen Elektrostatik, und der Lehrer schaut zu!. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 53(3), 175-183.
- Seidel, T., Kobarg, M. & Rimmele, R. (2003). Aufbereitung der Videodaten. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr- Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S. 77 - 98). Kiel: IPN.
- Seel, N. (2000). *Psychologie des Lernens*. München: E. Reinhardt.
- Smolé, A. (2000). *Kognitive Entwicklung von Studierenden in den Dimensionen Inhalt, Komplexität und Zeit. Laborstudie zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben unterschiedlicher Kompliziertheit*. Dissertation am Fachbereich I (Physik/Elektrotechnik) der Universität Bremen.
- Tipler, P. A. (1994). *Physik*. Berlin, Heidelberg: Spektrum.
- Wagenschein, M. (1967). *Natur physikalisch gesehen* (4. Auflage). Frankfurt: Diesterweg.
- Weber, T. & Schön, L-H. (2001) Kumulatives Lernen mit dem Lichtwegkonzept. In R. Brechel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven* (S. 351 - 353). Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm-Verlag
- Weber, T. (2003). *Kumulatives Lernen im Physikunterricht - Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen*, Bd. 29. Berlin: Logos.
- Weinert, F.E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 1 - 48). Enzyklopädie der Psychologie (Bd. 2). Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.





# Anhang

## 1 Karten der Lernumgebung

Datenerhebung. Schüler Sek I & II.

**Aufgabenkarten, Interventionskarten, Hypothetische Karten, Informationskarten**

Karte	Aufgabe
-------	---------

### 1. Doppelstunde

1.1	<p>Wiederholt die vorgeführten Versuche! <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
1.2	<p>Macht doch mal ähnliche Versuche mit anderen Materialien! <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
1.3	<p>Reibt eine PVC-Folie mit dem roten Lappen und haltet die Folie dann über die Styroporkügelchen. Was beobachtet Ihr? Mit welchen Gegenständen könnt Ihr nach dem Reiben mit dem roten Lappen in der gleichen Weise auf Styroporkügelchen einwirken? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
1.4	<p>Reibt eine PVC-Folie mit dem Staubtuch und haltet die Folie anschließend über die Styroporkügelchen. Was beobachtet Ihr? Was passiert, wenn man die Folie mit anderen Lappen reibt? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>N</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b> Durch Berührung (z.B. beim Reiben) kann es passieren, dass negative Ladungen von dem einen Gegenstand auf den anderen Gegenstand übergehen, so dass der eine Gegenstand einen Überschuss negativer Ladungen (Elektronenüberschuss) hat. Dem anderen Gegenstand fehlen dann diese negativen Ladungen, er hat also einen Überschuss positiver Ladungen (Elektronenmangel). (Einigen Ionen fehlen die „freien“ Elektronen). <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> <i>O Ja O Nein</i> <i>Wenn ja, warum?</i></p>
<b>L</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b> Werden zwei Gegenstände aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung. Dabei können einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstand gehören, zu dem anderen Gegenstand überwechseln. Das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sind. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> <i>O Ja O Nein</i> <i>Wenn ja, warum?</i></p>
1.5	<p>Reibt eine PVC-Folie mit dem roten Lappen und überprüft, ob Ihr mit der Folie, außer Styroporkügelchen, auch andere Körper anziehen könnt! Notiert, welche Körper angezogen werden können und welche nicht. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>

<b>Q</b>	<p><b>Anziehung polarisierter Körper</b></p> <p>Durch Polarisierung wird aus einem neutralen Körper ein Körper, der auf der einen Seite positiv und auf der anderen Seite negativ geladen ist. Dabei wird die Seite, die dem die Polarisierung erzeugenden Gegenstand zugewendet ist, zur Ladung dieses Gegenstandes entgegengesetzt geladen. Dadurch ziehen sich die beiden Körper an.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
1.6	<p>Könnt Ihr fünf Gegenstände aufschreiben, die, nachdem sie gerieben worden sind, kleine Körper anziehen?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
1.7	<p>Könnt Ihr fünf Gegenstände aufschreiben, mit denen man andere Gegenstände reiben kann, so dass diese dann kleine Körper anziehen?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
1.8	<p>Könnt Ihr fünf Körper aufschreiben, die von geriebenen Gegenständen angezogen werden?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
1.9	<p>Kann man auch kleine Körper mit Gegenständen anziehen, die vorher nicht gerieben wurden?</p> <p>Wenn ja, warum?</p> <p>Wenn nein, warum nicht?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>C</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b></p> <p>Ist ein Gegenstand durch Reiben aufgeladen worden, kann er nicht aufgeladene, kleine Körper anziehen.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
1.10	<p>Reibt unterschiedliche Materialien mit einem Lappen, und überprüft, ob mit dem geriebenen Gegenstand auch größere Körper angezogen werden können?</p> <p>Welche Körper werden angezogen und warum?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>P</b>	<p><b>Polarisation</b></p> <p>Wenn man einen geladenen Gegenstand in die Nähe eines ungeladenen Körpers bringt, kommt es dort zu Ladungsverschiebungen. Dadurch wird der ungeladene Körper auf der einen Seite positiv und auf der anderen Seite negativ. Dieser Vorgang wird als Polarisierung bezeichnet. Durch Polarisierung entsteht auf der dem geladenen Gegenstand zugewandten Seite des ungeladenen Körpers eine entgegengesetzte Ladung.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
1.11	<p>Wie nennt man den Zustand (die Eigenschaft) von Gegenständen, die andere Körper anziehen, nachdem sie gerieben wurden?</p> <p><b>Wenn Ihr Hilfe braucht, könnt Ihr den Versuchsleiter nach weiteren Informationen fragen.</b></p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>B</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b></p> <p>Beim Reiben verschiedener Materialien kann Elektrizität entstehen, d.h. die Materialien laden sich auf.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>

1.12	Wie kann man die Eigenschaft, die geriebene Gegenstände besitzen, nachweisen? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
<b>S</b>	<b>Die Glimmlampe</b> Eine Glimmlampe enthält zwei Drähte, die Elektroden genannt werden. Sie sind in ein Glasröhrchen eingeschmolzen und berühren sich nicht. In dem Röhrchen befindet sich das Gas Neon. Wird die Glimmlampe an einen geladenen Gegenstand gehalten, leuchtet sie um eine der Elektroden hellrot auf. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i>
1.13	Reibt zwei PVC-Folien aneinander und haltet anschließend die beiden Folien nebeneinander. Was beobachtet Ihr? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
<b>E</b>	<b>Kraftwirkungen</b> Von einem elektrisch geladenen Gegenstand gehen Kraftwirkungen aus. Sie bewirken Anziehung oder Abstoßung anderer Körper. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i>
1.14	Legt zwei Folien nebeneinander auf den Tisch und reibt beide Folien mit demselben Lappen. Haltet anschließend die beiden Folien nebeneinander. Was beobachtet Ihr? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
<b>H1</b>	Stellt Euch vor, Ihr reibt zwei Folien mit demselben Lappen und haltet anschließend die Folien nebeneinander. Jetzt würdet Ihr beobachten, das sich die Folien abstoßen. Wie würdet Ihr dieses Phänomen erklären? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
1.15	Bei welchen der vorherigen Versuche ziehen sich die Gegenstände an? Bei welchen der vorherigen Versuche stoßen sich die Gegenstände ab? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
<b>J</b>	<b>Anziehung /Abstoßung</b> Gleichnamig geladene Gegenstände stoßen einander ab. Ungleichnamig geladene Gegenstände ziehen einander an. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i>
1.16	Wenn Ihr bislang noch keine Abstoßung beobachten konntet, wiederholt den Versuch von Karte 1.14. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
1.17	Überlegt Euch einen weiteren Versuch, bei dem sich zwei geladene Gegenstände anziehen. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
1.18	Überlegt Euch einen weiteren Versuch, bei dem sich zwei geladene Gegenstände abstoßen. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i>
<b>F</b>	<b>Ladungen</b> Es gibt zwei Arten von Ladungen, die positiv (+) oder negativ (-) genannt werden. Zwei verschiedene Gegenstände können also gleichnamig (beide positiv bzw. beide negativ) oder ungleichnamig (einer positiv, der andere negativ) geladen sein. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i>

1.19	<p>Woran liegt es, dass man manchmal Anziehung und manchmal Abstoßung beobachten kann? Wenn Ihr Hilfe braucht, könnt Ihr den Versuchsleiter nach weiteren Informationen fragen. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
D	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b> Wenn man zwei elektrisch neutrale Gegenstände in enge Berührung bringt (z.B. durch Reiben) und anschließend voneinander trennt, können die beiden Gegenstände unterschiedlichelektrische geladen sein. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i></p>
1.20	<p>Reibt einen aufladbaren Gegenstand, und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab. Leuchtet die Glimmlampe? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
R	<p><b>Ladungsnachweis durch eine Glimmlampe</b> Wenn man an einen Gegenstand, der durch Reiben aufgeladen worden ist, eine Glimmlampe hält, leuchtet sie kurz auf. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i></p>
H2	<p>Stellt Euch vor, Ihr reibt eine Folie mit einem Lappen und tastet anschließend die geriebenen Stellen der Folie mit einer Glimmlampe ab. Die Glimmlampe würde dabei aufleuchten. Wie könnte man erklären, dass sie aufleuchtet? Was könnte mit Hilfe einer Glimmlampe nachgewiesen werden? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
1.21	<p>Reibt einen aufladbaren Gegenstand, und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab. Wenn es euch nicht gelingt, die Glimmlampe zum Leuchten zu bringen, dann versucht herauszufinden, wo man die Glimmlampe anfassen muss, damit sie leuchten kann. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>

## 2. Doppelstunde

2.1	<p>Reibt einen aufladbaren Gegenstand, und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab. Wenn es Euch nicht gelingt, die Glimmlampe zum leuchten zu bringen, dann versucht herauszufinden, wo man die Glimmlampe anfassen muss, damit sie leuchten kann. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
2.2	<p>Reibt einen aufladbaren Gegenstand und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab. Wiederholt das Experiment solange, bis Ihr die Glimmlampe zum Leuchten gebracht habt. Warum muss man das metallene Ende anfassen, damit die Glimmlampe überhaupt leuchten kann? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
2.3	<p>Leuchtet die Glimmlampe auch, wenn man das nicht geriebene Ende eines Plexiglasstabes abtastet? Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>

<b>I</b>	<p><b>Neutrale Körper</b></p> <p>Ein Körper ist elektrisch neutral, wenn positive und negative Ladungen in gleicher Zahl vorhanden sind.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
<b>G</b>	<p><b>Unterschiedlich geladene Gegenstände</b></p> <p>Ein Gegenstand ist positiv geladen, wenn positive Ladungen in der Überzahl sind. Bei einem positiv geladenen Gegenstand herrscht Elektronenmangel. Ein Gegenstand ist negativ geladen, wenn negative Ladungen in der Überzahl sind. Bei einem negativ geladenen Gegenstand herrscht damit Elektronenüberschuss.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
<b>2.4</b>	<p>Untersucht, ob sich am Leuchten der Glimmlampe etwas ändert, wenn der geriebene Gegenstand an unterschiedlichen Stellen abgetastet wird.</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>2.5</b>	<p>Fasst die Metallplatte am roten Griff an, und reibt sie anschließend mit einer dünnen Folie. Tastet die Metallplatte mit der Glimmlampe ab. Was beobachtet Ihr?</p> <p>Führt den Versuch noch einmal durch. Tastet diesmal eine nicht geriebene Stelle mit der Glimmlampe ab. Was beobachtet Ihr nun?</p> <p>Ist die Metallplatte geladen?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>2.6</b>	<p>Könnt Ihr die Glimmlampe zum Leuchten bringen, wenn Ihr einen geriebenen Metallstab abtastet? Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>2.7</b>	<p>Versucht eine Glimmlampe zum Leuchten zu bringen, indem Ihr unterschiedliche Gegenstände aus Kunststoff und aus Metall reibt.</p> <p>Könnt Ihr Unterschiede beim Leuchten der Glimmlampe feststellen?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>2.8</b>	<p>Tastet geriebene Gegenstände aus Kunststoff und Metall an unterschiedlichen Stellen ab. Könnt Ihr Unterschiede beim Leuchten der Glimmlampe feststellen?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>2.9</b>	<p>Reibt den roten Plastikstab mit dem Lappen und berührt den Plastikstab mit der Glimmlampe. Welches Ende der Glimmlampe leuchtet?</p> <p>Wiederholt das Experiment mit anderen Gegenständen. Leuchtet immer das gleiche Ende der Glimmlampe?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>H3</b>	<p>Stellt Euch vor, Ihr reibt zwei Folien aneinander, haltet anschließend die beiden Folien hoch und tastet sie nacheinander mit der Glimmlampe ab. Einmal würde das der Folie zugewandte Ende der Glimmlampe leuchten, beim anderen mal das andere Ende.</p> <p>Woran könnte es liegen das manchmal das eine und manchmal das andere Ende leuchtet?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>2.10</b>	<p>Fasst die Metallplatte an dem roten Griff an. Reibt dann die Platte mit einer dünnen Folie. Welches Ende der Glimmlampe leuchtet?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>2.11</b>	<p>Was bedeutet es, wenn manchmal das eine Ende und manchmal das andere Ende der Glimmlampe leuchtet?</p> <p>Wenn Ihr Hilfe braucht, könnt Ihr den Versuchsleiter nach weiteren Informationen fragen.</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>

<b>T</b>	<p><b>Erklärung der Glimmlampe</b></p> <p>Mit einer Glimmlampe kann man auch unterscheiden, ob ein Gegenstand negativ oder positiv geladen ist. Die Glimmlampe leuchtet immer an der Seite auf, die den negativ geladenen Gegenstand berührt.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
<b>2.12</b>	<p>Reibt den roten Plastikstab und haltet ihn <u>über</u> den Elektroskopteller. Achtet darauf, dass der Plastikstab den Elektroskopteller nicht berührt. Könnt Ihr einen Zeigerausschlag beobachten? Mit welchen Gegenständen könnt Ihr in ähnlicher Weise auf den Elektroskopteller einwirken?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>V oder N</b>	<p><b>Das Elektroskop</b></p> <p>Beim Elektroskop wird die Abstoßung gleichartiger Ladungen zum Ladungsnachweis genutzt. An einer Aufhängung ist ein leichter Zeiger aus Metall drehbar befestigt. Die Aufhängung mit dem Zeiger ist gegenüber dem Gehäuse isoliert.</p> <p>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
<b>2.13</b>	<p>Reibt eine PVC-Folie und haltet sie <u>über</u> den Elektroskopteller. Was beobachtet Ihr? Entfernt nun die PVC-Folie, was beobachtet Ihr jetzt?</p> <p>Warum ist zuerst der Ausschlag des Zeigers und dann der Zurückgang des Zeigers zu beobachten?</p> <p>Erklärt Eure Beobachtung!</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>H4</b>	<p>Stellt Euch vor, Ihr haltet einen geriebenen Plastikstab über den Elektroskopteller, ohne den Elektroskopteller zu berühren. Ihr würdet dann beobachten, dass der Zeiger ausschlägt. Wenn Ihr anschließend den Plastikstab entfernt, würdet Ihr beobachten, dass der Zeigerausschlag zurückgeht.</p> <p>Wie würdet Ihr dieses Phänomen erklären?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>W</b>	<p><b>Funktionsweise des Elektroskopes</b></p> <p>Wird die Aufhängung geladen, verteilt sich die Ladung gleichmäßig über alle Metallteile des Elektroskopes, die mit der Aufhängung leitend verbunden sind. Der Zeiger und die Aufhängung sind dadurch gleichnamig geladen, und der Zeiger wird deshalb von der Aufhängung abgestoßen.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i></p> <p><i>O Ja O Nein</i></p> <p><i>Wenn ja, warum?</i></p>
<b>2.14</b>	<p>Haltet eine nicht geriebene PVC-Folie <u>über</u> den Elektroskopteller. Könnt Ihr einen Zeigerausschlag beobachten?</p> <p>Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>

### 3. Doppelstunde

<b>3.1</b>	<p>Haltet nacheinander verschiedene geriebene Gegenstände <u>über</u> den Elektroskopteller. Ist der Zeigerausschlag immer gleich stark?</p> <p>Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
------------	---

3.2	<p>Was könnt Ihr beobachten, wenn Ihr Gegenstände <u>über</u> den Elektroskopteller haltet, die Ihr unterschiedlich stark gerieben habt? Ist der Zeigerausschlag immer gleich stark? Wenn ja, warum? wenn nein, warum nicht? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
3.3	<p>Bringe den Elektroskopzeiger berührungslos zum Ausschlag. Ist der Zeiger jetzt geladen? Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>X</b>	<p><b>Beschreibung eines Elektroskopausschlages ohne Berührung</b> Der Zeiger des Elektroskopes stößt sich von der Aufhängung ab, wenn ein geladener Gegenstand in seine Nähe gebracht wird. Dabei verschieben sich die Ladungen in den Metallteilen des Elektroskopes, so dass im Elektroskopteller ein Elektronenüberschuss (wenn der Gegenstand positiv geladen ist) und in der Aufhängung sowie im Zeiger ein Elektronenmangel ist. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i></p>
3.4	<p>Bringe den Elektroskopzeiger berührungslos zum Ausschlag. Wie kann man jetzt nachweisen, dass der Zeiger geladen ist? Ist der Zeiger negativ geladen? Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
3.5	<p>Berührt mit dem geriebenen Plastikstab den Elektroskopteller. Was beobachtet Ihr? Mit welchen andere geriebenen Gegenständen könnt Ihr diese Phänomen auch erzeugen? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
3.6	<p>Ladet das Elektroskop durch Berühren mit einem geladenen Gegenstand auf. Versucht dieses Experiment mit unterschiedlichen Materialien durchzuführen. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
3.7	<p>Reibt eine PVC-Folie auf dem Elektroskopteller. Schlägt der Zeiger aus? Wenn ja, warum Wenn nein, warum nicht? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>L</b>	<p><b>Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität</b> Werden zwei Gegenstände aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung. Dabei können einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstand gehören, zu dem anderen Gegenstand überwechseln. Das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sind. <i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i> O Ja O Nein <i>Wenn ja, warum?</i></p>
3.8	<p>Berührt mit einem geriebenen Gegenstand den Elektroskopteller. Was passiert in dem Elektroskop? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
3.9	<p>Wie kann man ein Elektroskop durch Berühren laden? Stelle eine Regel auf. <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
3.10	<p>Haltet eine geriebene Plastikfolie <u>über</u> den Elektroskopteller und berührt dann kurz die Zeigeraufhängung. Entfernt anschließend die Plastikfolie. Was beobachtet Ihr? Mit welchen anderen Gegenständen könnt Ihr dieses Experiment auch durchführen und ein ähnliches Phänomen erzeugen? <i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>



<b>H5</b>	<p>Stellt Euch vor, Ihr haltet eine geriebene Folie über den Elektroskopteller, ohne den Elektroskopteller zu berühren. Ihr würdet dann beobachten, dass der Zeiger ausschlägt. Wenn Ihr nun kurz die Aufhängung berührt, dann würde der Zeigerausschlag wieder zurückgehen. Würdet Ihr anschließend die Folie entfernen, schlägt der Zeiger wieder aus. Wie würdet Ihr dieses Phänomen erklären?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>3.11</b>	<p>Ladet das Elektroskop, ohne es mit einem geladenen Gegenstand zu berühren. Wie nennt man diesen Vorgang?</p> <p>Wenn Ihr Hilfe beraucht, könnt Ihr den Versuchsleiter nach weiteren Informationen fragen.</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>U</b>	<p><b>Elektrische Influenz</b></p> <p>Wird ein elektrisch geladener Gegenstand einem ungeladenen leitenden (metallischen) Körper genähert, so verschieben sich bewegliche Ladungen im Leiter in Richtung auf die ungleichnamigen Ladungen. Diesen Vorgang der Ladungstrennung nennt man elektrische Influenz.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer, Karten helfen könnte?</i>  <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein</p>
<b>3.12</b>	<p>Haltet einen geriebenen Plexiglasstab <u>über</u> den Elektroskopteller und berührt dann kurz die Zeigeraufhängung. Entfernt dann den Plexiglasstab. Was passiert in der Zeigeraufhängung und in dem Zeiger?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>Y</b>	<p><b>Influenz beim Erden</b></p> <p>Ein Elektroskop ist berührungslos zum Ausschlag gebracht worden. Berührt man dann die Aufhängung, so gehen Ladungen auf das Elektroskop (bzw. auf die Erde) über. Der Zeigerausschlag geht dann zurück. Entfernt man dann den geladenen Gegenstand, schlägt der Zeiger wieder aus, weil sich nun durch das Erden ein Ladungsüberschuss auf dem Elektroskop befindet.</p> <p><i>Glaubt Ihr, dass Euch diese Information bei der Bearbeitung weiterer Karten helfen könnte?</i>  <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein  <i>Wenn ja, warum?</i></p>
<b>3.13</b>	<p>Ladet das Elektroskop mit einem positiv geladenen Gegenstand auf. Was beobachtet Ihr?</p> <p>Ladet das Elektroskop nun mit einem negativ geladenen Gegenstand auf. Was beobachtet Ihr nun?</p> <p>Erklärt Eure Beobachtung.</p> <p>Wozu dient ein Elektroskop?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>3.14</b>	<p>Wie kann man das Elektroskop, ohne es mit einem Gegenstand zu berühren, aufladen?</p> <p>Erklärt die Funktionsweise eines Elektroskopes.</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>3.15</b>	<p>Kann man ein geladenes Elektroskop entladen?</p> <p>Wenn nein, warum nicht? Wenn ja, wie?</p> <p>Falls ja, führt den Versuch durch.</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>
<b>3.16</b>	<p>Kann man ein geladenes Elektroskop portionsweise entladen?</p> <p>Wenn nein, warum nicht? Wenn ja, wie?</p> <p><i>Diese Karte haben wir nicht bearbeitet, weil...</i></p>

## 2 Auszüge der Protokolle

### Karte C

#### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:43:30 - 00:43:40	S: ...kann ja keine Kraft entstanden. VL: (gibt Karte C) F: (liest Karte C vor) „Ist ein Gegenstand durch Reiben aufgeladen worden, kann er nicht aufgeladene
00:43:40 - 00:43:50	F: (liest Karte C vor) kleine Körper anziehen. Glaubt ihr, dass euch diese Information...“ J: Wart mal, ist der / der Gegenstand durch Reiben aufgeladen worden, kann er nicht
00:43:50 - 00:44:00	J: aufgeladene, kleine Körper anziehen. F: Wenn das jetzt aufgeladen ist (nimmt Styroporkügelchen) und das [?], dann kann das beides nicht ähm
00:44:00 - 00:44:10	F: kann das nicht angezogen werden // J: Also // J: Vielleicht ist der durch ..?..
00:44:10 - 00:44:20	S: Weil ihre (hält Luftballon an Fs Haare) Haare sind auch nicht geladen... J: Ja. S: ...das zieht ja nicht an. F: Ja. J: (betrachtet Karte C)
00:44:20 - 00:44:30	J: (betrachtet Karte C) F: Nö, irgendwie. J: M? F: Hilft uns das weiter? J: Auf die Frage
00:44:30 - 00:44:40	J: (betrachtet Karte C und 1.9 und liest 1.9 vor) „Kann man auch kleine Körper mit Gegenständen anziehen, die vorher nicht gerieben worden sind?“ S: Nein, weil
00:44:40 - 00:44:50	S: keine, keine, keine Kraft ist. J: Nein, und zwar deswegen (zeigt auf Karte C) /7s/
00:44:50 - 00:45:00	S: (greift Karten N und Q) J:F (gibt Karten 1.9 und C an F) Vergleich die mal.
00:45:00 - 00:45:10	S: (betrachtet Karten N und Q) F: (betrachtet Karte 1.9) Nee, das ist Nein hier. J: Warum noch mal. F: Nein, weil da keine Kraft ist. J: Ja.
00:45:10 - 00:45:20	F: (schreibt auf Karte 1.9) S: (betrachtet Karte N)
00:45:20 - 00:45:30	F: (schreibt auf Karte 1.9) S: (betrachtet Karte N) F: (legt Karte 1.9 weg)

	S: (legt Karten N und Q weg)
00:45:30 - 00:45:40	J: {Und das?} F: (liest Karte C vor) „Ist ein Gegenstand durch Reiben aufgeladen worden, kann er nicht aufgeladene, kleine Körper anziehen.“ {Im Sand}
00:45:40 - 00:45:50	F: Und warum sollte uns das weiterbringen? J: Weil wir das ja jetzt wissen, dass wenn wir das aufgeladen ..?..
00:45:50 - 00:46:00	J: das sich ja nicht gegenseitig mehr an. Also wissen wir / Zeig mal was steht da? F: (liest Karte C vor) „Ist ein Gegenstand durch Reiben aufgeladen worden, kann er nicht aufgeladene, kleine Körper anziehen.“
00:46:00 - 00:46:10	F: nicht aufgeladene, kleine Körper anziehen. J: Dann wissen wir jetzt, wenn das jetzt aufgeladen worden ist (nimmt roten Lappen und reibt damit Folie) Ja und das zieht jetzt zum Beispiel diesen
00:46:10 - 00:46:20	J: Luftballon nicht an. Dann muss der Luftballon ja auch geladen sein. F: Oder er ist nicht la, der ist nicht Dings, also... J: ...ladbar.
00:46:20 - 00:46:30	J: (reibt PVC-Folie mit rotem Tuch, reibt roten Plastikstab mit rotem Tuch) Und das hier? F: Deswegen. Wird auch nicht, wird
00:46:30 - 00:46:40	F: Plastikdings auch nicht das Tuch aufnehmen. J: Aber das zieht das ja an. F: Ja, da, da. Das (zeigt auf PVC-Folie) hattest du ja auch nicht aufgeladen. J: Doch. F: Das hast du ja nicht
00:46:40 - 00:46:50	F: gerieben. J: (reibt Plastikstab mit rotem Tuch) S: (reibt PVC-Folie mit Staubtuch)
00:46:50 - 00:47:00	J: (hält Folie an PVC-Stab) Siehst du? Das Teil {ist gerieben}
00:47:00 - 00:47:10	J: ist aufgeladen (nimmt Karte C von F weg und betrachtet Karte C) F: Hm.
00:47:10 - 00:47:20	J:F (gibt Karte C an F) {Mach} Nein. F: (schreibt auf Karte C und legt Karte C weg) J: (nimmt Karte 1.10)

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:37:40 - 00:37:50	J: (nimmt Karte C und liest Karte C vor) "Kontaktelektrizität, Reibungselektrizität. Ist ein Gegenstand durch Reiben aufgeladen
00:37:50 - 00:38:00	J: (liest Karte C vor) worden, kann er nicht aufgeladene, kleine Körper anziehen." F: (wendet sich Karte 1.9 zu) J: Das heißt also Kontaktelektrizität.
00:38:00 - 00:38:10	F: (füllt Karte 1.9 aus.)
00:38:10 - 00:38:20	J: Das [was auf Karte C steht], wussten wir ja vorher auch schon, oder? Hat uns das weitergeholfen? F: Nö. (schreibt auf Karte 1.9)
00:38:20 - 00:38:30	F: (schreibt auf Karte 1.9) J: (legt Karte C weg)

## Karte B

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:04:30 - 00:04:40	VL (gibt Karte B) J: (nimmt Karte B und liest vor) „Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität. Beim Reiben
00:04:40 - 00:04:50	J: (liest Karte B vor) verschiedener Materialien kann Elektrizität entstehen, das heißt die Materialien laden sich auf.“
00:04:50 - 00:05:00	J (liest Karte B erneut vor): „Beim Reiben verschiedener Materialien kann Elektrizität entstehen.“
00:05:00 - 00:05:10	J: Hilft uns das? /4s/ Oder wussten wir das schon? F: Uns hilft
00:05:10 - 00:05:20	F: das für die Tafel. J: Ja, ..?.. für die Tafel.
00:05:20 - 00:05:30	J: (schreibt auf Karte B) S:F Was steht da? F: Polarisation... J: (legt Karte B weg) F: ...geladener

### 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:02:30 - 00:02:40	J: Polarisation, oder nicht? F: Genau. (schreibt auf gelbe Karte) VL (gibt rote Karte B)
00:02:40 - 00:02:50	J: (betrachtet rote Karte B) F: Oder nicht? J: Ja. J: (betrachten rote Karte B) S: (betrachten rote Karte B)
00:02:50 - 00:03:00	J: (guckt zur Tafel) S: (betrachtet rote Karte B) F: (betrachtet rote Karte B)
00:03:00 - 00:03:10	F: Das ist doch klar (zeigt auf rote Karte B) S: Was? J (liest rote Karte B vor): „Beim Reiben verschiedener Materialien kann Elektrizität
00:03:10 - 00:03:20	J: (liest rote Karte B vor): entstehen, d.h. die Materialien laden sich auf.“ S: Ja.
00:03:20 - 00:03:30	F: Ist doch klar, weil er geladen ist und durch Ladung entsteht doch Elektrizität. Oder? JSF: (schweigen /4s/) F: Haben wir doch da auch (guckt zur Tafel)
00:03:30 - 00:03:40	J: Ladung ist Energie und dann hätten wir dazwischen noch Elektrizität. // Und Elektrizität ist ja...
00:03:40 - 00:03:50	J: Ach nee, durch Ladung entsteht Energie, die man zur Elektrizität machen kann.
00:03:50 -	[JSF diskutieren, ob ihnen die Karte geholfen hat.]

00:04:00	J: Nein, doch, oder? S: Oder nicht. F: Nein, eher Nein, weil wir das schon vorher wussten.
00:04:00 - 00:04:10	J: OK. (liest rote Karte B vor) "Wenn ja, warum?" F: (schreibt auf rote Karte B)
00:04:10 - 00:04:20	J: (streicht etwas von F geschriebenes durch) F: Ist doch egal. S: Echt ey.
00:04:20 - 00:04:30	J: (legt rote Karte B weg) J: (betrachtet Karte 1.11) Geht das? Ja. J: (legt Karte 1.11 weg) F: (nimmt Karte 1.12)

## Karte J

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:17:30 - 00:17:40	S: (schreibt auf Karte 1.15) VL: (bringt rote Karte J) F: (nimmt sich rote Karte J) J: (wirft Taschentuch in das Waschbecken) F: (fängt an Karte J vorzulesen) Anziehung ..?.. ... J: Warte, warte, hier ist (zeigt auf Karte 1.15)
00:17:40 - 00:17:50	F: (liest rote Karte J still für sich) J: (liest zweiten Teil von Karte 1.15 vor) Und bei welchen der vorigen Versuche stoßen sie ab? Wenn die beiden Folien geladen war. Als die beiden... Nee, wenn die beiden Folien geladen. S: (schreibt auf Karte 1.15)
00:17:50 - 00:18:00	J: Wenn die beiden... F: Als die beiden. J: Ge... Als die beiden Gegenstände in Klammern Folien geladen waren. F: Ja. (fängt an rote Karte J vorzulesen) Gleichnamig geladene Gegenstände stoßen ... J:F Warte. ..?..
00:18:00 - 00:18:10	S: (schreibt auf Karte 1.15) F: (schaut auf rote Karte J) S: Geladen waren. J: Mm.
00:18:10 - 00:18:20	S: (schreibt auf Karte 1.15) J: (nimmt Karte 1.15, legt sie beiseite) O.k.
00:18:20 - 00:18:30	J:F Ließ. F: (liest rote Karte J vor) „Gleichnamig geladene Gegenstände stoßen einander ab, ungleichnamig geladene Gegenstände ziehen einander an.“ J: (nimmt sich rote Karte J)
00:18:30 - 00:18:40	J: (liest rote Karte J vor) „Gleichnamige geladene Gegenstände stoßen einander ab.“ J:VL Was heißt gleichnamig? (schaut zu VL und kichert)
00:18:40 -	J: (liest von roter Karte 1.16 vor) „Ungleichnamig geladene Gegenstände ziehen einander

00:18:50	an.“ Hilft uns das weiter? Nein, Ja? F: Wir wissen ja nicht, was das heißt. J: Ja. (schreibt auf rote Karte J)
00:18:50 - 00:19:00	J: (legt rote Karte J beiseite) JSF: (schweigen) J: (nimmt Karte 1.16 auf und fängt an Karte 1.16 vorzulesen) „Wenn ihr
Pause	[...]
00:22:10 - 00:22:20	J: ...heißt gleich. F: Ja J: (schaut auf rote Karte J) J: (liest rote Karte J vor) "Gleichnamig geladene Gegenstände stoßen einander ab. Ungleichnamig
00:22:20 - 00:22:30	J: (liest Karte J vor) geladene Gegenstände ziehen einander an." VL: (bringt rote Karte F) F: (greift nach roter Karte F und liest rote Karte F vor) "Es gibt zwei Arten von Ladungen..." J: Ja warte mal eben. Wir können den einen Satz ja weg streichen und hinschreiben
00:22:30 - 00:22:40	J: nun wissen wir, was gleichnamig heißt. F: Ja. J: Wart mal eben. (Schreibt auf rote Karte J)
00:22:40 - 00:22:50	J: (schreibt auf rote Karte J) F: (liest rote Karte F still für sich)
00:22:50 - 00:23:00	J: (schreibt auf rote Karte J) F: (liest rote Karte F still für sich) J: (legt rote Karte J beiseite)

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:14:40 - 00:14:50	J: (legt Karte 1.15 weg) F: (nimmt Karte J und liest vor) "Anziehung und Abstoßung. Gleichnamig geladene Gegenstände stoßen einander ab..." (kichert) JS: (kichern) [weil sie ähnliches auf Karte 1.15 geschrieben haben]
00:14:50 - 00:15:00	J: Man! F: (schreibt auf Karte J)
00:15:00 - 00:15:10	J: (korrigiert etwas auf Karte J und legt diese dann weg) F: (nimmt Karte 1.16) F: (liest vor) "Wenn Ihr bislang noch keine Abstoßung beobachten konntet

## Karte F

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:22:20 - 00:22:30	J: (liest Karte J vor) ...geladene Gegenstände ziehen einander an." VL: (bringt rote Karte F) F: (greift nach roter Karte F und liest rote Karte F vor) "Es gibt zwei Arten von Ladungen..." J: Ja warte mal eben. Wir können den einen Satz ja weg streichen und hinschreiben
00:22:30 - 00:22:40	J: nun wissen wir, was gleichnamig heißt. F: Ja. J: Wart mal eben. (schreibt auf rote Karte J)
00:22:40 - 00:22:50	J: (schreibt auf rote Karte J) F: (liest rote Karte F still für sich)
00:22:50 - 00:23:00	J: (schreibt auf rote Karte J) F: (liest rote Karte F still für sich) J: (legt rote Karte J beiseite)
00:23:00 - 00:23:10	F: (gibt rote Karte F an J) J: (nimmt rote Karte F von F entgegen und liest rote Karte F vor) "Ladungen. Es gibt zwei Arten von Ladungen, die Positiven, plus und die Negativen,
00:23:10 - 00:23:20	J: (liest rote Karte F vor) die minus genannt werden. Zwei verschiedene Gegenstände können also gleichnamig, beide positiv beziehungsweise beide negativ oder
00:23:20 - 00:23:30	J: (liest rote Karte F vor) ungleichnamige, einer positiv und einer andere negativ geladen sein." JSF: (schweigen ///) J: Also...
00:23:30 - 00:23:40	JSF: (schweigen ///) J: Also, wenn sie gleichnamig sind, sind sie beide plus, positiv oder negativ und wenn sie,
00:23:40 - 00:23:50	J: also wenn das jetzt zwei gleiche sind (Greift nach den Folien), dann sind sie entweder beide positiv oder negativ und wenn sie jetzt verschieden sind, wie zum Beispiel dies (zeigt auf roten Stab) oder das (zeigt auf Luftballon),
00:23:50 - 00:24:00	J: dann sind sie, ist der eine positiv und der andere negativ. F: Ja. J: Also ..?.. Hat uns das weiter geholfen?
00:24:00 - 00:24:10	J: Ja, ne? Und warum? F: (nickt) J: (schreibt auf rote Karte F) Warum? F: Weil wir das jetzt wissen, mit dem positiv und negativ. J: Ja, wir wissen
00:24:10 - 00:24:20	S: wir wissen, dass sich... J: Nun wissen wir genauer, dass... S: ...dass sich zwei gleich / namige Stoffe nicht gegenseitig anziehen.
00:24:20 - 00:24:30	S: Wenn sie geladen sind. F: Jetzt wissen wir, was sich anzieht und was nicht. J: Ja. J:F Schreib du mal lieber. (Gibt rote Karte F an F) J: (schaut auf Karte 1.17) Sind wir schon fertig?

00:24:30 - 00:24:40	F: (schreibt auf rote Karte F) J: ..?.. S: ..?.. die verschiedenen Stoffe.
00:24:40 - 00:24:50	F: (schreibt auf rote Karte F) J: (zeigt auf Karte 1.17) J:S Dann können wir ja da hinschreiben, einer negativ, einer positiv. S: (schreibt auf Karte 1.17)
00:24:50 - 00:25:00	F: (schreibt auf rote Karte F) S: (schreibt auf Karte 1.17) J: negativ.
00:25:00 - 00:25:10	J:S Einer positiv / einer negativ. S: (schreibt auf Karte 1.17) F: (hört auf zu schreiben und legt rote Karte F beiseite)

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:17:20 - 00:17:30	F (nimmt rote Karte F und liest vor): "Ladungen: Es gibt zwei Arten von Ladungen, die positiv oder negativ." Ja. J: (liest Karte F vor) "Zwei verschiedene Gegenstände können also gleichnamig, beide positiv
00:17:30 - 00:17:40	J: (liest rote Karte F vor) beide negativ oder ungleichnamig, einer positiv. [genervt:] Ohh! J: (schreibt auf rote Karte F) Nein. Die haben uns nicht weitergeholfen. Wir sind zu
00:17:40 - 00:17:50	J: schlau. J: (schreibt auf rote Karte F) J: ..?.. F: Nächstes Mal.
00:17:50 - 00:18:00	J: (schreibt auf rote Karte F) F: (nimmt Karte 1.18) F: (liest Karte 1.18 vor) "Überlegt euch einen weiteren Versuch, bei dem sich..."



## Karte 1.18

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:22:20 - 00:22:30	J: (liest Karte J vor) ...geladene Gegenstände ziehen einander an." VL: (bringt rote Karte F) F: (greift nach roter Karte F und liest rote Karte F vor) "Es gibt zwei Arten von Ladungen..." J: Ja warte mal eben. Wir können den einen Satz ja weg streichen und hinschreiben
00:22:30 - 00:22:40	J: nun wissen wir, was gleichnamig heißt. F: Ja. J: Wart mal eben. (Schreibt auf rote Karte J)
00:22:40 - 00:22:50	J: (schreibt auf rote Karte J) F: (liest rote Karte F still für sich)
00:22:50 - 00:23:00	J: (schreibt auf rote Karte J) F: (liest rote Karte F still für sich) J: (legt rote Karte J beiseite)
00:23:00 - 00:23:10	F: (gibt rote Karte F an J) J: (nimmt rote Karte F von F entgegen und liest rote Karte F vor) "Ladungen. Es gibt zwei Arten von Ladungen, die Positiven, plus und die Negativen,
00:23:10 - 00:23:20	J: die minus genannt werden. Zwei verschiedene Gegenstände können also gleichnamig, beide positiv beziehungsweise beide negativ oder
00:23:20 - 00:23:30	J: ungleichnamige, einer positiv und einer andere negativ geladen sein. JSF: (schweigen ///) J: Also...
00:23:30 - 00:23:40	JSF: (schweigen ///) J: Also, wenn sie gleichnamig sind, sind sie beide plus, positiv oder negativ und wenn sie,
00:23:40 - 00:23:50	J: also wenn das jetzt zwei gleiche sind (greift nach den Folien), dann sind sie entweder beide positiv oder negativ und wenn sie jetzt verschieden sind, wie zum Beispiel dies (zeigt auf roten Stab) oder das (zeigt auf Luftballon),
00:23:50 - 00:24:00	J: dann sind sie, ist der eine positiv und der andere negativ. F: Ja. J: Also ..?.. Hat uns das weiter geholfen?
00:24:00 - 00:24:10	J: Ja, ne? Und warum? F: (nickt) J: (schreibt auf rote Karte F) Warum? F: Weil wir das jetzt wissen, mit dem positiv und negativ. J: Ja, wir wissen
00:24:10 - 00:24:20	S: wir wissen, dass sich... J: Nun wissen wir genauer, dass... S: ...dass sich zwei gleich / namige Stoffe nicht gegenseitig anziehen.
00:24:20 - 00:24:30	S: Wenn sie geladen sind. F: Jetzt wissen wir, was sich anzieht und was nicht. J: Ja. J:F Schreib du mal lieber. (gibt F die rote Karte F, schaut anschließend auf die Karte 1.17) Sind wir schon fertig?
00:24:30 -	F: (schreibt auf rote Karte F)

00:24:40	J: ..?.. S: ..?.. die verschiedenen Stoffe.
00:24:40 - 00:24:50	F: (schreibt auf rote Karte F) J: (zeigt auf Karte 1.17) J:S Dann können wir ja da hinschreiben, einer negativ, einer positiv. S: (schreibt auf Karte 1.17)
00:24:50 - 00:25:00	F: (schreibt auf rote Karte F) S: (schreibt auf Karte 1.17) J: negativ.
00:25:00 - 00:25:10	J:S Einer positiv / einer negativ. S: (schreibt auf Karte 1.17) F: (hört auf zu schreiben und legt rote Karte F beiseite)
0:25:10 - 00:25:20	S: (gibt Karte 1.17 an J) J: ..?.. F: (nimmt Karte 1.18 auf) J: (schreibt auf Karte 1.17) J: O.k. (legt Karte 1.17 beiseite)
00:25:20 - 00:25:30	F: (liest Karte 1.18 vor) Überlegt euch einen weiteren Versuch, bei dem sich zwei geladene Gegenstände abstoßen. JSF: (schweigen /2s/) J: Einen weiteren Versuch? F: Mhm. (greift nach den beiden roten Plastikstäben)
00:25:30 - 00:25:40	J: Mit den beiden Flächen geht das besser. Wir können das ja mal versuchen, ich guck mal. (steht auf und geht zu Materialkiste) F: (reibt rote Plastikstäbe mit rotem Lappen) J: So was vielleicht? [Kann nicht erkennen, auf was sie in der Materialkiste zeigt, da sie davor steht.] S: Lass mal die beiden Plastikplatten nehmen.
00:25:40 - 00:25:50	J: Zeigst du mir die? S: (steht auf und zeigt auf Styroporplatten) Diese weißen da. Styropor da. J: Die? (zieht dünne Styroporplatten aus Materialkiste) S: Ja. F: (hört auf zu reiben und hält geriebene Plastikstäbe neben einander)
00:25:50 - 00:26:00	J: (gibt Styroporplatten an S und greift nach Elektroskop) S: (lässt sich Styroporplatten von J geben) F: (legt Stäbe beiseite und greift nach Karte 1.18) J: (nimmt Elektroskop aus Materialkiste) S: (reibt Styroporplatten mit Staubtuch)
00:26:00 - 00:26:10	J: (reibt Styroporplatten) F: (schreibt auf Karte 1.18) J: (untersucht Elektroskop, dreht am Elektroskopteller und stellt es anschließend in die Materialkiste zurück)
00:26:10 - 00:26:20	S: (reibt zwei Styroporplatten mit dem Staubtuch) J: (geht zurück zu ihrem Stuhl) F: (unterbricht das Schreiben auf Karte 1.18) F:VL Sind die anderen immer gut mit der Zeit hingekommen? VL: Mhm. F: Ach so. J: (schaut S beim Reiben der Styroporplatten zu)

00:26:20 - 00:26:30	VL: Ihr kommt aber auch gut hin, keine Sorge. S: (hält die beiden geriebenen Styroporplatten ganz dicht nebeneinander) J: Und, stoßen die sich ab? Oder? (Hält mit die ger. Platten fest) J:S Halt mal fest. S: (hält eine der beiden Platten fest) J: (hält die andere Platte fest und führt sie ganz dicht an die Platte heran, die S festhält)
00:26:30 - 00:26:40	J: (bewegt ihre Platte vor der Platte von S auf und ab) F: Die stoßen ab. J: Noch mal
00:26:40 - 00:26:50	J: (hält beide Styroporplatten fest) S: (reibt beide Styroporplatten mit dem Staubtuch) S: (hört auf Styroporplatten zu reiben)
00:26:50 - 00:27:00	S: (hält die beiden geriebenen Platten neben einander) F:VL Sind eigentlich auch welche von Gym gekommen? VL: Mhm. F: Ach so. S: (hält die beiden geriebenen Platten ganz dicht nebeneinander und klappt sie wieder auseinander)
00:27:00 - 00:27:10	J: ..?.. S: Also anziehen tun sie sich nicht. F: Nee, also sind die abstoßend. J: O.K. Schreib. ..?.. (spielt mit Luftballon) F: (schreibt auf Karte 1.18) S: (steht auf und geht in Richtung Materialkiste mit den beiden Styroporplatten in der Hand)
00:27:10 - 00:27:20	F: (schreibt auf Karte 1.18) J: (spielt mit Luftballon) S: (bringt Styroporplatten zurück in die Materialkiste und geht zurück zu ihrem Stuhl) J: (greift nach Karte 1.19) S: (wirft nicht aufgepusteten Luftballon in Materialkiste)
00:27:20 - 00:27:30	F: (legt Karte 1.18 beiseite) J: (nimmt Karte 1.19 auf und liest Karte vor) O.k. Woran liegt es, dass man manchmal Anziehung

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:17:50 - 00:18:00	J: (schreibt auf rote Karte F) F: (nimmt Karte 1.18) F: (liest Karte 1.18 vor) "Überlegt euch einen weiteren Versuch, bei dem sich..."
00:18:00 - 00:18:10	F: (liest Karte 1.18 vor) zwei geladene Gegenstände abstoßen." J: Mhm. Zwei geladene Gegenstände sollen sich abstoßen. F: (nimmt Styroporkügelchen)
00:18:10 - 00:18:20	S: Ja. F: (reibt Styroporkügelchen auf rotem Lappen)
00:18:20 - 00:18:30	F: (reibt Styroporkügelchen auf rotem Lappen, hält Styroporkügelchen aneinander) Na, kann man nicht so genau sagen, da in der Hand, ne?
00:18:30 - 00:18:40	F: (nimmt sich Styroporklotz) Versuch ich die mal irgendwie (reibt Styroporklotz mit rotem Lappen) J: {Oa}

00:18:40 - 00:18:50	F: (reibt Styroporklotz mit rotem Lappen) J: (guckt in Materialkiste) F: (reibt Styroporklotz mit rotem Lappen) Bring mal noch so einen anderen Styropor{klotz} mit. S: (reibt Styroporkügelchen über gelben Lappen)
00:18:50 - 00:19:00	J: (nimmt zwei rote Plastikstangen aus der Materialkiste) F: (reibt Styroporklotz mit rotem Lappen) F: (hält Styroporklotz über Styroporkügelchen, welches vom Klotz angezogen wird) Schade. // Ach, das hatten wir doch vorher schon. J: Das Ding, (zeigt auf Elektroskop) da konnte man doch dran gucken
00:19:00 - 00:19:10	J: (zeigt auf das Elektroskop) ob das positiv war oder negativ. J:F Weißt Du's noch? J: Da schlägt doch der Zeiger aus, oder nicht?
00:19:10 - 00:19:20	J: Aber ich weiß nicht mehr, ob dass, wenn man das da oben raufmacht, ob das dann positiv war, oder? / Gib mal. (nimmt roten Lappen und reibt einmal am roten Plastikstab entlang)
00:19:20 - 00:19:30	J: (berührt mit geriebenen Plastikstab den Elektroskopteller) F: (reibt Styroporblock und berührt mit geriebener Seite den Elektroskopteller)
00:19:30 - 00:19:40	J: (reibt roten Plastikstab mit rotem Tuch und berührt mit geriebenen Plastikstab den Elektroskopteller) F: (reibt PVC-Folie)
00:19:40 - 00:19:50	J: (reibt roten Plastikstab mit rotem Tuch und berührt mit geriebenen Plastikstab den Elektroskopteller) F: (reibt PVC-Folie)
00:19:50 - 00:20:00	F: (berührt mit PVC-Folie Elektroskopteller) [Zeiger schlägt wohl aus (ist nicht zu erkennen)] J: Ja. S: Ja. F: Ist das jetzt positiv oder negativ? J: Das will ich auch wissen. /// Ist da jetzt positiv
00:20:00 - 00:20:10	J: oder negativ? So wenn du das wegnimmst, dann. F Das ist noch geladen. F:J Wenn du jetzt, wenn du jetzt 'nen anderen daneben hältst, dann geht er wieder nach oben. J: (hält nicht geriebenen roten Plastikstab über Elektroskopteller)
00:20:10 - 00:20:20	J: (berührt mit rotem Plastikstab Elektroskopteller) F: So 'nen ähm. So einen anderen J: Aber eigentlich ist das doch, wenn man das dagegen anfässt, dann... (fasst Elektroskopteller an) F: ...muss das eigentlich entladen. J: ...entladet man es.
00:20:20 - 00:20:30	J: Aber lass lieber die Aufgabe machen. F: (stellt Elektroskop weg) J: (liest Karte vor) "Nehmt euch zwei ..?..
00:20:30 - 00:20:40	J: (reibt Plastikstab mit rotem Lappen) S: Wir können ja noch die {Formel} aus dem Kopf (nimmt beschichteten Tischtennisball) F: Was stößt sich denn jetzt noch ab? J:F Lade den (schiebt F roten Plastikstab zu) mal.
00:20:40 - 00:20:50	J: (reibt Plastikstab mit rotem Lappen)

	F: (reibt Plastikstab mit gelbem Lappen)
00:20:50 - 00:21:00	J: (reibt Plastikstab mit rotem Lappen) F: (reibt Plastikstab mit gelbem Lappen) J: Der ..?.. geht das nur. F: ..?.. FS: (kichern)
00:21:00 - 00:21:10	(J und F halten geriebene Stäbe aneinander.) F: Merk nichts. J: Ich auch nicht. Ist zu schwer.
00:21:10 - 00:21:20	S: (reibt Styropor auf gelbem Lappen) {Gib mir mal so 'ne} Stange. J: Zwei geladene Gegenstände. Es können ja auch zwei unterschiedlich...
00:21:20 - 00:21:30	J: ... geladene Gegenstände sein. S: (reibt Styropor auf gelbem Lappen) {Gib mir mal so 'ne} Stange F: (nimmt sich zwei graue Platten aus Materialkiste.) J: (reibt Plastikstab mit rotem Lappen)
00:21:30 - 00:21:40	S: (reibt Styropor auf gelbem Lappen) F: Die anderen vielleicht auch, ja oder nicht? J: Es können ja auch zwei unterschiedliche sein. Da steht ja nur zwei geladene Gegenstände. J: (hält Stab an die von S an der Schnur gehaltene beschichtete Kugel) S: {Ja, das geht.} J: Oh, das hat sich angezogen.
00:21:40 - 00:21:50	J: Also ich würde... F: Lass uns das (hält graue Platten hoch) mal versuchen, oder? J: ...erst mal den Stab oder die PVC-Folie. // Weil die kann man beide gut.
00:21:50 - 00:22:00	J: (nimmt PVC-Folie) J:S (zeigt auf roten Plastikstab) Nimm das mal. S: (reibt roten Plastikstab mit gelbem Lappen) J: (zieht PVC-Folie durch Beine)
00:22:00 - 00:22:10	JS: (halten geriebene Stab und geriebene PVC-Folie aneinander.) F: Ja. J: Stößt sich ab, ne? Ja. S: Mhm.
00:22:10 - 00:22:20	J: (schreibt auf Karte 1.18) F (hält die graue Platte hin) Plastik, oder? J: Und das war Plastikstab, ne? S: Mhm. J: (schreibt auf Karte 1.18)
00:22:20 - 00:22:30	J: (schreibt auf Karte 1.18) F: (nimmt Karte 1.19)
00:22:30 - 00:22:40	J: (legt Karte 1.18 weg) F (liest Karte 1.19 vor): "Woran liegt es, dass man manchmal Anziehung und manchmal Abstoßung beobachten kann?" F: Weil sich gleichnamige Ladungen...

## Karte 1.20

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:28:50 - 00:29:00	F: (schreibt auf Karte 1.19, unterbricht kurz das Schreiben und schaut zu schon bearbeiteten Karten) J: F. F: (schreibt auf Karte 1.19 und legt dann Karte 1.19 beiseite) J: (nimmt Karte 1.20)
00:29:00 - 00:29:10	J: (liest Karte 1.20 vor) „Reibt einen aufladbaren Gegenstand und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab. Leuchtet die Glimmlampe?“
00:29:10 - 00:29:20	S: {Haben wir schon gemacht.} J: ..?.. (greift nach Stapel mit schon bearbeiteten Karten)
00:29:20 - 00:29:30	S: Zwei verschiedene. Da hatten wir doch die Folie mit dem Stab. F: Ja, das hatten wir schon gemacht. J: Nee. (wiederholt) „Reibt EINEN aufladbaren Gegenstand und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab.“ Das machen wir
00:29:30 - 00:29:40	J: jetzt einfach. (nimmt Luftballon in die Hand) F: Mit der hier? (hebt Folie hoch) J: Mit der Folie, das geht am besten. F: (legt eine Folie in die Materialkiste, die andere reibt sie mit dem roten Lappen) J: (legt den Luftballon zurück in die Materialkiste)
00:29:40 - 00:29:50	F: (unterbricht Reiben um Plastikplatte zurück in Materialkiste zu legen, gibt sie dann doch an J und reibt anschließend weiter die Folie mit dem roten Lappen) S: (nimmt Glimmlampe aus Filmdose) J: (legt Plastikplatte unter die Stäbe auf den Tisch)
00:29:50 - 00:30:00	F: (reibt Folie mit dem roten Lappen) J: Du musst aufpassen ..?.. F: Ja. J: Ich glaube nicht. S: Es muss ein Plus und ein Minus geben. Oder nicht? F: Stimmt. J: Glaub auch.
00:30:00 - 00:30:10	F: (hält Glimmlampe an Folie) Hm, hm. S: Nein. J: Ja, das müsste ja eigentlich, das ist ja jetzt beides plus.
00:30:10 - 00:30:20	J: Oder beides minus. F: Ja. J: (schreibt auf Karte 1.20) Es kann nicht die Glimmlampe leuchten,
00:30:20 - 00:30:30	S: ein blaues Kärtchen. VL: (reicht blaue Karte H2) J: (schreibt auf Karte 1.20) S: (nimmt blaue Karte H2 und liest sie still für sich) F:VL Was hat das jetzt zu bedeuten H2?
00:30:30 - 00:30:40	VL:F Das ist nur für uns die Nummerierung. Das hat für euch gar nichts zu bedeuten. F: Ach so. S: (liest blaue Karte H2 still für sich)

	J: (Schreibt auf Karte 1.20)
00:30:40 - 00:30:50	J: (schreibt auf Karte 1.20) S: (liest Karte H2 still für sich) S: (legt Karte H2 auf den Tisch) F: (schaut mit auf Karte H2) S: (reicht F Karte H2)
00:30:50 - 00:31:00	J: (schreibt auf Karte 1.20) F: (liest blaue Karte H2 still für sich)
00:31:00 - 00:31:10	J: (schreibt auf Karte 1.20) S:F: ..?.. F:S (sagt leise) Es muss ja plus und minus geben. Oder? S: (schaut mit auf Karte H2) J: (hört auf zu schreiben) Ich will auch
00:31:10 - 00:31:20	J: lesen. (legt Karte 1.20 beiseite) F: (liest blaue Karte H2) „Stellt euch vor, ihr reibt...“ J: (greift sich Karte 1.20, kichert) F: ..?.. J: (liest blaue Karte H2) "So, stellt euch vor, Ihr reibt eine Folie mit einem Lappen

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:23:30 - 00:23:40	F: (nimmt Karte 1.20) J: (liest Karte 1.20 vor) "Reibt einen aufladbaren Gegenstand" J: Das (hebt PVC-Folie hoch) war mein Lieblingsgegenstand.
00:23:40 - 00:23:50	J: (liest Karte 1.20 vor) "...und tastet ihn anschließend mit der Glimmlampe ab. Leuchtet die Glimmlampe?" S: Ja. F: Ja, leuchtet, brauchen wir gar nicht. Haben wir schon gemacht. J: Mach da unten (zeigt auf der Karte) hin. Haben wir nicht bearbeitet, weil wir 's schon gemacht haben.
00:23:50 - 00:24:00	F: (schreibt auf Karte 1.20) J: (reibt PVC-Folie und hält Glimmlampe an die Folie)
00:24:00 - 00:24:10	F: (schreibt auf Karte 1.20, legt diese dann weg) S: (nimmt Karte 1.21) {Wollen wir das nehmen?} F: Mhm. S: Ok, müssen wir jetzt ganz langsam ..?.. {genießen}. F: (liest ganz langsam Karte 1.21) „Reibt ein...

## Karte L

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:22:30 - 00:22:40	J: Ja. VL: (reicht rote Karte L) J: (legt Karte 2.5 beiseite und nimmt rote Karte L auf)
00:22:40 - 00:22:50	J: Also (liest rote Karte L vor) „Kontaktelektrizität, Reibungselektrizität. Werden zwei Gegenstände aneinandergerieben, so kommen große Teile
00:22:50 - 00:23:00	J: (liest rote Karte L vor) ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung. Dabei können einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstand gehören zu dem
00:23:00 - 00:23:10	J: (liest rote Karte L vor) anderen Gegenstand überwechseln, das führt daher, das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen
00:23:10 - 00:23:20	J: (liest rote Karte L vor) Lonen und den leichtabtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sind.“
00:23:20 - 00:23:30	JSF: (schweigen /5s/) J: Was heißt denn Lonen?
00:23:30 - 00:23:40	F: (schaut zu VL) J:F (gibt rote Karte L an F) Guck du dir das mal an. FS: (schauen zusammen auf Karte L)
00:23:40 - 00:23:50	JF: (lesen zusammen still rote Karte L) J: (knetet roten Lappen)
00:23:50 - 00:24:00	SF: (lesen zusammen still rote Karte L)
00:24:00 - 00:24:10	SF: (lesen rote Karte L still für sich)
00:24:10 - 00:24:20	J: Mm, hilft uns das weiter? F: Nee, weil wir nicht wissen, was Lon heißt. J: Ja. (gibt F Kugelschreiber und greift nach Karte 2.6)
00:24:20 - 00:24:30	F: (schreibt auf rote Karte L) J: legt die mal beiseite. (schiebt rote Karten beiseite und liest anschließend Karte 2.6 vor) "Könnt ihr die Glimmlampe zum leuchten bringen, wenn ihr
00:24:30 - 00:24:40	J: einen ger... einen geriebenen Metallstab abtastet?" ...Metallstab. (steht auf und sucht in Materialkiste nach Metallstab) F: (legt rote Karte L beiseite)

### 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:17:50 - 00:18:00	VL: (gibt Karte L) F: (liest Karte L vor) "Kontaktelektrizität / Reibungselektrizität. Werden zwei Gegenstände J: (reibt Metallplatte mit Folie)
00:18:00 - 00:18:10	F (liest Karte L vor): "aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung. Dabei können einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstand" J: (berührt mit der Glimmlampe die Metallplatte) J: (reibt Folie an der Metallplatte)
00:18:10 -	F: Was? (liest Karte L vor) „die zu dem einen Gegenstände gehören, zu dem anderen



00:18:20	Gegenstand überwechseln." J: (reibt Folie an der Metallplatte)
00:18:20 - 00:18:30	J: (hält Glimmlampe an Metallplatte) F: Warte mal. (liest Karte L vor) "Dabei können einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstände gehören" - zu dem einen Gegenstand gehören, oder nicht? VL: Da ist ein Fehler drauf. Richtig.
00:18:30 - 00:18:40	J (liest Karte L vor): "Werden zwei Gegenstände aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung. Dabei können einige Elektronen, die zu dem"
00:18:40 - 00:18:50	J: (liest Karte L vor) "einen Gegenstand gehören, zu dem anderen Gegenstand überwechseln. Das rührt daher" nee: "Das rührt daher, dass die"
00:18:50 - 00:19:00	J: (liest Karte L vor) "Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen"
00:19:00 - 00:19:10	J: (liest Karte L vor) "unterschiedlich stark sind." J: Verstanden, oder nicht? F: Nicht so. S: Nicht so. X: Nicht? S: (liest Karte L vor) "Werden zwei
00:19:10 - 00:19:20	F: (liest Karte L vor) Gegenstände aneinander gerieben, so kommen große Teile ihrer Oberfläche in enge gegenseitige Berührung." OK, das verstehen wir, oder? "Dabei können
00:19:20 - 00:19:30	F: (liest Karte L vor) einige Elektronen, die zu dem einen Gegenstand gehören, zu dem anderen Gegenstand überwechseln." J: Ja, das hatten wir auch in der Schule. F: Genau. (liest Karte L vor) "Das rührt daher, dass die
00:19:30 - 00:19:40	F: (liest Karte L vor) "Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sind." J: Noch mal.
00:19:40 - 00:19:50	J: Den Satz. F: (liest Karte L vor) "Das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen
00:19:50 - 00:20:00	F: (liest Karte L vor) unterschiedlich stark sind." J: Das heißt, wenn das jetzt stärker ist als das, dann? Was passiert dann?
00:20:00 - 00:20:10	F: Dann F: Dass die [Elektronen] dann da überwechseln. J: Was ist denn noch mal der Unterschied
00:20:10 - 00:20:20	J: zwischen Ionen und Elektronen. Elektron ist Minus. F: Sind Ionen nicht so was wie ähm, wie S: Aus zwei / und wenn da irgendwie
00:20:20 - 00:20:30	S: eins rübergeht oder so was. F: Oder war das nicht?
00:20:30 - 00:20:40	J: Das war das mit dieser Achterschale, ne? Elektronen auf der Achterschale. J: Also das ganze ja, aber was ist denn ein
00:20:40 - 00:20:50	X: Ion. J: Wenn ich zwei Elektronen hab, nee! S: Ion ist glaube ich das Ganze.
00:20:50 - 00:21:00	J: Oder? F: Ja guck mal! Klar! Wenn er hier sagt. Hier stehen, hier steht irgendwie positiv geladene Ionen, dann haben die ja.

00:21:00 - 00:21:10	J: Ist das eine Elektron positiv geladen. Ach nee, das eine Atom, oder was das da ist, ist positiv geladen. F: Ja, dann haben die ja
00:21:10 - 00:21:20	J: Atome und Ione sind noch kleiner, als Atome, oder? Oder nicht? Nicht? X: Warte mal.
00:21:20 - 00:21:30	J: Das eine ist halt positiv geladen und das andere ist negativ, oder was steht hier? JF: Bleibt so.
00:21:30 - 00:21:40	J (liest Karte L vor): "Das rührt daher, dass die Anziehungskräfte zwischen den positiv geladenen Ionen und den leicht abtrennbaren Elektronen bei verschiedenen Stoffen...
00:21:40 - 00:21:50	J: ... unterschiedlich stark sind." Ja, dass ist schon F: Das andere da. J: Mhm. F: Und hat uns das geholfen?
00:21:50 - 00:22:00	J: Ja, oder? F: Wenn ja, warum?
00:22:00 - 00:22:10	S: Weil wir das vorher nicht wussten. J: Ja eigentlich schon, aber - schreib einfach gar nichts hin.
00:22:10 - 00:22:20	F: (schreibt auf Karte L) S: ...nicht sicher waren.
00:22:20 - 00:22:30	J: Reib mal. S: (reibt mit Folie die von J gehaltene Metallplatte) F: (legt Karte L weg)

## Karte 2.6

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:24:20 - 00:24:30	F: (schreibt auf rote Karte L) J: legt die mal beiseite. (schiebt rote Karten beiseite und liest anschließend Karte 2.6 vor) "Könnt ihr die Glimmlampe zum leuchten bringen, wenn ihr
00:24:30 - 00:24:40	J: einen geriebenen, einen geriebenen Metallstab abtastet?" ...Metallstab. (steht auf und sucht in Materialkiste nach Metallstab) F: (legt rote Karte L beiseite)
00:24:40 - 00:24:50	J: (holt Metallstab aus Materialkiste) J:VL Ist das Metall? VL: Ja. J: (fängt an Metallstab mit rotem Lappen zu reiben) S: (greift nach Glimmlampe)
00:24:50 - 00:25:00	J: (reibt Metallstab mit rotem Lappen)
00:25:00 - 00:25:10	J: (reibt Metallstab mit rotem Lappen) JS: (berühren geriebenen Metallstab mit Glimmlampe) S: (streift an Metallstab mit Glimmlampe entlang)
00:25:10 - 00:25:20	S: Hm, hm. [leuchtet nicht] J: Nee, weil wir das ja auch anfassen. F: Ja.

	J:F Schreib du mal. (schiebt F Karte 2.6 hin)
00:25:20 - 00:25:30	F: (schreibt auf Karte 2.6) S: (legt Glimmlampe beiseite) J: Ich glaube, das leitet nur, wenn man das auch anfasst.
00:25:30 - 00:25:40	F: (schreibt auf Karte 2.6)
00:25:40 - 00:25:50	F: (schreibt auf Karte 2.6)
00:25:50 - 00:26:00	F: (schreibt auf Karte 2.6, legt sie anschließend beiseite und greift sich Karte 2.7) J: (nimmt Karte 2.6, schaut was F geschrieben hat)
00:26:00 - 00:26:10	J: (liest Karte 2.6 still für sich und legt sie anschließend beiseite) Karte 2.7 F: (liest Karte 2.7 vor) „Versucht eine Glimmlampe zum Leuchten zu bringen, in dem ihr unterschiedliche Gegenstände aus Kunststoff und aus Metall reibt.“ S: (schaut mit auf Karte 2.7 und greift nach Glimmlampe)

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:28:00 - 00:28:10	J: (legt Karte 2.5 weg) F: (nimmt Karte 2.6) F: (liest Karte 2.6 vor): "Könnt ihr die Glimmlampe
00:28:10 - 00:28:20	F: (liest Karte 2.6 vor) zum Leuchten bringen, wenn ihr einen geriebenen Metallstab abtastet? Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht?" Das ist schon wieder das gleiche, oder nicht?
00:28:20 - 00:28:30	J: Mach doch einfach. Vielleicht lässt sich der Stab ja besser.
00:28:30 - 00:28:40	JF: (gehen zur Materialkiste und entnehmen Material)
00:28:40 - 00:28:50	F: Glaub ich nicht. J: Nicht? F: Hm.
00:28:50 - 00:29:00	F: (reibt Metallstab) J: Man merkt es doch, ob das geladen ist, oder nicht.
00:29:00 - 00:29:10	J: Du darfst das auch eigentlich nicht berühren, irgendwie, ne? F: Haben wir doch aber mit den anderen Sachen auch immer so gemacht. J: Guck mal, wenn wir das schon nicht berühren dürfen.
00:29:10 - 00:29:20	F: Stimmt. J: Damit das, das ist - denke ich mir - nur ganz ganz ganz bisschen geladen. F: Nee, das leitet doch auch, oder nicht? J: Mh? F: Das leitet doch auch. J: Mit Gummi.
00:29:20 - 00:29:30	J: Irgendwie mit Gummi anfassen, oder so. F: Gummi leitet nicht.
00:29:30 - 00:29:40	J: Nee, oder? Nee, eigentlich nicht. F: Könnte man ..?.. auch rüberziehen. JS: (kichern)
00:29:40 - 00:29:50	JSF: (kichern) F: Haben wir jetzt auch.

00:29:50 - 00:30:00	F: (versucht Metallstab in nicht aufgeblasenen Luftballon zu stecken) Das geht nicht. J: Wir kommen auf Ideen, ey
00:30:00 - 00:30:10	J: (hält Luftballon) F: (steckt Metallstange in Luftballon)
00:30:10 - 00:30:20	S: (reibt Stab) Aber leitet das nicht irgendwie ab, so? Dass das so isoliert oder so was? F: Keine Ahnung.
00:30:20 - 00:30:30	S: (reibt Stab)
00:30:30 - 00:30:40	F: Aber da steht ja auch - Da steht ja nichts mit Gummi oder so. J: Dann schreib.
00:30:40 - 00:30:50	F: (schreibt auf Karte 2.6) J: Also wenn man das [Plastikstab] anfässt,
00:30:50 - 00:31:00	J: dann entlädt man das ja sozusagen schon wieder. F: ..?.. unter Ladung stehen. F: Nein, weil...
00:31:00 - 00:31:10	J: Das Metall schon sehr entladen wird, wenn man das anfässt oder so was. F: (schreibt auf Karte 2.6)
00:31:10 - 00:31:20	F: (schreibt auf Karte 2.6) J:S Kannst du dich da noch {erinnern}, von vor zwei Jahren? S: Ich weiß
00:31:20 - 00:31:30	S: es auch nicht mehr. F: (schreibt auf Karte 2.6 und murmelt, was sie schon geschrieben hat) J: ...entladen wird.
00:31:30 - 00:31:40	F: (schreibt auf Karte 2.6) J: In Klammern: {Durch die haben}.
00:31:40 - 00:31:50	F: (schreibt auf Karte 2.6)
00:31:50 - 00:32:00	F: (schreibt auf Karte 2.6) {darf} den Punkt da nicht vergessen.
00:32:00 - 00:32:10	J: (legt Karte 2.6 weg) F: (nimmt Karte 2.7)

## Karte 2.8

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:40:30 - 00:40:40	VL: (sammelt Fragebogen ein) VL: Danke. F: (greift Karte 2.8 und liest Karte vor) „Tastet geriebene Gegenstände...
00:40:40 - 00:40:50	F: aus Kunststoff und Metall an verschiedenen Stellen ab. Könnt ihr unterscheiden... ...Könnt ihr Unterschiede beim Leuchten der Glimmlampe... ...Glimmlampe feststellen?“
00:40:50 - 00:41:00	J: Also, Metall und... F: ..?.. J: Ja, das... das leuchtet immer {mehr} X: Haben wir nur nicht aufgeschrieben.
00:41:00 - 00:41:10	J: (reibt Stab mit rotem Lappen) J:S, machst du das [Ranhalten] mit dem Dings [Glimmlampe]? S: (hält Glimmlampe an geriebenen Plastikstab) J: Das ..?.., oder?
00:41:10 - 00:41:20	J: und Metall, ne? S: Ich würd' lieber das (zeigt auf Metallplatte mit isoliertem Griff) nehmen, weil das [unisolierter Metallstab] geht ja nicht, wenn man das anfasst
00:41:20 - 00:41:30	J: (reibt Metallstange mit rotem Lappen) S: (hält die Glimmlampe an die Metallstange) J: Das geht ja nicht, weil man das da festhält.
00:41:30 - 00:41:40	J: Kann man das [Metallplatte] auch damit [roter Lappen] reiben? J: (reibt Metallplatte mit rotem Lappen)
00:41:40 - 00:41:50	F: {Wieso fasst du das jetzt an?} J: (hält die Metallplatte zu J) S: (berührt die Metallplatte mit der Glimmlampe)
00:41:50 - 00:42:00	J: (reibt Metallplatte mit PVC-Folie)
00:42:00 - 00:42:10	S: (berührt die Metallplatte mit der Glimmlampe) Ganz bisschen. F: Aber wenn das {doller gerieben wird}, dann ist das auch doller.
00:42:10 - 00:42:20	J: (hält S die Platte hin): Ich halte fest und du reibst ganz doll, OK? S: (reibt die Platte mit der PVC-Folie)
00:42:20 - 00:42:30	S: (reibt die Platte mit der PVC-Folie) F: (nimmt die Glimmlampe) Ich probiere.
00:42:30 - 00:42:40	J: {Weniger} hat so geleuchtet eben. F: Echt? J: Ja. F: Hat das überhaupt geleuchtet?
00:42:40 - 00:42:50	S: (reibt die Platte mit der PVC-Folie) J: F. Jetzt.
00:42:50 - 00:43:00	F: (hält die Glimmlampe an die Platte) J: Eben hat's ganz bisschen geleuchtet. Wollen wir schreiben ..?..
00:43:00 - 00:43:10	J: Ja? F: Wir sollen ja die geriebenen Gegenstände an verschiedenen Stellen abtasten.

	J: Ja, und das heißt... F: ..?..
00:43:10 - 00:43:20	J: an verschiedenen Stellen. F: Ja, da wo am meisten gerie... also ... da wo es am meisten gerieben wurde, da leuchtet es auch am meisten auf.
00:43:20 - 00:43:30	J: Ja, oder? F: Nee, das hat genau so geleuchtet. J: Ja, hat hier oben
00:43:30 - 00:43:40	J: (reibt roten Plastikstab mit rotem Lappen) S: Oben hat sie weniger. F: Doch. J: Nee. S: (hält Glimmlampe an den geriebenen Stab)
00:43:40 - 00:43:50	J: Leuchtet es doll? Da nicht so doll, weil ich da eben extra wenig gerieben habe.
00:43:50 - 00:44:00	J: (Nimmt Metallplatte) X: Das ist das selbe, eigentlich, oder? J: (reibt Metallplatte mit PVC-Folie) F: Metall ist eine nicht... ....so sehr geriebene
00:44:00 - 00:44:10	J: (reibt Metallplatte mit PVC-Folie) X: ..?.. S: (tastet Metallplatte mit Glimmlampe ab) F: (schreibt auf Karte 2.8)
00:44:10 - 00:44:20	S: (tastet Metallplatte mit Glimmlampe ab) F: (schreibt auf Karte 2.8)
00:44:20 - 00:44:30	S: (greift Karte 2.9) F: (schreibt auf Karte 2.8)
00:44:30 - 00:44:40	J: (betrachtet Karte 2.9) F: (schreibt) J: (nimmt roten Lappen und roten Plastikstab)
00:44:40 - 00:44:50	F: (schreibt auf Karte 2.8) F: (legt Karte 2.8 beiseite) Lies du mal ab. J: (reibt roten Stab mit rotem Lappen)

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:43:40 - 00:43:50	VL: (sammelt Fragebögen ein) Danke. F: (nimmt Karte 2.8) J (liest Karte 2.8 vor): "Tastet geriebenen Gegenstand aus Kunststoff und Metall an
00:43:50 - 00:44:00	J (liest Karte 2.8 vor): unterschiedlichen Stellen ab. Könnt ihr Unterschiede beim Leuchten der Glimmlampe feststellen?" F: {Das ist doch klar}. Das haben wir doch schon mal gemacht, oder nicht? S: Mhm.
00:44:00 - 00:44:10	J: Eigentlich schon. Haben wir nicht bearbeitet, weil? S: Haben wir doch schon ..?.. haben wir vorher. J: Schon.
00:44:10 - 00:44:20	J: (schreibt auf Karte 2.8)

00:44:20 - 00:44:30	J: (legt Karte 2.8 weg) F: (nimmt Karte 2.9) J: (liest Karte 2.9 vor) "Reibt den roten Plastikstab mit dem Lappen und berührt
------------------------	---

## Karte 3.9

### 1. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:31:20 - 00:31:30	J: (schreibt, legt Karte 3.8 weg, greift Karte 3.9)
00:31:30 - 00:31:40	J: (liest Karte 3.8 vor) „Wie kann man ein Elektroskop durch Berührung, durch Berühren laden? Stelle eine Regel auf.“
00:31:40 - 00:31:50	J: (wiederholt) „Wie kann man ein Elektroskop durch Berührung laden?“ Mit einem geladenen Gegenstand, (reibt roten Plastikstab mit rotem Lappen) weil sich das dann ja weg
00:31:50 - 00:32:00	..?.. X: Ja. J: (reibt roten Plastikstab mit rotem Tuch und berührt mit geriebenem Plastikstab Elektroskopteller) Mit einem geladenen Gegenstand, weil
00:32:00 - 00:32:10	J: (sagt leise) sich die Elektronen so (zeigt mit der Hand hin und her) {hin- und herbewegen, wenn} die positiv und negativ war. F: Ja. J: Ne?!
00:32:10 - 00:32:20	J: Also Stelle eine Regel auf. JSF: (schweigen) /4s/ J: Es kann nur... F: Durch geriebene Gegenstände, die... ..diesen
00:32:20 - 00:32:30	F: Teller da berühren... S: ... überträgt die... äh ...Geladenheit F: geriebene Gegenstände
00:32:30 - 00:32:40	F: ... die Ladung. J: Der geriebene Gegenstand überträgt die Ladung. F: Was ist denn das für eine Regel?
00:32:40 - 00:32:50	S: Ich denk mal schon. J: Nee, das ist eine Aussage.
00:32:50 - 00:33:00	J: Doch, eigentlich schon, oder? (schreibt auf Karte 3.9)
00:33:00 - 00:33:10	J: (schreibt auf Karte 3.9)
00:33:10 - 00:33:20	F: (nimmt Karte 3.10) J: Soll ich dann in Klammern schreiben
00:33:20 - 00:33:30	J: posi... .. negativ. Da sind ja die positiven... F: Ja, das kann aber auch anders sein. Das sind nicht immer die negativen
00:33:30 - 00:33:40	J: Aber bei positiven ..?.. das. Soll ich positiv und negativ hinschreiben?
00:33:40 - 00:33:50	S: Positiv oder negativ. J: (schreibt auf Karte 3.9)

00:33:50 - 00:34:00	J: (schreibt, legt Karte 3.9 weg) F: (liest Karte 3.10. vor) „Haltet eine geriebene Plastikfolie über den Elektroskopteller und berührt dann kurz
------------------------	--

## 2. Durchgang

Intervall	Transkriptartiges Protokoll
00:30:20 - 00:30:30	J: Ja. F: (liest Karte 3.9 vor) "Wie kann man ein Elektroskop mit Berühren laden?" // Ja, das haben wir doch eben.
00:30:30 - 00:30:40	J: (liest Karte 3.9 vor) "Wie kann man ein Elektroskop durch Berühren laden?" J:F Ja, schreibt auf. (legt den Stift hin) F: (nimmt Stift) J: Du meinst, dass die Ladung
00:30:40 - 00:30:50	J: da rüber geht. F: (schreibt auf Karte 3.9) J: Ich denke, oder wir denken
00:30:50 - 00:31:00	F: (schreibt auf Karte 3.9)
00:31:00 - 00:31:10	F: (schreibt auf Karte 3.9) J: ..?.. also ließ mal vor. F: (liest Antwort auf Karte 3.9 vor) Also wir denken, dass
00:31:10 - 00:31:20	F: (liest Antwort auf Karte 3.9 vor) geriebenen Gegenstand J: Ladungen übertragen werden. F: (schreibt auf Karte 3.9)
00:31:20 - 00:31:30	F: (schreibt auf Karte 3.9)
00:31:30 - 00:31:40	F: (schreibt auf Karte 3.9) Kann man das lesen? J: Mhm.
00:31:40 - 00:31:50	F: (schreibt auf Karte 3.9) S: Elektroskopteller
00:31:50 - 00:32:00	F: (schreibt auf Karte 3.9)
00:32:00 - 00:32:10	F: (schreibt auf Karte 3.9)
00:32:10 - 00:32:20	F: (schreibt auf Karte 3.9)
00:32:20 - 00:32:30	F: (schreibt auf Karte 3.9) S:F Was schreibst Du? F: Weiß auch noch nicht.
00:32:30 - 00:32:40	F: (schreibt auf Karte 3.9) F: Wenn man, wenn man das [Elektroskopteller?] nicht berührt, dann dient der Elektroskopteller eher als Leiter, oder? J: Ja, ich weiß nicht
00:32:40 - 00:32:50	J: ich bin da noch nicht von überzeugt, weil - du stellst da jetzt irgend so eine Regel auf, aber wir haben das ja nicht bestätigt, irgendwie.
00:32:50 - 00:33:00	J: Aber weil das, der Zeiger ausschlägt und stehen bleibt. Aber du weißt nicht genau, ob das dadurch ist. Wenn du mir das jetzt hundertprozentig bestätigen könntest, z.B. weil du das
00:33:00 -	J: daran hältst, oder was weiß ich, dann würde ich Dir das glauben, aber so - verstehst



00:33:10	du? F: Wie, also wollen wir das noch mal eben
00:33:10 - 00:33:20	F: also lass uns das mal eben machen, so, dass man das da ranhält. J: Wir können jetzt erst gucken. Normal müsste das ja jetzt
00:33:20 - 00:33:30	J: (zeigt) [Stab:] plus, [Elektroskopteller:] minus [Zeiger:] plus oder [Stab:] minus, [Elektroskopteller:] plus [Zeiger:] minus sein, ne? F: Ja. J: Und wenn du jetzt mit der Lampe...
00:33:30 - 00:33:40	J: ... wenn du z.B. den Plastikstab machst, und wir dann mit der Glimmlampe gucken, ob der positiv oder negativ ist und dann... F: (reibt Folie und hält sie an den Elektroskopteller)
00:33:40 - 00:33:50	J: [keiner hört ihr zu] ... und dann gucken wir noch mal nachdem du das berührt hast, ob der Elektroskopteller müsste dann ja auch, wenn der ..?.. positiv ist. F: Wieso funktioniert das nicht? S: ..?.. doch drauf? J: Wenn dies...
00:33:50 - 00:34:00	J: hier positiv ist, müsste der Elektroskopteller danach, danach auch positiv sein, nach Deiner Dings, nech? F: (reibt PVC-Folie) F: Noch mal?
00:34:00 - 00:34:10	J: Guck mal, wenn ich den jetzt reibe und lade und guck ich und nehmen wir an, der ist positiv geladen, ja? Dann leuchtet die Lampe...
00:34:10 - 00:34:20	J: ...oben auf, weil sich das ja, positiv ist. Und du, also wie das jetzt bei dir auf der Karte steht, müsste dann ja, wenn du das... F: (reibt PVC-Folie und hält sie an den Elektroskopteller)
00:34:20 - 00:34:30	J: Den geladenen Gegenstand auf den Elektroskopteller hältst, du? F: Ja. J: Der müsste dann ja auch positiv geladen werden, weil das ja übertragen wird.
00:34:30 - 00:34:40	F: Ja. J: Und das können wir dann ja auch mit der Lampe gucken. Dann müsste die Aufhän- gung ja negativ sein. Verstehst Du? F: Mhm. J: Wirklich? F: Ja! J: Gut.
00:34:40 - 00:34:50	F: Ich versteh dich schon. Aber ich verstehe nicht, warum das jetzt nicht geht. S: Da musst du raufhalten und währenddessen die Lampe ranhalten - unten.
00:34:50 - 00:35:00	F: Nee, vorne ging das doch auch. J: Gib mal [den Lappen]. F: Das verstehe ich nicht. J: (reibt den roten Plastikstab mit dem Lappen)
00:35:00 - 00:35:10	J: (hält den Stab über den Elektroskopteller, der Zeiger schlägt aus, und entfernt ihn, der Zeiger geht zurück)
00:35:10 - 00:35:20	J: (hält den Stab über den Elektroskopteller, der Zeiger schlägt aus, und entfernt ihn, der Zeiger geht zurück) J: Hm. Wie haben wir das denn eben gemacht? ..?..
00:35:20 - 00:35:30	F: Wollen wir vielleicht mal mit einer Metallplatte? J: Ist das denn da so ..?.. ,ja? J: (hält den Stab über den Elektroskopteller, der Zeiger schlägt aus, und entfernt ihn wie- der, der Zeiger geht zurück)

00:35:30 - 00:35:40	F: Jetzt bleibt es stehen. Jetzt mach schnell ran. J: (hält Glimmlampe an den Elektroskopteller) F: Unten, oder?
00:35:40 - 00:35:50	J: Ja, denk ich auch. Also war die Platte negativ und jetzt müsste das [Zeiger des Elektroskop] ja positiv sein. Nech? F: Ja. J: Und dann müsste der, dieser...
00:35:50 - 00:36:00	J: ...komische Stab hier ja auch negativ sein. J: (hält die Glimmlampe an den Stab) J: Das ist voll schwach. Man sieht das kaum. Mit der Metallplatte geht das bestimmt...
00:36:00 - 00:36:10	J: ...viel besser. Da hab ich auch 'nen Schlag gekriegt, jetzt. J: (reibt Stab) F: Schön. F: (reibt Metallplatte mit der Folie)
00:36:10 - 00:36:20	J: (hält die Glimmlampe an den Stab) J: Das war unten. F: (hält die geriebene Metallplatte an den Elektroskopteller)
00:36:20 - 00:36:30	(Das Elektroskop schlägt nicht aus) J: (reibt die von F gehaltene Metallplatte mit der PVC-Folie)
00:36:30 - 00:36:40	J: (reibt die von F gehaltene Metallplatte mit der PVC-Folie)
00:36:40 - 00:36:50	F: (hält die geriebene Metallplatte an den Elektroskopteller) (Das Elektroskop schlägt aus)
00:36:50 - 00:37:00	S: (bewegt die Glimmlampe zum Elektroskop) S: Soll ich an den Zeiger oder da... J: Oben berühren. F: Oben. F: Mhm. F: Soll ich mal? S: Leuchtet nicht. F: Doch ..?..
00:37:00 - 00:37:10	F: Ich glaub unten. J: Noch mal. F: Ach nein. Nein, die war oben, glaub ich. J: Müsste ja eigentlich, weil war es letztes Mal auch.
00:37:10 - 00:37:20	J: (reibt die Metallplatte mit der PVC-Folie)
00:37:20 - 00:37:30	J: (reibt die Metallplatte mit der PVC-Folie)
00:37:30 - 00:37:40	F: (hält Metallplatte an Elektroskopteller) (Zeiger schlägt aus) S: (hält Glimmlampe an Elektroskopteller)
00:37:40 - 00:37:50	X: Die hat oben geleuchtet. X: Ich glaub oben. F: Ich glaub auch oben. J: Wollen wir es noch mal versuchen?
00:37:50 - 00:38:00	F: ..?.. JSF: (kichern) J: ..?.. (reibt Metallplatte mit PVC-Folie)

00:38:00 - 00:38:10	J: (reibt Metallplatte mit PVC-Folie) J: Dann müsste ja jetzt die Platte auch oben sein und dann stimmt das, was wir aufgeschrieben haben.
00:38:10 - 00:38:20	J:F Jetzt versuch an der Platte. J: (hält Glimmlampe an Metallplatte) F: Nicht, dass ich einen Schlag kriege. X: Hallo
00:38:20 - 00:38:30	F: War irgendwie nichts, oder? J: (reibt Metallplatte mit PVC-Folie)
00:38:30 - 00:38:40	J: (reibt Metallplatte mit PVC-Folie)
00:38:40 - 00:38:50	J: (reibt Metallplatte mit PVC-Folie) F: (hält Glimmlampe an Metallplatte) J: Oben.
00:38:50 - 00:39:00	J: Dann stimmt das. Haha! F: (greift Stift) Wenn... J: (liest ihre bisherige Antwort auf Karte 3.9 vor) Wir denken, dass durch einen geriebenen Gegenstand
00:39:00 - 00:39:10	J: (liest ihre bisherige Antwort auf Karte 3.9 vor) die Ladungen auf den Elektroskopeller übertragen werden und somit X: ...somit haben... JSF: (kichern)
00:39:10 - 00:39:20	J: (liest ihre bisherige Antwort auf Karte 3.9 vor) Also wir denken, dass durch einen geladenen Gegenstand Ladungen auf den Elektroskopeller übertragen werden.
00:39:20 - 00:39:30	J: (schreibt auf Karte 3.9) Punkt. /5s/ Übertragen werden.
00:39:30 - 00:39:40	F: Was soll ich denn jetzt schreiben? Wenn? J: (schreibt auf Karte 3.9) Wenn der Körper...
00:39:40 - 00:39:50	J: (schreibt auf Karte 3.9) somit // Z Punkt B Punkt... S: ...positiv ist... J: (schreibt auf Karte 3.9) ...über
00:39:50 - 00:40:00	J: (schreibt auf Karte 3.9) trägt // er / dies auf den
00:40:00 - 00:40:10	J: (schreibt auf Karte 3.9) Elektroskopeller.
00:40:10 - 00:40:20	J: (schreibt auf Karte 3.9) Er ist {nun auch} positiv..
00:40:20 - 00:40:30	J (schreibt auf Karte 3.9): geladen. Die Aufhängung
00:40:30 - 00:40:40	J: (schreibt auf Karte 3.9) des Zeiger ist dann negativ.
00:40:40 - 00:40:50	J: (schreibt auf Karte 3.9) Zeiger. J:F (schreibt nicht mehr) Guck noch mal, wenn du das jetzt lädst mit diesem Ding, (zeigt auf Metallplatte mit Griff) das war ja positiv, und dann halt das mal daran, ob das dann negativ ist.
00:40:50 - 00:41:00	J:F das mit der Lampe. F:J Gib mir mal eben. (zeigt auf Metallplatte mit Griff) J: Müsste ja eigentlich. (gibt F die Metallplatte) F: (reibt Metallplatte mit der PVC-Folie)
00:41:00 -	F: (reibt die Metallplatte mit der PVC-Folie)

00:41:10	J: (schreibt auf Karte 3.9) Zeiger schlägt aus. (liest Antwort auf Karte 3.9 vor): "Wir denken, dass durch einen geriebenen Gegenstand die Ladung auf den Elektroskopteller übertragen werden, wenn der Körper somit F: (hält die Metallplatte an den Elektroskopteller)
00:41:10 - 00:41:20	S: (hält die Glimmlampe an das Elektroskop) S: Oben [leuchtet die Glimmlampe]. J: Oben?
00:41:20 - 00:41:30	F: Das kann nicht angehen. Das war aber oben J: Ja dann muss... VL: "Zeiger... S: Dann ist das positiv VL: ...und Aufhängung
00:41:30 - 00:41:40	VL: sind mit dem Teller leitend verbunden." Steht auf einer der Karten drauf. Was könnte das denn bedeuten. J: Das heißt, dass wenn das [Elektroskopteller] positiv ist, ist das [Zeiger] auch das positiv.
00:41:40 - 00:41:50	VL: Ich sag da nichts zu. Ich sag nur, was auf einer Karte steht. J: (liest Antwort auf Karte 3.9 vor) "Wenn der Körp, also mit positiv ist, überträgt er dies auf den Elektroskopteller."
00:41:50 - 00:42:00	F: Ja, warum steht der denn hier (zeigt auf rote Karte X) denn wenn das minus ist, dann ist das plus. J: Aber wenn ich den denn da ranhalte, dann wird das plus und dann wird das auch plus?!
00:42:00 - 00:42:10	JSF: (schweigen /5s/) X: Ja?
00:42:10 - 00:42:20	J: Dieser hier ist jetzt auch positiv geladen. Das überträgt sich auf Zeiger und Aufhängung.
00:42:20 - 00:42:30	J: (schreibt auf Karte 3.9)
00:42:30 - 00:42:40	J: (schreibt auf Karte 3.9) Zeiger schlägt aus.
00:42:40 - 00:42:50	J: (schreibt auf Karte 3.9)
00:42:50 - 00:43:00	J: (liest vor, was sie auf Karte 3.8 geschrieben hat) Wenn der Gegenstand positiv geladen ist, ist der Elektroskopteller negativ, er hat einen Elek, Elektronenüberschuss, die Aufhängung ist dann auch
00:43:00 - 00:43:10	J: (liest vor, was sie auf die Karte 3.8 geschrieben hat) auch positiv. Das ist dann auch falsch: Das ist dann auch /// negativ.
00:43:10 - 00:43:20	S: Ja. J (liest vor, was sie auf die Karte 3.7 geschrieben hat) "Ja, weil der Elektroskopteller geladen wird, er ist nun positiv oder negativ geladen."
00:43:20 - 00:43:30	J (liest vor, was sie auf Karte 3.7 geschrieben hat) Die Aufhängung und Zeiger ist... S: ...gleich geladen. J: (schreibt auf Karte) Ist... S: Oder hat die gleiche Ladung. J: (schreibt auf Karte) ...auch
00:43:30 - 00:43:40	J: (liest Antwort auf Karte 3.7 vor) "Zeiger schlägt aus." (blättert gelbe Karten durch)
00:43:40 - 00:43:50	J: (blättert vorherige gelben Karten durch) J: (liest Antwort von Karte 3.3 vor) "Ja, weil wenn der Gegenstand z.B. positiv ist, dann hätten

00:43:50 - 00:44:00	J: (liest Antwort von Karte 3.3 vor) herrscht im Elektroskopteller Elektronenüberschuss und bei der Aufhängung um den Zeiger Elektronenmangel." F: Ja, steht hier ja drauf, auf der
00:44:00 - 00:44:10	F: Karte. J: (liest rote Karte X vor) "Der Zeiger des Elektroskopes stößt sich von der Aufhängung ab." F: {"Ohne Berührung"} steht hier.
00:44:10 - 00:44:20	J: (betrachtet gelbe Karten) Berührungslos, also ist das wieder richtig. F: Ja.
00:44:20 - 00:44:30	J: (legt Karte 3.9 weg) F: (nimmt Karte 3.10)

Ich versichere, dass ich die Hausarbeit selbstständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder Sinn nach anderen Werken entlehnt sind, unter Angabe der Quelle in jedem einzelnen Fall kenntlich gemacht habe.

---

 Datum

---

 Unterschrift