

Lehrstuhl Erziehungswissenschaften II an der Universität Mannheim

Betreuung und erster Gutachter: Herr PD Dr. Stefan Fries

Zweiter Gutachter: Herr Prof. Dr. Manfred Hofer

*Schriftenreihe „Mannheimer sozialwissenschaftliche Abschlussarbeiten“, Nr. 006/07*

# Cognitive Load Theory und der split-attention effect:

## Ein empirischer Test kognitionspsychologischer Erweiterungen

**Diplomarbeit im Fach Pädagogische Psychologie**

**Fertiggestellt in Mannheim am 13. April 2007**

**Eingereicht von: Athanasios Mazarakis**

**Wohnhaft in: H 1, 12-13, App. 57; 68159 Mannheim**

**Matrikelnummer: 0917208**

**E-Mail-Adresse: mannheim-mazarakis@usa.net**

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Theorie .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Problemstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Literatur- und Theorieüberblick.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Die Cognitive Load Theory .....	2
1.2.1.1 Darstellung der Theorie .....	2
1.2.1.2 Kritik an der Cognitive Load Theory .....	5
1.2.2 Die Cognitive Theory of Multimedia Learning .....	7
1.2.2.1 Darstellung der Theorie .....	7
1.2.2.2 Kritik an der Cognitive Theory of Multimedia Learning .....	12
1.2.3 Der split-attention effect und weitere Effekte.....	13
1.2.4 Wahrnehmungsorganisation und Objekterkennungstheorien.....	17
1.2.4.1 Ältere Faktoren der Wahrnehmungsorganisation .....	17
1.2.4.2 Kritik an den älteren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation .....	18
1.2.4.3 Neuere Faktoren der Wahrnehmungsorganisation .....	19
1.2.4.4 Alternative Objekterkennungstheorien.....	21
1.2.5 Zusammenfassung und Zusammenhang der Konstrukte.....	22
1.2.6 Fragestellung und Hypothesen.....	23
<b>2. Methode .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Beschreibung der Stichprobe .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 Untersuchungsmaterial.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Untersuchungsgeräte .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4 Untersuchungsdurchführung .....</b>	<b>35</b>
2.4.1 Untersuchungsablauf.....	35
<b>2.5 Auswertungsmethoden .....</b>	<b>38</b>
2.5.1 Festlegung der abhängigen und unabhängigen Variablen.....	38
2.5.2 Testbare Versuchsbedingungsvergleiche .....	42

---

<b>3. Ergebnisse .....</b>	<b>44</b>
<b>3.1 Vorbereitende Analysen .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2 Testung der Hypothesen .....</b>	<b>45</b>
3.2.1 Ergebnisse für die Lernleistung .....	46
3.2.2 Ergebnisse für die Transferleistung .....	46
3.2.3 Ergebnisse für die Novizengruppe .....	47
<b>3.3 Weiterführende Analysen .....</b>	<b>48</b>
3.3.1 Deskriptive Zusatzanalyse der Transferfragen .....	48
3.3.2 Weiterführende Analysen der einzelnen Transferfragen.....	49
<b>3.4 Ergänzende Ergebnisse zum Experiment .....</b>	<b>51</b>
3.4.1 Ergebnisse zum Betrugsverhalten.....	52
3.4.2 Ergebnisse zur Verweildauer im Experiment .....	53
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>54</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>60</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>66</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1. Modellhafte Darstellung der Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer und Moreno (2003).....	9
Abbildung 1.2. Integrierte Version des Materials bei Experiment 1 von Moreno und Mayer (1999).....	13
Abbildung 1.3. Separierte Version des Materials bei Experiment 1 von Moreno und Mayer (1999).....	14
Abbildung 1.4. Ein Beispiel für den Faktor der Nähe nach Goldstein (2002). Die Punkte werden eher als vertikal verlaufende Zeilen aufgefasst.....	18
Abbildung 1.5. Ein Beispiel von Palmer (1992) für den Faktor der gemeinsamen Region. Pittsburgh wird mit Harrisburg gruppiert, obwohl Columbus näher ist. ...	20
Abbildung 1.6. Ein weiteres Beispiel von Palmer (1992) für den Faktor der gemeinsamen Region. Obwohl die angrenzenden Punkte zwischen zwei Ellipsen räumlich näher zusammen sind, werden trotzdem die Punkte innerhalb der Ellipsen als gruppierte Einheit angesehen. ....	20
Abbildung 1.7. Ein Beispiel von Goldstein (2002) für den Faktor der Verbundenheit der Elemente. Obwohl die unverbundenen Punkte räumlich näher zusammen sind, werden trotzdem die verbundenen Punkte als ein Element angesehen. ....	21
Abbildung 2.1. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die integrierte Bedingung.....	29
Abbildung 2.2. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die separierte Bedingung.....	29
Abbildung 2.3. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die integrierte Bedingung mit gemeinsamer Region. ....	30
Abbildung 2.4. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die separierte Bedingung mit gemeinsamer Region. ....	30
Abbildung 2.5. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die separierte Bedingung mit verbundenen Elementen. ...	31
Abbildung 2.6. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen ohne beschreibenden Text. ....	31
Abbildung 2.7. Darstellung der sieben Fragen, welche den Versuchspersonen vor der eigentlichen Durchführung des Experiments dargeboten wurden. ....	41

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1. Beschäftigungsart der verwendeten Stichprobe.....	27
Tabelle 2.2. Häufigkeiten und Häufigkeiten in Prozent der Bildschirmauflösung in der Stichprobe. ....	27
Tabelle 2.3. Darstellung der Anzeigedauer je Bild in der Animation, welche abhängig ist von der Anzahl der Wörter je Bild.....	33
Tabelle 2.4. Verwendete Browser und Betriebssysteme der Versuchspersonen. ....	34
Tabelle 2.5. Die Beurteilerübereinstimmung zu allen fünf Fragen.....	40
Tabelle 2.6. Angabe der interpretierbaren und nicht interpretierbaren Versuchsbedingungsvergleiche in Abhängigkeit von der Ceteris-Paribus-Regel...	42
Tabelle 3.1. Häufigkeit, sowie Mittelwert und Standardabweichung der Lernleistung zu Frage 1, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung.....	44
Tabelle 3.2. Häufigkeit, sowie Mittelwert und Standardabweichung der Transferleistung zu den Fragen 2 bis 5, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung. ....	45
Tabelle 3.3. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für die Lernleistung. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar. ....	46
Tabelle 3.4. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für die Transferleistung. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar. ....	46
Tabelle 3.5. Mittelwerte der einzelnen Transferfragen in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung. ....	48
Tabelle 3.6. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 2. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar. ....	49
Tabelle 3.7. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 3. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar. ....	50
Tabelle 3.8. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 4. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar. ....	50
Tabelle 3.9. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 5. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar. ....	51
Tabelle 3.10. Summe der unerlaubten Tastenbetätigungen, geordnet nach der Frage....	52
Tabelle 3.11. Verweildauer in den entsprechenden Abschnitten des Experiments. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind gerundeten Sekunden. ....	53
Tabelle 3.12. Häufigkeit und Häufigkeit in Prozent bezüglich der Überschreitung der Zeitbegrenzung, in Abhängigkeit von der gestellten Frage. ....	53

## Zusammenfassung

Mit der Cognitive Load Theory und der Cognitive Theory of Multimedia Learning existieren zwei Theorien zum Lernen mit multimedialen Inhalten. Aus beiden Theorien sind viele Effekte entstanden, wobei der split-attention effect sicherlich einer der bekanntesten ist. Dieser Effekt postuliert, dass die Lernergebnisse für den Lernenden umso besser ausfallen je näher Text und Bild beieinander sind. In einer aufwendigen Online-Untersuchung zum meteorologischen Phänomen „Die Entstehung von Blitzen“ wird experimentell der Frage nachgegangen, ob es nicht auch andere Möglichkeiten zur Verbesserung des Lernerfolgs gibt, ohne Text und Bild nahe beieinander zu platzieren.

Mit den neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation bieten sich an dieser Stelle erstmalig Verknüpfungsmöglichkeiten an, besonders mit dem Faktor der Verbundenheit der Elemente und dem Faktor der gemeinsamen Region. Beide Faktoren werden kombiniert mit der räumlich nahen (integriertes Darstellungsformat) oder fernen (separiertes Darstellungsformat) Darstellung von Text und Bild, um so mit alternativen Möglichkeiten den Lernerfolg zu erhöhen. Zu diesem Zweck werden die Daten von 869 Versuchspersonen zur Beantwortung dieser Fragestellung, in Bezug auf die Lern- und Transferleistung, ausgewertet.

Die Hypothese über den Vorteil des integrierten Darstellungsformats kann in dieser Diplomarbeit nicht bestätigt werden, was gegen die Allgemeingültigkeit des split-attention effect spricht. Unterstützend wird die Hypothese verifiziert, dass die verknüpften Darstellungsformate nicht zu schlechteren Lernergebnissen führen, als das integrierte Darstellungsformat. Zusätzlich wird die Hypothese bekräftigt, dass das konstruierte Material passend und die verwendete Animation ohne beschreibenden Text nicht selbsterklärend ist. Als letztes Ergebnis kann sich die Gruppe mit wenig selbsteingeschätztem Vorwissen nicht signifikant vom Rest der Stichprobe unterscheiden, was aber notwendig gewesen wäre zur Bestätigung der Hypothese, dass Novizen mehr kreative Lösungen generieren.

Der negative Aspekt des split-attention effect kann damit auch mit anderen Mitteln umgangen werden, als mit der bisher favorisierten Herangehensweise der hohen räumlichen Nähe von Text und Bild. Der Einfluss und Nutzen der neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation sollte in weiteren Studien zur Cognitive Load Theory untersucht werden.

**Schriftenreihe: Mannheimer sozialwissenschaftliche Abschlussarbeiten****Vorwort**

Die Fakultät für Sozialwissenschaften der Universität Mannheim bildet in den Fächern Politikwissenschaft, Soziologie, Psychologie und Erziehungswissenschaft qualifizierten Forschungs- und Führungsnachwuchs aus. Viele Abschlussarbeiten der Studierenden zeugen von dem hohen wissenschaftlichen Niveau der Mannheimer Ausbildungsinhalte, die insbesondere gekennzeichnet sind von der empirisch-analytischen Ausrichtung unter Betonung quantitativer Methoden.

Die Ergebnisse und Inhalte vieler dieser Arbeiten sind publikationswürdig. Aus diesem Grund bietet die Fakultät für Sozialwissenschaften ihren besten Absolventen die Möglichkeit, ihre Arbeiten einem breiteren Publikum zu präsentieren und hat hierfür diese Schriftenreihe ins Leben gerufen. Diese Schriftenreihe soll dazu beitragen, die wissenschaftlichen Ergebnisse der besten Abschlussarbeiten dem Fachpublikum zugänglich zu machen. Damit sind sie für weitere Untersuchungen verfügbar und können eventuell eine Grundlage für weitere Forschungen bieten.

In dieser Reihe werden nur Abschlussarbeiten veröffentlicht, die von beiden Gutachtern mit „sehr gut“ bewertet und für veröffentlichungswürdig befunden wurden.

Prof. Dr. Josef Brüderl

Dekan der Fakultät für Sozialwissenschaften

# 1. Theorie

## 1.1 Problemstellung

Es existieren zwei populäre Theorien zum Lernen mit multimedialen Inhalten: die Cognitive Load Theory nach Sweller, van Merriënboer und Paas (1998) und die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2005). Beide Theorien sind sich sehr ähnlich, so dass im Folgenden nur die Unterschiede herausgearbeitet werden.

Nach Sweller et al. (1998) wurde die Cognitive Load Theory hauptsächlich entwickelt, um die Präsentation von Informationen in einer solchen Art und Weise zu gestalten, dass ein Lernender immer seine optimale intellektuelle Leistung erreichen sollte. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt Mayer (2005) mit seiner Cognitive Theory of Multimedia Learning. So will Mayer mit seiner Theorie erklären, wie Personen aus Wörtern (in gedruckter Form oder als gesprochener Text) und aus Abbildungen (Illustrationen, Fotos, Diagrammen, Animationen oder Videos) lernen.

Allerdings weisen beide Ansätze theoretische Schwächen auf, wenn sie versuchen mit Effekten umzugehen, welche direkt aus den Theorien entstanden sind. Ein typisches Beispiel ist der split-attention effect, also wenn der Lernende seine Aufmerksamkeit zwischen verschiedenen Quellen aufteilen und dabei gleichzeitig die Inhalte dieser Quellen mental zusammenfügen muss. Sweller et al. (1998, S. 280) erklären die Entstehung des Effekts folgendermaßen: „Of considerable importance, the split-attention effect was obtained only when high element interactivity material was used, providing the first evidence of the importance of intrinsic, as well as extraneous, cognitive load.“ Es werden allerdings mit keinem Wort Beweise angeführt, sondern nur die daraus erfolgten Schlussfolgerungen als faktenbasierte Erkenntnisse ausgegeben. Einfache Erklärungen ohne Beweiskraft finden sich zum Beispiel auch bei Mayer (2001, S. 81): „Students learn better when corresponding words and pictures are presented near rather than far from each other on the page or screen.“

Die vorliegende Diplomarbeit will auf wissenschaftlichem Wege einen Beitrag dazu leisten, die beiden Theorien zum Lernen mit multimedialen Inhalten auf eine wissenschaftlich und empirisch fundierte Basis zu stellen, wobei ein besonderes Augenmerk auf den split-attention effect gelegt wird, also die Abhängigkeit des Lernerfolgs von der räumlichen Nähe von Text und bildhafter Darstellung. Dieser Effekt wird von mir mit den neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation, speziell

dem Faktor der gemeinsamen Region und dem Faktor der Verbundenheit der Elemente nach Palmer (1999), verknüpft. Meine Absicht ist es einerseits anhand kognitionspsychologischer Erweiterungen Möglichkeiten zur Umgehung des negativen Aspekts des split-attention effect darzustellen, andererseits den split-attention effect an sich zu hinterfragen. Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es somit, einen Zusatznutzen für Wissenschaft und Praxis herzustellen, indem weitere Alternativen zur bisherigen Vorgehensweise beim split-attention effect theoretisch dargestellt und empirisch überprüft werden.

## **1.2 Literatur- und Theorieüberblick**

In diesem Kapitel werden die beiden prominentesten Theorien zum Lernen mit multimedialen Inhalten vorgestellt, die Cognitive Load Theory nach Sweller et al. (1988) und die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2005). Später folgt die Beschreibung spezifischer Befunde dieser Theorien, wie zum Beispiel des split-attention effect nach Ayres und Sweller (2005) oder auch des redundancy effect nach Sweller et al. (1988). Den Abschluss bildet der Abschnitt zur Wahrnehmungsorganisation und diversen Objekterkennungstheorien, sowie die Formulierung der Fragestellung und der Hypothesen.

### **1.2.1 Die Cognitive Load Theory**

#### **1.2.1.1 Darstellung der Theorie**

Für Brünken, Plass und Leutner (2004) handelt es sich bei der Cognitive Load Theory um eine Kapazitätstheorie, deren Schwerpunkt bei den Verarbeitungsprozessen des gelernten Materials liegt. Die Cognitive Load Theory basiert nach Sweller et al. (1998) auf drei Annahmen, welche ich im Folgenden kurz benenne:

- Die unbeschränkte Kapazität des Langzeitgedächtnisses nach Baddeley (1997).
- Die Schematheorie zur mentalen Repräsentation von Wissen nach Chi, Glaser und Rees (1982).
- Die beschränkte Verarbeitungskapazität des Gedächtnisses, wie von Miller (1956) festgestellt.

Es existieren nach Sweller (2005) drei unterschiedliche kognitive Belastungen, beziehungsweise „loads“, bei der Beschäftigung mit multimedialen Inhalten: Der intrinsic cognitive load, der extraneous cognitive load und der germane cognitive load. Diese drei loads addieren sich zu einem gesamten cognitive load zusammen. Hierbei ist der extraneous cognitive load diejenige Belastung, welche durch ein unangepasstes Instruktionsdesign entsteht, wie zum Beispiel durch multimediale Elemente, welche die Aufmerksamkeit des Lernenden ablenken.

Sweller (2005) verweist im Zusammenhang mit dem germane cognitive load auf den wichtigen Aspekt, dass das Ziel von Instruktionen das Erlernen von automatisierten Schemata sein sollte. Wenn nun das Instruktionsdesign die Beschränkungen des Arbeitsgedächtnisses nicht beachtet, dann bleibt die Effektivität der Instruktion dem Zufall überlassen und es wird kein Fokus auf die Schemakonstruktion und Schemaautomatisierung gelegt. Erwähnenswert ist hierbei, dass der Begriff „germane cognitive load“ erst 1998 von Sweller et al. eingeführt wird und vorher nur abstrakt von der Konstruktion und Automatisierung von Schemata die Rede war. Die Einführung dieses neuen Konstrukts begründet sich nach Sweller et al. (1998) durch die Notwendigkeit, neu entdeckte Effekte der Cognitive Load Theory zu erklären. Nach Paas und van Merriënboer (1994) wird zum Beispiel durch die Variabilität der Aufgabenstellung die lernförderliche Schemakonstruktion und Schemaautomatisierung erleichtert, was wiederum einen hohen germane cognitive load kennzeichnet und damit zu verbesserten Leistungen bei den gestellten Aufgaben führt.

Der intrinsic cognitive load entsteht wiederum durch die natürliche Komplexität der zu verarbeitenden Informationen. Dabei spielt die Elementinteraktivität eine sehr wichtige Rolle, wobei sich Sweller (2003) auf den gesamten cognitive load bezieht. So gibt es auf der einen Seite Elemente, welche unabhängig voneinander gelernt werden können. Diese können einzeln gelernt und verstanden werden, wobei hier Verständnis als die Fähigkeit definiert wird, alle Elemente, welche notwendigerweise miteinander

zusammenhängen, gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis verarbeiten zu können. Das Erlernen von Material, welches aus solchen Elementen besteht, verursacht nur einen geringen cognitive load. Sweller (2003) spricht hierbei von low element interactivity material. Das Erlernen des Vokabulars einer Fremdsprache wäre hierfür ein konkretes Beispiel, da zum Beispiel die Anzahl der Vokabeln vielleicht sehr groß sein mag, das Verständnis aber trotzdem nicht darunter leidet, da Vokabeln einzeln und hintereinander gelernt werden können.

Auf der anderen Seite gibt es Elemente, welche stark miteinander zusammenhängen, es existiert damit eine sehr hohe Elementinteraktivität. Hierbei entsteht ein hoher cognitive load, da die Informationen gleichzeitig verarbeitet werden müssen, um so ein hohes Verständnis beim Lernenden zu erreichen. Werden die Informationen nur hintereinander gelernt und verarbeitet, dann wird zwar auswendig gelernt, aber es werden so keinerlei Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Elementen hergestellt. Der gesamte cognitive load sinkt dadurch, aber es findet nach Sweller (2003) kein Verständnis statt, und er bezeichnet solch komplexes Material als high element interactivity material. Ein Beispiel dafür wäre die Syntax einer Fremdsprache, da hier alles gleichzeitig verarbeitet werden muss, um das Material zu verstehen. Findet keine gleichzeitige Verarbeitung statt, dann wird auswendig gelernt. Einfacher ausgedrückt: Beim Verständnislernen ist der gesamte cognitive load hoch, bei reinem Auswendiglernen ist er niedrig. Verständnis für gelerntes Material entsteht nach Sweller et al. (1998) nur bei hoher Elementinteraktivität, wobei das Vorwissen des Lernenden einen entscheidenden Einfluss darauf hat. Je mehr passendes Vorwissen eine Person besitzt, desto niedriger kann ein möglicher intrinsic cognitive load werden.

Die drei unterschiedlichen loads addieren sich, wie bereits erwähnt, nach Sweller (2005) zusammen, wobei das Ziel der Instruktion sein sollte, den extraneous cognitive load zu verringern. Falls dies erreicht wird, könnte der lernförderliche germane cognitive load zum Tragen kommen. Ein hoher germane cognitive load kann bei gleichzeitigem hohem extraneous cognitive load noch akzeptabel sein, nämlich dann, wenn der intrinsic cognitive load niedrig ist und somit die Gesamtbelastung auf einem verhältnismäßig niedrigen Niveau liegt. Das Instruktionsdesign ist erst dann relevant, wenn komplexes Material gelernt werden muss, was einem hohen intrinsic cognitive load entspricht, und gleichzeitig ein hoher extraneous load durch ein schlechtes Instruktionsdesign zu einer Überschreitung der Arbeitsgedächtnisressourcen führt.

Schemata, welche im Langzeitgedächtnis gespeichert sind, ermöglichen es nach Sweller (2003), Material mit hoher Elementinteraktivität im Arbeitsgedächtnis zu verarbeiten und zwar so, als ob das Material nur aus einem einzigen Element bestünde. Die Benutzung und Förderung von Schemata wird als Königsweg beim Verständnislernen angesehen. Die interagierenden Elemente sind im Schema integriert, welches als eine Art zentrale Exekutive fungieren kann, um diese interagierenden Elemente zu koordinieren. Aber erst durch automatisierte Schemata wird es dem beschränkten Arbeitsgedächtnis ermöglicht, die Belastung zu senken und so mehr Informationen zu verarbeiten. Dies ist allerdings erst machbar, wenn durch vorheriges Lernen bereits automatisierte Schemata im Langzeitgedächtnis entstanden sind. Dies haben bereits Kotovsky, Hayes und Simon (1985) in ihren Experimenten eindrucksvoll gezeigt, in denen Versuchspersonen ohne entsprechende Schemata, bis zu sechzehnfach mehr Zeit für die gestellten Aufgaben benötigt haben. Sweller (2003) schlussfolgert daher, dass alles, was gelernt werden kann, durch Übung auch entsprechend automatisiert werden kann. Durch Übung wird immer weniger bewusste Anstrengung für die Informationsverarbeitung notwendig, zum Beispiel für das Wörter- und Satzverständnis im Alltag, womit auch entsprechend die Arbeitsgedächtnisbelastung abnimmt. Somit werden die beiden Funktionen von Schemata nach Sweller et al. (1998) deutlich: Speicherung und Organisation von Wissen im Langzeitgedächtnis, sowie die Reduktion der Arbeitsgedächtnisbelastung.

Dem Langzeitgedächtnis kommt an dieser Stelle eine besondere Rolle zu: Ericsson und Kintsch (1995) weisen nach, dass gut gelerntes Material im Langzeitgedächtnis keinen Beschränkungen bei der Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis unterliegt. Dagegen können bei neu gelerntem Material die limitierte Kapazität und Dauer der Speicherung als Beschränkung auftreten.

### **1.2.1.2 Kritik an der Cognitive Load Theory**

Horz (2004) nennt den wichtigsten Kritikpunkt an der Cognitive Load Theory, nämlich die Messung der einzelnen loads. Chandler und Sweller (1991) können die Theorie zwar in sechs beachtenswerten Experimenten aus verschiedenen Bereichen, wie zum Beispiel der Biologie, erfolgreich testen. Jedoch wurde bereits zu diesem Zeitpunkt methodische Kritik an der Theorie laut, wie beispielsweise von Dixon (1991). Noch kritischer ist Goldman (1991), welche nicht nur die Methoden kritisiert, sondern auch

den Sinn der Theorie als Lerntheorie hinterfragt. Sweller und Chandler (1991) können zwar einerseits in ihren Erwiderungen den Großteil der Kritik widerlegen, andererseits bleibt die Nichtquantifizierbarkeit der einzelnen loads immer noch ein unlösbares Problem für die Theorie. Auch der Versuch von Paas, Merriënboer und Adam (1994) gelingt nicht, individuelle loads zu messen. Die Autoren präsentieren nur eine generelle Maßangabe, nämlich die aufgewendete mentale Anstrengung, den sogenannten mental effort, welche aber nur indirekt als Einheit für den cognitive load zu gebrauchen ist. Brünken, Plaas und Leutner (2003) betrachten die kognitive Belastung als Ganzes und können für diesen Ansatz erfolgreiche Messmethoden vorstellen, nämlich zum Beispiel ein direktes und objektives Verfahren wie den dual-task Ansatz, welcher kostengünstig und einfach umzusetzen ist. Die Nichterfassung von Vorwissen oder motivationalen Komponenten kann allerdings zu Verfälschungen bei den Lernergebnissen führen, was zum Beispiel bereits von Reed, Burton und Kelly (1985) festgestellt wird.

Schließlich bieten Paas, Tuovinen, Tabbers und Gerven (2003) Erklärungsmöglichkeiten an, wie die loads einzeln gemessen werden können. Gleichzeitig sehen sich aber die Autoren weder in der Lage ihre Erklärungen in der Praxis umzusetzen, noch wirklich Wege für eine praktikable Durchführung in der Zukunft aufzuzeigen. Erst wenn analytisch die interaktiven Elemente einer Aufgabe und gleichzeitig die Aufgabenmerkmale gefunden sind, welche die Konstruktion und Automatisierung von Schemata unterstützen oder behindern, dann erst wird es nach Paas et al. (2003) möglich sein, die einzelnen loads messbar zu machen. Sie begnügen sich daher in ihrer Studie damit eine Gesamtbelastung, den sogenannten overall load, zu messen. Zusätzlich geben sie die Empfehlung ab, Trainings zukünftig an das Vorwissen und die individuellen Eigenheiten des Lerners anzupassen.

Damit wird eine sehr interessante Möglichkeit angesprochen: Multimediale Lernprogramme, welche sich adaptiv an den Lernenden anpassen und somit kostengünstige und schnelle Lernerfolge erwarten lassen. Van Merriënboer und Sweller (2005) versprechen sich davon viel für die zukünftige Entwicklung der Cognitive Load Theory. Camp, Paas, Rikers und Merriënboer (2001) stellen dabei fest, dass dynamische Aufgabenstellungen zu einer höheren Effizienz bei der Übung führen. Der Grund dafür liegt in der höheren Variabilität der Aufgaben. Es werden jedem Lerner individuell genau diejenigen Aufgaben gestellt, welche er am Besten lösen kann, um so den größtmöglichen Lernfortschritt zu gewährleisten. Salden, Paas, Broers und van Merriënboer (2004) versuchen die Ergebnisse von Camp et al. (2001) zu replizieren. Aufgrund von Ände-

rungen im Algorithmus der Auswahlformel können nicht alle Hypothesen signifikant bestätigt werden, trotzdem wird eine positive Ergebnistendenz für die adaptiven Aufgaben festgestellt.

## **1.2.2 Die Cognitive Theory of Multimedia Learning**

### **1.2.2.1 Darstellung der Theorie**

Neben der bereits vorgestellten Cognitive Load Theory, handelt es sich bei der Cognitive Theory of Multimedia Learning um die zweite prominente Lerntheorie im Multimediabereich. Das primäre Ziel dieser Theorie ist nach Mayer und Moreno (2003) die Förderung des bedeutungsvollen Lernens, um so das Lösen von Transferaufgaben zu ermöglichen. Dabei versuchen Mayer et al. (2003) der kognitiven Überlastung mit aus ihrer Theorie abgeleiteten Prinzipien entgegenzuwirken. Zusätzlich versucht Mayer (2005) mit seiner Theorie zu erklären, wie Personen aus Text und Bildern lernen, wobei er sich primär auf Erkenntnisse und Theorien aus der Kognitionspsychologie stützt.

Die Theorie basiert auf drei Annahmen aus der Kognitionsforschung:

- Die Existenz von zwei Verarbeitungskanälen nach Paivio (1986), welche separat zuständig sind für visuelles und verbales Material.
- Eine limitierte Verarbeitungskapazität im Arbeitsgedächtnis nach Baddeley (1997), womit nur einige Elemente gleichzeitig verarbeitet werden können.
- Die generative Verarbeitung nach Wittrock (1989), also das bedeutungsvolle Lernen, welches dann entsteht, wenn der Lerner geeignete kognitive Prozesse benutzt. Solche geeignete Prozesse sind die Auswahl relevanter Informationen, die mentale Organisation dieser ausgewählten Informationen in kohärente bildhafte und verbale Modelle, sowie die gegenseitige Integration dieser Modelle mit sich selbst und eventuell vorhandenem Vorwissen.

Die Zwei-Kanal-Annahme stützt sich auf die Theorie der dualen Kodierung von Paivio (1986), wobei er davon ausgeht, dass Menschen zwei getrennte informationsverarbeitende Kanäle für visuell und auditiv präsentiertes Material besitzen. Mayer (2005) sieht dies ähnlich und benutzt für seine Theorie einen auditiv/verbalen

und einen visuell/bildhaften Kanal. Informationen, welche von den Augen aufgenommen werden, werden im visuellen Kanal verarbeitet. Informationen, welche im Ohr ankommen, werden im auditiven Kanal verarbeitet. Dadurch werden die Theorien von Paivio (1986) und Baddeley (1997) vermischt. Paivio fragt eher nach dem Präsentationsmodus, Baddeley hingegen nach der sensorischen Modalität. So wird zum Beispiel Text auf dem Computerbildschirm von Paivio im verbalen Kanal verarbeitet, bei Baddeley dagegen im visuellen Kanal. Dafür findet die Verarbeitung von Hintergrundmusik in einem Lernprogramm bei Baddeley im auditiven Kanal, bei Paivio hingegen im nonverbalen beziehungsweise bildhaften Kanal statt.

Mayer (2005) geht mit seiner Theorie einen Kompromiss ein und wählt den Ansatz der sensorischen Modalität für visuell und auditiv präsentiertes Material. Dagegen wird der Präsentationsmodus verwendet, um zwischen der Konstruktion von bildhaft basierten und verbal basierten Modellen zu unterscheiden. Wichtig zu erwähnen sind noch die gekreuzten Kanalrepräsentationen in der Theorie von Paivio (1986). So kann das Hören des Wortes „Wolke“ zwar zu einer Verarbeitung im auditiven Kanal führen, die Bildung eines mentalen Bildes findet aber zusätzlich im visuellen Kanal statt. Die Theorie von Paivio (1986) findet eine gute Unterstützung in der Wissenschaft. Exemplarisch ist die Arbeit von Jakovidou (2004) genannt, welche die Annahmen von Paivio (1986) empirisch unterstützt. So produzierten im Experiment von Jakovidou (2004) die Versuchspersonen signifikant mehr nonverbale bildhafte Assoziationen, wenn ihnen ein realer Apfel gezeigt wurde. Hatten die Versuchspersonen hingegen nur das Wort „Apfel“ gesehen, dann produzierten sie mehr verbale Assoziationen.

Die zweite Annahme über die begrenzten Kapazitäten bei der Informationsverarbeitung wurde bereits sehr früh von Miller (1956) erforscht und führte zur Feststellung, dass sich Menschen etwa sieben „Sinneinheiten“ (chunks) gleichzeitig merken können. Baddeley (1997) hat danach diese Annahme weiter ausgeführt und so zum Beispiel in seinem Arbeitsgedächtnis-Modell die phonologische Schleife entwickelt. Baddeley (1997) berichtet so zum Beispiel, dass Versuchspersonen sich eine bestimmte Anzahl von Wörtern immer schwieriger merken können, wenn gleichzeitig die Anzahl der Silben dieser Wörter kontinuierlich ansteigt, was für die Beschränktheit der Ressourcen im Arbeitsgedächtnis spricht.

Die dritte Annahme nach Mayer (2001) bezieht sich auf die aktive Verarbeitung. Es wird angenommen, dass Menschen aktiv kognitive Prozesse anregen, um kohärente mentale Repräsentationen ihrer Erfahrungen zu generieren. Wittrock (1989) zufolge

wird dies erreicht durch einen Aufmerksamkeitsprozess, einem Prozess welcher Informationen organisiert und einem weiteren Prozess, der diese Informationen mit eventuell vorhandenem Wissen integriert. Die ersten beiden Prozesse finden im Arbeitsgedächtnis statt, der letztgenannte Prozess benötigt das Langzeitgedächtnis um die Informationen im Arbeitsgedächtnis zu verarbeiten.

Mayer und Moreno (2003) unterscheiden, analog zur Cognitive Load Theory von Sweller et al. (1998), zwischen drei Belastungen:

- Essential processing, dessen Merkmal die aktive Verarbeitung anhand der bereits fünf genannten Prozesse ist und das am ehesten dem germane cognitive load aus der Cognitive Load Theory ähnelt.
- Incidental processing entspricht den vom extraneous cognitive load repräsentierten unwichtigen Aspekten des präsentierten Materials, wie zum Beispiel Hintergrundmusik.
- Representational holding, was dem intrinsic cognitive load entspricht und beim Halten der verbalen und visuellen Informationen im Arbeitsgedächtnis auftritt.

Für Mayer (2005) liegt die Hauptherausforderung beim Instruktionsdesign, um das zu lernende Material so zu präsentieren, dass generative Verarbeitung gefördert wird, ohne dabei die Kapazitäten des Informationsverarbeitungssystems des Lerners zu überlasten.

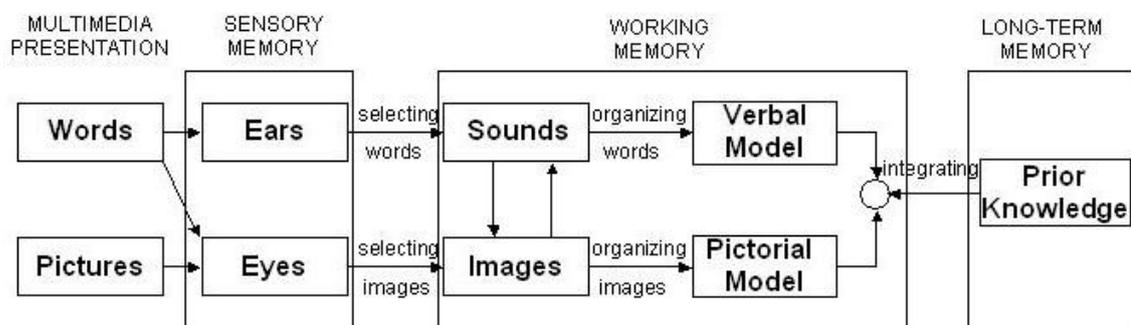


Abbildung 1.1. Modellhafte Darstellung der Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer und Moreno (2003).

Abbildung 1.1 stellt modellhaft die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer und Moreno (2003) dar. In der Abbildung repräsentiert die linke Seite vom Arbeitsgedächtnis (working memory) die ankommenden Informationen, die rechte Seite stellt das konstruierte Wissen dar. Ganz rechts in der Abbildung befindet sich das Langzeitgedächtnis (long term memory), welches eine immens große Menge an Wissen über einen langen Zeitraum speichern kann. Um auf dieses Wissen zuzugreifen, muss es allerdings erst ins Arbeitsgedächtnis gebracht werden. So sind Menschen nach Mayer (2005) aktive Bearbeiter, welche versuchen aus multimedialen Präsentationen, also dem zu lernenden Stoff, einen Sinn zu erkennen.

Die dargestellten drei kognitiven Prozesse gehen nach Mayer (2005) in den bereits vorher kurz erwähnten Prozessen auf. Es handelt sich dabei um:

- Die Auswahl relevanter Wörter zur Verarbeitung im verbalen Arbeitsgedächtnis.
- Die Auswahl relevanter Abbildungen zur Verarbeitung im visuellen Arbeitsgedächtnis.
- Die Organisation der ausgewählten Wörter in ein verbales Modell.
- Die Organisation der ausgewählten Abbildungen in ein bildhaftes Modell.
- Die Integration der verbalen und bildhaften Repräsentationen untereinander und zusätzlich mit dem vorhandenen Wissen.

Diese fünf Prozesse müssen zwar nicht hintereinander ablaufen, für ein erfolgreiches Lernen mit multimedialen Inhalten muss der Lernende trotzdem alle fünf Prozesse koordinieren. Mayer (2005) erläutert diese Prozesse genauer, es werden hier nur die Kerngedanken wiedergegeben. Die Entscheidung für die Auswahl bestimmter relevanter Wörter und Abbildungen begründet sich dadurch, dass es Kapazitätsbeschränkungen in jedem Kanal gibt, beziehungsweise dass Verarbeitungsbeschränkungen im kognitiven System existieren. Deswegen wird nur ein Teil der präsentierten Informationen ausgewählt. Für die Organisation der ausgewählten Wörter bildet der Lernende eine kohärente Repräsentation ab, eine Wissensstruktur beziehungsweise ein verbales Modell. Danach werden Verbindungen innerhalb von Teilen des verbalen Wissens gebildet, wobei dieser Prozess höchstwahrscheinlich im auditiven Kanal stattfindet und den gleichen Kapazitätsbeschränkungen unterliegt, welche auch den Auswahlprozess beeinflussen. Bei der Organisation der ausgewählten

Abbildungen wird ähnlich verfahren, nur wird nun ein bildhaftes Model konstruiert. Schlussendlich wird aus den separaten Repräsentationen, welche als verbales und bildhaftes Modell vorliegen, eine einzige Repräsentation gebildet. Zusätzlich werden Verbindungen zum vorhandenen Wissen hergestellt. Dieser Prozess ist besonders fordernd und benötigt die effiziente Nutzung der kognitiven Kapazitäten. Zusammenfassend handelt es sich hier um die Repräsentation von Wissen aus dem Langzeitgedächtnis, welche Sweller (2005) als Schema bezeichnet.

Neben den Theorien von Paivio (1986) und Baddeley (1997), bedient sich die Cognitive Theory of Multimedia Learning des Mehrspeichermodells von Atkinson und Shiffrin (1968), was anhand der Fließstruktur der Informationen auch aus Abbildung 1.1 ersichtlich ist. Damit wird nach Brünken et al. (2004) auch der Unterschied zur Cognitive Load Theory deutlich: Bei der Cognitive Theory of Multimedia Learning handelt es sich um eine Repräsentativitätstheorie, welche den Fokus auf die mentalen Repräsentationen legt. Mayer (2005) hingegen sieht die Nichtberücksichtigung der fünf Informationsprozesse als den einzigen Unterschied zur Cognitive Load Theory an.

Mayer (2005) entwickelt die Theorie seit 15 Jahren weiter. In der Zwischenzeit hatte sie viele unterschiedliche Namen, welche hier kurz aufgezählt werden: „model of meaningful learning“, „cognitive conditions for effective illustrations“, „dual-coding model“, „dual-processing model of multimedia learning“, „generative theory“ und „generative theory of multimedia learning“. Diese Namensvielfalt soll aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass Mayer (2005) seine Theorie so gestaltet, dass er sie für testbar, empirisch plausibel und anwendbar hält. Sie ist damit konsistent mit kognitionswissenschaftlichen Lernprinzipien, macht Vorhersagen, welche überprüfbar sind, entspricht empirischen Ergebnissen aus der Forschung zum Multimedialernen und die Theorie ist relevant für die Verbesserung von Instruktionsdesigns im Multimedialbereich. Trotzdem musste die Theorie in den vergangenen Jahren einige Ergebnisse und Annahmen revidieren, welche im folgenden Kapitel kurz genannt werden.

### 1.2.2.2 Kritik an der Cognitive Theory of Multimedia Learning

So wurde von Mayer et al. (2003) eine Individualisierung des Lernmaterials mit der Begründung gefordert, dass Lernende mit unterschiedlichem räumlichen Vorstellungsvermögen in unterschiedlicher Art und Weise von den verwendeten Instruktionsdesigns profitieren. Mayer und Sims (1994) führten den Befund an, dass Personen mit hohem räumlichem Vorstellungsvermögen mehr von multimedialem Unterricht profitieren, als Personen ohne hohes räumliches Vorstellungsvermögen. In einem Interview mit Veronikas und Shaughnessy (2005) wird diese Behauptung von Mayer als falsch zugegeben. Sims und Mayer (2002) weisen nach, dass der Vorteil im räumlichen Vorstellungsvermögen nur bereichsspezifisch ist und nicht generalisiert werden kann. Im Experiment von Sims et al. (2002) wurden Versuchspersonen durch das Spielen des Computerspiels „Tetris“ im räumlichen Vorstellungsvermögen trainiert. Im Nachtest konnten die Versuchspersonen dann zwar Figuren, welche den Elementen im Spiel „Tetris“ ähnelten einfacher rotieren, bei anderen Figuren waren die trainierten Versuchspersonen allerdings nur genauso gut wie die Kontrollgruppe.

Eine weitere Schlussfolgerung von Mayer (1997) lautet, dass Lerner mit geringem Vorwissen mehr aus der Umgehung der negativen Aspekte des split-attention effect profitieren, als Lerner mit mehr Vorwissen, da den unerfahrenen Lernern das entsprechende mentale Modell nach Johnson-Laird (1989) bisher fehlt. Mayer und Gallini (1990), sowie Mayer et al. (1995) weisen diese Schlussfolgerung dadurch nach, dass Lerner ohne Vorwissen mehr kreative Lösungen generieren, wenn die zu lernenden Informationen in einer integrierten statt einer separierten Darstellungsform präsentiert wird. Ich sehe hier das dritte Experiment von Mayer et al. (1990), welches sich mit der Funktionsweise von elektrischen Generatoren beschäftigte, als besonders kritisch an, da Lernende mit Vorwissen sehr wohl aus komplexen und längeren Texten weitere Vorteile erzielen können, unabhängig von der vorgegebenen Darstellungsform. Die in den Artikeln angegebenen Schlussfolgerungen sind daher kritisch zu betrachten. Eine mögliche Erklärung für die hohen Ergebnisse sind möglicherweise Deckeneffekte. Eventuell wird auch ein expertise reversal Effekt repliziert, wie er von Kalyuga, Ayres, Chandler und Sweller (2003) beschrieben wird.

Die gerade kurz angerissenen Effekte werden in den folgenden Kapiteln genauer dargestellt. Der Schwerpunkt wird auf den split-attention effect gelegt, während der redundancy effect und der expertise reversal effect zusätzlich kurz erläutert werden.

### 1.2.3 Der split-attention effect und weitere Effekte

Mehrere Effekte werden durch die Cognitive Load Theory erklärt, wie zum Beispiel der split-attention effect, der den Schwerpunkt dieser Diplomarbeit bildet, und nach Sweller et al. (1998) nur bei hoher Elementinteraktivität auftritt. Ayres et al. (2005) definieren dabei split-attention dann als gegeben, wenn der Lernende seine Aufmerksamkeit zwischen verschiedenen Quellen aufteilen und dabei gleichzeitig die Inhalte dieser Quellen mental zusammenfügen muss. Als Quellen kann man zum Beispiel einen Text und die gleichzeitige Darstellung einer Abbildung auf dem Computerbildschirm verstehen. Diese Quellen müssen sinnvolle Informationen enthalten, welche notwendig sind für den Lernenden, damit er das zu lernende Material versteht. Beim split-attention effect wird die kognitive Belastung erhöht, speziell der extraneous cognitive load. Die Lösung des Problems liegt nun nach Ayres et al. (2005) darin, die Lerninhalte in einem integrierten Darbietungsformat zu präsentieren, womit das sogenannte split-attention-principle erreicht wird, was wieder nur ein anderer Name für den split-attention effect ist.

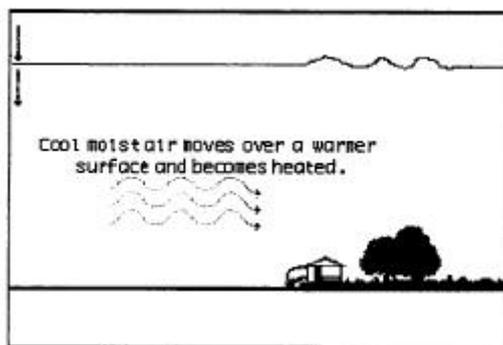
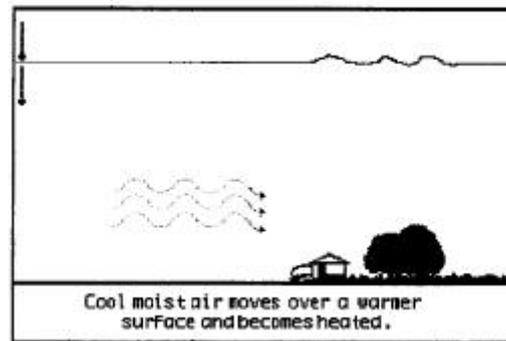


Abbildung 1.2. Integrierte Version des Materials bei Experiment 1 von Moreno und Mayer (1999).

Abbildung 1.2 veranschaulicht das Material zu einem häufig benutzten Experiment zur Cognitive Theory of Multimedia Learning von Moreno und Mayer (1999). Das Bild zeigt dabei das integrierte Darbietungsformat an. Der passende Text wird räumlich nah an die entsprechende Stelle in der bildhaften Darstellung platziert.



**Abbildung 1.3. Separierte Version des Materials bei Experiment 1 von Moreno und Mayer (1999).**

In Abbildung 1.3 wird die separierte Darstellungsform dargestellt, der erklärende Text befindet sich am unteren Bildschirmrand. Dieses Experiment wird als Referenzbeispiel von Mayer et al. (2003) für den spatial contiguity effect herangezogen, welcher bei Sweller et al. (1998) als split-attention effect bekannt ist. Bei diesem Effekt handelt es sich nach Mayer et al. (2003) um einen Mechanismus, um eine kognitive Überlastung des Lernenden zu verhindern. Nach Mayer et al. (2003) wird ein besserer Lerntransfer durch den sogenannten Kontiguitätseffekt erreicht, also der Verbindung von passenden Abbildungen mit dem dargestellten Text. Diese Technik nennen Mayer et al. (2003) auch „aligning“.

Moreno und Mayer (1999) unterteilen den split-attention effect in den spatial contiguity effect, welcher dem split-attention effect in der Cognitive Load Theory entspricht, und den temporal contiguity effect, was die asynchrone Darbietung von verbalem und nonverbalem Material darstellt. Die beiden Autoren haben auch das wahrscheinlich bedeutendste und wohl auch das am häufigsten zitierte Experiment zum split-attention effect durchgeführt, nämlich das Experiment 1 von Moreno et al. (1999). Dieses Experiment, welches auch die Basis dieser Diplomarbeit ist, hatte in drei Versuchsbedingungen insgesamt 142 Versuchspersonen, wovon allerdings zehn Versuchspersonen wegen eines zu hohen Vorwissens ausgeschlossen wurden. Im Experiment selbst wurde eine Animation zur Entstehung von Blitzen verwendet, welche ich ebenfalls als Grundlage verwende, und es wurde die räumliche Nähe zwischen Text und Bild manipuliert. Das Ergebnis erbrachte einen hohen Effekt für das integrierte Darstellungsformat, also der räumlichen Nähe von Text und Bild. Die fünf verwendeten Fragen in Experiment 1 von Moreno et al. (1999) zur Messung der Lern- und Transferleistung habe ich übernommen und übersetzt. Genauere Angaben zum Untersuchungsmaterial finden sich in Kapitel 2.2.

Der split-attention effect tritt nur auf, wenn für das Verständnis multiple Informationsquellen notwendig sind und diese nicht einzeln verstanden werden können. Sollten die einzelnen Quellen die gleichen Informationen darstellen, so sind sie unnötig und es entsteht der sogenannte „redundancy effect“, wie von Sweller et al. (1998) beschrieben, also dass die Lernleistung ausgehend vom benutzten Lernmaterial mit weniger Informationen besser ist, als die Leistung mit dem Material ohne entfernte Informationen. Zusätzlich müssen alle Quellen physisch gesehen separat sein. Unter separat versteht man hierbei, dass der Lernende räumlich suchen muss, um an die relevanten Informationen zu kommen und so der extraneous cognitive load erhöht wird. So stellen bereits Sweller et al. (1998) fest, dass selbsterklärende Diagramme ohne zusätzliche Erläuterung einfacher zu bewältigen sind.

Trotz des robusten Effekts muss nach Ayres et al. (2005) bei der physischen Integration von unterschiedlichen Informationsquellen sorgfältig aufgepasst werden. Ein einfaches Hinzufügen von Text zu einem Diagramm ist nicht der Sinn des split-attention-principle. Um den Effekt erfolgreich replizieren zu können, müssen die Quellen unterschiedliche Informationen beinhalten, das zu lernende Material muss eine hohe Elementinteraktivität besitzen und es muss das Vorwissen des Lernenden in Betracht gezogen werden. In ungünstigen Fällen könnte bei einer Missachtung dieser Regeln zum Beispiel ein expertise reversal effect auftreten, welcher nach Kalyuga et al. (2003) bei Versuchspersonen mit hohem Vorwissen replizierbar ist. Wenn nämlich Experten zu ihrem Gebiet zusätzliche Instruktionshilfen bekommen und diesen nicht ausweichen können, dann sind diese Informationen hinderlich für die Experten und nur die Novizen können davon profitieren. Die Instruktion überlappt sich nach Kalyuga et al. (2003) mit dem lernförderlichen Schema und hat negative Konsequenzen für die Experten.

Bemerkenswert ist an dieser Feststellung, dass Mayer (1989) bereits zu ähnlichen Schlussfolgerungen gekommen ist. So sind ein erklärender Text, Personen mit niedrigem Vorwissen, hilfreiche Illustrationen und änderungssensitive Aufgabenstellungen zum Abruf des gelernten Materials notwendig, um den Vorteil von Abbildungen zu einem Text zu belegen. Die besten Ergebnisse können dabei Abbildungen erzielen, welche gleichzeitig an den entsprechenden lernkritischen Stellen beschriftet sind. Ohne entsprechende Abbildungen waren bei Mayer (1989) die Leistungen im Problemlösetransfer um 24 % schlechter. Mayer, Steinhoff, Bower und Mars (1995) fassen zusammen, dass Abbildungen dann am effektivsten sind, wenn der

Text erklärt, wie ein bestimmtes System funktioniert und die passenden Abbildungen aus einer Serie von Bildern bestehen, welche Veränderungen in bestimmten Teilen des Systems darstellen. Zusätzlich sollten die Abbildungen mit dem Text abgestimmt sein.

Allerdings muss an dieser Stelle noch ein grundlegendes Problem bei der Erforschung des split-attention effect angesprochen werden. Ginns (2006) bemängelt in seiner Metaanalyse die niedrige Stichprobengröße vieler Studien. So bestätigen zum Beispiel Kalyuga, Chandler und Sweller (1998) in ihren Experimenten zum leichteren Verstehen von elektronischen Schaltungen, den split-attention effect mit einem hohen Effekt, haben aber für ihre Experimente nur eine einstellige Anzahl an Versuchspersonen für die jeweiligen Versuchsbedingungen verwendet. Ginns (2006) macht noch auf einen weiteren Punkt aufmerksam: Während die Experimente mit den stärksten Effekten zum split-attention effect teilweise noch vom Anfang der 90er Jahre stammen und zusätzlich jeweils eine sehr niedrige Versuchspersonenanzahl aufgewiesen haben, so ist es bei aktuelleren Studien mit einer höheren Versuchspersonenanzahl kaum noch möglich, auch nur mittelstarke Effekte zu finden.

Es existieren auch Studien, die versucht haben den split-attention effect mit neuem Material zu replizieren, dies aber nicht geschafft haben. Beispielsweise können Michas und Berry (2000) in ihrem Experiment 3 zum Erlernen von Erste-Hilfe-Maßnahmen, keinen statistisch signifikanten Vorteil in der räumlichen Nähe zwischen Text und Zeichnung finden. Michas et al. (2000) schlussfolgern daraus, dass der split-attention effect bei der Anwendung von prozeduralem Wissen nicht auftritt. Damit folgen sie der Argumentation von Mayer et al. (1995), wonach bei alternativem Lernmaterial der Nachweis für den split-attention effect durchaus negativ ausfallen kann. Auch die Ergebnisse von Bodemer, Plötzner, Feuerlein und Spada (2004) sprechen gegen eine Verallgemeinerung des split-attention effect. So ist in ihrem Experiment 2 zur Funktionsweise von Luftpumpen der gefundene Effekt niedrig, obwohl es sich um Lernmaterial mit hoher Elementinteraktivität handelt.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass nach Mayer et al. (1994) die negativen Aspekte des split-attention effect beim Lernenden die Bildung eines mentalen Modells zum gelernten Sachverhalt erschwert. Die separierten Informationsquellen sind für den Lerner wahrnehmbar getrennt und behindern so den Lernerfolg. Sind jedoch die relevanten Informationsquellen nah beieinander, so soll der Lernerfolg steigen. Diese Wahrnehmung von separierten und integrierten Darstellungsformaten muss allerdings

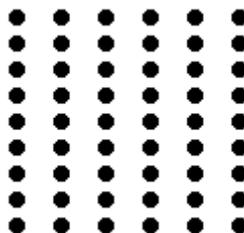
nicht zwangsläufig immer so aufgefasst werden. Im folgenden Kapitel werden Objekterkennungstheorien und Theorien der Wahrnehmungsorganisation vorgestellt, welche eine Möglichkeit darstellen können, den split-attention effect in seiner bisher bekannten Form abzuschwächen oder vollständig zu eliminieren.

#### **1.2.4 Wahrnehmungsorganisation und Objekterkennungstheorien**

Bisher liegt das Augenmerk dieser Diplomarbeit in der Darstellung der Cognitive Load Theory und der Cognitive Theory of Multimedia Learning. Der zweite wesentliche Aspekt der Diplomarbeit beinhaltet nun die kognitive Erweiterung dieser Theorien. Zu diesem Zweck wird zuerst ein Überblick über ältere Theorien zur Wahrnehmungsorganisation gegeben. Anschließend werden neuere Faktoren der Wahrnehmungsorganisation vorgestellt, sowie alternative Objekterkennungstheorien skizziert. Zum Abschluss werden die behandelten Konstrukte, inklusive den Theorien zum multimedialen Lernen nochmals zusammenfassend dargestellt und in einen Gesamtzusammenhang gebracht.

##### **1.2.4.1 Ältere Faktoren der Wahrnehmungsorganisation**

Wertheimer (1923) ebnet durch seine Gestaltfaktoren, beziehungsweise Gestaltgesetze, den Weg für die Objekterkennungstheorien. Dabei hat Wertheimer (1921) schon kurze Zeit zuvor auf die Bedeutung der top-down Prozesse hingewiesen und erklärt, dass die menschliche Wahrnehmung mehr ist als nur ein bottom-up determinierter Prozess. Der Faktor der Prägnanz ist für ihn dabei der wichtigste Faktor, welchen er auch Faktor der Einfachheit nennt. Zusätzlich führt er den Faktor der Ähnlichkeit, den Faktor der fortgesetzt durchgehenden Linie, den Faktor der Nähe, den Faktor des gemeinsamen Schicksals, sowie den Faktor der Vertrautheit an. Goldstein (2002) zeigt in Abbildung 1.4 ein Beispiel für den Faktor der Nähe, wobei die dargestellten Punkte eher als vertikal verlaufende Zeilen aufgefasst werden.



**Abbildung 1.4.** Ein Beispiel für den Faktor der Nähe nach Goldstein (2002). Die Punkte werden eher als vertikal verlaufende Zeilen aufgefasst.

#### 1.2.4.2 Kritik an den älteren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation

Die von Wertheimer eingeführten Gestaltgesetze werden heute zum Beispiel von Palmer (1999) eher als Gestaltprinzipien verstanden, da sie für Gesetze zu schwach sind. Zusätzlich mangelt es diesen Prinzipien an objektiven und spezifischen Definitionen. So schreibt Metzger (1975, S.70-71) zum Gesetz der guten Gestalt: „Wenn die Reizverteilung ... eine Gliederung in einfache, „ordentliche“, nach einer einheitlichen Regel aufgebaute Teil-Gestalten zulässt, so setzen sich diese „guten“ oder „ausgezeichneten“ Gestalten durch.“ Weiterhin schreibt Metzger (1975, S. 74-75): „Es schließt sich das zusammen, was seiner Natur nach „zusammengehört“; und zusammen gehört, was zusammen-„paßt“, das heißt was gemeinsam ein wohl-geordnetes, einheitlich aufgebautes Gebilde ergibt.“ Zusätzlich beschreibt Metzger (1975, S. 78): „Viele einheitliche Ganze bestehen aus lauter gleichen Teilen; aber auch das muß nicht so sein.“

Zusammenfassend erklärt Metzger (1975, S. 78-79): „Überhaupt darf man sich von dem Begriff der „guten Gestalt“ keine zu enge Vorstellung machen. Es gehören dazu zwar so schlichte Formen wie ein gerader Strich, ein Kreis oder ein Quadrat, für die man gleich ein geometrisches oder algebraisches Aufbaugesetz bei der Hand hat, das durch seine Einfachheit auffällt. Aber ebensogut gehören dazu auch unzählige nicht so leicht berechenbare Formen, nämlich alle diejenigen, von denen man den Eindruck hat: Das ist „aus einem Guß“.“

Diese Beispiele machen deutlich, dass die Gestaltpsychologen um Wertheimer und Metzger auf wichtige kognitive Basisleistungen der Wahrnehmung hinweisen, dass es ihnen aber nicht gelingt, die Gestaltprinzipien objektiv und präzise zu definieren. Das in den Zitaten von Metzger beschriebene Prinzip der guten Gestalt ist hierfür ein herausragendes Beispiel. Wenn man nicht schon vorher weiß, was Prägnanz oder gute Gestalt

bedeutet, so wird man nach diesen Beschreibungen kaum wissen, wie die Reizstruktur beschaffen sein muss, damit der Eindruck von Prägnanz beim Wahrnehmenden entsteht. Dieses Manko versucht Palmer (1999) mit seinen neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation zu beheben.

#### **1.2.4.3 Neuere Faktoren der Wahrnehmungsorganisation**

Palmer (1999) hat für den Bereich der Gestaltfaktoren drei weitere Faktoren hinzugefügt, welche auch wissenschaftsmethodischer Kritik standhalten. Es handelt sich dabei um den Faktor der gemeinsamen Region, den Faktor der Verbundenheit der Elemente und den Faktor der zeitlichen Synchronizität. Ein besonderes Augenmerk wird auf die beiden erstgenannten Faktoren gerichtet, welche Beck und Palmer (2002) in ihren Experimenten empirisch bestätigen.

Der Faktor der gemeinsamen Region besagt nach Palmer (1992), dass bei Konstanthaltung aller anderen Faktoren, unterschiedliche Elemente dann als Gruppe wahrgenommen werden, wenn diese innerhalb einer verbundenen, gleich gefärbten oder einheitlich strukturierten Fläche mit der gleichen eingeschlossenen Kontur und Farbe eingebunden sind. Unter Konstanthaltung aller anderen Faktoren versteht Palmer (1992), dass nicht mehrere Gestaltprinzipien gleichzeitig wirken, die sogenannte „Ceteris-Paribus-Regel“. Ist dies doch der Fall, kann eine Vorhersage der Ergebnisse nicht mehr getroffen werden, da die Wechselwirkungen weder mess-, noch kontrollierbar sind. Zur Bestätigung des Faktors führt Palmer (1992) einige Beispiele an, wie zum Beispiel Landkarten. Städte innerhalb amerikanischer Bundesstaaten werden klar zum zugehörigen Bundesstaat zugewiesen, ohne Berücksichtigung der Tatsache, dass Städte aus benachbarten Bundesstaaten geographisch näher liegen als andere Städte im gleichen Bundesstaat. Abbildung 1.5 zeigt ein Beispiel für den Faktor der gemeinsamen Region. Obwohl die Städte Pittsburgh und Harrisburg weiter voneinander entfernt sind als Pittsburgh und Columbus, werden die beiden erstgenannten Städte trotzdem als Gruppe wahrgenommen, welche zugehörig sind zum Bundesstaat Pennsylvania.



**Abbildung 1.5. Ein Beispiel von Palmer (1992) für den Faktor der gemeinsamen Region. Pittsburgh wird mit Harrisburg gruppiert, obwohl Columbus näher ist.**

Ein weiteres Beispiel für den Faktor der gemeinsamen Region wird in Abbildung 1.6 gezeigt. Dort wird deutlich, dass die Nähe der einzelnen Punkte nicht mehr entscheidend ist für die wahrgenommene Gruppierung der einzelnen Punkte.



**Abbildung 1.6. Ein weiteres Beispiel von Palmer (1992) für den Faktor der gemeinsamen Region. Obwohl die angrenzenden Punkte zwischen zwei Ellipsen räumlich näher zusammen sind, werden trotzdem die Punkte innerhalb der Ellipsen als gruppierte Einheit angesehen.**

Auch für den Faktor der Verbundenheit der Elemente haben Palmer und Rock (1994) viele Beispiele gefunden. Die Autoren heben dabei hervor, dass im Gegensatz zu Wertheimers Gesetz der Nähe die Elemente bereits bekannt sein müssen, welche dann durch ihre Verbundenheit als ein Objekt wahrgenommen werden. Demgegenüber ist nach Palmer (1999) das Gesetz der Nähe dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Elemente weiterhin getrennt wahrgenommen werden und nur durch ihre gegenseitige Abhängigkeit als Gruppe wahrgenommen werden. In Abbildung 1.7 veranschaulicht Goldstein (2002) mit der gleichen Argumentationsbasis den Faktor der Verbundenheit der Elemente.



**Abbildung 1.7.** Ein Beispiel von Goldstein (2002) für den Faktor der Verbundenheit der Elemente. Obwohl die unverbundenen Punkte räumlich näher zusammen sind, werden trotzdem die verbundenen Punkte als ein Element angesehen.

In einer Reihe von fünf Experimenten, stellen Palmer und Beck (in press) weitere positive empirische Befunde dar. So sind in ihrem Experiment 3 zur Wahrnehmung von Gruppen, in der neutralen Bedingung die Reaktionszeiten für den Faktor der gemeinsamen Region und den Faktor der Verbundenheit der Elemente nicht nur nahezu identisch, sondern auch signifikant geringer als zu den anderen Versuchsbedingungen. Diese Ergebnisse sprechen sowohl für die Gleichwertigkeit der einzelnen neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation, als auch für Ihre Wirkung an sich. Methodenkritisch anzumerken ist allerdings die niedrige Versuchspersonenanzahl mit nur zehn Personen.

An dieser Stelle muss nochmals die Ceteris-Paribus-Regel erläutert werden. Diese Regel besagt, dass man „unter sonst gleichen Bedingungen“ Unterschiede zwischen verschiedenen Versuchsbedingungen deutlich machen kann. Konkret bedeutet dies im vorliegenden Fall, dass nicht gleichzeitig zwei Faktoren wie zum Beispiel der Faktor der Verbundenheit der Elemente und der Faktor der gemeinsamen Region vorhanden sein dürfen. Wäre dies trotzdem der Fall, so könnte man nach Palmer (1999) nicht einen Faktor für ein bestimmtes Ergebnis verantwortlich machen. Interpretationen beim Vergleich von verschiedenen Versuchsbedingungen sind nur unter Berücksichtigung der Ceteris-Paribus-Regel erlaubt.

#### **1.2.4.4 Alternative Objekterkennungstheorien**

Die Kognitionspsychologie bietet neben den Gestaltprinzipien weitere Objekterkennungstheorien an. Die bekannteste ist die Merkmalsintegrationstheorie von Treisman (1980). Treisman legt dabei großen Wert auf die bottom-up Prozesse, also die frühen Phasen der Objektwahrnehmung. Merkmale werden dabei früh, automatisch und parallel verarbeitet, wohingegen die Objektidentifikation fokussierte Aufmerksamkeit benötigt. Man spricht dabei von präattentiver Verarbeitung und der später folgenden

aufmerksamkeitsgerichteten Verarbeitung. Eine große Rolle spielen nach Treisman (1980) die sogenannten Elementarmerkmale, wie zum Beispiel Farbe und Helligkeit. Diese existieren in der präattentiven Phase unabhängig nebeneinander und werden erst bei der aufmerksamkeitsgerichteten Verarbeitung miteinander verknüpft. Aufmerksamkeit ist dabei nach Treisman (1980) der „Leim“, welcher die vorher unabhängigen Merkmale in einheitliche Objekte integriert. Es gab jedoch viel Kritik an der Theorie und so musste Treisman (1998) die Theorie mehrmals modifizieren, damit widersprüchliche Befunde mit der Theorie konsistent wurden. Zusätzlich wurden die Experimente mit sehr kurzen Zeitspannen durchgeführt, um die Bedeutung der bottom-up Prozesse zu demonstrieren. Im Kontext dieser Diplomarbeit, innerhalb der sich die Versuchspersonen lange Zeit mit den Objekten beschäftigt haben, ist diese Theorie nicht anwendbar.

Weitere Theorien, wie zum Beispiel die Textone von Julesz (1981), haben ebenfalls als Forschungsgegenstand primär die präattentive Verarbeitung zum Ziel. Julesz erfuhr allerdings viel berechtigte Kritik von Enns (1986). Da auch der Schwerpunkt dieser Theorie bei der präattentiven Verarbeitung liegt, kommt sie für den Forschungszweck der vorliegenden Diplomarbeit ebenso nicht in Frage und wird nicht weiter verfolgt.

### **1.2.5 Zusammenfassung und Zusammenhang der Konstrukte**

Sowohl die Cognitive Load Theory, als auch die Theory of Multimedia Learning, betonen die räumliche Nähe zwischen lernrelevantem Text und den dazu passenden Abbildungen. Ein Verstoß gegen das Prinzip der räumlichen Nähe führt im Rahmen der beiden vorgestellten Theorien zum multimedialen Lernen bisher immer zum split-attention effect, wodurch der Lernende mental stärker gefordert ist, um die weit auseinanderliegenden Quellen zu integrieren. Der Lerner kann dadurch sein Potential nicht vollständig ausschöpfen und erreicht schlechtere Lernergebnisse.

Die Kognitionspsychologie, speziell an dieser Stelle die Wahrnehmungspsychologie, bietet Alternativen an, welche ohne eine zwingende räumliche Nähe der lernrelevanten Quellen auskommt. Insbesondere die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation nach Palmer (1999) bieten eine erfolgsversprechende Lösung für Aufgaben an, die nicht innerhalb weniger Millisekunden bearbeitet werden müssen. Ein zusätzlicher Ertrag wird deutlich wenn man sich vor Augen führt, dass zum Beispiel beim Faktor der gemeinsamen Region die entsprechenden Elemente einfach

durch einen einheitlichen Rahmen gruppiert sind, ohne dass man sich nun im einzelnen Fall überlegen muss, an welcher Stelle der lernrelevante Text zur entsprechenden Abbildung positioniert werden muss.

Auch ein weiterer Zusammenhang muss an dieser Stelle explizit formuliert werden: Das bisher favorisierte integrierte Darstellungsformat zur Behebung des split-attention effect ist eigentlich nichts anderes als die konsequente Anwendung des Faktors der Nähe nach Wertheimer (1923). Die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation von Palmer (1999) sind hierbei eine Ergänzung zu den Arbeiten von Wertheimer, zumal die neueren Faktoren auch objektiv nachprüfbar sind. Aus diesem Grund habe ich mich für dafür entschieden, den Faktor der Verbundenheit der Elemente und den Faktor der gemeinsamen Region mit den bisher verwendeten integrierten und separierten Darstellungsformaten zu verknüpfen. Die Bedeutung dieser Idee, ein verknüpftes Darstellungsformat zu konstruieren, wird im folgenden Kapitel die Basis meiner Fragestellung bilden und ist verantwortlich für die daraus resultierten Hypothesen.

### **1.2.6 Fragestellung und Hypothesen**

Die vorliegende Diplomarbeit ist durch kognitionspsychologische Ergebnisse aus der Wahrnehmungsorganisation bestimmt. Die neueren Faktoren nach Palmer (1999) werden mit den bisherigen Darstellungsformaten verknüpft, um so meine dahinterliegenden Hypothesen zu bestätigen. Die Frage, ob dabei Text und bildhafte Darstellung als eigenständige Elemente angesehen werden können, ist an dieser Stelle von zentraler Bedeutung für die Diplomarbeit, da ansonsten die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation nicht auf meine Fragestellung anwendbar sind. Palmer (Stephen E. Palmer, electronic mail, July 10, 2006) hat das Problem ebenfalls so gesehen und stimmte meiner Sichtweise zu, dass Text und Bild eigenständige Elemente sind.

Aus den Arbeiten von Mayer (2001), sowie von Moreno und Mayer (1999), wird folgende Erkenntnis festgestellt: Text und bildhafte Darstellung sollten am Computerbildschirm so nah wie nur möglich zusammen sein, da es ansonsten zu signifikanten Leistungseinbußen kommt. Diese Annahme wird von Moreno et al. (1999) in ihren Experimenten zur Entstehungsweise von Blitzen sowohl beim einfachen Abruf, als auch bei den nachfolgenden Transferaufgaben zum gelernten Material festgestellt.

Ich argumentiere dagegen, dass für den split-attention effect, beziehungsweise das spatial contiguity principle, nicht nur die räumliche Nähe zwischen den Elementen Text

und bildhafter Darstellung wichtig ist, sondern dass auch eine künstlich hergestellte Beziehung zwischen Text und bildhafter Darstellung zu mindestens gleich guten Lernergebnissen bei den Versuchspersonen führt. Die konkrete Fragestellung für die vorliegende Diplomarbeit lautet daher: *Ist räumliche Nähe von Text und bildhafter Darstellung zwingend notwendig als entscheidender Faktor im Wissenserwerb mit multimedialen Inhalten? Oder lässt sich bei fehlender räumlicher Nähe ein mindestens vergleichbarer Einfluss finden und bestätigen, wenn stattdessen eine artifizielle Beziehung zwischen Text und bildhafter Darstellung hergestellt wird?*

Die Begründung für die wissenschaftliche Relevanz dieser Fragestellung erklärt sich einerseits dadurch, dass der Versuch unternommen wird, die genannten Theorien zum multimedialen Lernen kognitionspsychologisch zu untermauern und andererseits auf bestehende Lücken in der Cognitive Load Theory, beziehungsweise in der Cognitive Theory of Multimedia Learning, hinzuweisen. Im vorliegenden Fall ist dies auf den split-attention effect bezogen.

Die praktische Relevanz dieser Fragestellung lässt sich beispielsweise dadurch begründen, dass sich beim Design von multimedialen Lerninhalten mehr Variationsmöglichkeiten ergeben, wenn nicht immer nur auf die räumliche Nähe der verschiedenen Quellen geachtet wird. Diese Argumentation bildet auch die Basis meiner Hypothesen, die ich nun im Folgenden vorstelle und begründe.

*Hypothese 1: Die Darstellung des Lernmaterials im integrierten Darstellungsformat führt zu signifikant besseren Leistungen, als die Darstellung im separierten Darstellungsformat.*

*Hypothese 2: Die verknüpften Darstellungsformate mit den neuen Faktoren der Wahrnehmungsorganisation nach Palmer (1999) führen nicht zu signifikant schlechteren Leistungen, als das integrierte Darstellungsformat.*

*Hypothese 3: Die Animation ohne beschreibenden Text schneidet als Kontrollbedingung gegenüber allen anderen Versuchsbedingungen signifikant schlechter ab.*

*Hypothese 4: Die Novizengruppe profitiert signifikant mehr als der Rest der Stichprobe und generiert damit mehr und kreativere Lösungsvorschläge.*

Die Rechtfertigung meiner ersten Hypothese ergibt sich bereits aus den Ergebnissen der Metaanalyse von Ginns (2006), da dort für den spatial contiguity effect eine Effektstärke von  $d = 0.72$  festgestellt wurde, bei einer Studienanzahl von 37. Der Effekt ist damit sehr gut repliziert worden. Zusätzlich ist das Untersuchungsmaterial bereits von Moreno et al. (1999) verwendet worden und es wird unter anderem als Referenzbeispiel für die Überlegenheit des integrierten Darstellungsformats verwendet, zum Beispiel von Mayer (2001).

Die zweite Hypothese begründe ich folgendermaßen: Die räumliche Nähe spielt nicht die einzig entscheidende Rolle beim Wissenserwerb und -transfer mit multimedialen Inhalten, sondern auch eine künstlich hergestellte Beziehung zwischen bildhafter Darstellung und Text beeinflusst den Lernerfolg. Die nicht klar definierten räumlichen Bedingungen für den split-attention effect nach Sweller et al. (1998), beziehungsweise das spatial contiguity principle nach Mayer (2001), erlauben weitere Interpretationsmöglichkeiten für die gefundenen Effekte. Die vorliegende Hypothese erklärt sich daher auch mit der Interpretation der gefundenen Effekte unter der gleichzeitigen Beachtung objektiv präzisierter und definierter Bedingungen. Werden mehrere Quellen mit Hilfe der neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation von Palmer (1999), speziell dem Faktor der Verbundenheit der Elemente und dem Faktor der gemeinsamen Region, gleichzeitig und gemeinsam als ein Objekt kognitiv verarbeitet, so sollte die kognitive Belastung sinken und von Vorteil sein für den Wissenserwerb und -transfer.

Die nachteiligen Auswirkungen der Animation ohne beschreibenden Text auf die Leistung des Lernenden beschreibt meine dritte Hypothese, welche ich anhand der Ergebnisse und Theorien von Sweller et al. (1998) begründe. Deren Forschung zum redundancy effect ist fundamental, da ansonsten bei einer Nichtbestätigung der Hypothese dem Lernenden zusätzliches Material an die Hand gegeben wurde, welches sich eventuell sogar störend auf den Lernprozess auswirken könnte. Der redundancy effect würde damit bei einer selbsterklärenden Animation mit zusätzlich hinzugefügtem Lernmaterial voll zum Tragen kommen.

Meine vierte Hypothese schließlich ergibt sich aus den Ergebnissen von Mayer (1997, 2001). Da die Versuchspersonen mit niedrigem Vorwissen bisher kein entsprechendes mentales Modell zum gelernten Material haben, sollten diese daher nach Mayer et al. (1995) besonders profitieren. Speziell mit dem integrierten Darbietungsformat sollten Novizen laut Mayer et al. (1995) eine höhere Anzahl an kreativen Lösungen generieren können als die restliche Stichprobe.

## 2. Methode

Nach der nun bereits vorgestellten Theorie folgt jetzt die Methode zur vorliegenden Diplomarbeit. Das durchgeführte Experiment wurde hierbei als Online-Untersuchung im Internet realisiert und war damit als Feldstudie konzipiert. Die Versuchsteilnehmer mussten zuerst ihr meteorologisches Vorwissen einschätzen. Danach wurden sie zufällig einer von sechs Versuchsbedingungen zugewiesen, in der eine dreiminütige Animation zur Entstehung von Blitzen dargestellt wurde. Die Versuchsbedingungen stellten eine Verknüpfung zwischen dem split-attention effect und den neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation her, beziehungsweise untersuchten den split-attention effect an sich. Im Anschluss mussten die Probanden unter Zeitdruck fünf offene Fragen zur gesehenen Animation beantworten.

### 2.1 Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt nahmen 2387 Versuchspersonen teil, wobei allerdings 1436 das Experiment vorzeitig abbrechen und nur 951 Versuchspersonen das Experiment vollständig durchlaufen haben. 62 Versuchspersonen wurden aus der Stichprobe ausgeschlossen, da sie angaben nicht ernsthaft daran teilgenommen zu haben. Weitere 20 Versuchspersonen wurden nach einer zusätzlich durchgeführten Einzelfallanalyse ausgeschlossen, da keine ernsthafte Versuchsteilnahme angenommen werden konnte. Diese Versuchspersonen hatten sich nur schnell durch das Experiment geklickt und dabei Nonsensangaben gemacht, so dass die Angaben nicht verwertbar waren.

Damit verblieben in der Stichprobe 869 Versuchspersonen, wobei hiervon 452 Personen männlichen Geschlechts waren und 417 Teilnehmer weiblich. Die Versuchspersonen waren durchschnittlich 25.41 Jahre alt, mit einer Standardabweichung von 7.12 Jahren.

Die Stichprobe wurde mit hohem Zeitaufwand über diverse Mailinglisten von Fachschaften und Lehrstühlen rekrutiert, bestand aber vorwiegend aus Teilnehmern aus bestimmten virtuellen und sozialen Netzwerken im Internet, wie zum Beispiel den Unternehmen studiVZ oder OpenBC. Der damit verbundene hohe Anteil an Studenten wird in Tabelle 2.1 deutlich.

**Tabelle 2.1. Beschäftigungsart der verwendeten Stichprobe.**

	Art	Häufigkeit	Häufigkeit in %
Beschäftigung	Studenten	557	63 %
	Angestellte	134	15 %
	Schüler	58	7 %
	Selbstständige	43	5 %
	Beamte	28	3 %
	Arbeitslose	24	3 %
	Auszubildende	22	3 %
	Rentner	3	1 %
	Gesamt	869	100 %

Als Entschädigung für die aufgewendete Zeit konnten die Versuchspersonen an einer Verlosung teilnehmen. Es wurde insgesamt an 10 Personen jeweils ein 10,- Euro Gutschein von Amazon.de verlost. Um an der Verlosung teilzunehmen, konnte man am Ende des Experiments freiwillig seine E-Mail-Adresse angeben.

Die meisten Studenten kamen aus Mannheim (11 %). Andere Studienorte ergaben zwischen 2 % und 5 % der Nennungen. Psychologie war das am häufigsten genannte Studienfach mit 12 %, gefolgt von Informatik mit 9 % und Betriebswirtschaftslehre mit 8.9 %. Im Schnitt hatten die Studenten zum Zeitpunkt der Versuchsteilnahme 5.57 besuchte Studiensemester mit einer Standardabweichung von 3.68 Semestern. Der Maximalwert lag bei 27 Semestern.

Natürlich ist bei einer Diplomarbeit zum multimedialen Lernen auch die Erfassung der Bildschirmauflösung von Interesse. Tabelle 2.2 beschreibt die Verteilung der Bildschirmauflösung in der Stichprobe.

**Tabelle 2.2. Häufigkeiten und Häufigkeiten in Prozent der Bildschirmauflösung in der Stichprobe.**

Bildschirmauflösung	Häufigkeit	Häufigkeit in Prozent
1024 x 768	372	43 %
1280 x 1024	217	25 %
1280 x 800	137	16 %
Sonstige	143	16 %
Gesamt	869	100 %

Das Untersuchungsmaterial wurde von mir für die beiden gängigsten Auflösungen, 1024 x 768 Pixel und 1280 x 1024 Pixel, optimiert, wobei die eigentliche Animation 720 x 500 Pixel groß war. Die Auflösung 1280 x 800 Pixel unterscheidet sich hierbei nur marginal von der Auflösung 1280 x 1024 Pixel. Die Zahlen in Tabelle 2.2 rechtfertigen die Optimierung der Animationen für die genannten Bildschirmauflösungen, da weit über 80 % der Versuchspersonen damit arbeiteten.

## 2.2 Untersuchungsmaterial

Das Untersuchungsmaterial erklärte die Entstehungsweise von Blitzen und wurde unter anderem im Experiment 1 von Moreno et al. (1999) genutzt, wobei es von mir vollständig in die deutsche Sprache übersetzt wurde. Es wurde speziell dieses Material zu diesem Experiment ausgesucht, da es als Referenzexperiment in der Forschung zum split-attention effect diente. So wurde die herausragende Stellung dieses Experiments auch durch das Buch zum multimedialen Lernen von Mayer (2001) hervorgehoben, da das Experiment einen besonderen Stellenwert durch die häufige Zitierung im genannten Buch erreichte.

Durch das bereits eingeführte und empirisch bestätigte Material war es möglich eine theoretische Erweiterung zum split-attention effect zu testen. Leider konnten mir weder Mayer (Richard E. Mayer, electronic mail, July 30, 2006) noch Moreno (Roxana Moreno, electronic mail, July 30, 2006) die ursprünglich verwendeten Animationen zur Verfügung stellen. Ich konnte allerdings auf einem alternativen Weg die benötigten Informationen erhalten: Einerseits war im Anhang von Moreno et al. (1999) der gesamte zu lernende Text wiedergegeben, andererseits wurde der Text nahezu identisch in den Experimenten zur Demonstration des split-attention effect von Mayer et al. (1995), beziehungsweise von Mayer (1997) verwendet. In diesen Experimenten wurden allerdings andere Animationen verwendet. Somit habe ich also die Animationen aus Mayer et al. (1995) beziehungsweise Mayer (1997) mit dem Text aus Moreno et al. (1999) kombiniert. Das somit konstruierte Material wurde zuerst in einem Vortest mit vier Versuchspersonen überprüft. Veränderungen am Material aufgrund der Rückmeldungen im Vortest werden an entsprechender Stelle in dieser Diplomarbeit erläutert.

Insgesamt gab es in meiner Online-Untersuchung sechs verschiedene Versuchsbedingungen. Ich präsentiere an dieser Stelle das jeweilige verwendete Material und werde kurz die entsprechenden Unterschiede erläutern:

- Die **integrierte Versuchsbedingung** wird in Abbildung 2.1 wiedergegeben, mit einem räumlich nah platzierten Text an der passenden Stelle der entsprechenden Abbildung. Eine vollständige Darstellung der Versuchsbedingung findet sich in Anhang A.

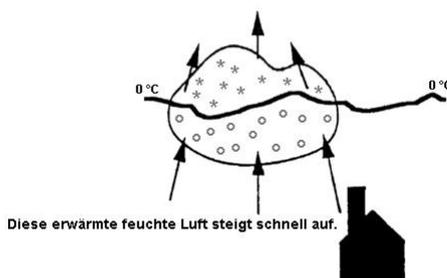


Abbildung 2.1. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die integrierte Bedingung.

- Die **separierte Versuchsbedingung** wird in Abbildung 2.2 gezeigt, mit einem von der Abbildung räumlich fern platzierten Text. Die Versuchsbedingung ist vollständig dargestellt in Anhang B.

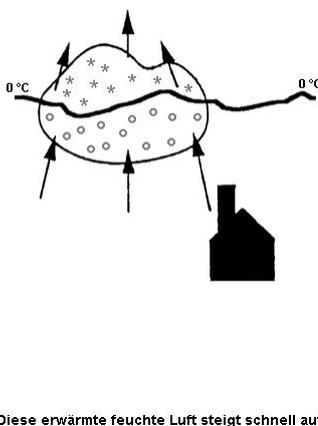


Abbildung 2.2. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die separierte Bedingung.

- Die **integrierte Versuchsbedingung mit gemeinsamer Region** wird in Abbildung 2.3 vorgestellt, bei der der nah platzierte Text und die Abbildung durch einen einheitlichen Rahmen gruppiert sind. In Anhang C findet sich eine vollständige Darstellung der Versuchsbedingung.

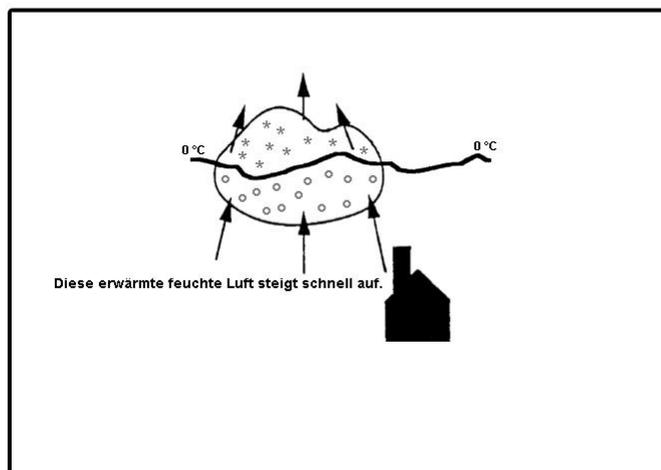


Abbildung 2.3. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die integrierte Bedingung mit gemeinsamer Region.

- Die **separierte Versuchsbedingung mit gemeinsamer Region** wird in Abbildung 2.4 dargestellt, womit die Gruppierung von Abbildung und fern platziertem Text durch einen einheitlichen Rahmen gemeint ist. Vollständig dargestellt ist die Versuchsbedingung in Anhang D.

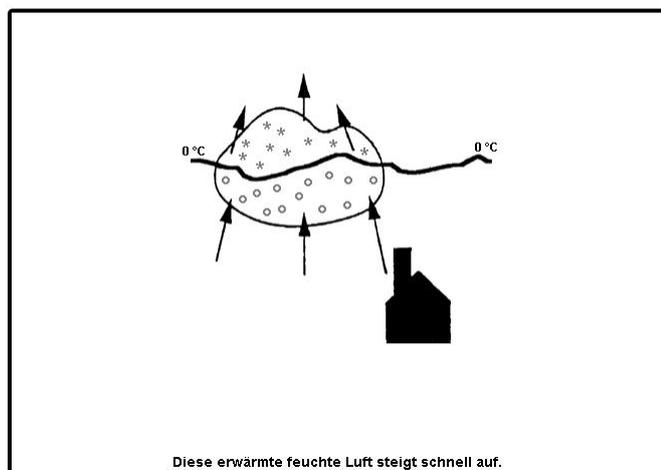


Abbildung 2.4. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die separierte Bedingung mit gemeinsamer Region.

- Die **separierte Versuchsbedingung mit verbundenen Elementen**, die durch eine Verbindung des räumlich entfernten Texts mit der Abbildung anhand eines Balkens definiert ist und in Abbildung 2.5 gezeigt wird. Unter Anhang E wird die Versuchsbedingung komplett dargestellt.

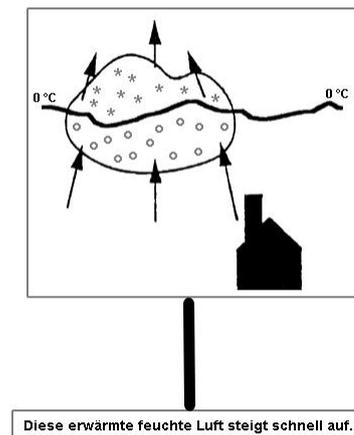


Abbildung 2.5. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen. Es handelt sich hierbei um die separierte Bedingung mit verbundenen Elementen.

- Die **Kontrollbedingung ohne beschreibenden Text**, welche also nur die Abbildung präsentiert ohne erklärenden Text. Als Beispiel dient Abbildung 2.6. Diese Bedingung ist für die Kontrollgruppe gedacht und notwendig zur Prüfung, ob die Abbildung vielleicht als selbsterklärend wahrgenommen wird. Wäre dies der Fall, würde nach Sweller et al. (1998) der redundancy-effect entstehen. Auch diese Versuchsbedingung ist ausführlich in Anhang F dargestellt.

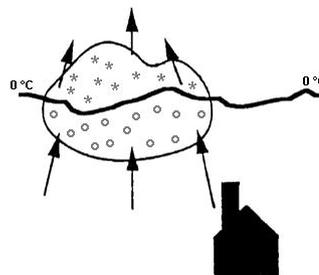


Abbildung 2.6. Verwendete Animation im Experiment zur Entstehung von Blitzen ohne beschreibenden Text.

In meinem Vortest hatte sich die separierte Versuchsbedingung mit verbundenen Elementen als problematisch erwiesen, zum Beispiel in der Art und Weise wie die Elemente verbunden waren. Die vorher verwendeten Versionen wurden als „verwirrend“ und „irritierend“ bezeichnet. Die hier dargestellte Version in Abbildung 2.5 stellt dabei das Ergebnis aus den Rückmeldungen des Vortests dar.

Darüber hinaus ist es leicht nachvollziehbar, dass es nur eine Bedingung mit dem Faktor der Verbundenheit der Elemente geben kann. Da in der integrierten Bedingung der beschreibende Text so nah wie möglich an die passende Stelle in der Animation angebracht worden ist, besteht kein Raum mehr zwischen Text und Abbildung, um eine zusätzliche Verbundenheit der Elemente herzustellen. Daher kann dieser Faktor nur mit der separierten Bedingung verknüpft werden.

Die Versuchsbedingungen unterscheiden sich damit in zwei Merkmalen: Einerseits in der räumlichen Nähe vom Text zur passenden Abbildung und andererseits im verwendeten Faktor der Wahrnehmungsorganisation. Durch die Kombination der Varianten dieser zwei Merkmale sind die weiter oben beschriebenen sechs Versuchsbedingungen entstanden.

Ein weiteres zu lösendes Problem war die Einblenddauer der einzelnen Bilder mit dem dazu passenden Text. Moreno et al. (1999) hatten insgesamt 16 Textpassagen in ihren Experimenten verwendet. Im Vortest wurde daher für jedes Bild eine Anzeigedauer von 11.25 Sekunden realisiert. Diese Zeit entsprach der Gesamtanzeigedauer der Animation im Experiment 1 von Moreno et al. (1999) von 180 Sekunden, geteilt durch die 16 Textpassagen. Diese Zeiteinteilung erwies sich aber im Vortest als ineffektiv, da dadurch wortreichere Textpassagen nicht lange genug dargestellt wurden.

Ich löste das Problem, indem die Gesamtwortanzahl gezählt und diese durch die Gesamtanzeigedauer geteilt wurde. Bei einer Gesamtwortanzahl von 270 Wörtern konnte nun für jedes Wort eine Anzeigedauer von 0.67 Sekunden berechnet werden. Multipliziert mit der Wörteranzahl pro Bild ergab sich so die Anzeigedauer je Bild. Tabelle 2.3 gibt Aufschluss über die Darbietungsdauer jedes einzelnen Bildes in der Animation.

**Tabelle 2.3. Darstellung der Anzeigedauer je Bild in der Animation, welche abhängig ist von der Anzahl der Wörter je Bild.**

Bildnummer	Anzahl der Wörter je Bild	Anzeigedauer je Bild in Sekunden
1	12	8.0
2	7	4.7
3	20	13.4
4	16	10.7
5	13	8.7
6	12	8.0
7	19	12.7
8	14	9.4
9	13	8.7
10	28	18.8
11	16	10.7
12	13	8.7
13	12	8.0
14	28	18.8
15	27	18.1
16	20	13.4
Gesamt	270	180.8

Die Animation war so mit 0.8 Sekunden geringfügig länger als das dargebotene Material von Moreno et al. (1999). Zusätzlich wurde am Anfang drei Sekunden lang der Titel der Animation, „Die Entstehung von Blitzen“, eingeblendet. Nach 183.8 Sekunden wurde der folgende Text eingeblendet: „Die Animation ist nun beendet. Bitte am unteren Bildschirmrand auf „weiter“ klicken. Das Experiment wird dann fortgesetzt.“

Im Vortest wurde die Restanzeigedauer der Animation unten angezeigt. Dies wurde allerdings als störend und ablenkend empfunden, so dass in der durchgeführten Online-Untersuchung darauf verzichtet wurde.

## 2.3 Untersuchungsgeräte

Bei der durchgeführten Online-Untersuchung handelte es sich um ein Feldexperiment, da die Versuchspersonen in einer natürlichen Umgebung, wie zum Beispiel von zuhause aus, an dem Experiment teilgenommen haben.

Die Online-Untersuchung wurde programmiert und zur Verfügung gestellt vom Unternehmen EARSandEYES GmbH in Hamburg. Die Programmierung erfolgte nach meinen konzeptuellen Vorlagen und in mehrwöchiger enger Abstimmung mit mir. So wurden im Vorfeld des Experiments mehrere unterschiedliche Versionen der Online-Untersuchung erstellt und im Vortest überprüft. Als Webserver wurde ein System von Intel mit 2.8 Gigahertz, 1 Gigabyte Arbeitsspeicher und Linux 2.4.25 eingesetzt.

Auf Versuchspersonenseite wurde ein Browser mit eingeschaltetem Javascript benötigt. War dies nicht der Fall, erschien eine Fehlerseite mit der Möglichkeit den Versuchsleiter zu kontaktieren. Tabelle 2.4 enthält Informationen über die benutzte Internetsoftware der Versuchspersonen.

**Tabelle 2.4. Verwendete Browser und Betriebssysteme der Versuchspersonen.**

Verwendete Browser	Häufigkeit	Häufigkeit in Prozent
Microsoft Internet Explorer 6.0	313	33 %
Microsoft Internet Explorer 7.0	84	9 %
Gecko/Firefox für Windows	464	49 %
Gecko/Firefox für Linux	23	2 %
Opera (8.0, 8.51, 9.00, 9.01, 9.02) für Windows und Linux	42	4 %
AppleWebKit	25	3 %
<b>Gesamt</b>	<b>951</b>	<b>100 %</b>

Natürlich war für die Durchführung des Experiments auch eine funktionierende Verbindung ins Internet notwendig. Eine unterbrochene Internetverbindung führte daher auch zum Abbruch des Experiments.

Im Vortest wurde darauf geachtet, die Animationen so zu konstruieren, dass nicht viele Daten übertragen werden mussten. Selbst Modembenutzer hatten keine

Übertragungsprobleme, da die Animationen im Schnitt nur 160kb an Größe besaßen. Eine Ausnahme bildete die Kontrollbedingung mit einer Dateigröße von nur 35kb.

## **2.4 Untersuchungsdurchführung**

Die Online-Untersuchung war unter dem Link <http://www.mazarakis.de/experiment> vom 22. November 2006 bis zum 12. Dezember 2006 abrufbar. Nach diesem Zeitpunkt erschien nur noch eine Internetseite mit der Möglichkeit, den Versuchsleiter zu kontaktieren und dem Hinweis, dass das Experiment beendet wurde. Die Versuchspersonen konnten während des dreiwöchigen Durchführungszeitraums das Experiment zu jeder Uhrzeit starten, da das Experiment dauerhaft online verfügbar war.

Durch einen technischen Fehler wurden in der letzten Woche der Durchführung fast alle Versuchspersonen der Versuchsbedingung mit dem separierten Text und der gemeinsamen Region zugewiesen. Dies wurde durch einen Fehler des Unternehmens EARSandEYES GmbH verursacht, da die Quotierung für die zufällige Versuchsbedingungszuweisung ohne Rücksprache mit mir zu niedrig angesetzt worden war. Im Hinblick auf die Überprüfung der Hypothesen ist dies nach Bortz (1999) insofern ein Problem, als bei einer deutlichen Ungleichverteilung der Zellen bei einer Varianzanalyse vorhandene Effekte möglicherweise nicht gefunden werden können und eher zugunsten der Nullhypothese entschieden wird. Die Varianzanalyse gibt damit konservativere Ergebnisse aus.

### **2.4.1 Untersuchungsablauf**

Die folgende Aufzählung enthält den typischen Ablauf der Untersuchung. Ein Vor- oder Zurückblättern zwischen den einzelnen Seiten war nicht möglich. Wurde dies trotzdem versucht, dann erschien eine Fehlermeldung, wobei eine Fortsetzung des Experiments allerdings gewährleistet war. Die vollständige Darstellung der Instruktionen und des Untersuchungsablaufs findet sich in Anhang G.

1. Durch einen Klick auf <http://www.mazarakis.de/experiment> kam man auf eine einfach gestaltete Internetseite. Dort gab es die Möglichkeit den Versuchsleiter per E-Mail zu benachrichtigen, falls zum Beispiel Javascript nicht aktiviert war oder andere Probleme bei der Untersuchung auftraten. Zusätzlich konnte man

auf der Seite auf einen Link klicken, um zum eigentlichen Experiment zu kommen.

2. Nach dem Klick auf den Link öffnete sich ein 850 mal 710 Pixel großes Pop-up-Fenster und man kam zu einer Textseite, welche die Versuchsperson begrüßte und über den Sinn und Zweck dieser Online-Untersuchung informierte, ebenso dass es die Möglichkeit gab einen von zehn 10,- Euro Amazongutscheinen zu gewinnen, sowie die voraussichtliche Dauer dieser Online-Untersuchung nannte. Zusätzlich wurde den Versuchspersonen natürlich vollständige Anonymität zugesichert.

Es wurde auf dem Rechner der Versuchsperson ein Cookie gesetzt, welcher eine sofortige Wiederholung des Experiments verhinderte. Zusätzlich war es den Versuchspersonen nicht erlaubt, die Status- und Menüleisten ihres Browsers zu benutzen. Auch eine nachträgliche Aktivierung war nicht möglich, da die Tasten „Strg“, „Alt“ und „Alt Gr“, sowie die rechte Maustaste während des gesamten Experiments durch eine Javascriptfunktion deaktiviert worden waren. Beim Versuch, eine dieser Tasten zu benutzen, erschien eine entsprechende Hinweismeldung. Diese Einschränkung diente dazu, Manipulationen von Versuchspersonen an der Untersuchungsdurchführung zu verhindern. Wurde trotzdem versucht eine dieser Tasten zu benutzen, dann wurde dies mitprotokolliert. Um die Bedingungen für alle Versuchspersonen konstant zu halten, war es für die Versuchspersonen auch nicht möglich, die Größe des Pop-up-Fensters zu verändern, oder die Internetadresse aus der Adressleiste zu kopieren. Nach dem Durchlesen der Seite konnte die Versuchsperson auf dieser, wie auch auf allen folgenden Seiten, durch einen Linksklick mit der Computermaus auf den Button „weiter“ am unteren linken Bildschirmrand fortfahren. Zusätzlich war oben im Bildschirm ein Fortschrittsbalken mit leeren Kästchen abgebildet, welche sich beim Voranschreiten im Experiment füllten.

3. Auf der folgenden Seite musste die Versuchsperson Ihr Geschlecht, das Alter und die aktuelle Beschäftigung angeben. Wurde dabei „Student“ angekreuzt, öffnete sich eine weitere Seite, auf der die Versuchsperson das Studienfach, die Semesteranzahl und die Universität angeben musste. War die Versuchsperson kein Student, ging es sofort weiter zur nächsten Seite.
4. Nun musste die Versuchsperson Ihr selbsteingeschätztes Wissen zum Thema Meteorologie angeben und auf der nachfolgenden Seite sieben weitere Fragen zu

---

diesem Thema beantworten. Für eine ausführlichere Erläuterung der sieben Fragen verweise ich auf das Kapitel 2.5.1.

5. Es folgte eine Seite, wo der Versuchsperson für die gemachten Angaben zur Person gedankt und der Beginn des zentralen Teils der Untersuchung angekündigt wurde. So wurde mitgeteilt, dass es sich in der folgenden Animation um das Gewitterphänomen „Blitz“ handeln würde, die Animation nur wenige Minuten dauern und nur einmal dargeboten würde. Sobald die Versuchsperson bereit war, klickte Sie auf den Button „weiter“.
6. Es erschien die Anzeige der Animation, welche zufällig ausgewählt wurde aus einer der sechs Versuchsbedingungen. Die Animation dauerte etwa drei Minuten. Nach der vollständigen Darbietung wurde der „weiter“-Button eingeblendet und die Versuchsperson konnte fortfahren, wobei diese Information bereits während der Darbietung der Animation durch einen Hinweis am unteren Bildschirmrand mitgeteilt wurde. Es gab jedoch analog zum Experiment 1 von Moreno et al. (1999) keine Anzeige der Restdauer der Animation.
7. Danach gab es eine kurze Textseite mit der Information, dass gleich ein paar Fragen zur eben gesehenen Animation folgen würden. Mit einem Klick auf „weiter“ setzte die Versuchsperson die Untersuchung fort.
8. Es folgten jeweils einzeln nacheinander fünf Fragen zur gesehenen Animation, welche in Kapitel 2.5.1 genauer beschrieben werden. Für die erste Frage hatte die Versuchsperson genau fünf Minuten Zeit, für die folgenden vier Fragen jeweils drei Minuten, analog zum Experiment 1 von Moreno et al. (1999). Auch hier gab es keine Anzeige der Restbearbeitungszeit. Sobald die Zeitbegrenzung erreicht worden war erschien ein Hinweis, der von der Versuchsperson bestätigt werden musste. Es war danach keine weitere Zeicheneingabe mehr möglich und man wurde automatisch zur nächsten Frage weitergeleitet. Im Gegensatz zum Experiment 1 von Moreno et al. (1999) konnte die Versuchsperson auch vor Erreichen der Zeitbegrenzung zur nächsten Frage fortfahren.
9. Nach der Beantwortung aller Fragen hatte die Versuchsperson die Möglichkeit ihre E-Mail-Adresse anzugeben, um so an der Verlosung der Amazongutscheine teilzunehmen. Die E-Mail-Adresse wurde dabei separat behandelt und nicht zur Verknüpfung mit den angegebenen Daten verwendet.

10. Es folgte danach eine Seite, auf der die Versuchsperson ankreuzen musste, ob sie ernsthaft am Experiment teilgenommen hat oder nicht. Zusätzlich gab es die Möglichkeit in einem Textfeld Anmerkungen zu schreiben. Auch hier kam die Versuchsperson mit einem Linksklick auf den „weiter“-Button zur nächsten Seite.
11. Es folgte die letzte Seite, auf der ich mich für die Teilnahme bei der Versuchsperson bedankte. Gleichzeitig gab es die Möglichkeit per E-Mail mit mir Kontakt aufzunehmen. Zusätzlich war noch die Bitte vermerkt, bei Gefallen das Experiment an möglichst viele Freunde und Bekannte weiterzuleiten.

## **2.5 Auswertungsmethoden**

Das Mittel der Wahl nach Bortz (1999) ist hier die einfaktorielle Varianzanalyse. Die folgenden Kapitel beschäftigen sich dabei mit der Festlegung der abhängigen und unabhängigen Variablen, der Beurteilerübereinstimmung, welche weiteren Variablen erfasst wurden, sowie den möglichen und testbaren Bedingungsvergleichen.

### **2.5.1 Festlegung der abhängigen und unabhängigen Variablen**

Nach jeder der in Kapitel 2.2 beschriebenen sechs Versuchsbedingungen folgten fünf Fragen zum Inhalt der betrachteten Animation, welche identisch waren mit den Fragen von Moreno et al. (1999), allerdings von mir ins Deutsche übersetzt. Die erste Frage zielte darauf ab, den Inhalt der Animation so gut wie nur möglich zu reproduzieren. Die restlichen Fragen waren dagegen Transferfragen. Die Fragen im Einzelnen lauteten:

**Frage 1:** Bitte erläutern Sie wie ein Blitz entsteht.

**Frage 2:** Was könnten Sie tun, um die Intensität des Blitzes zu verringern?

**Frage 3:** Stellen Sie sich vor, Sie sehen Wolken am Himmel aber keine Blitze. Wieso?

**Frage 4:** Was hat die Lufttemperatur mit dem Blitz zu tun?

**Frage 5:** Was verursacht den Blitz?

Diese Fragen sind zentral für das Experiment, da sie die abhängigen Variablen darstellten. Die erste abhängige Variable entstand durch die Beantwortung der ersten Frage, welche auf die reine Reproduktion der gesehenen Animation abzielte und damit die Lernleistung erfasste. Die zweite abhängige Variable, welche die Transferleistung messen sollte, entsprach der Summe der vier übrigen Fragen.

Die Auswertung der offenen Fragen erfolgte unabhängig voneinander durch zwei geschulte Beurteiler anhand eines eigens für dieses Experiment erstellten Auswertungsmanuals, welches sich vollständig in Anhang H befindet. Bei Unstimmigkeiten wurde die entsprechende Antwort durch beide Beurteiler gleichzeitig nochmals bewertet und gemeinsam eine Punktzahl vergeben. Es folgen beispielhaft einige akzeptable und nichtakzeptable Antworten.

Bei der ersten Frage wurde jeweils ein Punkt vergeben für einen von 19 möglichen Stichpunkten zur Entstehung von Blitzen, wie zum Beispiel die Entstehung von elektrischen Ladungen in der Wolke. Für falsche Antworten gab es keinen Punktabzug, genauso wie auch bei den restlichen Fragen. Eine akzeptable Antwort für die zweite Frage lautete, dass alle positiven Ionen von der Erde zu entfernen sind. Eine nichtakzeptable Antwort, die zu keinem Punkt führte schlug vor, alle hohen Objekte und Bäume von der Erde zu entfernen. Eine richtige Antwort für Frage drei war, dass die Wolke noch nicht über die Nullgradgrenze gestiegen sein könnte. Das die Wolke keine Regenwolke war, brachte jedoch keinen Punkt. Für Frage vier war eine mögliche korrekte Antwort die Nennung, dass die Temperatur in der Wolkenobergrenze nicht niedrig genug war. Keinen Punkt gab es jedoch, wenn als Antwort die aufsteigende warme Luft genannt wurde. Die Angabe der unterschiedlichen Ladungen bei Frage fünf führte zu einem Punkt, eine einfache Beschreibung der Animation ohne Bezugnahme auf Ladungs- oder Temperaturdifferenzen führte hingegen zu keinem Punkt.

Die Beurteiler wurden für jede Frage anhand der ersten 50 Antworten gemeinsam mithilfe des Auswertungsmanuals trainiert, die restlichen 819 Antworten wurden danach von jedem Beurteiler einzeln bewertet. Die Berechnung der Beurteilerübereinstimmung erfolgte für jede Frage separat durch die zufällige Auswahl von 93 Antworten aus der Stichprobe, was etwa einem Anteil von zehn Prozent entsprach. Es wurde hierbei nach Bortz (1999) Cohens Kappa ausgerechnet, also der Anteil der übereinstimmenden Beurteilungen. Tabelle 2.5 gibt die Ergebnisse im Einzelnen wieder.

**Tabelle 2.5. Die Beurteilerübereinstimmung zu allen fünf Fragen.**

	Cohens Kappa	Werte von Moreno et al. (1999)
Frage 1	.93	.98
Frage 2	.68	
Frage 3	.83	
Frage 4	.84	.94
Frage 5	.85	

Moreno et al. (1999) hatten leider nur eine globale Beurteilerübereinstimmung über alle Transferfragen berechnet, weswegen auch nur ein Wert dafür angegeben wurde. Insgesamt sind beide Werte von Moreno et al. (1999) beeindruckend hoch.

Meine Werte müssen aber auch einen Vergleich nicht scheuen. Selbst der verhältnismäßig niedrige Wert bei Frage 2 ist nach Bortz (1999) als annähernd gut zu bezeichnen, während alle anderen Werte deutlich über 0.70 sind und damit als gut bis ausgezeichnet beurteilt werden können. Würde man analog zu Moreno et al. (1999) den Durchschnitt der Beurteilerübereinstimmung über alle Transferfragen berechnen, dann wäre der berechnete Wert mit 0.80 immer noch sehr hoch.

Zusätzlich wurden weitere Kontrollvariablen erfasst. So mussten die Versuchspersonen zu Beginn der Untersuchung ihr Geschlecht, ihr Alter und ihre Beschäftigung angeben. Wurde dabei „Student“ angegeben, so sollte auf der folgenden Seite noch das Studienfach, die Studiensemesteranzahl und die Universität genannt werden. Danach mussten die Versuchspersonen ihr Wissen über Meteorologie selbst einschätzen. Die Skala hatte dabei die Skalenwerte „sehr wenig“, „wenig“, „normal“, „viel“ und „sehr viel“. Die Skalenbezeichnungen sind analog zur Vorgehensweise von Moreno et al. (1999), wobei es für die Angabe „sehr wenig“ einen Punkt gab und für „sehr viel“ fünf Punkte. Danach sollten die Versuchspersonen sieben weitere Fragen zum Thema Meteorologie beantworten. Abbildung 2.7 stellt diese dar.

Bitte beantworten Sie kurz die folgenden Fragen über Meteorologie:

	Ja	Nein
Ich studiere regelmäßig die Wetterkarte in der Zeitung:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was eine Kaltfront ist:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kenne den Unterschied zwischen einer Kumuluswolke und einer Nimbostratuswolke:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was ein Sturmtief ist:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß wieso der Wind weht:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was das folgende Symbol bedeutet: 	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was das folgende Symbol bedeutet: 	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ja	Nein

**Abbildung 2.7.** Darstellung der sieben Fragen, welche den Versuchspersonen vor der eigentlichen Durchführung des Experiments dargeboten wurden.

Für jedes „Ja“ wurde ein Punkt vergeben. Erst nachdem diese Fragen beantwortet waren, konnte die Versuchsperson das eigentliche Experiment beginnen. Fehlende Antworten wurden überall mit dem Hinweis „Bitte beantworten Sie alle Fragen!“ in roter Schrift angezeigt. Weitere erfasste Kontrollvariablen sind die Folgenden:

- Die Internetprotokoll-Adresse
- Die Javascript-Version
- Die Anzahl der Klicks mit der rechten Maustaste, beziehungsweise die Häufigkeit der Benutzung der Tasten „Alt“, „Strg“ und „Alt Gr“ auf jeder einzelnen Internetseite des Experiments
- Die Anfangs- und Endzeit des Experiments für jede einzelne Versuchsperson
- Die Gesamtverweildauer je Versuchsperson, inklusive der Verweildauer auf jeder einzelnen Internetseite
- Die Überschreitung der Zeitbegrenzung bei den fünf offenen Fragen

Während die Javascript-Version für jede Versuchsperson identisch war, wurde über die Internetprotokoll-Adresse versucht, mögliche doppelte Versuchsteilnahmen zu rekonstruieren. Es wurden dabei in diesem Experiment nach einer Analyse des Antwortverhaltens und der Internetprotokoll-Adressen keine doppelten Teilnahmen registriert. Doppelt abgespeicherte Internetprotokoll-Adressen konnten immer zweifels-

frei einer anderen Versuchsperson zugewiesen werden. Die restlichen Angaben werden im Ergebnisteil ausgewertet werden.

Als unabhängige Variable wurde die Versuchsbedingung verwendet, welche im vorliegenden Fall sechsfach gestuft war und bereits in Kapitel 2.2 beschrieben wurde. Zusätzlich wurde analog zu Moreno et al. (1999) aus der verwendeten Stichprobe eine Novizengruppe gebildet. Die Novizengruppe ist charakterisiert als Gruppe mit sehr niedrigem Vorwissen zum Thema Meteorologie. Das bewertungsrelevante Vorwissen setzte sich dabei aus der Summenpunktzahl der positiv beantworteten Fragen aus Abbildung 2.7 und dem vorher selbsteingeschätzten meteorologischen Vorwissen zusammen. Hatte zum Beispiel eine Person ihr Vorwissen mit „wenig“ angegeben und gleichzeitig vier Fragen aus Abbildung 2.7 bejaht, so erreichte sie insgesamt sechs Punkte als bewertungsrelevantes Vorwissen. Versuchspersonen mit sechs oder weniger Punkten wurden der Novizengruppe zugewiesen, welche insgesamt aus 484 Versuchspersonen bestand.

### 2.5.2 Testbare Versuchsbedingungsvergleiche

Wie bereits in Kapitel 1.2.2.4 festgestellt, ist die Ceteris-Paribus-Regel wichtig, um mögliche Drittvariablen konstant zu halten. Aus diesem Grund ist es auch nicht zulässig Interpretationen aus Ergebnissen zu ziehen, wenn diese gegen die Ceteris-Paribus-Regel verstoßen. Die folgende Tabelle stellt alle möglichen Kombinationen der unabhängigen Variablen dar, welche eine Interpretation des Ergebnisses der abhängigen Variablen bei der Veränderung eines einzigen Merkmals erlauben.

**Tabelle 2.6. Angabe der interpretierbaren und nicht interpretierbaren Versuchsbedingungsvergleiche in Abhängigkeit von der Ceteris-Paribus-Regel.**

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	Ja	Ja	Ja	<i>Nein</i>	<i>Nein</i>
ITCR	----	----	Ja	<i>Nein</i>	Ja	<i>Nein</i>
KG	----	----	----	Ja	Ja	Ja
ST	----	----	----	----	Ja	Ja
STCR	----	----	----	----	----	Ja
STEC	----	----	----	----	----	----

Die Abkürzungen stehen hierbei für folgende Versuchsbedingungen:

- IT = Integrierte Bedingung (integrated text)
- ITCR = Integrierte Bedingung mit gemeinsamer Region (integrated text with common region)
- KG = Kontrollgruppe ohne beschreibenden Text
- ST = Separierte Bedingung (separated text)
- STCR = Separierte Bedingung mit gemeinsamer Region (separated text with common region)
- STEC = Separierte Bedingung mit verbundenen Elementen (separated text with element connectedness)

Es sind damit genau 11 Versuchsbedingungsvergleiche erlaubt, welche eine Interpretation des Ergebnisses zulassen. Folgendes Beispiel soll nochmals die Bedeutung der Ceteris-Paribus-Regel unterstreichen: Würde man die integrierte Bedingung mit gemeinsamer Region der separierten Bedingung gegenüberstellen, dann könnte man nicht die Unterschiede in den Lernergebnissen einem einzigen Merkmal zuweisen, da einerseits die Nähe des Texts zur Abbildung, andererseits aber auch der Rahmen um die gesamte Animation herum zum Unterschied im Lernergebnis beigetragen haben könnte. Die Ceteris-Paribus-Regel lässt also nur Interpretationen von Ergebnissen „unter sonst gleichen Bedingungen“ zu.

Die folgenden vier in der Tabelle kursiv markierten Versuchsbedingungsvergleiche sind wegen der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar: IT und STCR, IT und STEC, ITCR und ST, sowie ITCR und STEC. Eine Interpretation bezogen auf die Manipulation des Untersuchungsmaterials ist hier nicht erlaubt, da mehr als ein einziges Merkmal verändert wurde. Somit kann man nicht zweifelsfrei mögliche Effekte einem einzigen Merkmal zuschreiben. Allerdings ist es für Palmer durchaus legitim alle Versuchsbedingungen gegeneinander zu testen, solange man auf einer höheren Vergleichsebene bleibt, ohne dabei dann bestimmte Merkmale für das entstandene Ergebnis verantwortlich zu machen oder in diese Richtung zu interpretieren. (Stephen E. Palmer, electronic mail, September 24, 2006).

### 3. Ergebnisse

Für die Berechnung der Ergebnisse wurden die Formeln zur Varianzanalyse aus Bortz (1999) zugrundegelegt. Die Datenauswertung ist mit dem Programm SPSS for Windows 15 (2006) durchgeführt worden. Die Darstellung der Ergebnisse lässt sich grob in drei Bereiche unterteilen: Vorbereitende Analysen, Testung der Hypothesen und weiterführende Analysen.

#### 3.1 Vorbereitende Analysen

In diesem Kapitel sollen kurz einige deskriptive Ergebnisse berichtet werden, um so bereits einen Überblick für die Hypothesentests zu erhalten.

**Tabelle 3.1. Häufigkeit, sowie Mittelwert und Standardabweichung der Lernleistung zu Frage 1, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung.**

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwert von Frage 1	Standardabweichung von Frage 1
IT	115	5.06	4.12
ITCR	114	4.69	3.79
KG	116	1.00	1.46
ST	113	5.08	3.54
STCR	303	5.27	3.92
STEC	108	5.33	4.05
Gesamt	869	4.58	3.92

Aus Tabelle 3.1 ist ersichtlich, dass für die separierten Versuchsbedingungen die Lernleistung zu Frage 1 am höchsten und damit nicht konform zur ersten Hypothese war. Die Kontrollgruppe hat erwartungsgemäß den niedrigsten Wert und war damit im Einklang mit der dritten Hypothese. Insgesamt waren maximal 19 Punkte erreichbar, wie auch aus Anhang H, dem Auswertungsmanual, deutlich wird.

**Tabelle 3.2. Häufigkeit, sowie Mittelwert und Standardabweichung der Transferleistung zu den Fragen 2 bis 5, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung.**

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwerte der Fragen 2-5	Standardabweichung der Fragen 2-5
IT	115	.87	1.01
ITCR	114	.88	.93
KG	116	.52	.72
ST	113	.76	.90
STCR	303	.81	.91
STEC	108	.81	.93
Gesamt	869	.78	.91

Die Tabelle 3.2 beschreibt, dass für die integrierten Versuchsbedingungen die Transferleistung am höchsten war und damit im Kern der ersten Hypothese entsprach. Die Kontrollgruppe hat wie erwartet den niedrigsten Wert und erfüllte dadurch die dritten Hypothese. Insgesamt wurden maximal fünf Punkte erreicht, wohingegen bei Moreno et al. (1999) neun Punkte maximal erreicht werden konnten. Die Differenz zwischen meinem und dem Experiment von Moreno et al. (1999) erklärt sich dadurch, dass die Maximalpunktzahl als diejenige Punktzahl definiert ist, welche von der besten Versuchsperson im jeweiligen Experiment erreicht worden ist. Für die Transferfragen gab es dabei keinerlei Beschränkung, jede richtige Antwort wurde gewertet, eine höhere oder niedrigere Punktzahl wäre also auch möglich gewesen. Das Verfahren zur Bewertung wird auch detailliert im Auswertungsmanual, beziehungsweise in Anhang H, beschrieben.

### **3.2 Testung der Hypothesen**

In diesem Abschnitt werden die in Kapitel 1.2.6 festgelegten Hypothesen getestet: Der Vorteil der integrierten gegenüber der separierten Versuchsbedingung, der nichtvorhandene Vorteil der integrierten Versuchsbedingung gegenüber den verknüpften Versuchsbedingungen, der pauschale Nachteil der Versuchsbedingung ohne beschreibenden Text und ob es Unterschiede gab zwischen der Novizengruppe und dem Rest der Stichprobe.

### 3.2.1 Ergebnisse für die Lernleistung

Tabelle 3.3. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für die Lernleistung. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.52	<b>99.92***</b>	.01	.24	.25
ITCR	----	----	<b>95.43***</b>	.66	1.91	1.52
KG	----	----	----	<b>131.20***</b>	<b>130.61***</b>	<b>116.46***</b>
ST	----	----	----	----	.21	.25
STCR	----	----	----	----	----	.02
STEC	----	----	----	----	----	----

\*\*\* p < 0.001

Tabelle 3.3 schildert positiv für die dritte Hypothese, dass die Darstellung ohne beschreibenden Text signifikant schlechter war. Allerdings hat ebenso die integrierte gegenüber der separierten Versuchsbedingung schlechter abgeschnitten, womit die erste Hypothese über den Vorteil der integrierten Versuchsbedingung abgelehnt wurde. Dafür konnte die zweite Hypothese bestätigt werden, da die integrierte Versuchsbedingung den drei verknüpften Versuchsbedingungen (ITCR, STCR und STEC) nicht überlegen war.

### 3.2.2 Ergebnisse für die Transferleistung

Tabelle 3.4. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für die Transferleistung. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.01	<b>9.43**</b>	.74	.32	.24
ITCR	----	----	<b>10.80***</b>	.91	.42	.33
KG	----	----	----	<b>5.17*</b>	<b>9.82**</b>	<b>6.80**</b>
ST	----	----	----	----	.26	.13
STCR	----	----	----	----	----	.01
STEC	----	----	----	----	----	----

\* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001

Aus Tabelle 3.4 wird ersichtlich, dass die Transferleistung in der Versuchsbedingung ohne beschreibenden Text signifikant schlechter war im Vergleich zu allen anderen Versuchsbedingungen, die dritte Hypothese wurde damit verifiziert. Jedoch ist kein signifikanter Vorteil der integrierten gegenüber der separierten Versuchsbedingung gefunden worden, womit entsprechend die erste Hypothese abgelehnt wurde. Die zweite Hypothese über den nichtvorhandenen Vorteil der integrierten gegenüber den verknüpften Versuchsbedingungen wurde hingegen bestätigt.

### 3.2.3 Ergebnisse für die Novizengruppe

Nach Mayer (1997) sollten Lernende mit geringem Vorwissen besonders stark von der Umgehung der negativen Aspekte des split-attention effect profitieren können. Wie bereits in Kapitel 2.5.1 festgestellt worden war, bestand die Novizengruppe in der vorliegenden Online-Untersuchung aus 484 Personen, welche beim vorher selbsteingeschätzten Vorwissen sechs oder weniger Punkte erzielt hatten.

Zur Absicherung der vierten Hypothese wurden zwei Varianzanalysen gerechnet mit der Gruppenzugehörigkeit (Novizen vs. Rest) als unabhängige Variable und mit der jeweiligen Lern- oder Transferleistung als abhängige Variablen.

Die durchgeführte Varianzanalyse zur Lernleistung führte zu einem nicht signifikanten Ergebnis mit  $F(1,867) = 1.47$ ,  $p < 0.3$ . Die Nullhypothese wurde beibehalten, es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in der Lernleistung.

Auch die durchgeführte Varianzanalyse zur Transferleistung führte zu einem nicht signifikanten Ergebnis mit  $F(1,867) = 1.30$ ,  $p < 0.3$ . Die Nullhypothese wurde beibehalten, es gab auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in der Transferleistung.

Der restliche Teil der Stichprobe unterschied sich damit in seinen Ergebnissen nicht signifikant von der sogenannten Novizengruppe. Die Nullhypothese konnte damit nicht verworfen werden. In Anhang I finden sich weitere deskriptive Ergebnisse zur Novizen- und zur Restgruppe, wobei dort auch deutlich wird, dass die Novizengruppe in der integrierten Versuchsbedingung deutliche schlechtere Ergebnisse erzielt hatte als in der separierten Bedingung. Dieses Ergebnis spricht gegen die zusätzliche Generierung von kreativen Lösungen bei Transferaufgaben, wie eigentlich von Mayer et al. (1995) für die Novizengruppe behauptet wurde.

### 3.3 Weiterführende Analysen

Da die Ergebnisse für die erste Hypothese nicht erwartungsgemäß ausgefallen sind, wurden weiterführende Analysen durchgeführt. Besonders relevant war hierbei die Tatsache, dass in der integrierten Versuchsbedingung zwar ein höherer Mittelwert bei der Transferleistung erreicht wurde als in der separierten Versuchsbedingung, der Unterschied aber so gering ist, dass er kaum ins Gewicht fällt.

Ich nehme dies zum Anlass, um weitere Analysen durchzuführen. Im ersten Schritt wird eine deskriptive Analyse der einzelnen Transferfragen durchgeführt.

#### 3.3.1 Deskriptive Zusatzanalyse der Transferfragen

**Tabelle 3.5. Mittelwerte der einzelnen Transferfragen in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung.**

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwerte der entsprechenden Transferfragen			
		Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5
IT	115	.22	.31	.20	.14
ITCR	114	.22	.32	.17	.18
KG	116	.17	.11	.04	.19
ST	113	.15	.33	.12	.17
STCR	303	.19	.32	.16	.15
STEC	108	.18	.30	.22	.11
Gesamt	869	.19	.29	.15	.15

Tabelle 3.5 beschreibt die Mittelwerte der einzelnen Transferfragen. Grundsätzlich müsste man sehr niedrige Werte bei der Kontrollbedingung erwarten, welche aber nur bei den Fragen 3 und 4 erreicht wurden. Am widersprüchlichsten ist aber das Ergebnis für die Frage 5, da dort die Kontrollbedingung einen höheren Mittelwert als alle anderen Versuchsbedingungen erreicht. Im folgenden Kapitel soll daher überprüft werden, welche Transferfragen zwischen Aufgabenlöser und Aufgabennichtlöser trennen konnten und welche nicht.

### 3.3.2 Weiterführende Analysen der einzelnen Transferfragen

Wie bereits erläutert, sind die Fragen 2 bis 5 als Transferfragen gestellt worden und damit relevant für die Transferleistung der einzelnen Versuchsperson. Wegen der mehrdeutigen Ergebnisse wurden Varianzanalysen durchgeführt mit der Versuchsbedingung als unabhängiger Variable und mit der Punktzahl bei der jeweiligen Transferfrage als abhängiger Variable. Dieses Vorgehen soll über die Validität der einzelnen Transferfragen Auskunft geben.

**Tabelle 3.6. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 2. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.**

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.01	.70	1.44	.55	.54
ITCR	----	----	.76	1.52	.61	.59
KG	----	----	----	.18	.09	.01
ST	----	----	----	----	.63	.22
STCR	----	----	----	----	----	.04
STEC	----	----	----	----	----	----

Es fanden sich keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsbedingungen in Tabelle 3.6, insbesondere zwischen der Kontrollbedingung und den anderen Versuchsbedingungen, womit die Validität von Frage 2 als Transferfrage angezweifelt werden muss. In den Anmerkungen der Versuchspersonen wurde sehr oft berichtet, dass nicht klar war, was genau mit der Frage „*Was könnten Sie tun, um die Intensität des Blitzes zu verringern?*“ gemeint war.

**Tabelle 3.7. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 3. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.**

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.01	<b>10.22**</b>	.04	.01	.06
ITCR	----	----	<b>10.84**</b>	.02	.01	.08
KG	----	----	----	<b>11.95**</b>	<b>13.58***</b>	<b>11.07**</b>
ST	----	----	----	----	.01	.19
STCR	----	----	----	----	----	.15
STEC	----	----	----	----	----	----

\*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001

Die fett hervorgehobenen Ergebnisse in Tabelle 3.7 zeigen, dass die Kontrollbedingung im Vergleich mit jeder anderen Versuchsbedingung signifikant schlechter war. Es bestehen daher keine begründeten Zweifel an der Validität von Frage 3 als Transferfrage.

**Tabelle 3.8. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 4. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.**

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.42	<b>14.04***</b>	3.11	.86	.16
ITCR	----	----	<b>9.71**</b>	1.25	.02	1.09
KG	----	----	----	<b>4.13*</b>	<b>10.73**</b>	<b>16.99***</b>
ST	----	----	----	----	1.41	<b>4.60*</b>
STCR	----	----	----	----	----	2.00
STEC	----	----	----	----	----	----

\* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001

Auch für Frage 4 zeigen die fett markierten Ergebnisse von Tabelle 3.8, dass die Versuchspersonen in der Kontrollbedingung im Vergleich mit jeder anderen Versuchsbedingung signifikant schlechter abgeschnitten haben. Zusätzlich war die Bedingung mit dem Faktor der Verbundenheit der Elemente statistisch signifikant besser als die separierte Versuchsbedingung. Es bestehen damit auch bei dieser Frage keine begründeten Zweifel an der Validität als Transferfrage.

**Tabelle 3.9. F-Werte der Versuchsbedingungsvergleiche für Frage 5. Kursive Werte sind aufgrund der Ceteris-Paribus-Regel nicht eindeutig interpretierbar.**

	IT	ITCR	KG	ST	STCR	STEC
IT	----	.53	.90	.31	.02	.37
ITCR	----	----	.07	.02	.56	1.86
KG	----	----	----	.14	1.12	2.36
ST	----	----	----	----	.30	1.29
STCR	----	----	----	----	----	.75
STEC	----	----	----	----	----	----

Die Validität von Frage 5 als Transferfrage muss anhand der Tabelle 3.9 angezweifelt werden, da sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsbedingungen gezeigt haben, insbesondere zwischen der Kontrollbedingung und den anderen Versuchsbedingungen. Die Versuchspersonen empfanden diese Frage gleichbedeutend mit Frage 1, also der Beschreibung wie ein Blitz entsteht und waren dadurch verwirrt. Einige Versuchspersonen verzichteten auf die Beantwortung der Frage und verwiesen auf ihre gegebene Antwort zu Frage 1, welche allerdings für Frage 5 nicht nochmals gewertet wurde. Zusätzlich profitierte die Kontrollbedingung von der Animation ohne beschreibenden Text, da für die Beantwortung der Frage die Temperaturdifferenzen innerhalb der Wolke, beziehungsweise die Ladungsdifferenzen zwischen Wolke und Erde, wichtig waren. Da die Animation vorrangig genau diese beiden Punkte visualisierte, was auch aus der Darstellung in Anhang F deutlich wird, erreichte die Kontrollbedingung für Frage 5 das beste Ergebnis von allen Versuchsbedingungen.

Zusammenfassend kann man also festhalten, dass die Transferfragen 2 und 5 nicht valide waren. Es bestehen berechtigte Zweifel, ob tatsächlich die Transferleistung mit diesen beiden Fragen erfasst wurde.

### **3.4 Ergänzende Ergebnisse zum Experiment**

Bei der Planung des Experiments wurde versucht mögliche Störvariablen zu kontrollieren, beziehungsweise zu beseitigen. Die wichtigste Manipulation war hierbei die Durchführung des Experiments in einem Popup-Fenster mit der gleichzeitigen Deaktivierung der „Alt“- , „Strg“- und „Alt Gr“-Tasten der Tastatur, sowie der rechten

Maustaste. Diese Tasten dienen unter anderem dazu, die ausgeblendeten Menüleisten im Browser zu aktivieren oder per Tastenkombination Texte zu kopieren. Da die Untersuchung im Internet ablief, wäre es ohne weiteres möglich gewesen, zum Beispiel mit Hilfe einer Suchmaschine wie Google, sich lösungsrelevante Informationen zu beschaffen und per Tastenkombination einzufügen, um so bei den Antworten durch Hilfsmittel zu betrügen.

Eine weitere untersuchte Variable war die Verweildauer zwischen den einzelnen Abschnitten der Untersuchung. Bei Moreno et al. (1999) waren dabei feste Zeitbegrenzungen vorgegeben, ein schnelleres Vorankommen von einer Frage zur nächsten war also nicht möglich. Im vorliegenden Experiment wurde aus Akzeptanzgründen auf dieses Vorgehen verzichtet, um eine möglichst niedrige Abbrecherquote zu erreichen.

### 3.4.1 Ergebnisse zum Betrugsverhalten

Tabelle 3.10 zeigt die unerlaubten Tastenbetätigungen. Die Summe der unerlaubten Tastenbetätigungen ist hierbei nicht identisch mit der Anzahl der Versuchspersonen, die eine nicht erlaubte Taste betätigt haben. Etwa drei bis fünf Prozent der Versuchspersonen haben versucht bei der gleichen Frage mehrmals zu betrügen.

**Tabelle 3.10. Summe der unerlaubten Tastenbetätigungen, geordnet nach der Frage.**

	Summe der unerlaubten Tastenbetätigungen
Frage 1	207
Fragen 2 bis 5	161
Gesamt	368

Aus Tabelle 3.10 wird ersichtlich, dass die unerlaubten Tastenbetätigungen nach der ersten Frage stark nachgelassen haben. Der eingblendete Hinweis nach der Betätigung einer der unerlaubten Tasten, mit der Information über die deaktivierten Funktionen für die Dauer des Experiments, wurde von den Versuchspersonen wahrgenommen und mit großer Mehrheit auch befolgt.

### 3.4.2 Ergebnisse zur Verweildauer im Experiment

**Tabelle 3.11. Verweildauer in den entsprechenden Abschnitten des Experiments. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind gerundeten Sekunden.**

	Mittelwert	Standardabweichung
Abschnitt 1	146	342
Abschnitt 2	414	340
Gesamtverweildauer	824	329

Tabelle 3.11 gibt Aufschluss darüber, wie viel Zeit die Versuchspersonen im Schnitt in einem Abschnitt des Experiments verbracht haben. Abschnitt 1 bestand hierbei aus der Willkommenseite bis zur Seite vor dem Animationsbeginn. Abschnitt 2 hingegen war die Zeit, welche benötigt wurde nach dem Anschauen der Animation bis zur Beantwortung der letzten Transferfrage. Die Gesamtverweildauer beinhaltet die Zeiten in Abschnitt 1 und Abschnitt 2, sowie zusätzlich die Zeit zum Betrachten der Animation, sowie die Eingabe der E-Mail-Adresse und der Anmerkungen.

Wie bei Moreno et al (1999) waren für die Beantwortung der Fragen 17 Minuten vorgesehen, fünf Minuten für die erste Frage und jeweils drei Minuten für die restlichen vier Transferfragen. Umgerechnet entsprach dies 1020 Sekunden. Die Stichprobe hatte somit nur etwas über 40 % der zur Verfügung gestellten Zeit für die Beantwortung der Fragen genutzt, also für Abschnitt 2.

**Tabelle 3.12. Häufigkeit und Häufigkeit in Prozent bezüglich der Überschreitung der Zeitbegrenzung, in Abhängigkeit von der gestellten Frage.**

	Häufigkeit	Häufigkeit in Prozent
Frage 1	116	12 %
Frage 2	48	5 %
Frage 3	23	2 %
Frage 4	45	5 %
Frage 5	8	1 %

Abschließend gibt die Tabelle 3.12 einen Überblick darüber, wie oft die Versuchspersonen in Zeitnot geraten waren. Es wird deutlich, dass die Versuchspersonen bei den Transferfragen deutlich seltener in Zeitnot gerieten als bei der ersten Frage.

## 4. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit war es, für den split-attention effect zusätzliche Lösungsansätze empirisch zu testen. Die bisher verwendete Möglichkeit der räumlichen Nähe beim Wissenserwerb und –transfer von multimedialen Inhalten wurde kognitionspsychologisch um die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation von Palmer (1999) erweitert, im Detail durch den Faktor der Verbundenheit der Elemente und den Faktor der gemeinsamen Region.

Das integrierte Darstellungsformat, in dem Text und bildhafte Darstellung nah beieinander waren, war gegenüber dem separierten Darstellungsformat, in dem Text und Bild entfernt voneinander abgebildet waren, nicht überlegen und so musste die erste Nullhypothese beibehalten werden. Zwar waren die Versuchspersonen in der integrierten Darstellung bei der Transferleistung tendenziell besser als in der separierten, statistisch signifikant wurden aber nur die Unterschiede zur Kontrollbedingung. In der Lernleistung waren die Ergebnisse in den separierten Versuchsbedingungen sogar durchgängig besser als in den integrierten Bedingungen. Der klassische split-attention effect konnte also nicht empirisch verifiziert werden.

Die zweite Hypothese bezüglich der Gleichwertigkeit der verknüpften Versuchsbedingungen und der integrierten Versuchsbedingung konnte hingegen bestätigt werden. Zusätzlich zeigte sich ein positiver Trend in den separierten Versuchsbedingungen bei der Benutzung der neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation, also dem Faktor der gemeinsamen Region und dem Faktor der Verbundenheit der Elemente, die Ergebnisse in den verknüpften Versuchsbedingungen waren besser als in der separierten Versuchsbedingung. Zusätzlich führte eine artifizielle Verknüpfung der Elemente Text und Bild zu nicht signifikant schlechteren Ergebnissen, als eine räumlich nahe Darstellung dieser Elemente, die Versuchspersonen hatten also nicht signifikant weniger gelernt als in der integrierten Versuchsbedingung.

Für den Wissenserwerb und –transfer war die Animation ohne beschreibenden Text nicht ausreichend gewesen. Die dritte Hypothese wurde damit untermauert, die Animation war also nicht selbsterklärend. Allerdings traf diese Behauptung nicht auf alle Transferfragen zu: Während Frage 2 bei den Versuchspersonen zu Irritationen führte und somit alle Versuchsbedingungen hier gleichwertig waren, konnte Frage 5 von der Kontrollgruppe am besten bearbeitet werden, da für diese Frage die Animation ausreichend selbsterklärend war.

Die Ergebnisse von Mayer (1997), wonach Novizen besonders von den integrierten Formaten profitieren sollten, konnten in der vorliegenden Diplomarbeit nicht verifiziert werden. Die vierte Hypothese wurde damit verworfen.

Es bieten sich vier Erklärungsmöglichkeiten für die Nichtbestätigung der ersten Hypothese an, also dem statistisch nicht gefundenen Unterschied zwischen dem separierten und integrierten Darstellungsformat: Bodeneffekte, eine störende Interaktion der Elemente Text und Bild im integrierten Darstellungsformat, eine niedrige Elementinteraktivität des Materials und die mangelnde Validität von zwei der vier Transferfragen.

Die niedrigen Werte in der Transferleistung lassen auf Bodeneffekte in der vorliegenden Diplomarbeit schließen. Eine mögliche Begründung wäre zum Beispiel eine zu strenge Korrektur, welche allerdings anhand der getroffenen Vorkehrungen ausgeschlossen werden kann, da einerseits ein Auswertungsmanual verwendet wurde, andererseits die Beurteilerübereinstimmung akzeptable bis sehr gute Werte gezeigt hatte.

Auch die vergleichsweise kurze Bearbeitungszeit der Versuchspersonen könnte die gefundenen Bodeneffekte erklären. In der vorliegenden Diplomarbeit hatten einige Versuchspersonen die fehlende Anzeige der Restzeit bei der Beantwortung der Fragen bemängelt, so dass für zukünftige Untersuchungen erwogen werden sollte, eine entsprechende Anzeige einzubauen. Damit könnte man verhindern, dass Versuchspersonen zum Beispiel aus Angst vor einem plötzlichen Ende der Antwortzeit zu oberflächlich und zu ungenau antworten. An dieser Stelle verweise ich nochmals auf die Erkenntnisse aus meinem Vortest, in dem die Versuchspersonen durch die Anzeige der verbliebenen Zeit abgelenkt wurden, weswegen ich auf die Anzeige verzichtet habe. Welcher Nachteil nun schwerer wiegt, kann an dieser Stelle nicht abschließend festgestellt werden.

Auch eine feste Beantwortungsdauer pro Frage wie bei Moreno et al. (1999) könnte zu einer längeren Beschäftigung mit der Aufgabenstellung führen. Wie bereits in Kapitel 2.4.1 beschrieben, hatte ich mich allerdings für ein selbstverantwortliches Voranschreiten der Versuchspersonen durch die Fragen entschieden. Ein starres Zeitfenster zur Beantwortung der gestellten Fragen hätte sicherlich weitere Akzeptanzprobleme für das Experiment aufgeworfen, da die Interaktion aus der Nutzerperspektive zu gering gewesen wäre. Zusätzlich war die Bereitschaft zur Angabe von Freitextantworten bei dieser Online-Untersuchung eher niedrig, wie mir viele Teilnehmerkommentare bestätigten. Somit kann wohl eine Kombination aus Unlust bei der Beantwortung und Unsicherheit über die exakte Bearbeitungsdauer jeder einzelnen Frage die gefundenen Bodeneffekte begünstigt haben.

Eine weitere Möglichkeit zur Erklärung der durchgängig niedrigen Leistung der Versuchspersonen über alle Versuchsbedingungen hinweg könnte auch an der verwendeten Geschwindigkeit der Animation gelegen haben. Aufgrund der abgegebenen Anmerkungen war die Darstellung der Animation einigen Versuchspersonen zu langsam, anderen Personen allerdings auch zu schnell. Insgesamt waren dies aber nur vereinzelte negative Anmerkungen, die meisten Versuchspersonen fanden die Animation durchaus ansprechend, interessant und von der Zeitdauer genau richtig. Einzig die unfarbige Darstellung wurde von den Versuchspersonen vermehrt kritisiert. Bereits Kalyuga, Chandler und Sweller (1999) hatten in ihren Experimenten zu elektrischen Schaltungen den Nutzen von farbigen Abbildungen nachgewiesen. Auch in der vorliegenden Diplomarbeit wäre die Nutzung von Farben bei der verwendeten Animation sicherlich förderlich für den Lernerfolg gewesen. Da aber einerseits das Material von Moreno et al. (1999) ebenfalls nicht farbig war und andererseits nur so die Ceteris-Paribus-Regel in Zusammenhang mit den neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation erfolgreich umgesetzt werden konnte, war die nicht farbige Umsetzung so beabsichtigt. Eine farbige Darstellung hätte zu einer Verletzung der Ceteris-Paribus-Regel geführt, da man so im Einzelfall nicht die verantwortlichen Faktoren bei unterschiedlichen Ergebnissen zwischen den Versuchsbedingungen hätte benennen können.

Als zweite Erklärungsmöglichkeit für die nicht erreichte Verifizierung der ersten Hypothese kann die Kritik der Versuchspersonen an der hohen räumlichen Nähe zwischen Bild und Text angesehen werden. Die Versuchspersonen kritisierten hierbei, dass die Animation in den integrierten Darstellungsformaten teilweise zu unübersichtlich gewirkt habe. Hierbei kann nur angemerkt werden, dass ich mich strikt an die Vorgabe von Moreno et al. (1999) bezüglich der räumlichen Nähe hielt und zusammenhängenden Text und Bild so nah wie möglich anordnete und nicht aus ästhetischen Gründen weiter entfernt platzierte. Auch Mayer (2001) machte keine expliziten Vorgaben, sondern gab nur den Hinweis, dass Text und passendes Bild so nah wie möglich zusammen dargestellt werden sollten. Zwar wurde auch in meinem Vortest die teilweise zu nahe Zusammenstellung von Bild und Text kritisiert, da es aber bisher keine nachteiligen Ergebnisse in der Literatur gab und Moreno et al. (1999) explizit vor ästhetischen Argumenten gewarnt hatten, sah ich keine theoretische Begründung, die Anordnung der Elemente entsprechend zu ändern.

Als dritte Auslegungsmöglichkeit zu den bereits genannten Punkten könnte man die Frage stellen, ob das vorliegende Material tatsächlich eine hohe Elementinteraktivität

hatte. Da das zu lernende Material sich teilweise von dem von Moreno et al. (1999) unterschieden hatte, könnte es sich eventuell auch nicht um Material mit hoher Elementinteraktivität gehandelt haben. So fand Ginns (2006) in seiner Metaanalyse für Aufgaben mit geringer Elementinteraktivität nur sehr niedrige Effekte für den split-attention effect. Da die Leistungen in allen Bedingungen meiner Online-Untersuchung sehr niedrig waren, ist es eher unwahrscheinlich, dass die Aufgaben einen zu geringen intrinsic cognitive load verursacht haben, dass also die Aufgaben zu einfach waren. Im Gegenteil, nach Beendigung des Experiments wurde der hohe Schwierigkeitsgrad von vielen Versuchspersonen kritisiert, womit auch kein expertise reversal effect nach Kalyuga et al. (2003) in Frage kam, dass also zu viele Informationen vermittelt wurden. Ebenso kann mit großer Sicherheit die hohe Anzahl von Abbrechern, insgesamt 1436 von 2387 Personen, in diese Richtung interpretiert werden. Da das verwendete Material in seinen Einzelteilen aber bereits eingeführt war und ich mich bei der Konstruktion an die Vorgaben des Originalmaterials von Mayer et al. (1995), beziehungsweise Moreno et al. (1999), hielt, kann eine niedrige Elementinteraktivität ausgeschlossen werden, da bereits Ginns (2006) das Originalmaterial mit hoher Elementinteraktivität charakterisiert hatte.

Als vierte und letzte Erklärungsmöglichkeit zur nicht erreichten Bekräftigung der ersten Hypothese bietet sich die Validität der Transferfragen an. Die Transferfragen hatten teilweise sehr unscharf zwischen Aufgabenlösern und –nichtlösern getrennt, insbesondere bei den Fragen 2 und 5, weswegen hier die Validität der Fragen angezweifelt werden kann. Durch die hohen Werte der Kontrollbedingung bei beiden Fragen ist es nicht deutlich, was mit den beiden Transferfragen genau gemessen wurde.

Man kann also zusammenfassend Kritik an der Operationalisierung der Variablen üben, da der erwartete split-attention effect, also die Dominanz des integrierten Darstellungsformats gegenüber dem separierten Darstellungsformat, nicht eintrat. Die gestellten Aufgaben waren für die Versuchspersonen zu schwer und es bildeten sich damit die bereits erklärten Bodeneffekte für die Transferfragen. Allerdings wurde die Robustheit des split-attention effect schon früher auch von Mayer et al. (1995) nur unter bestimmten Bedingungen postuliert, wovon sich aber Mayer (2001) in seinem Buch größtenteils wieder distanziert hatte. Sowohl die Ergebnisse meiner Diplomarbeit, als auch die Ergebnisse von Michas et al. (2000) und Bodemer et al. (2004), lassen aber trotzdem Zweifel an der Allgemeingültigkeit des Effekts aufkommen.

Die mangelhafte Operationalisierung der Variablen ist ebenfalls verantwortlich für die Nichtbestätigung der vierten Hypothese und damit einhergehend, dass die Novizen nicht mehr kreative Lösungen bei den Transferfragen entwickelt haben als der Rest der Stichprobe. Wie auch aus den deskriptiven Ergebnissen in Anhang I ersichtlich wird, unterschieden sich die Novizen vom Rest der Stichprobe nicht signifikant, eine Aufteilung der Stichprobe in zwei Gruppen wäre nicht statthaft gewesen. Ich hatte dieses Problem leider nicht vorhergesehen, zumal auch Mayer (2001) niemals von solchen Schwierigkeiten berichtet hatte. Für zukünftige Untersuchungen würde ich daher vorschlagen, neben der Erfassung des selbsteingeschätzten meteorologischen Vorwissens, zusätzlich einen Pretest vor der eigentlichen Untersuchung durchzuführen, um den tatsächlichen Wissensstand abzufragen. Aus Gründen der Akzeptanz und der vereinfachten Auswertung würde ich Multiple-Choice-Fragen zum entsprechenden Thema empfehlen. Der Inhalt des verwendeten Materials, also die Entstehung von Blitzen, fand bei den Versuchspersonen ein überwiegend sehr positives Echo, weshalb das Untersuchungsmaterial durchaus nochmals verwendet werden könnte.

Die Bestätigung der zweiten Hypothese, also die nichtvorhandene Überlegenheit des integrierten Darstellungsformats gegenüber den verknüpften Darstellungsformaten, passt gut zu den Befunden von Palmer (1999), mit denen er seine neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation bestätigte. Auch dass die Animation nicht selbsterklärend war und damit die dritte Hypothese unterstützt wurde, spricht für das konstruierte Material, welches nach den Prinzipien von Mayer et al. (1995) konstruiert war, also anhand einer Serie von Text und passenden Bildern erklärt hat, wie ein bestimmtes System funktioniert. Eine zu testende Alternativmöglichkeit wäre allerdings, ob die bildhafte Darstellung nicht notwendig gewesen wäre. Eventuell wäre die alleinige Darbietung des Texts ausreichend gewesen, wobei aber viele positive Anmerkungen der Versuchspersonen im durchgeführten Experiment gegen diese Annahme sprechen. Bei einer Überprüfung dieser Möglichkeit könnte der zu lernende Text sofort und vollständig dargestellt werden, oder aus einer Textpräsentation mit mehreren Sequenzen bestehen, wobei nach den Ergebnissen von Michas et al. (2000) beide Darbietungsformen zu keinem Unterschied in der Leistung führen sollten.

Die Diplomarbeit ist gemessen an der Stichprobengröße wohl die bisher größte, was die Forschung um den split-attention effect angeht, da die Versuchspersonenzahlen der Studien in der Metaanalyse von Ginns (2006) meist im zweistelligen Bereich lagen, manchmal auch im sehr niedrigen dreistelligen Versuchspersonenbereich. Auch die

Durchführung meines Vortests ist methodenkritisch als positiv zu bewerten, da nach meinem bisherigen Kenntnisstand in der Forschung um den split-attention effect bisher darauf verzichtet wurde.

Von den vorliegenden Ergebnissen dürfte sowohl der Praktiker beim Design von multimedialen Lernprogrammen, als auch der Theoretiker durch einen zusätzlichen Blickwinkel bei der Betrachtung der Cognitive Load Theory und ihrer Effekte, profitieren. Der Nutzen für zukünftige multimedial gestaltete Lernprogramme liegt darin, dass man nicht mehr um jeden Preis versuchen muss, Text und Bild so nah wie nur möglich zusammen zu platzieren, sondern zum Beispiel durch die Bildung einer einfacher zu bewerkstelligen gemeinsamen Region an dieser Stelle viel Zeit und Geld sparen kann. Die Wissenschaft wiederum hat die Möglichkeit, sich nun stärker mit den Ergebnissen aus der Kognitionspsychologie beschäftigen, um weitere alternative Erklärungsmöglichkeiten für die vorhandenen Effekte der Cognitive Load Theory zu entwickeln. Mögliche Forschungsfragen könnten zum Beispiel den Fokus auf das temporal contiguity principle legen, also die asynchrone Darbietung von verbalem und nonverbalem Material, wie Text und Bild. Palmer (1999) hatte neben dem Faktor der gemeinsamen Region und dem Faktor der Verbundenheit der Elemente auch noch den Faktor der zeitlichen Synchronizität eingeführt. Dieser Faktor beschreibt, dass unterschiedliche visuelle Ereignisse, wie zum Beispiel Wort und Bild, bei gleichzeitiger Darbietung als ein Element wahrgenommen werden. Anhand dieses Faktors könnte man Experimente konstruieren, welche das temporal contiguity principle von Mayer (2001) wahrnehmungspsychologisch überprüfen und eventuell erweitern. Aber auch die Verwendung von Farben und Pfeilen als Hinweisreize an lernkritischen Stellen im separierten Darstellungsformat könnte nach Kalyuga et al. (1999) zusätzliche Lösungsmöglichkeiten für den split-attention effect hervorbringen und sollte Gegenstand zukünftiger Forschung sein, um der kognitiven Überlastung des Lernenden entgegenzuwirken.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass der split-attention effect aufgrund der Zurückweisung der ersten Hypothese nicht allgemeingültig replizierbar ist und die Wissenschaft für die Zukunft die relevanten Nebenbedingungen für das Auftreten dieses Effekts herausarbeiten muss. Im Gegensatz dazu haben die neueren Faktoren der Wahrnehmungsorganisation ihr Debüt in der Forschung um die Cognitive Load Theory aufgrund der Bestätigung der zweiten Hypothese erfolgreich bestanden, und sollten in diesem Zusammenhang weitergehend untersucht und angewendet werden.

## Literaturverzeichnis

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 89-195). New York: Academic Press.
- Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The split-attention-principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 135-146). New York, NY: Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D. (1997). *Human memory: Theory and practice* (Rev. ed.). Hove: Psychology Press.
- Beck, D. M., & Palmer, S. E. (2002). Top-down influences on perceptual grouping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1071-1084.
- Bodemer, D., Plötzner, R., Feuerlein, I., & Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction*, 14, 325-341.
- Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5. vollst. überarb. und aktualis. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin.
- Brünken, R., Plaas, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 53-61.
- Brünken, R., Plaas, J. L., & Leutner, D. (2004). How instruction guides attention in multimedia learning. In H. M. Niegemann, D. Leutner & R. Brünken (Eds.), *Instructional Design for Multimedia Learning* (pp. 113-125). Münster: Waxmann.

- 
- Camp, G., Paas, F. G. W. C., Rikers, R., & Van Merriënboer, J. J. G. (2001). Dynamic problem selection in air traffic control training: a comparison between performance, mental effort and mental efficiency. *Computers in Human Behavior*, *17*, 575-595.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, *8*, 293-332.
- Chi, M., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. Sternberg (Ed.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence* (pp. 7-75). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Dixon, P. (1991). From research to theory to practice: Commentary on Chandler and Sweller. *Cognition and Instruction*, *8*, 343-350.
- Enns, J. (1986). Seeing textons in context. *Perception and psychophysics*, *39*, 143-147.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, *102*, 211-245.
- Ginns, P. (2006). A meta-analysis of the spatial contiguity and the temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, *16*, 511-525.
- Goldman, S. R. (1991). On the derivation of instructional applications from cognitive theories: Commentary on Chandler and Sweller. *Cognition and Instruction*, *8*, 333-342.
- Goldstein, E. B. (2002). *Wahrnehmungspsychologie* (2. dt. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Horz, H. (2004). *Lernen mit Computern: Interaktionen von Personenmerkmalen in computergestützten Lernumgebungen* (23-31). Münster: Waxmann.

- 
- Jakovidou, A. (2004). *Duale Kodierung: Eine experimentelle Studie zur Theorie von Paivio*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Johnson-Laird, P. N. (1989). Mental models. In M. I. Posner (Ed.), *Foundations of cognitive science* (pp. 469-499). Cambridge, MA: MIT Press.
- Julesz, B. (1981). Textons, the elements of texture perception, and their interactions. *Nature*, 290, 91-97.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23-31.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40, 1-17.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-371.
- Kotovsky, K., Hayes, J. R., & Simon, H. A. (1985). Why are some problems hard? Evidence from Tower of Hanoi. *Cognitive Psychology*, 17, 248-294.
- Mayer, R. E. (1989). Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 81, 240-246.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia Learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32, 1-19.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31-48). New York, NY: Cambridge University Press.

- 
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? Extensions of dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 86*, 389-401.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist, 38*, 43-52.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 84*, 389-460.
- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research and Development, 43*, 31-44.
- Metzger, W. (1975). *Gesetze des Sehens* (3. Aufl.). Frankfurt: Kramer.
- Michas, I. C., & Berry, D. C. (2000). Learning a procedural task: Effectiveness of multimedia presentations. *Applied Cognitive Psychology, 14*, 555-575.
- Miller, G. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limitations on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*, 81-97.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology, 91*, 358-368.
- Paas, F. G. W. C., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology, 86*, 122-133.
- Paas, F. G. W. C., Van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills, 79*, 419-430.

- 
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist, 38*, 63-71.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Palmer, S. E. (1992). Common region: A new principle of perceptual grouping. *Cognitive Psychology, 24*, 436-447.
- Palmer, S. E. (1999). *Vision science: Photons to phenomenology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Palmer, S. E., & Rock, I. (1994). Rethinking perceptual organization: The role of uniform connectedness. *Psychonomic Bulletin & Review, 1*, 29-55.
- Palmer, S. E. & Beck, D. M. (in press). The repetition discrimination task: An objective method for studying perceptual grouping. *Psychonomic Bulletin & Review*.
- Reed, W. M., Burton, J. K., & Kelly, P. (1985). The effects of writing ability and mode of discourse on cognitive capacity engagement. *Research in the Teaching of English, 19*, 283-297.
- Salden, R. J. C. M., Paas, F., Broers, N. J., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Mental effort and performance as determinants for the dynamic selection of learning tasks in Air Traffic Control training. *Instructional Science, 32*, 153-172.
- Sims, V. K., & Mayer, R. E. (2002). Domain specificity of spatial expertise: The case of video game players. *Applied Cognitive Psychology, 16*, 97-115.
- SPSS for Windows, Rel. 15.0.0 2006. Chicago: SPSS Inc.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *The Psychology of Learning and Motivation, 43*, 215-266.

- 
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19-30). New York, NY: Cambridge University Press.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1991). Evidence for cognitive load theory. *Cognition and Instruction*, 8, 351-362.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Treisman, A. M. (1998). The perception of features and objects. In: Wright, R.D. (Ed.) *Visual attention. Vancouver studies in cognitive science*, 8, 26-54.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147-177.
- Veronikas, S., & Shaughnessy, M. F. (2005). An interview with Richard Mayer. *Educational Psychology Review*, 17, 179-189.
- Wertheimer, M. (1921). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt I. *Psychologische Forschung*, 1, 47-58.
- Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II. *Psychologische Forschung*, 4, 301-350.
- Wittrock, M. C. (1989). Generative process of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 345-376.

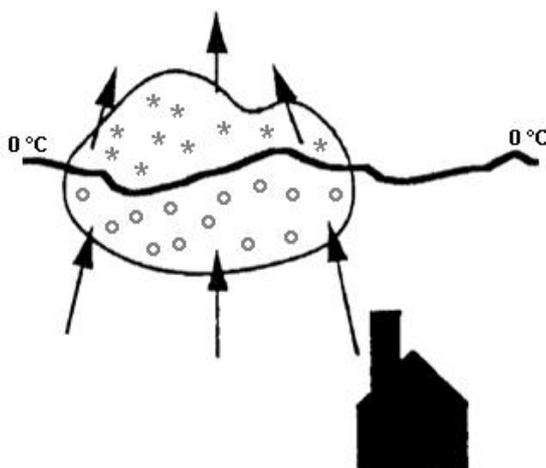
## Anhang

### Anhang A

#### Darstellung der Animation in der integrierten Bedingung (IT)

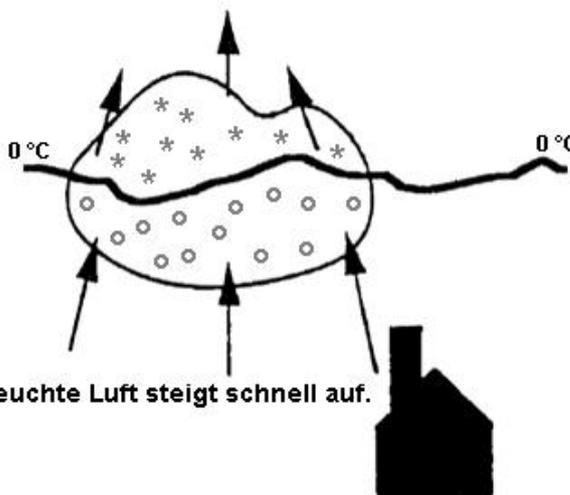
# Die Entstehung von Blitzen

Versuchsbedingung IT, Bild 1.



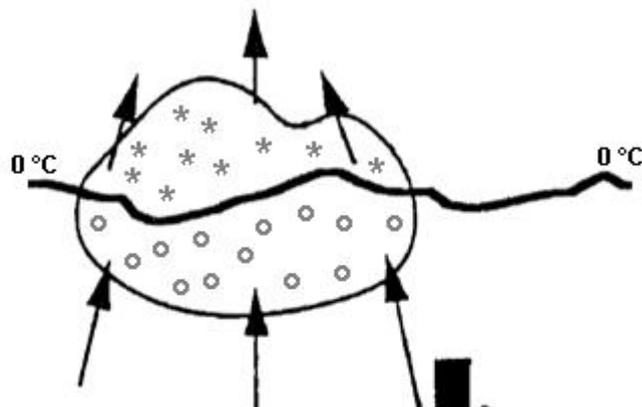
Kühle feuchte Meeresluft bewegt sich über die wärmere Erdoberfläche und wird erhitzt.

Versuchsbedingung IT, Bild 2.



Diese erwärmte feuchte Luft steigt schnell auf.

Versuchsbedingung IT, Bild 3.

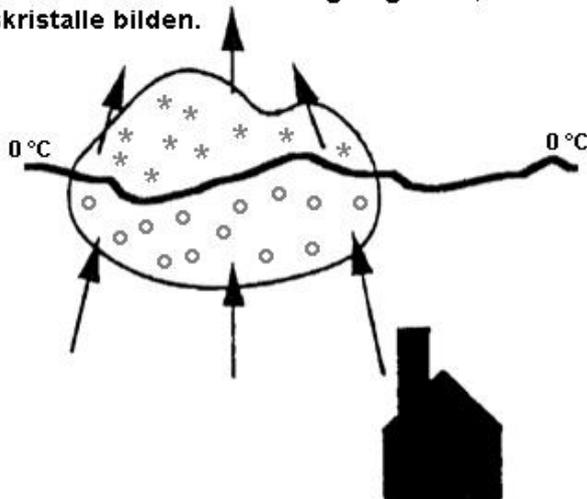


Wenn die Luft im Aufwind sich dann abkühlt, kondensiert der Wasserdampf zu Wassertropfen und es bildet sich daraus eine Wolke.

Versuchsbedingung IT, Bild 4.

---

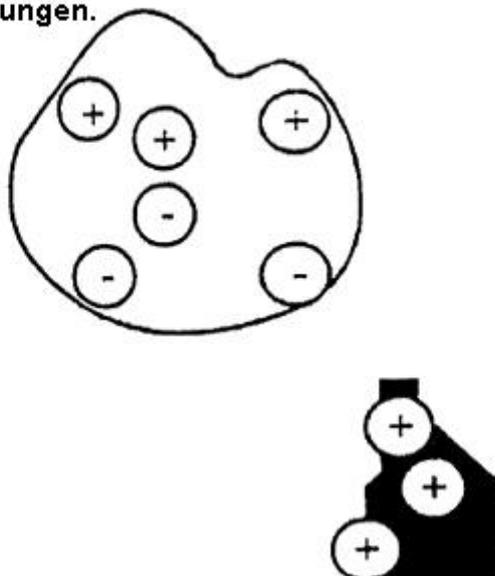
Die Wolkenobergrenze überschreitet die Nullgradgrenze, so dass sich im oberen Teil der Wolke kleine Eiskristalle bilden.



Versuchsbedingung IT, Bild 5.

---

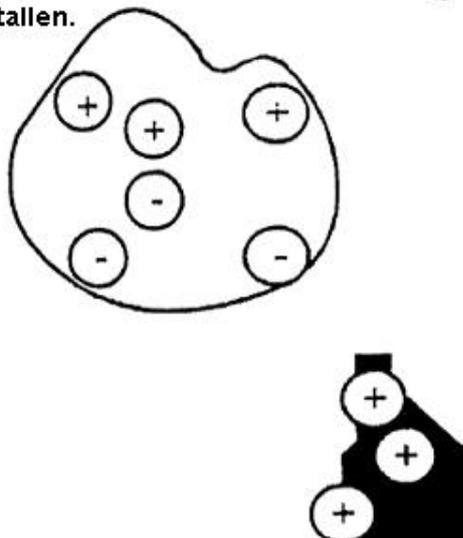
Innerhalb der Wolke sorgen Aufwinde und Abwinde für die Bildung von elektrischen Ladungen.



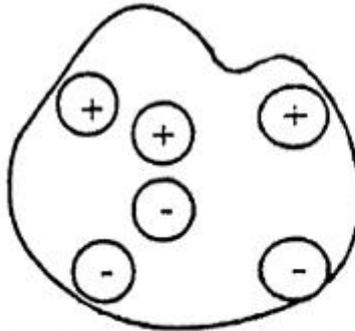
Versuchsbedingung IT, Bild 6.

---

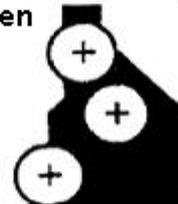
Die Ladungen entstehen durch die Kollision von aufsteigenden Wassertropfen und herabfallenden Eiskristallen.



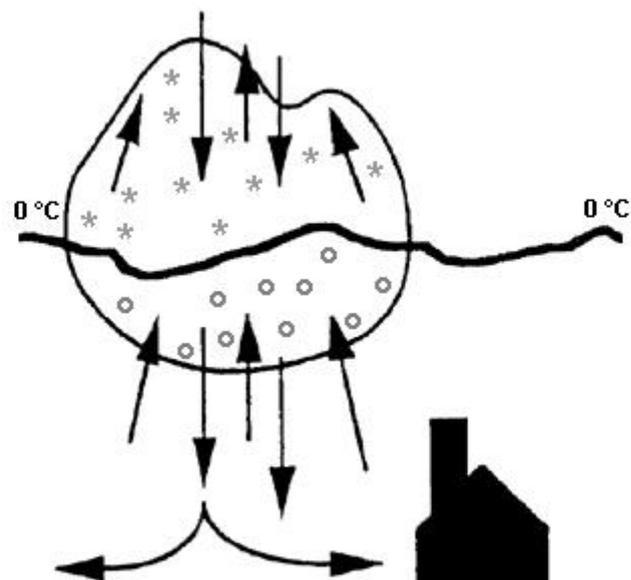
Versuchsbedingung IT, Bild 7.



Die negativ geladenen Teilchen fallen auf die Wolkenuntergrenze und die meisten der positiv geladenen Teilchen steigen auf zur Wolkenobergrenze.

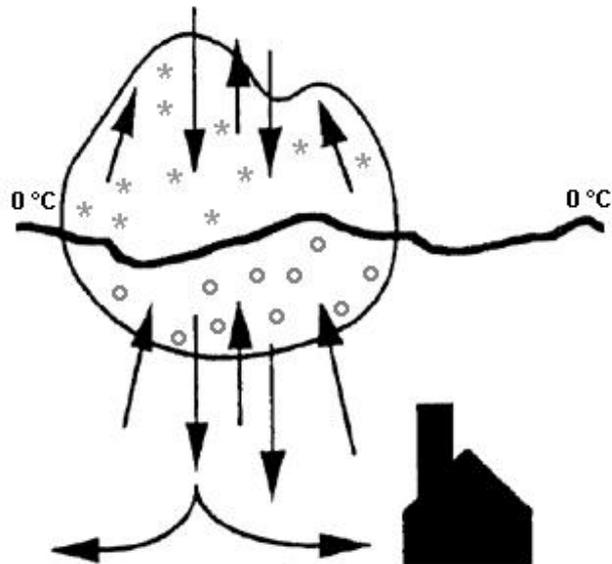


Versuchsbedingung IT, Bild 8.



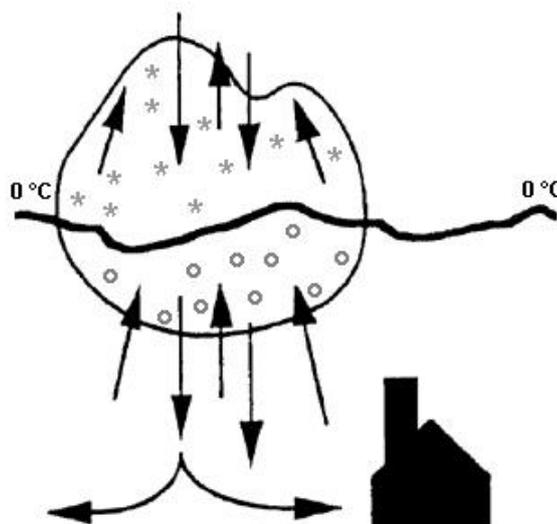
Schließlich werden die Wassertropfen und Eiskristalle zu schwer um mit den Aufwinden zu schweben.

Versuchsbedingung IT, Bild 9.



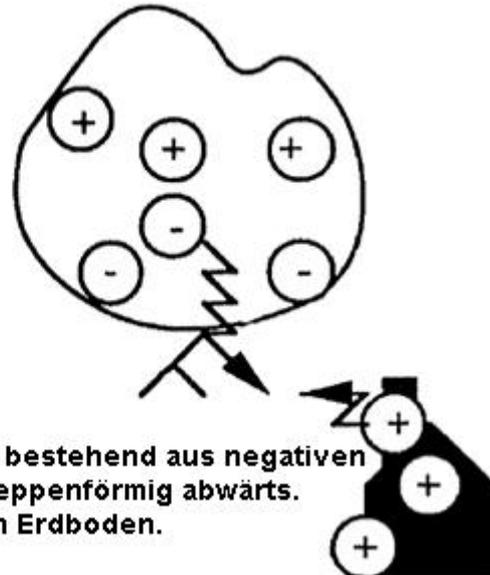
Wenn die Regentropfen und Eiskristalle durch die Wolke fallen, dann entstehen weitere Abwinde.

Versuchsbedingung IT, Bild 10.



Sobald diese Abwinde auf den Erdboden treffen, verbreiten sie sich in alle Richtungen und es entsteht eine kühle Windböe, welche Personen fühlen, kurz bevor es anfängt zu regnen.

Versuchsbedingung IT, Bild 11.



**Eine Stufenvorentladung bestehend aus negativen Ladungen bewegt sich treppenförmig abwärts. Dabei nähert sie sich dem Erdboden.**

Versuchsbedingung IT, Bild 12.



**Eine positiv geladene Stufenvorentladung wandert hoch, ausgehend von Objekten wie Bäumen und Gebäuden.**

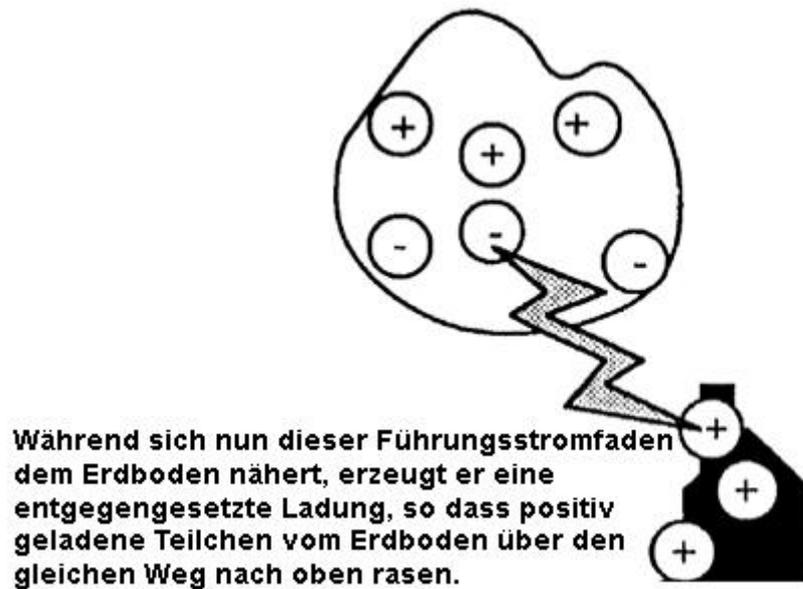
Versuchsbedingung IT, Bild 13.



Versuchsbedingung IT, Bild 14.



Versuchsbedingung IT, Bild 15.



Versuchsbedingung IT, Bild 16.



Versuchsbedingung IT, Bild 17.

Die Animation ist nun beendet.

Bitte am unteren Bildschirmrand auf "weiter" klicken.

Das Experiment wird dann fortgesetzt.

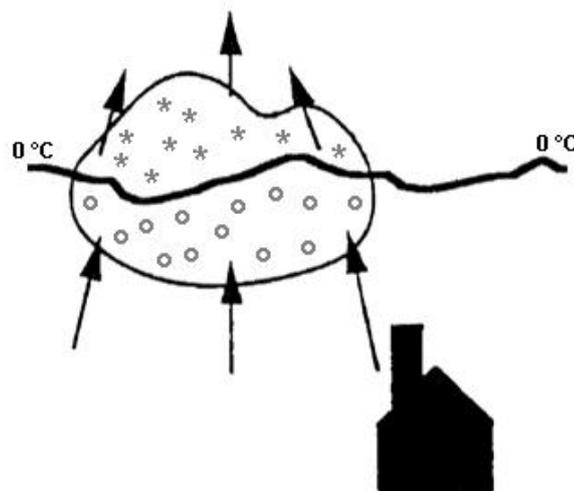
Versuchsbedingung IT, Bild 18.

## Anhang B

### Darstellung der Animation in der separierten Bedingung (ST)

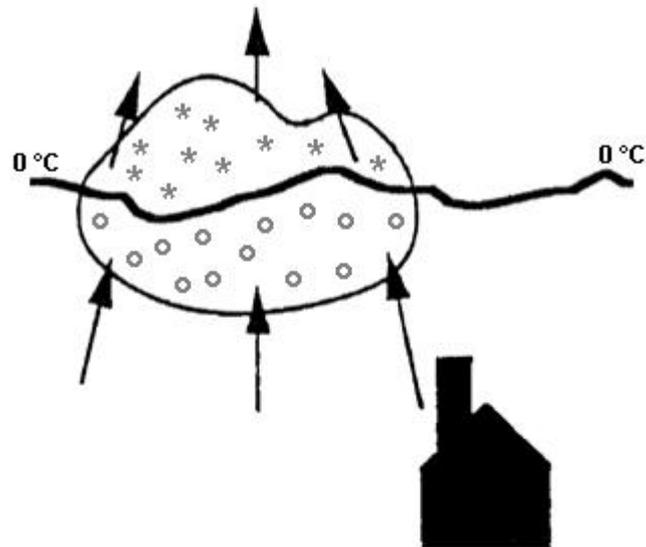
# Die Entstehung von Blitzen

Versuchsbedingung ST, Bild 1.



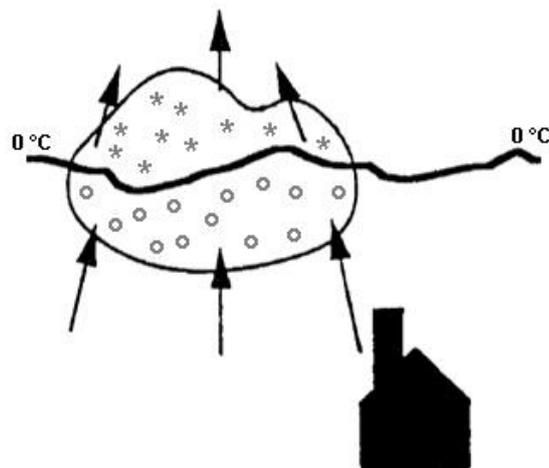
Kühle feuchte Meeresluft bewegt sich über die wärmere Erdoberfläche und wird erhitzt.

Versuchsbedingung ST, Bild 2.



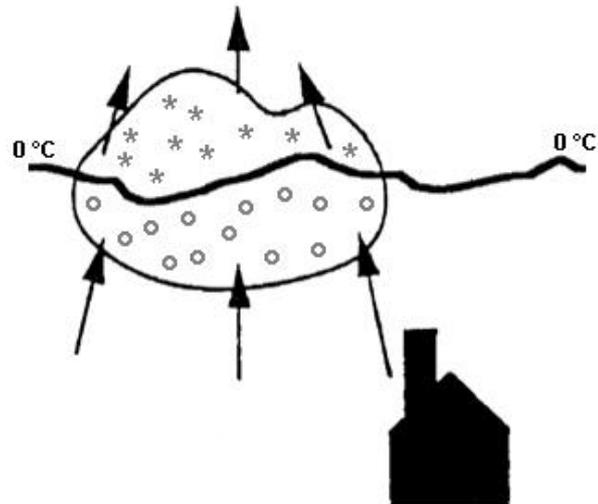
**Diese erwärmte feuchte Luft steigt schnell auf.**

**Versuchsbedingung ST, Bild 3.**



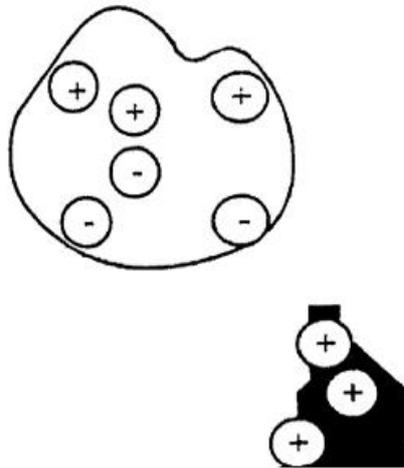
**Wenn die Luft im Aufwind sich dann abkühlt, kondensiert der Wasserdampf zu Wassertropfen und es bildet sich daraus eine Wolke.**

**Versuchsbedingung ST, Bild 4.**



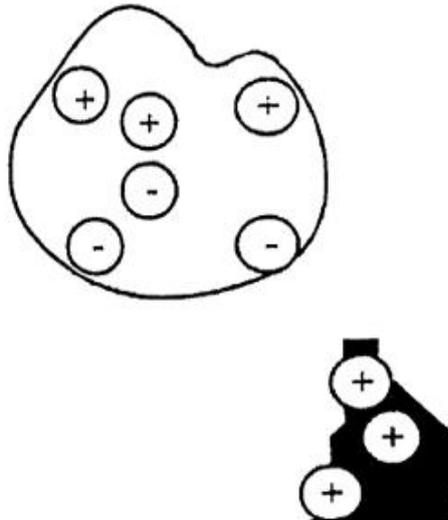
Die Wolkenobergrenze überschreitet die Nullgradgrenze, so dass sich im oberen Teil der Wolke kleine Eiskristalle bilden.

Versuchsbedingung ST, Bild 5.



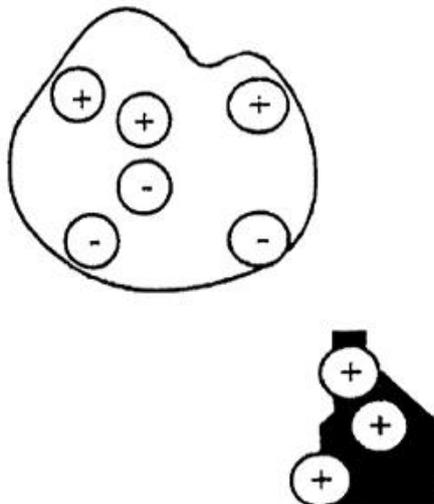
Innerhalb der Wolke sorgen Aufwinde und Abwinde für die Bildung von elektrischen Ladungen.

Versuchsbedingung ST, Bild 6.



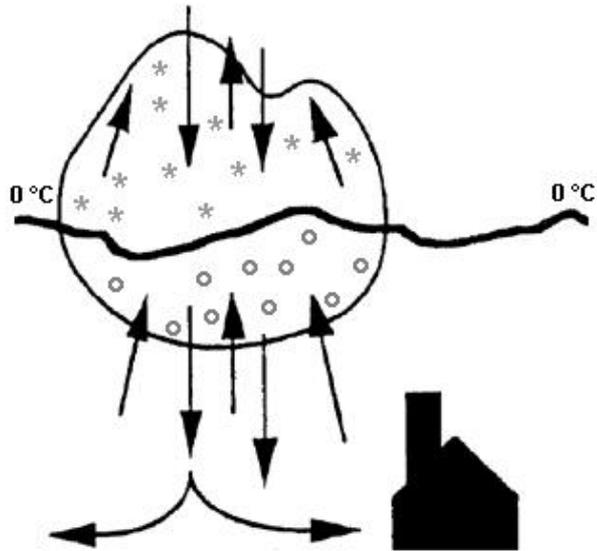
Die Ladungen entstehen durch die Kollision von aufsteigenden Wassertropfen und herabfallenden Eiskristallen.

Versuchsbedingung ST, Bild 7.



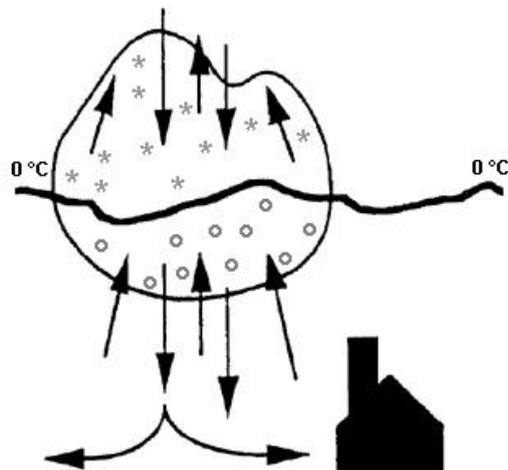
Die negativ geladenen Teilchen fallen auf die Wolkenuntergrenze und die meisten der positiv geladenen Teilchen steigen auf zur Wolkenobergrenze.

Versuchsbedingung ST, Bild 8.



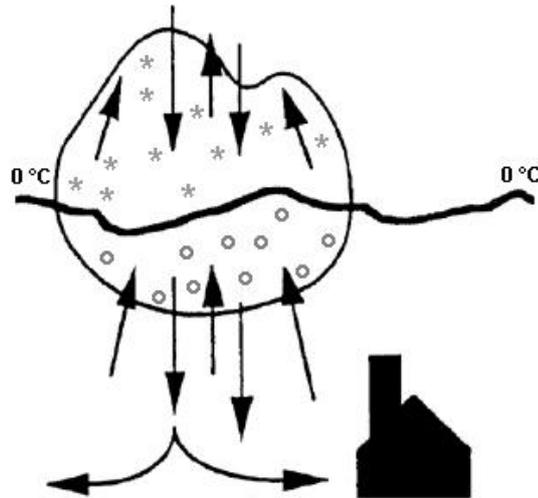
Schließlich werden die Wassertropfen und Eiskristalle zu schwer um mit den Aufwinden zu schweben.

Versuchsbedingung ST, Bild 9.



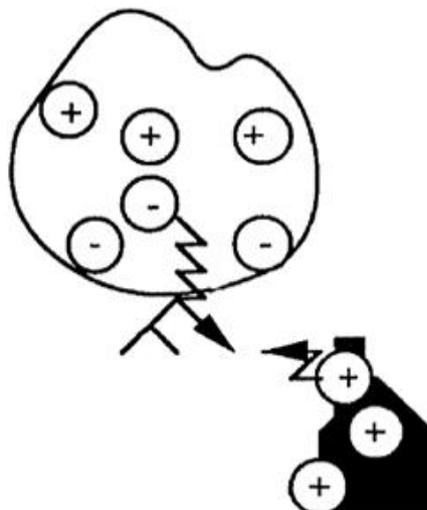
Wenn die Regentropfen und Eiskristalle durch die Wolke fallen, dann entstehen weitere Abwinde.

Versuchsbedingung ST, Bild 10.



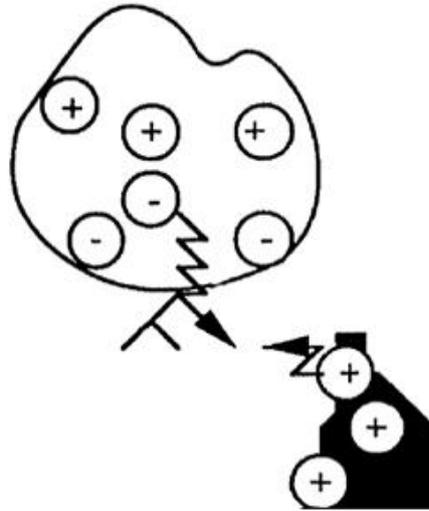
Sobald diese Abwinde auf den Erdboden treffen, verbreiten sie sich in alle Richtungen und es entsteht eine kühle Windböe, welche Personen fühlen, kurz bevor es anfängt zu regnen.

Versuchsbedingung ST, Bild 11.



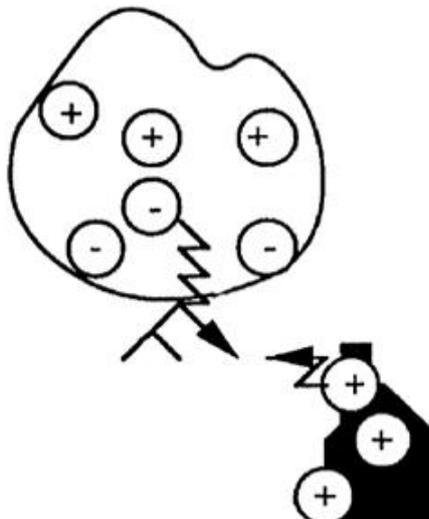
Eine Stufenvorentladung bestehend aus negativen Ladungen bewegt sich treppenförmig abwärts. Dabei nähert sie sich dem Erdboden.

Versuchsbedingung ST, Bild 12.



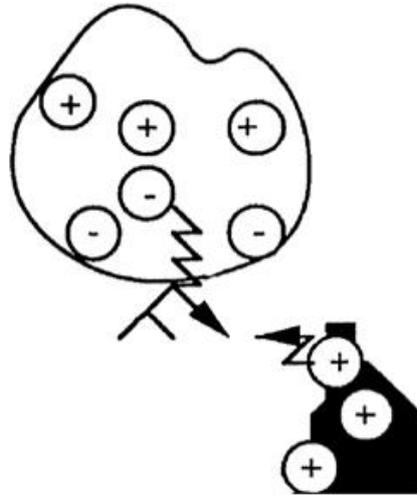
Eine positiv geladene Stufenvorentladung wandert hoch, ausgehend von Objekten wie Bäumen und Gebäuden.

Versuchsbedingung ST, Bild 13.



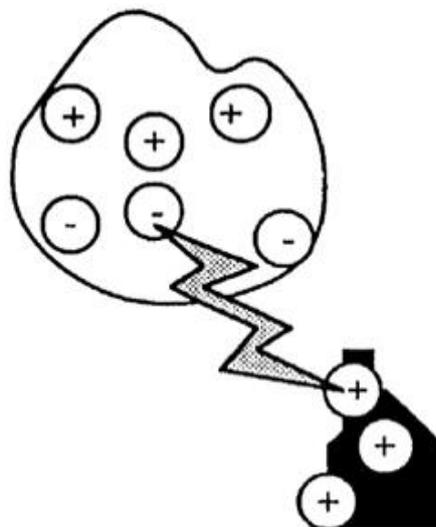
Die beiden Stufenvorentladungen treffen sich in etwa 50 Meter Höhe vom Erdboden.

Versuchsbedingung ST, Bild 14.



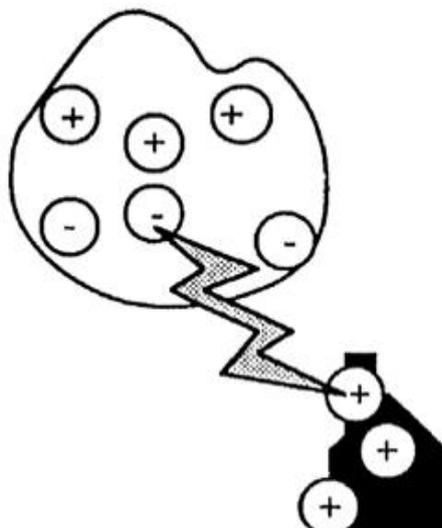
Negativ geladene Teilchen stürzen von der Wolke zum Erdboden, wobei sie dem Weg folgen, welcher durch die Stufenvorentladungen gebildet worden ist. Es entsteht dabei ein nicht sehr helles Licht.

Versuchsbedingung ST, Bild 15.



Während sich nun dieser Führungsstromfaden dem Erdboden nähert, erzeugt er eine entgegengesetzte Ladung, so dass positiv geladene Teilchen vom Erdboden über den gleichen Weg nach oben rasen.

Versuchsbedingung ST, Bild 16.



Diese laufende Aufwärtsbewegung ist der Rückblitz. Er produziert das helle Licht, was Personen als Blitzstrahl, also den eigentlichen Blitz, wahrnehmen.

Versuchsbedingung ST, Bild 17.

---

Die Animation ist nun beendet.

Bitte am unteren Bildschirmrand auf "weiter" klicken.

Das Experiment wird dann fortgesetzt.

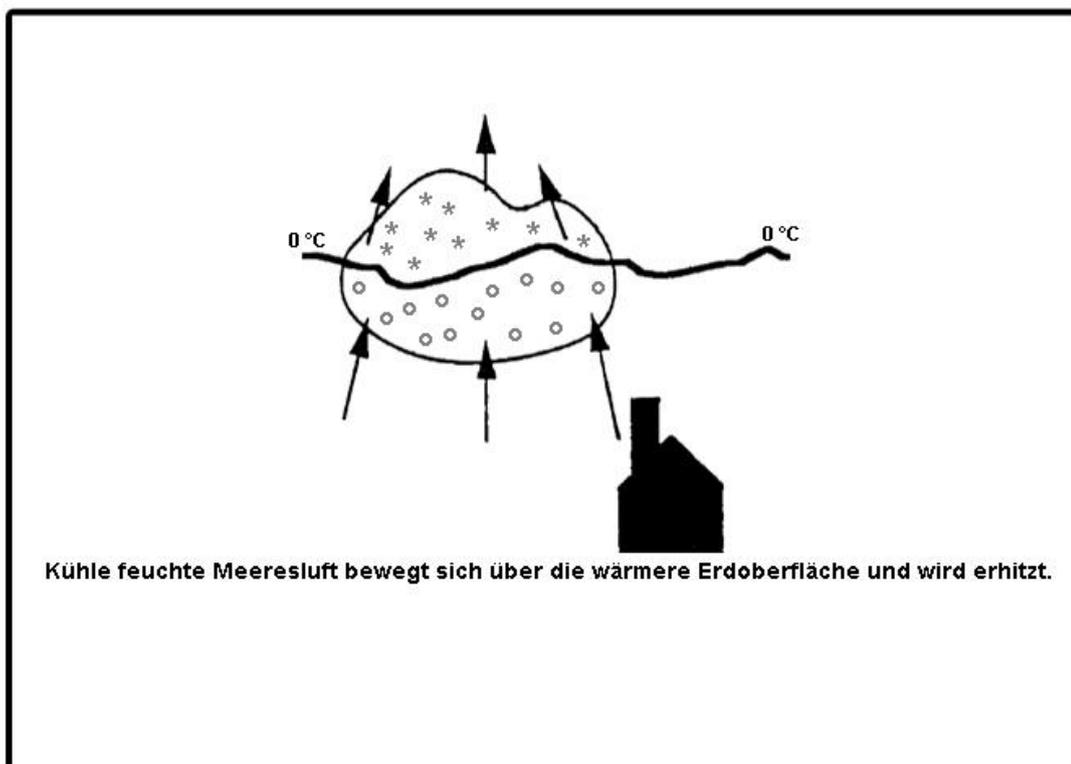
Versuchsbedingung ST, Bild 18.

## Anhang C

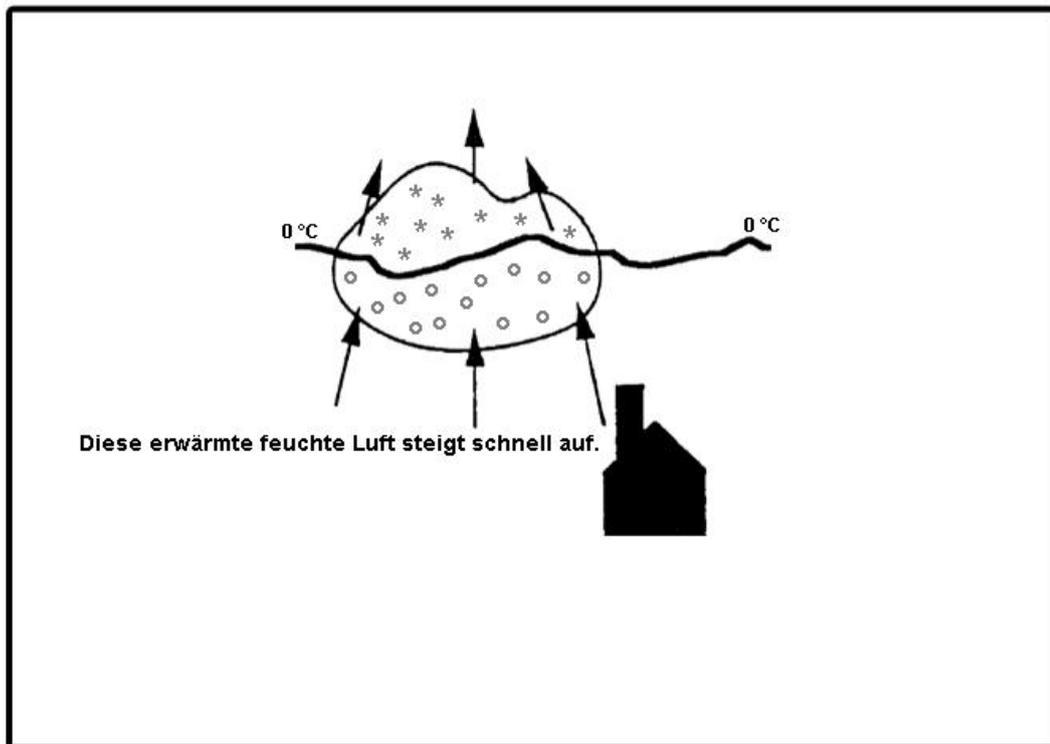
Darstellung der Animation in der integrierten Bedingung mit gemeinsamer Region (ITCR)

# Die Entstehung von Blitzen

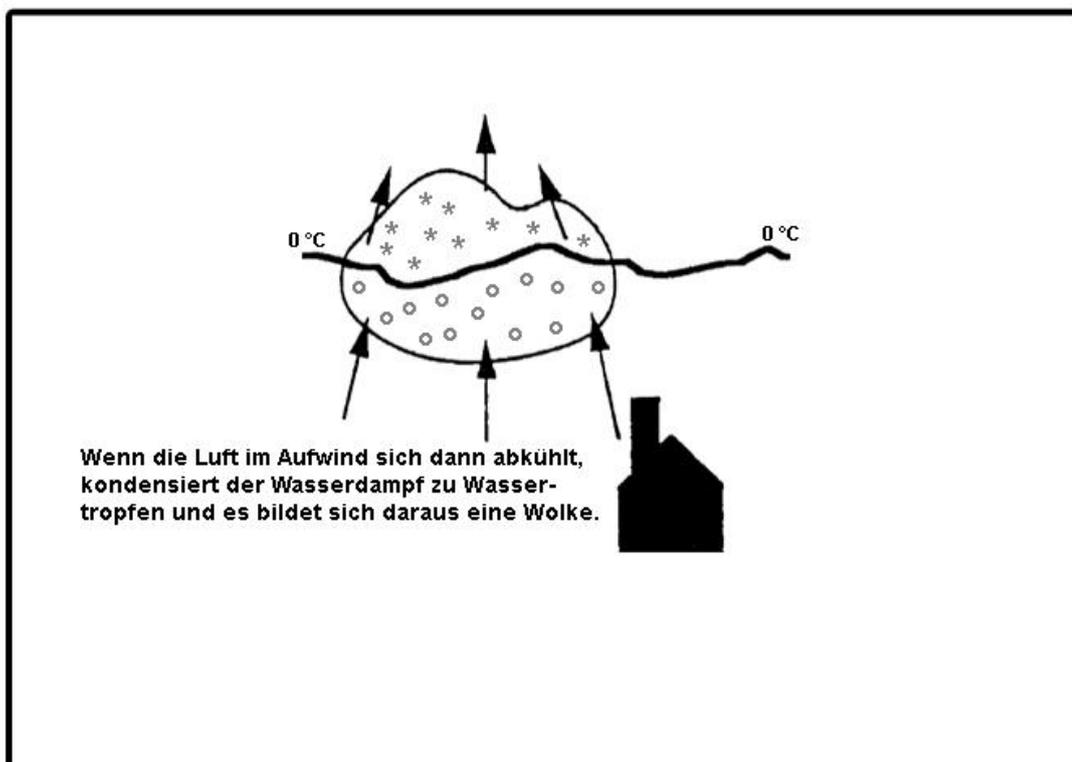
Versuchsbedingung ITCR, Bild 1.



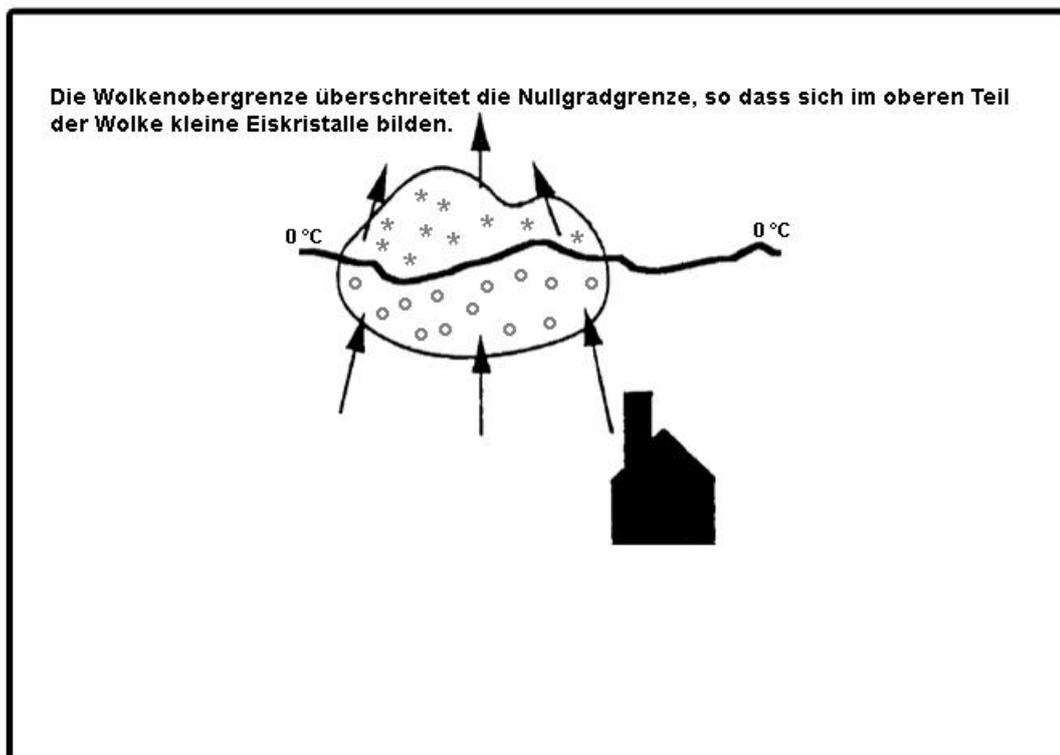
Versuchsbedingung ITCR, Bild 2.



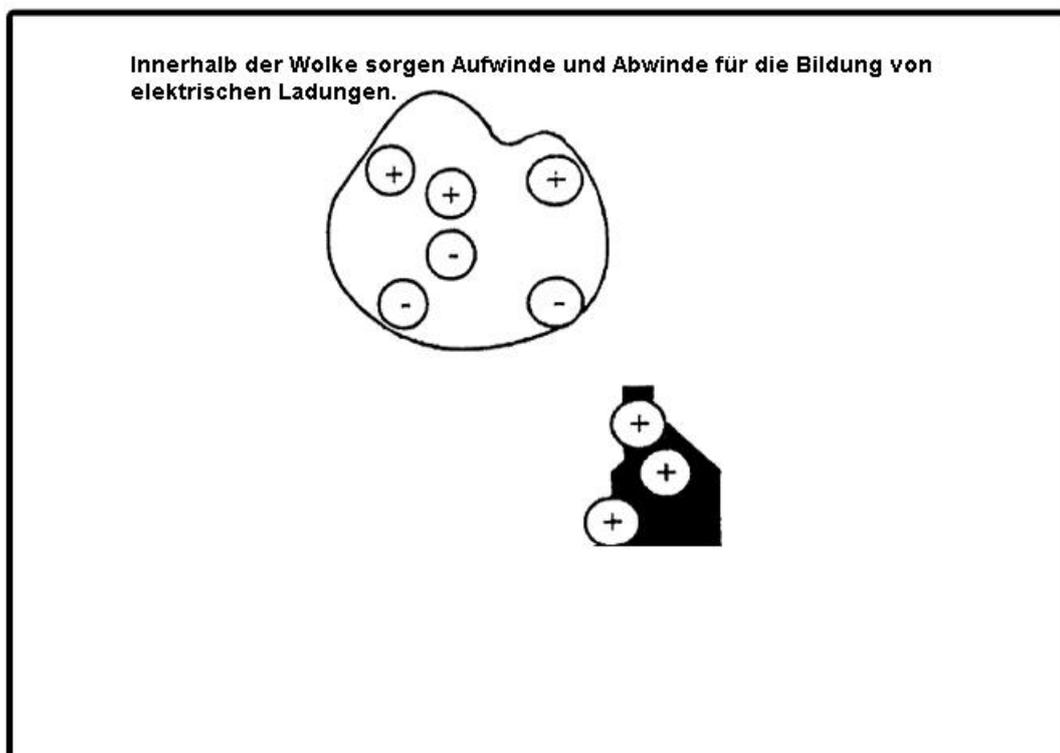
Versuchsbedingung ITCR, Bild 3.



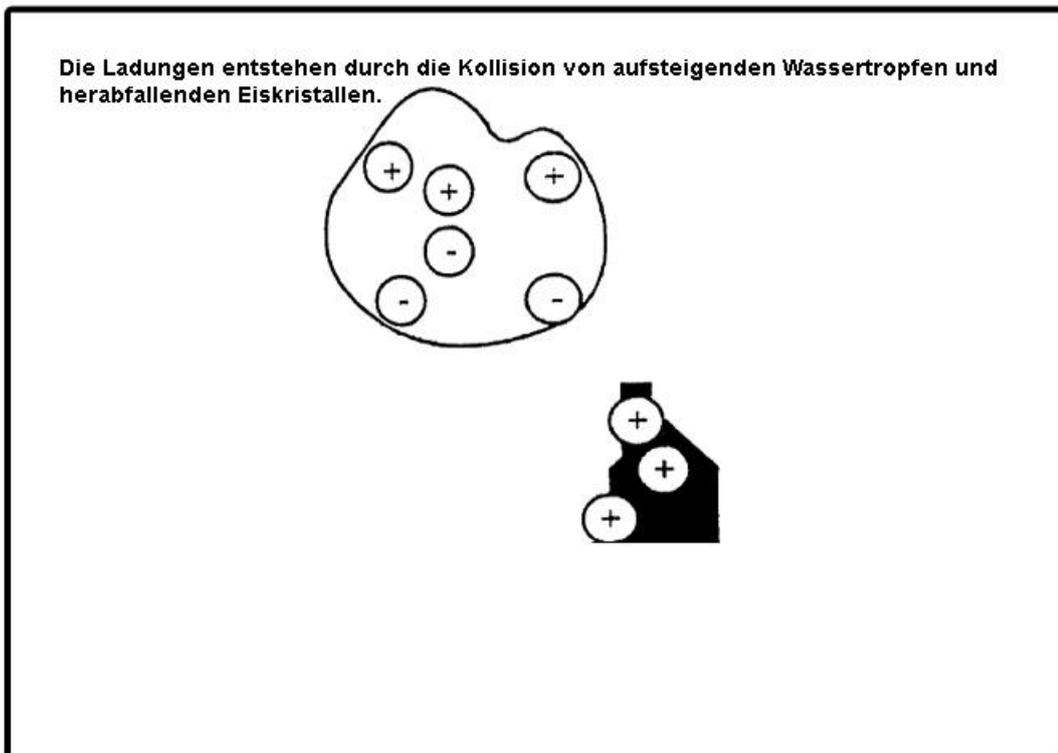
Versuchsbedingung ITCR, Bild 4.



Versuchsbedingung ITCR, Bild 5.



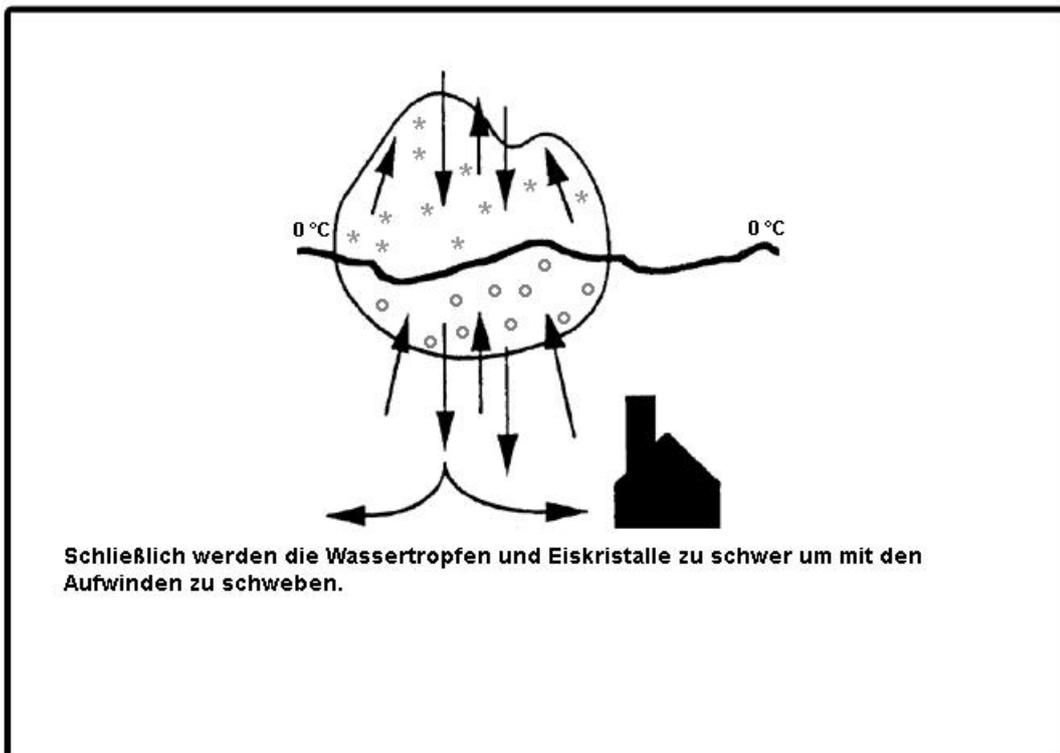
Versuchsbedingung ITCR, Bild 6.



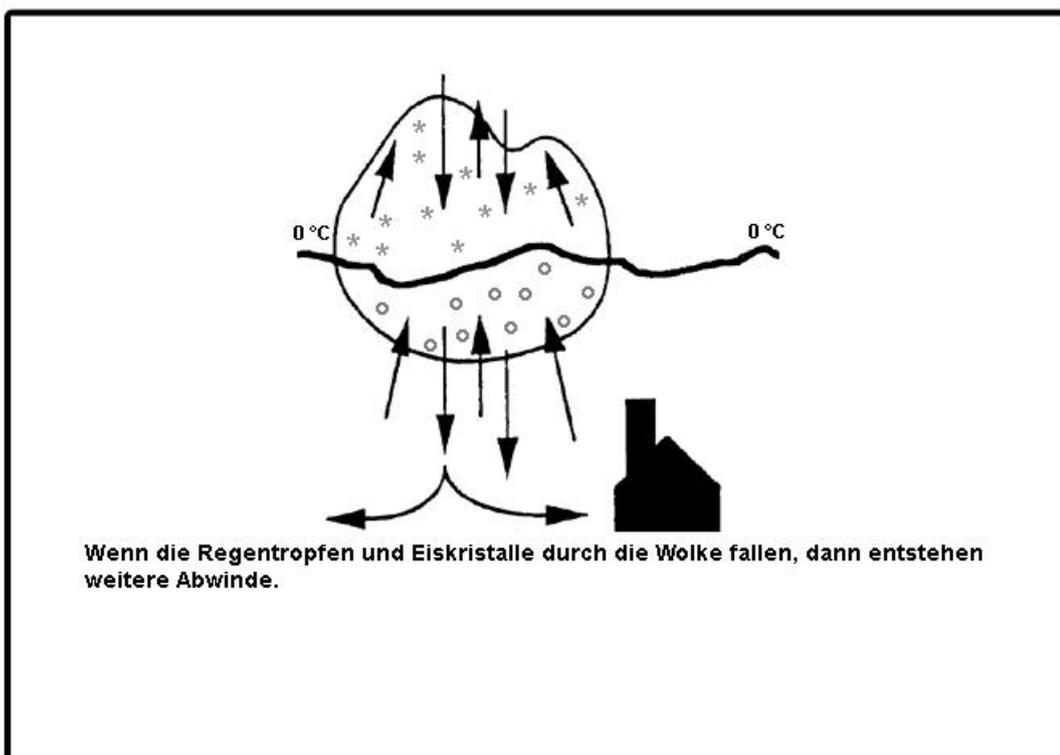
Versuchsbedingung ITCR, Bild 7.



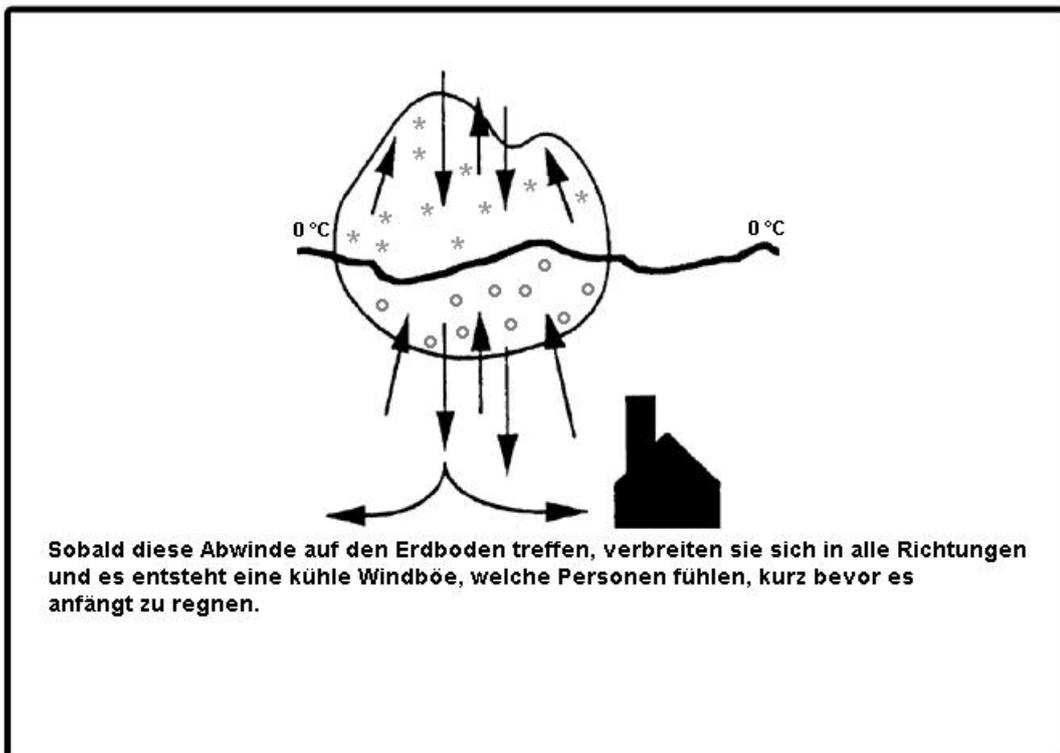
Versuchsbedingung ITCR, Bild 8.



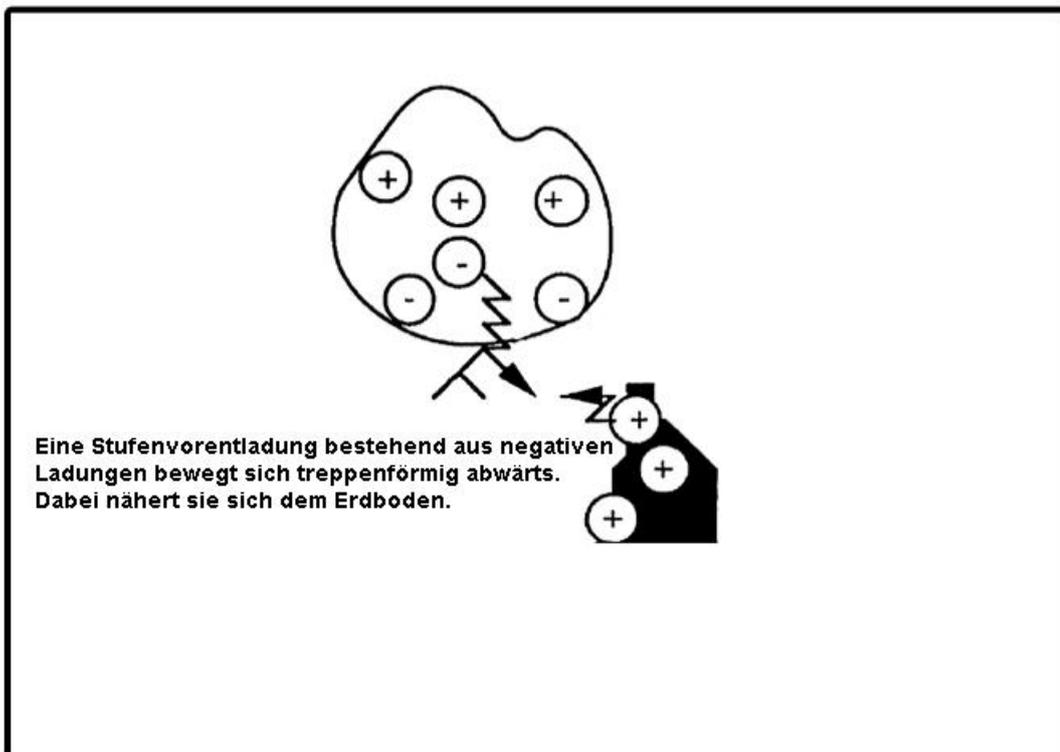
Versuchsbedingung ITCR, Bild 9.



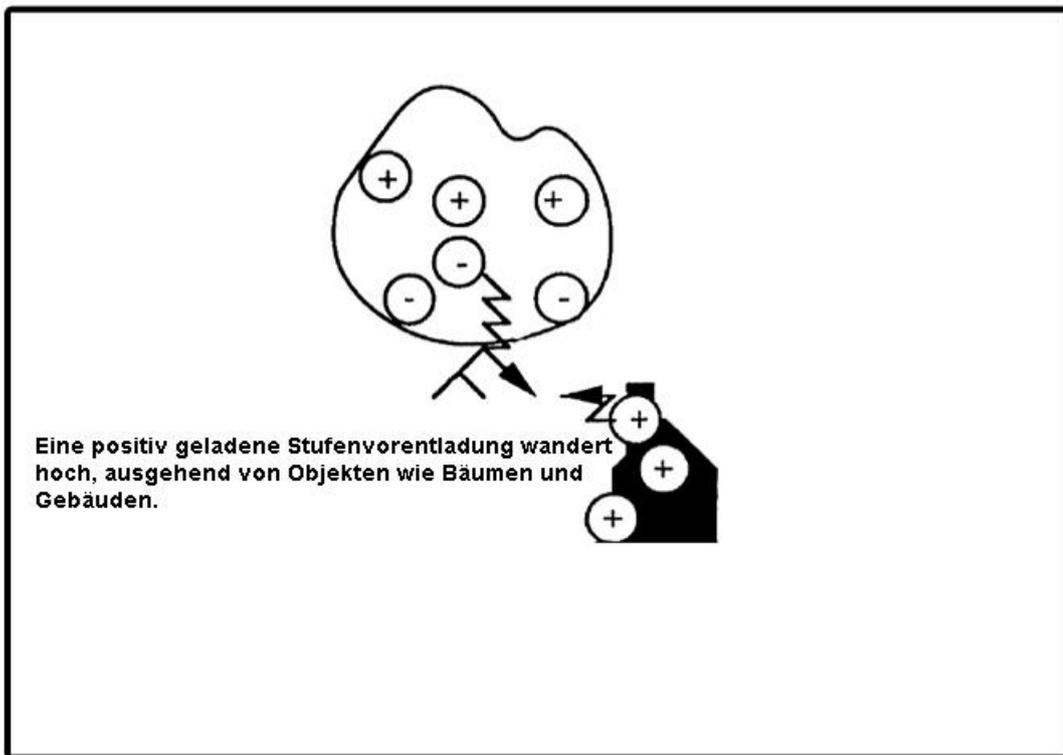
Versuchsbedingung ITCR, Bild 10.



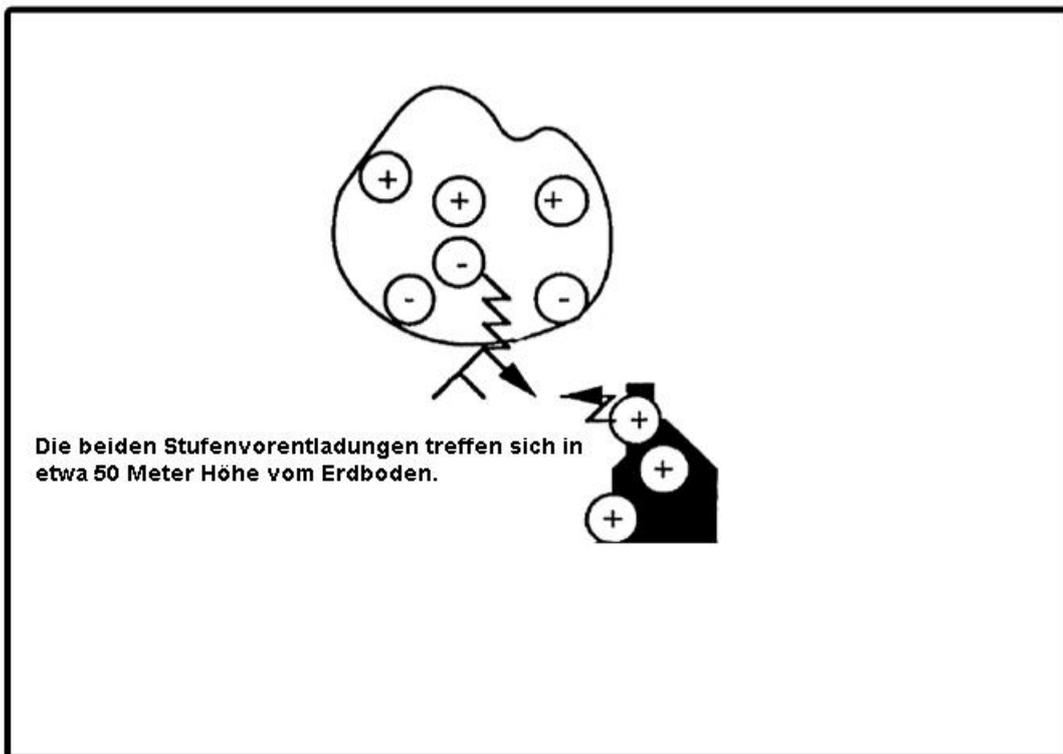
Versuchsbedingung ITCR, Bild 11.



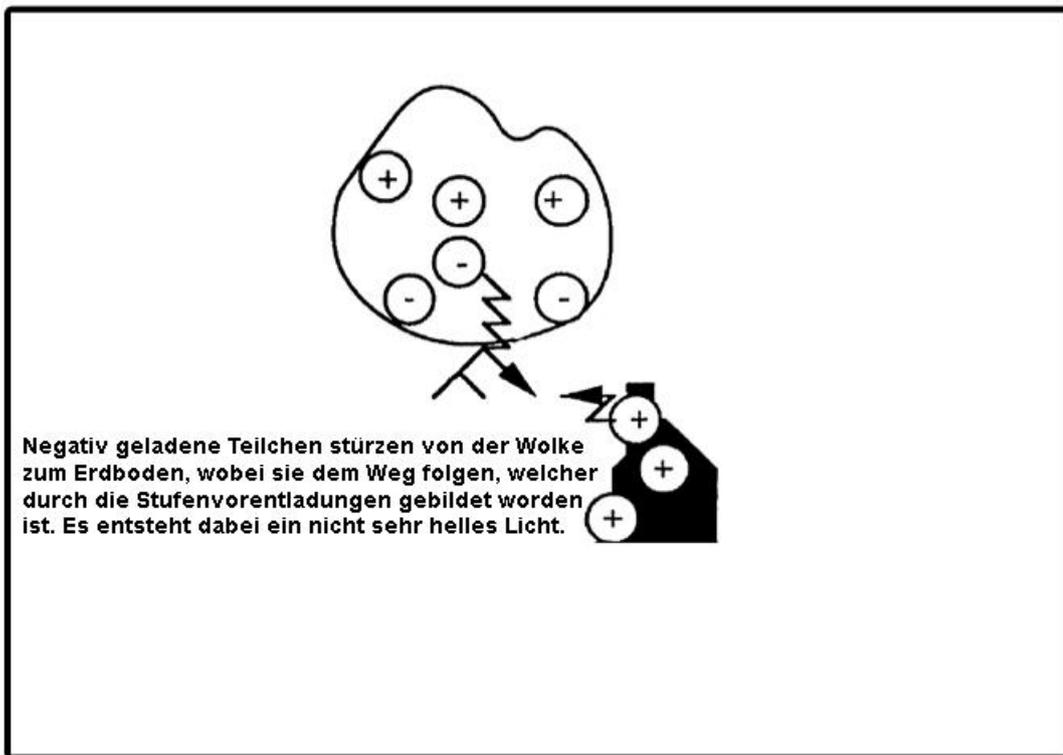
Versuchsbedingung ITCR, Bild 12.



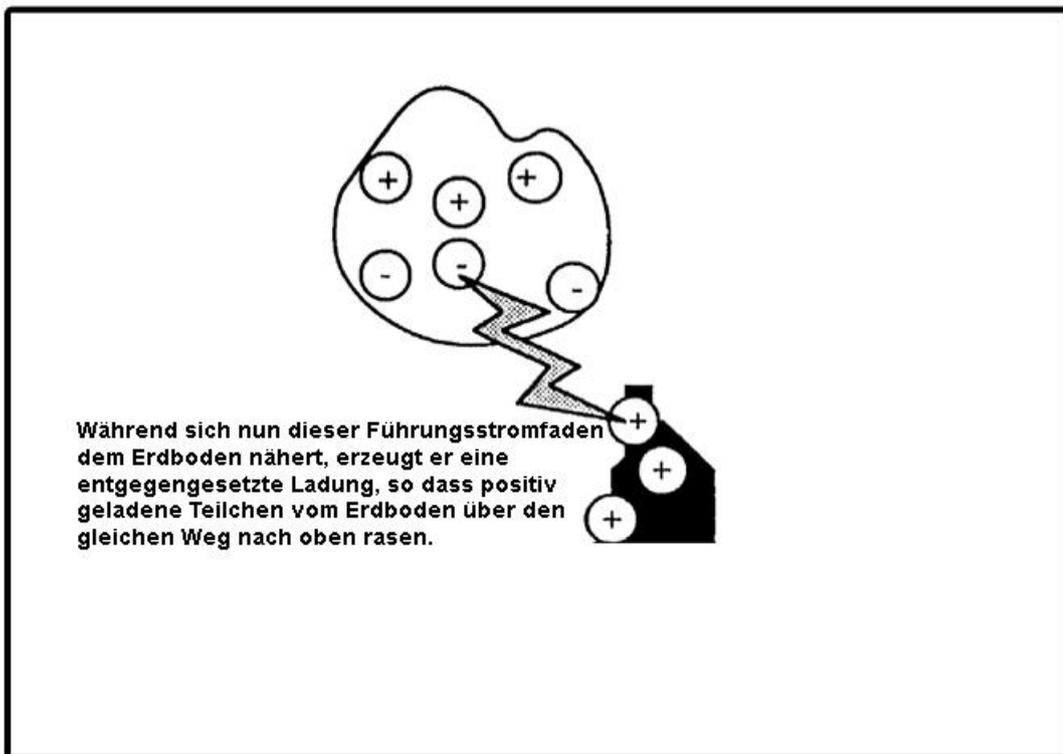
Versuchsbedingung ITCR, Bild 13.



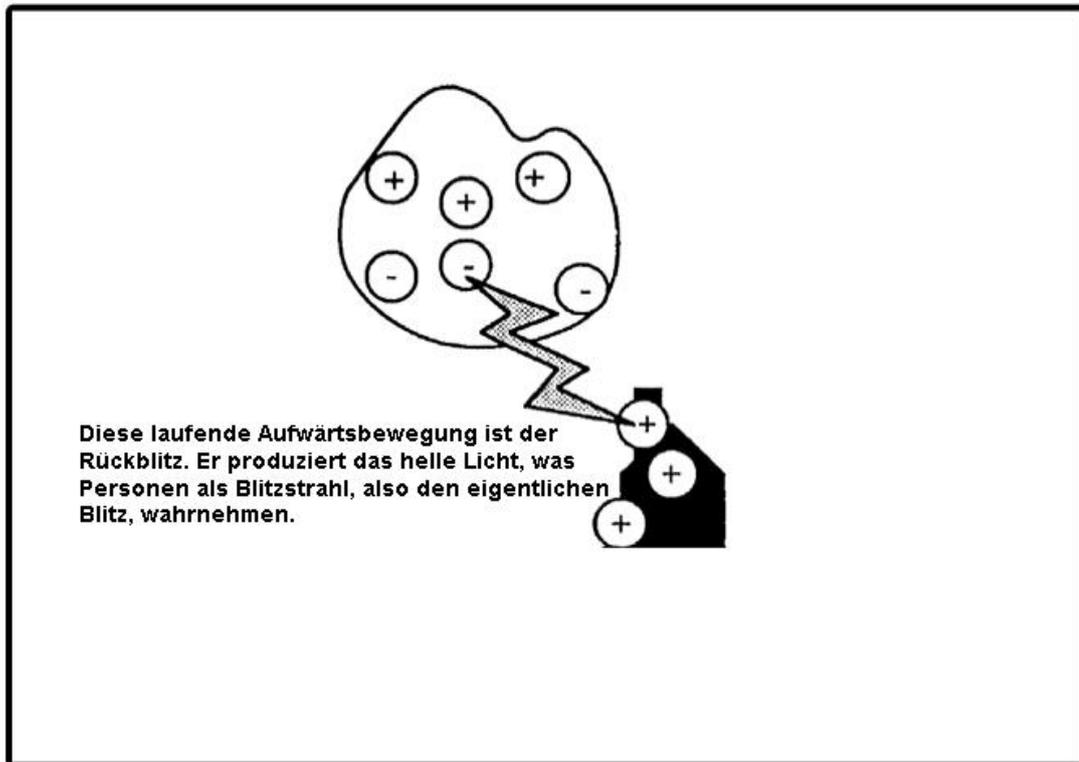
Versuchsbedingung ITCR, Bild 14.



Versuchsbedingung ITCR, Bild 15.



Versuchsbedingung ITCR, Bild 16.



Versuchsbedingung ITCR, Bild 17.

Die Animation ist nun beendet.

Bitte am unteren Bildschirmrand auf "weiter" klicken.

Das Experiment wird dann fortgesetzt.

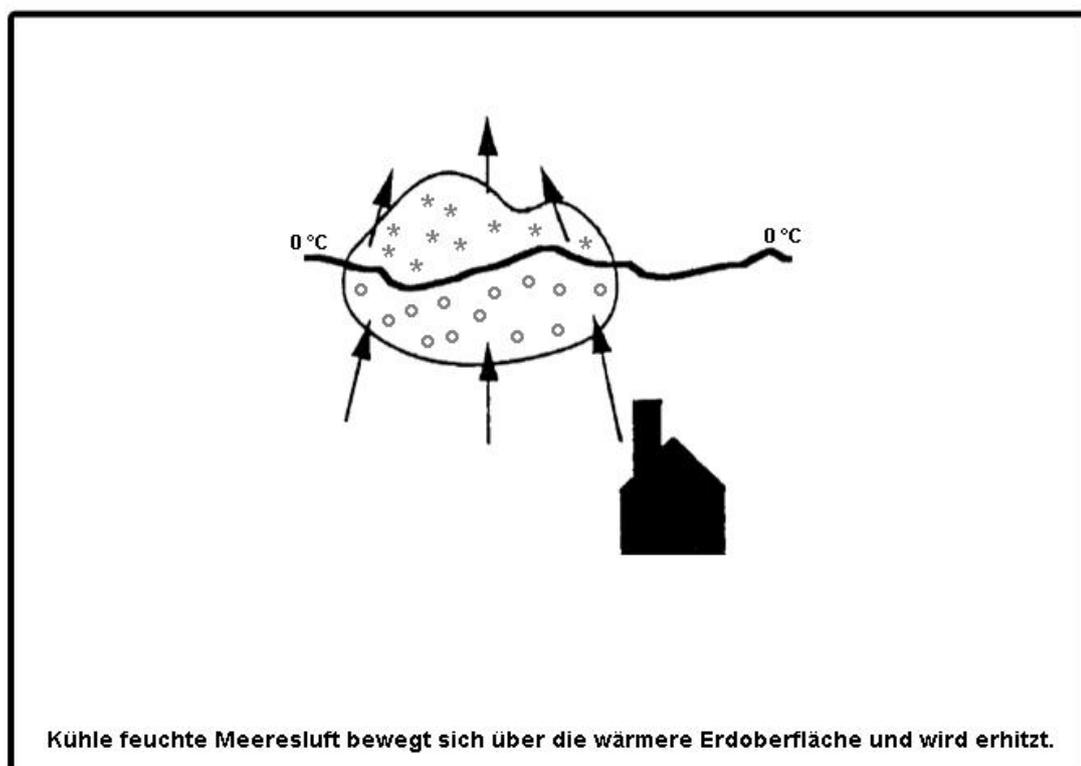
Versuchsbedingung ITCR, Bild 18.

## Anhang D

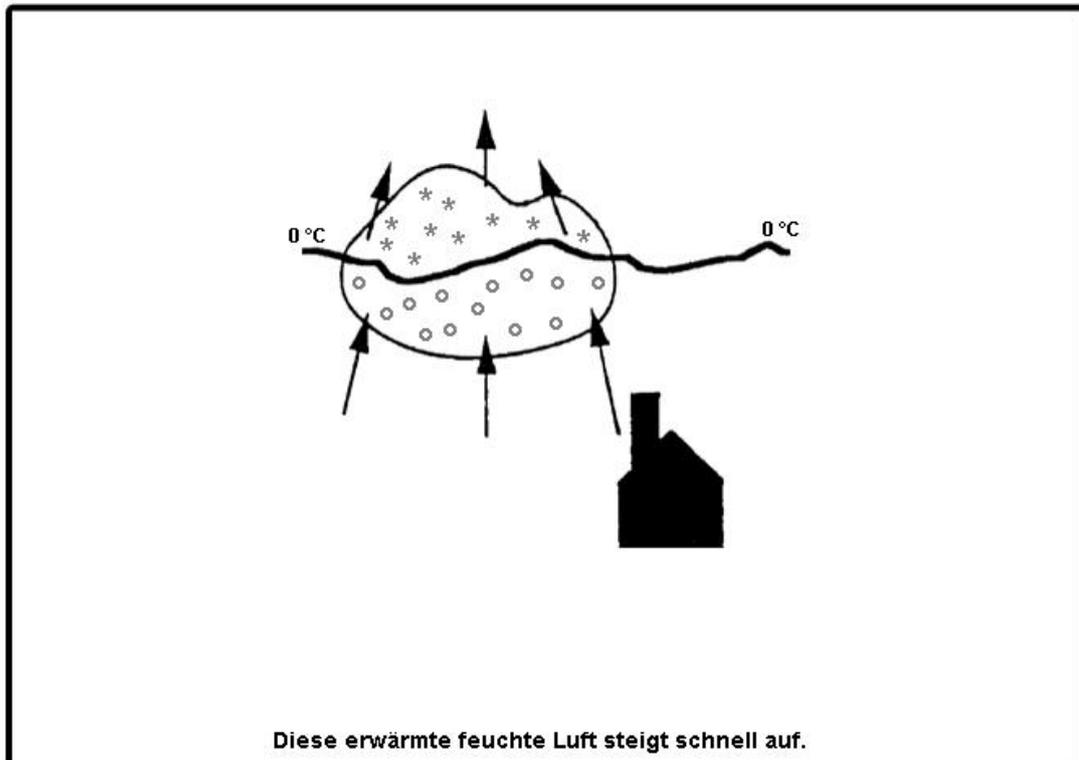
Darstellung der Animation in der separierten Bedingung mit gemeinsamer Region (STCR)

# Die Entstehung von Blitzen

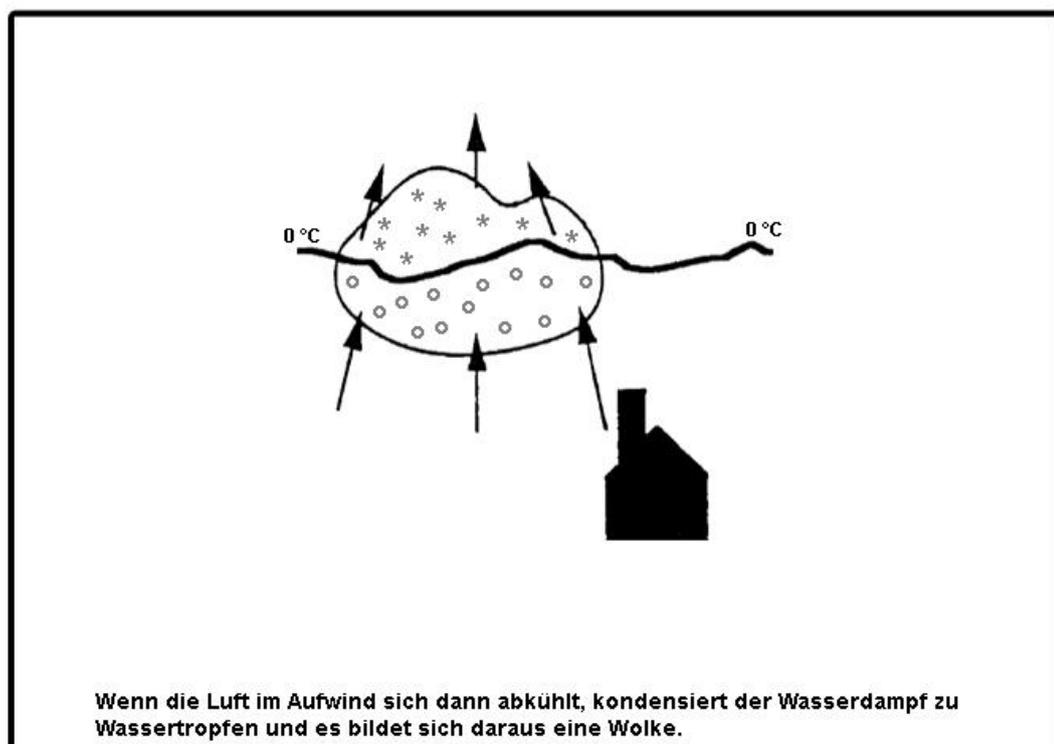
Versuchsbedingung STCR, Bild 1.



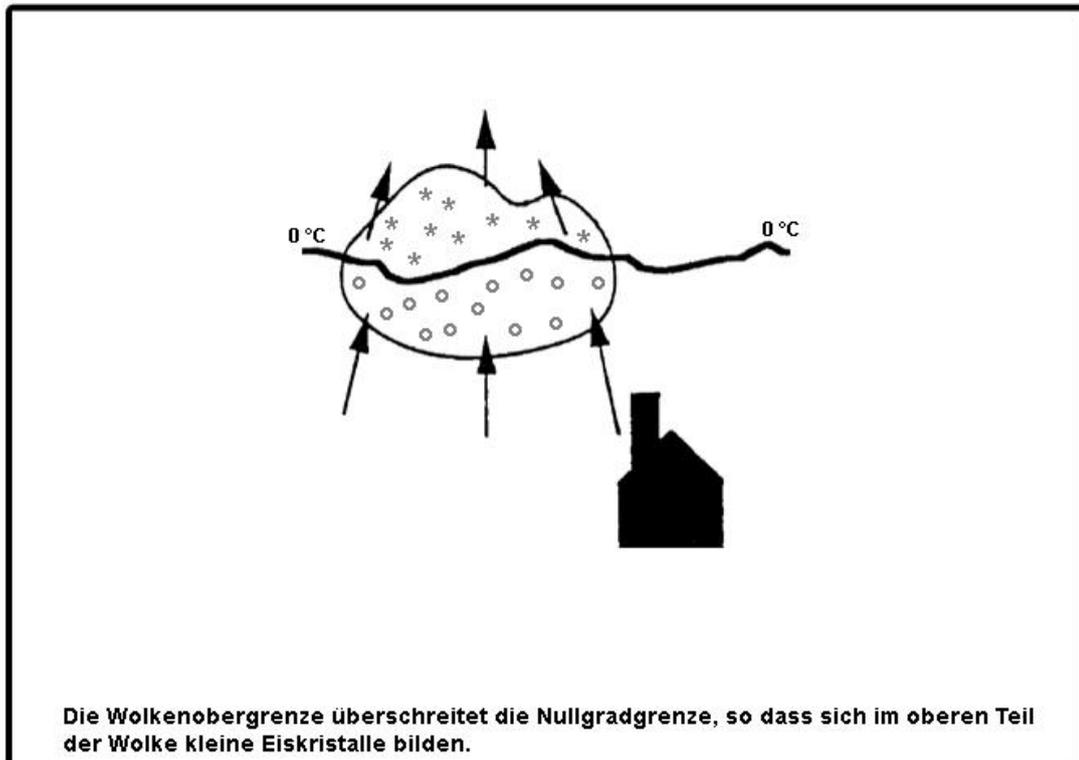
Versuchsbedingung STCR, Bild 2.



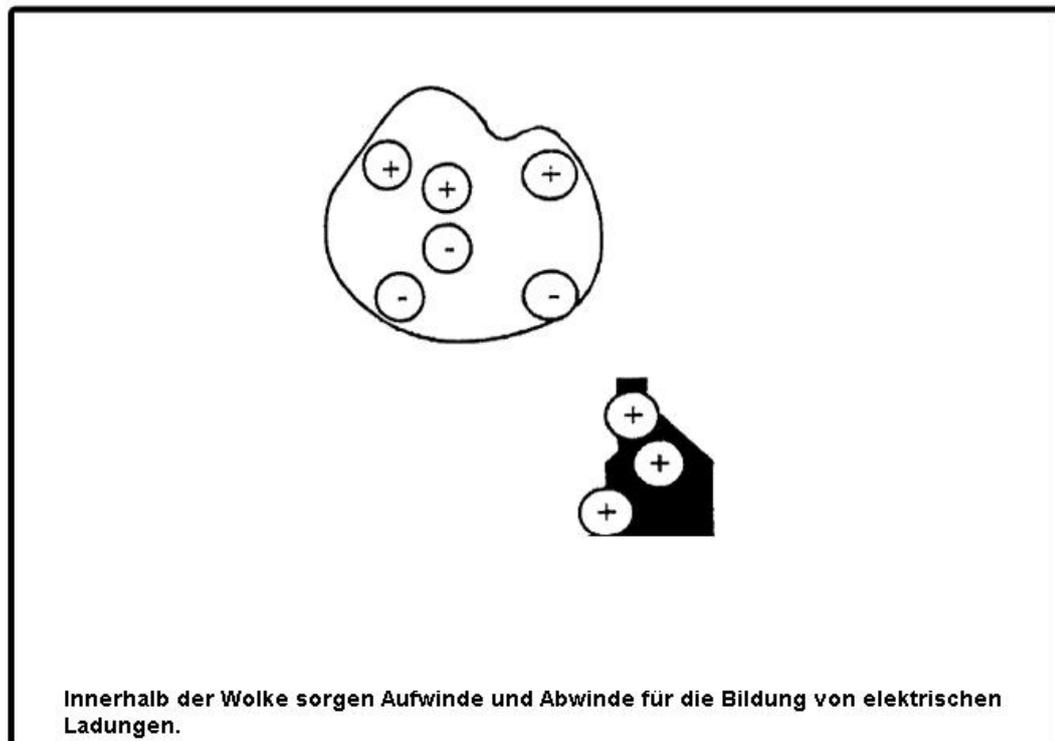
Versuchsbedingung STCR, Bild 3.



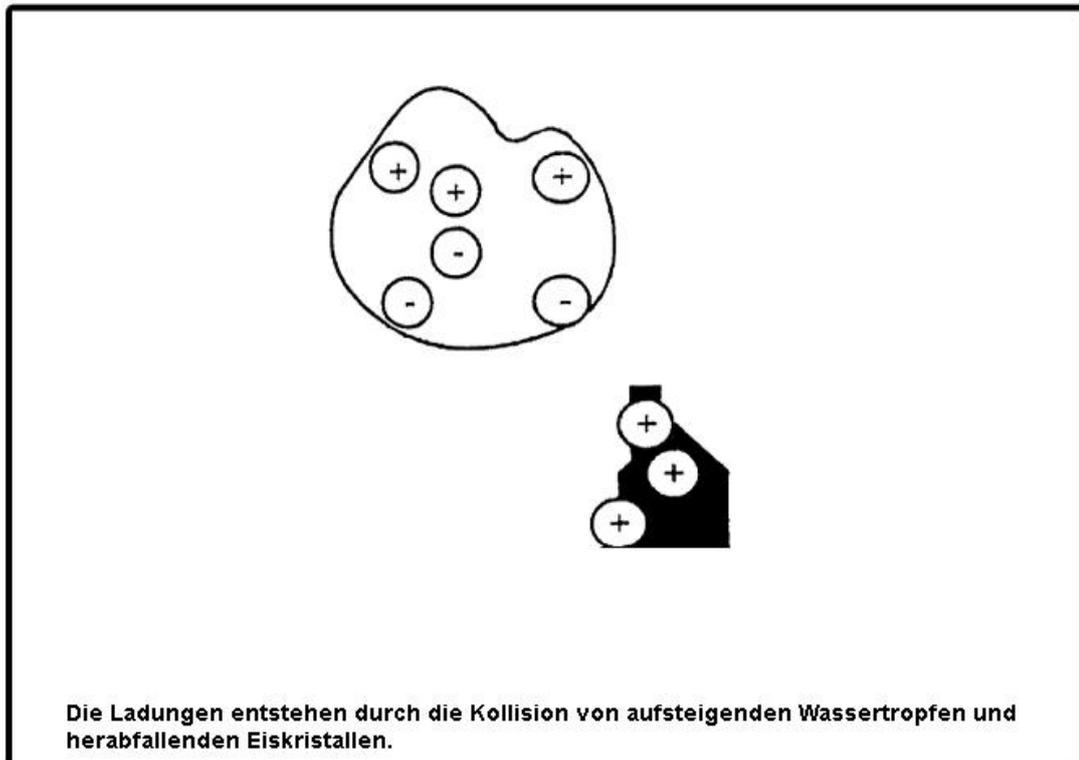
Versuchsbedingung STCR, Bild 4.



Versuchsbedingung STCR, Bild 5.



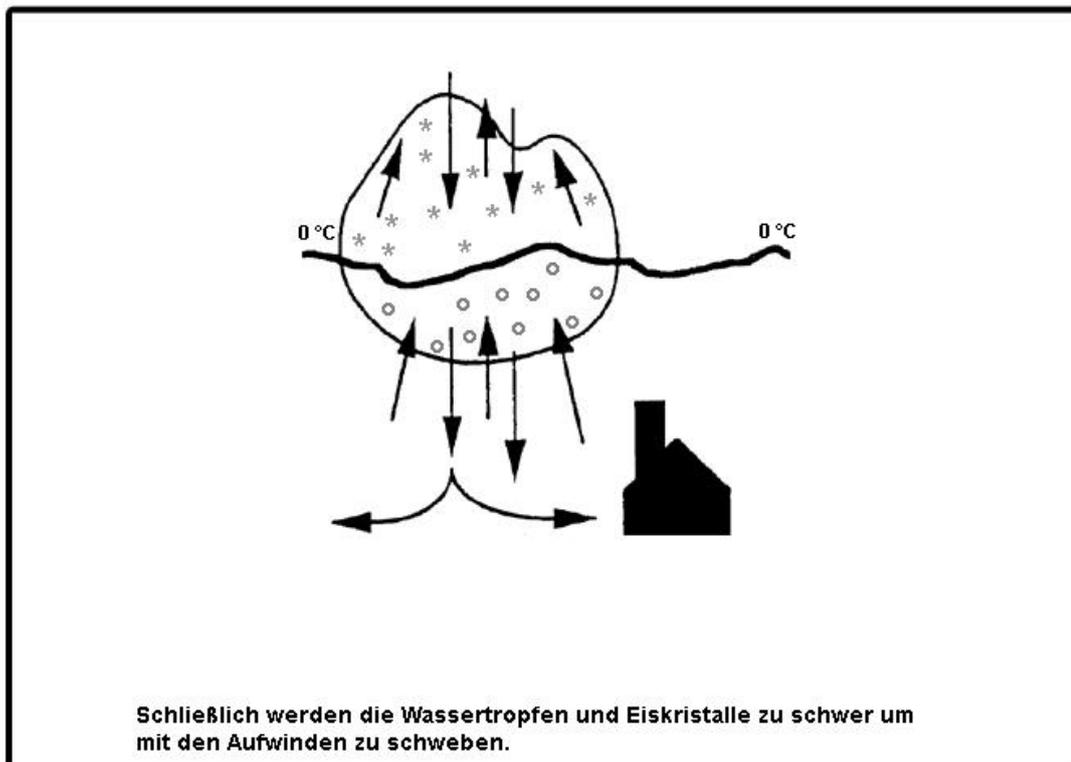
Versuchsbedingung STCR, Bild 6.



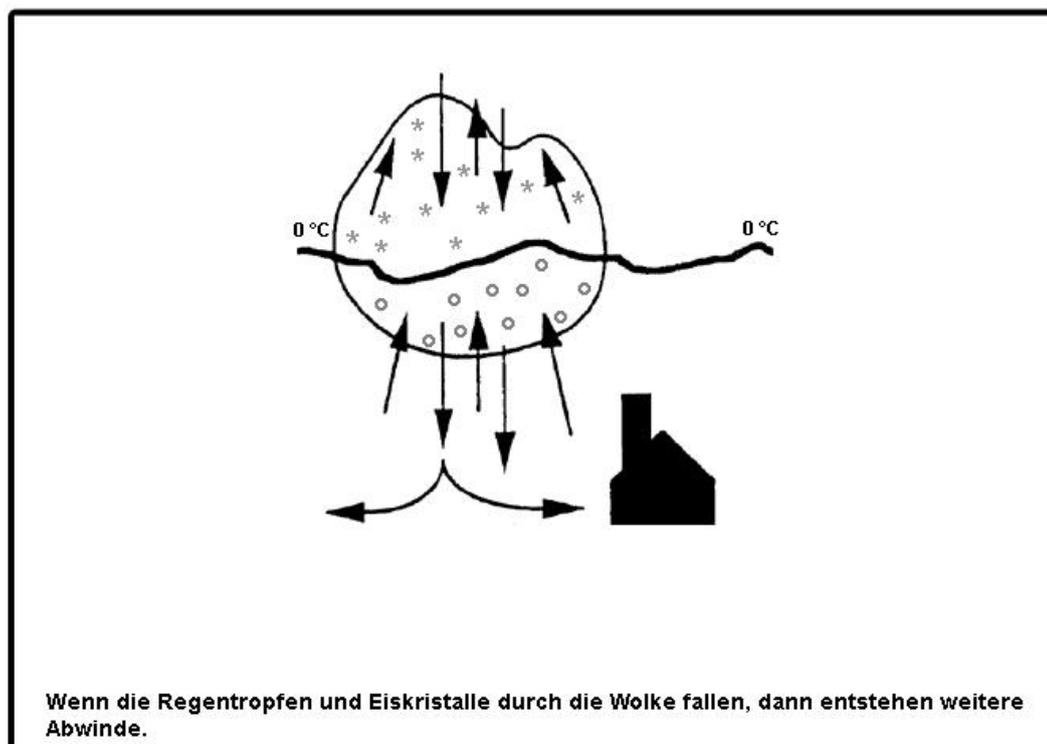
Versuchsbedingung STCR, Bild 7.



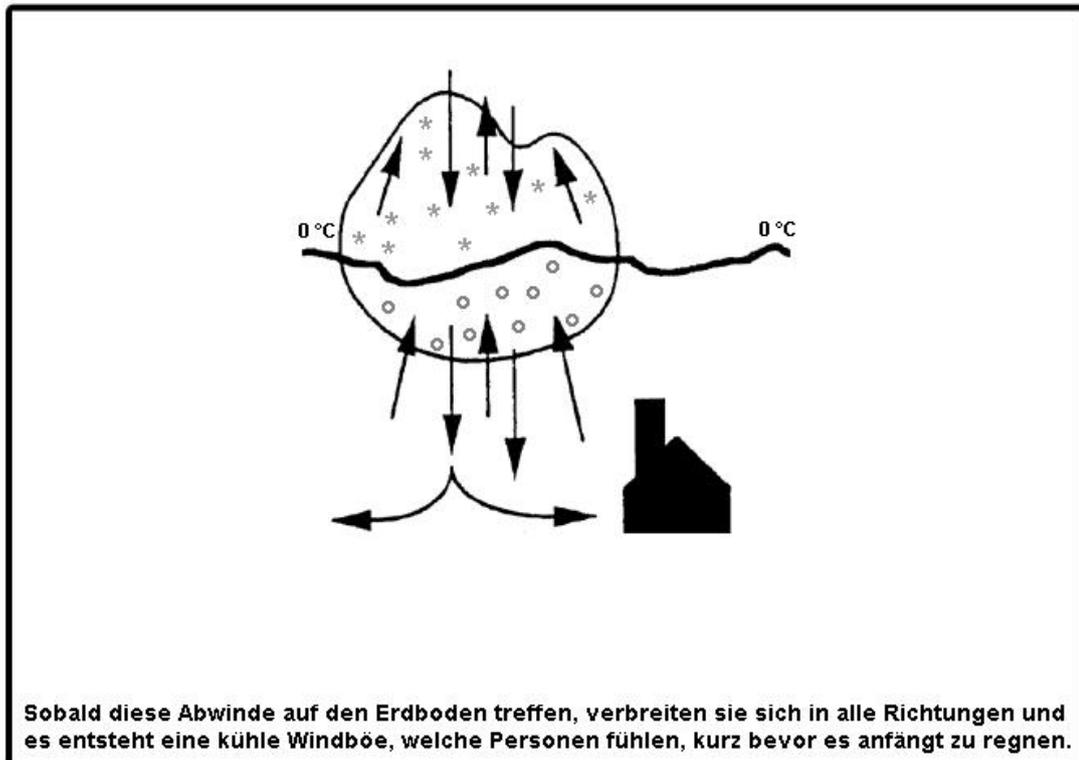
Versuchsbedingung STCR, Bild 8.



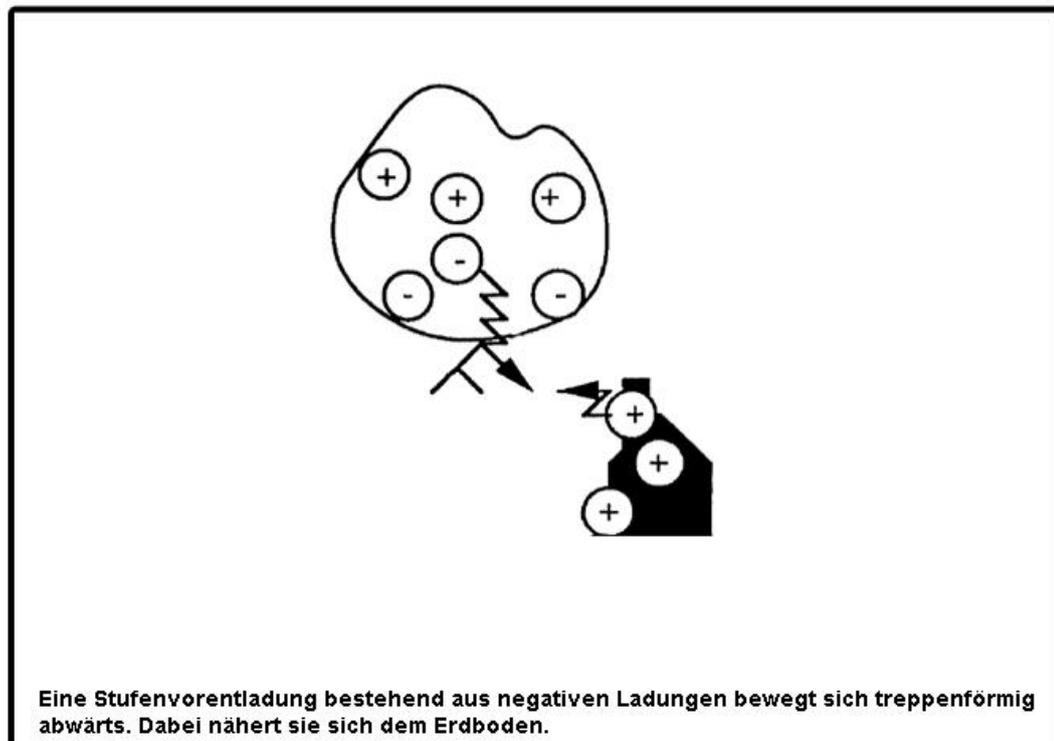
Versuchsbedingung STCR, Bild 9.



Versuchsbedingung STCR, Bild 10.



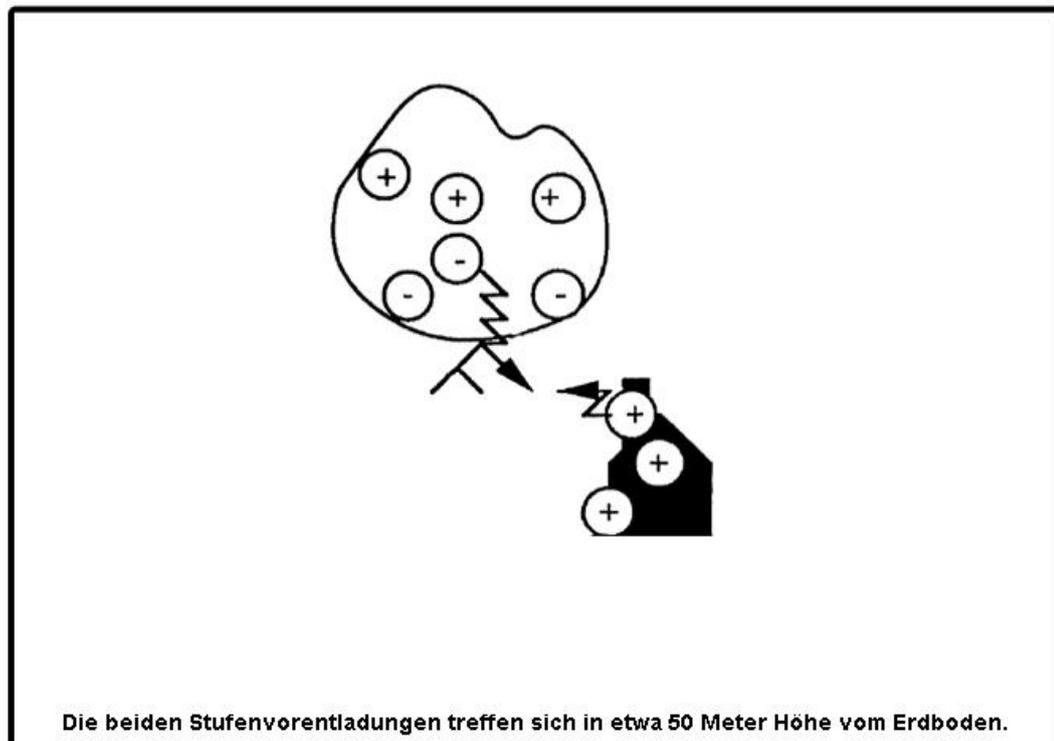
Versuchsbedingung STCR, Bild 11.



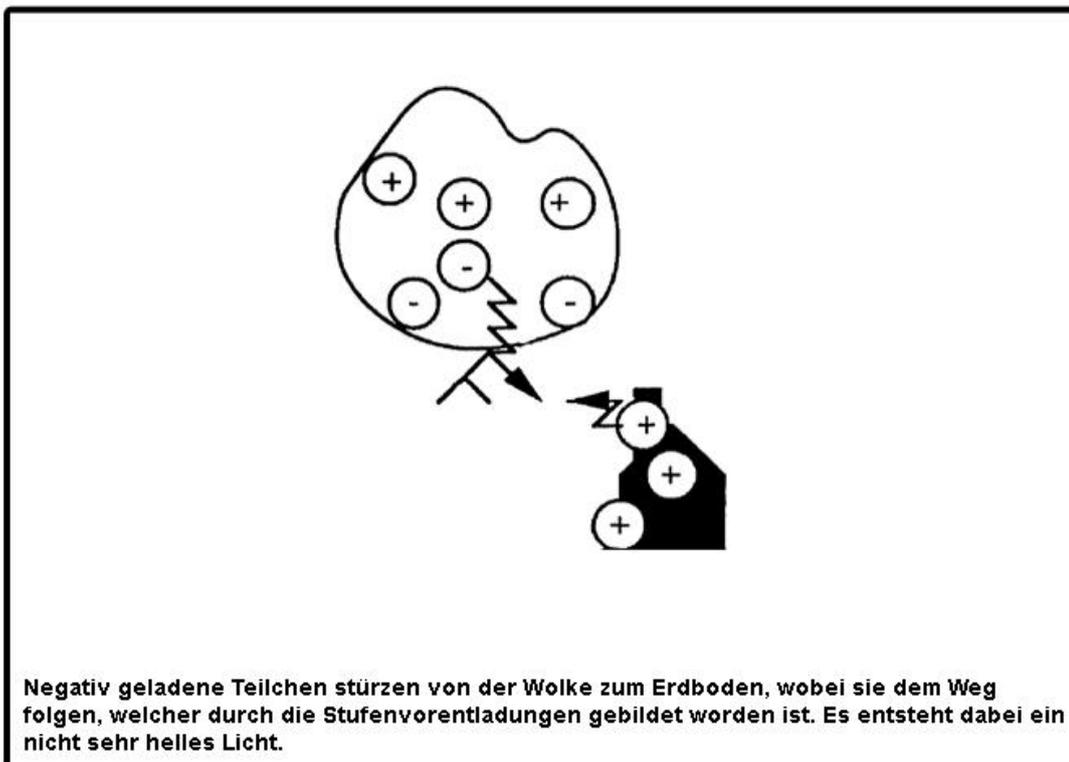
Versuchsbedingung STCR, Bild 12.



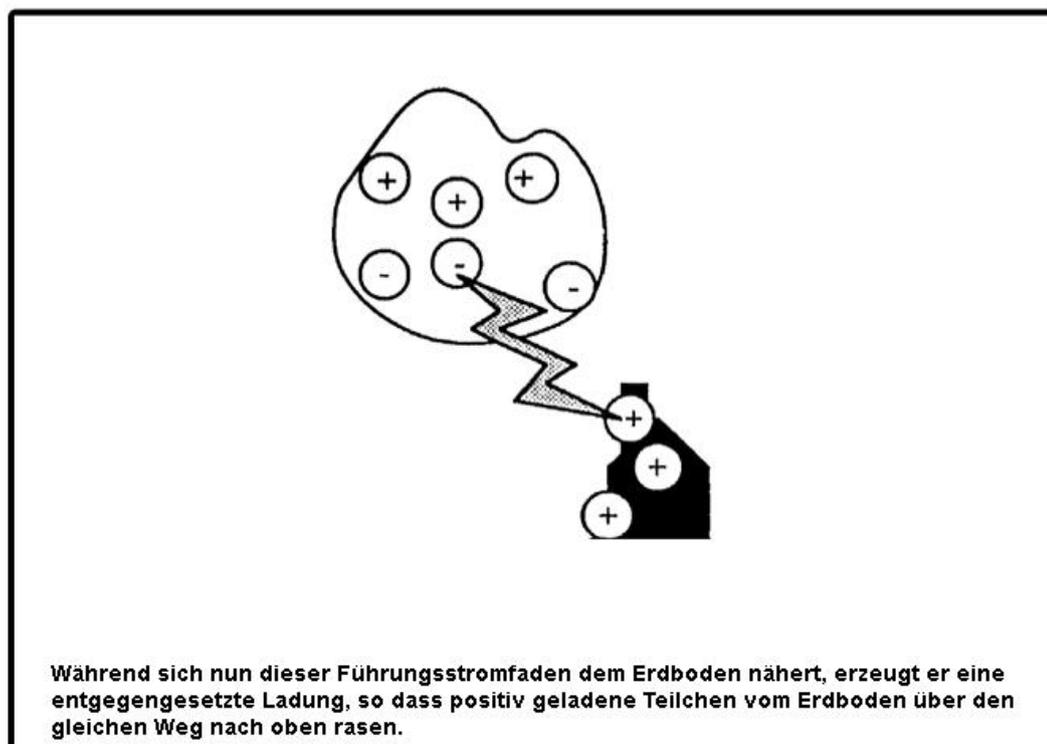
Versuchsbedingung STCR, Bild 13.



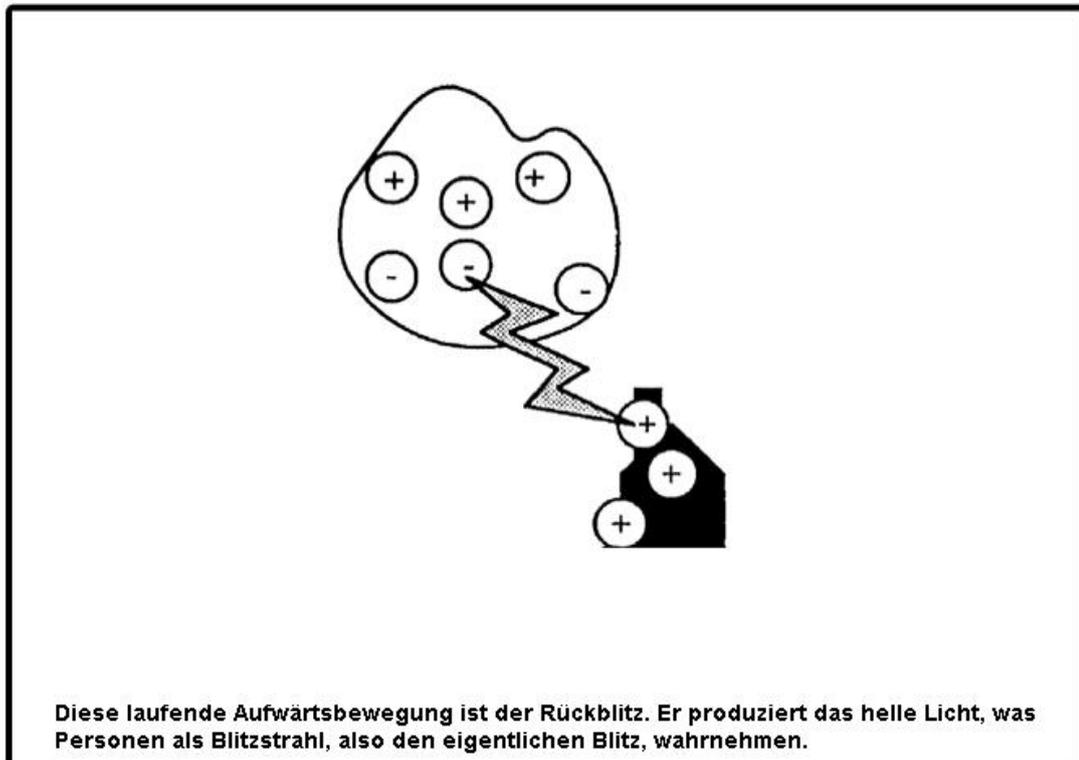
Versuchsbedingung STCR, Bild 14.



Versuchsbedingung STCR, Bild 15.



Versuchsbedingung STCR, Bild 16.



Versuchsbedingung STCR, Bild 17.

Die Animation ist nun beendet.

Bitte am unteren Bildschirmrand auf "weiter" klicken.

Das Experiment wird dann fortgesetzt.

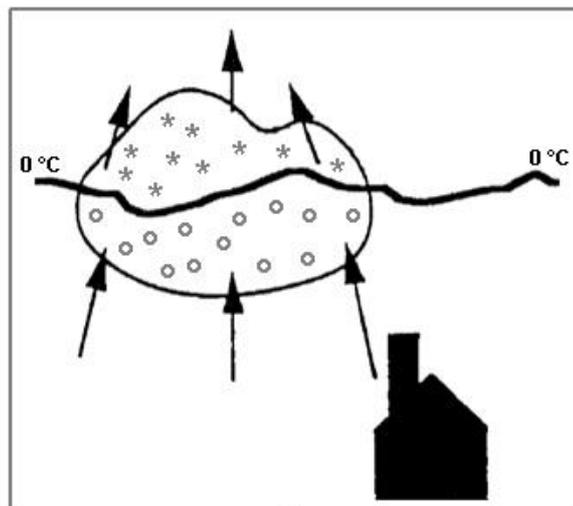
Versuchsbedingung STCR, Bild 18.

## Anhang E

Darstellung der Animation in der separierten Bedingung mit verbundenen Elementen (STEC)

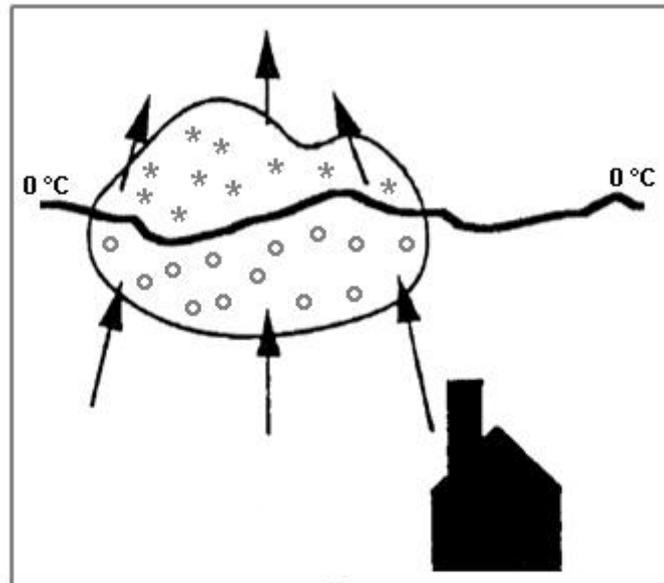
# Die Entstehung von Blitzen

Versuchsbedingung STEC, Bild 1.



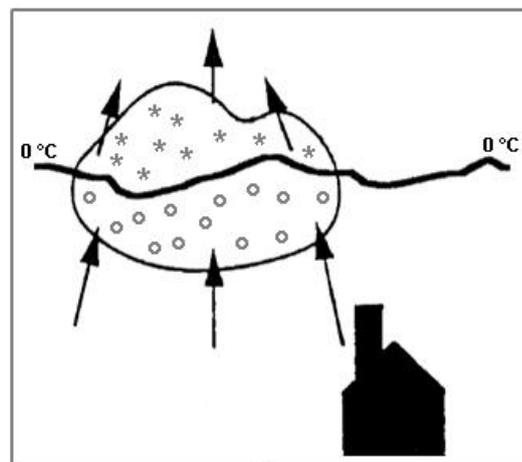
Kühle feuchte Meeresluft bewegt sich über die wärmere Erdoberfläche und wird erhitzt.

Versuchsbedingung STEC, Bild 2.



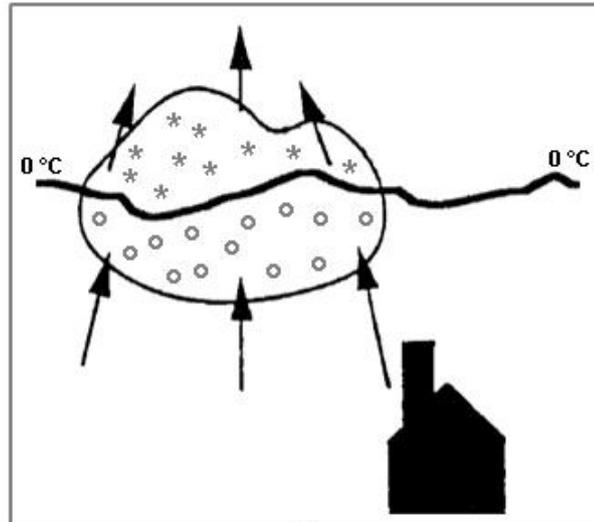
Diese erwärmte feuchte Luft steigt schnell auf.

Versuchsbedingung STEC, Bild 3.



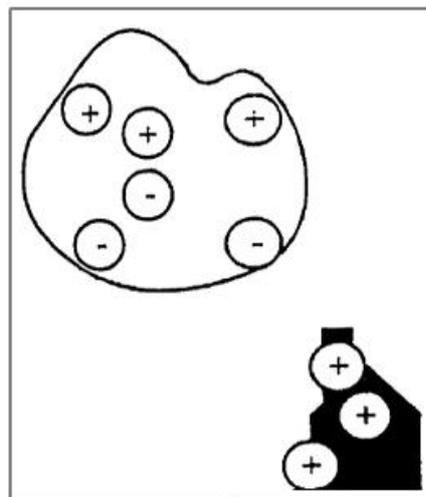
Wenn die Luft im Aufwind sich dann abkühlt, kondensiert der Wasserdampf zu Wassertropfen und es bildet sich daraus eine Wolke.

Versuchsbedingung STEC, Bild 4.



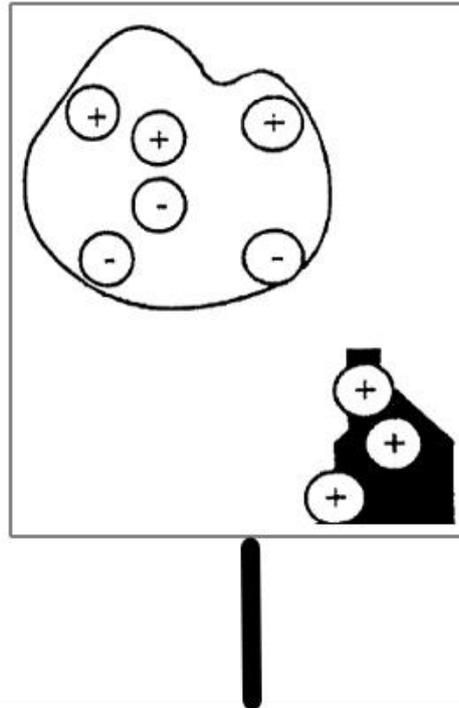
Die Wolkenobergrenze überschreitet die Nullgradgrenze, so dass sich im oberen Teil der Wolke kleine Eiskristalle bilden.

Versuchsbedingung STEC, Bild 5.



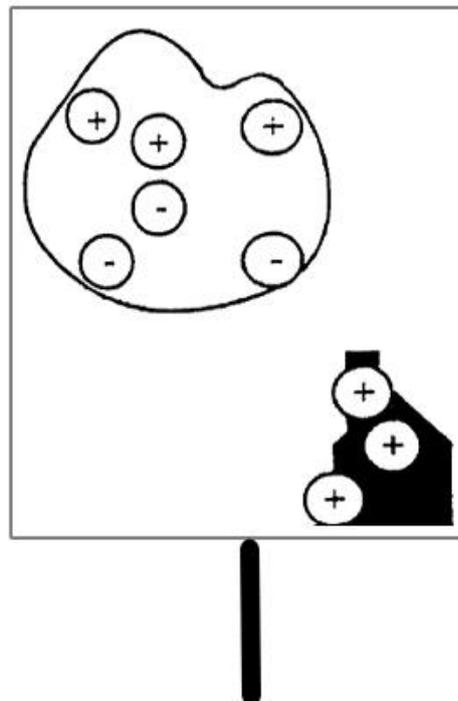
Innerhalb der Wolke sorgen Aufwinde und Abwinde für die Bildung von elektrischen Ladungen.

Versuchsbedingung STEC, Bild 6.



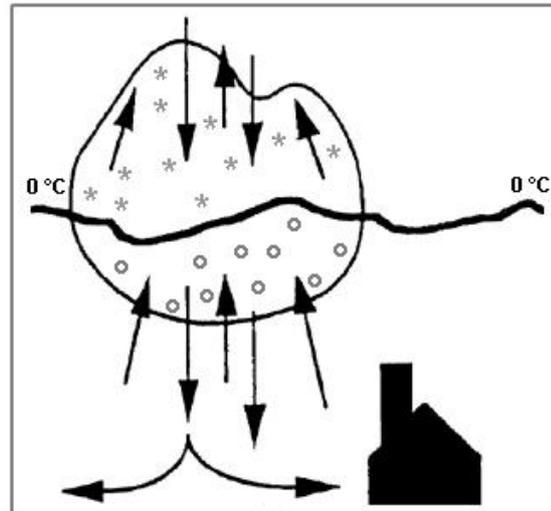
Die Ladungen entstehen durch die Kollision von aufsteigenden Wassertropfen und herabfallenden Eiskristallen.

Versuchsbedingung STEC, Bild 7.



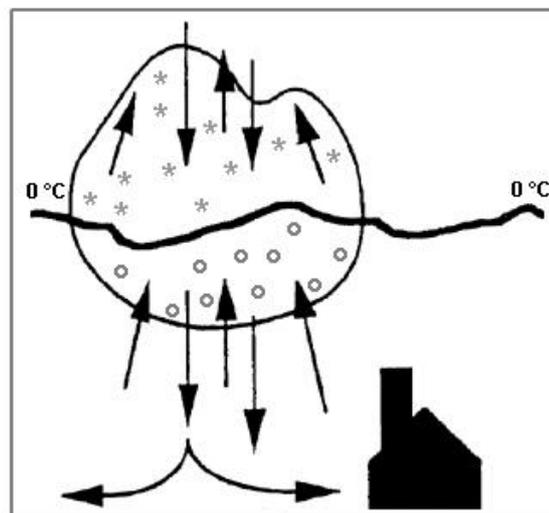
Die negativ geladenen Teilchen fallen auf die Wolkenuntergrenze und die meisten der positiv geladenen Teilchen steigen auf zur Wolkenobergrenze.

Versuchsbedingung STEC, Bild 8.



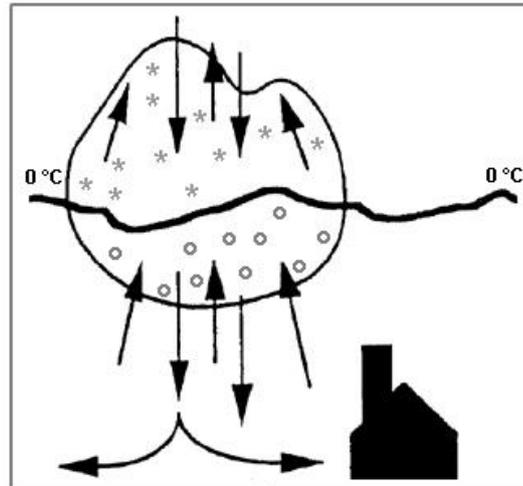
Schließlich werden die Wassertropfen und Eiskristalle zu schwer um mit den Aufwinden zu schweben.

Versuchsbedingung STEC, Bild 9.



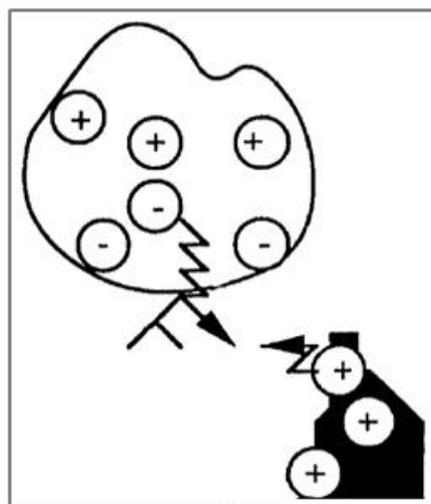
Wenn die Regentropfen und Eiskristalle durch die Wolke fallen, dann entstehen weitere Abwinde.

Versuchsbedingung STEC, Bild 10.



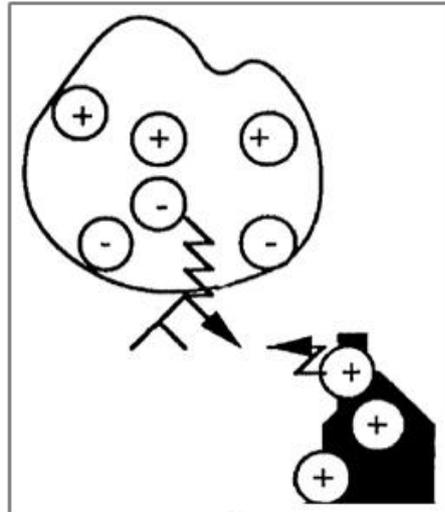
Sobald diese Abwinde auf den Erdboden treffen, verbreiten sie sich in alle Richtungen und es entsteht eine kühle Windböe, welche Personen fühlen, kurz bevor es anfängt zu regnen.

Versuchsbedingung STEC, Bild 11.



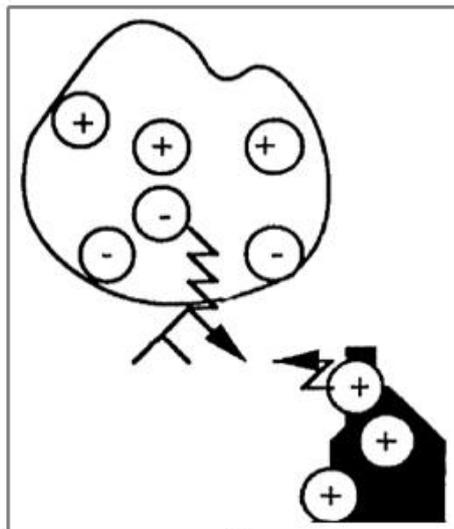
Eine Stufenvorentladung bestehend aus negativen Ladungen bewegt sich treppenförmig abwärts. Dabei nähert sie sich dem Erdboden.

Versuchsbedingung STEC, Bild 12.



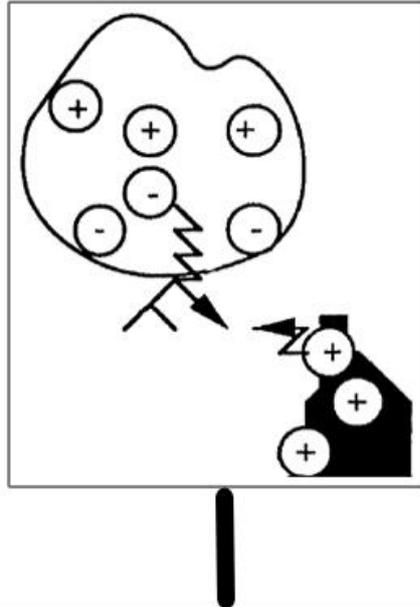
Eine positiv geladene Stufenvorentladung wandert hoch, ausgehend von Objekten wie Bäumen und Gebäuden.

Versuchsbedingung STEC, Bild 13.



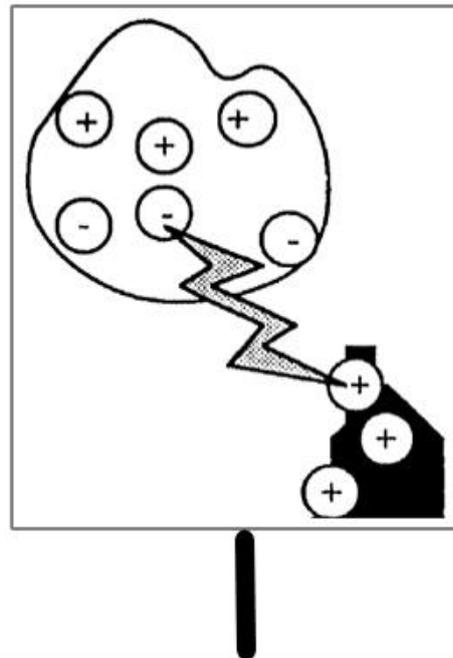
Die beiden Stufenvorentladungen treffen sich in etwa 50 Meter Höhe vom Erdboden.

Versuchsbedingung STEC, Bild 14.



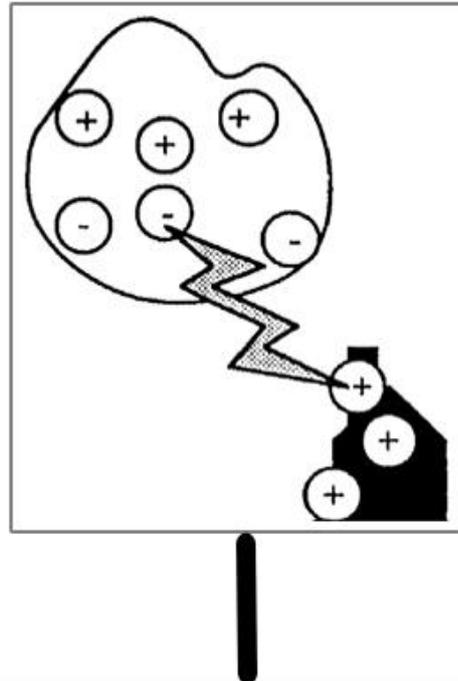
Negativ geladene Teilchen stürzen von der Wolke zum Erdboden, wobei sie dem Weg folgen, welcher durch die Stufenvorentladungen gebildet worden ist. Es entsteht dabei ein nicht sehr helles Licht.

Versuchsbedingung STEC, Bild 15.



Während sich nun dieser Führungsstromfaden dem Erdboden nähert, erzeugt er eine entgegengesetzte Ladung, so dass positiv geladene Teilchen vom Erdboden über den gleichen Weg nach oben rasen.

Versuchsbedingung STEC, Bild 16.



Diese laufende Aufwärtsbewegung ist der Rückblitz. Er produziert das helle Licht, was Personen als Blitzstrahl, also den eigentlichen Blitz, wahrnehmen.

Versuchsbedingung STEC, Bild 17.

Die Animation ist nun beendet.

Bitte am unteren Bildschirmrand auf "weiter" klicken.

Das Experiment wird dann fortgesetzt.

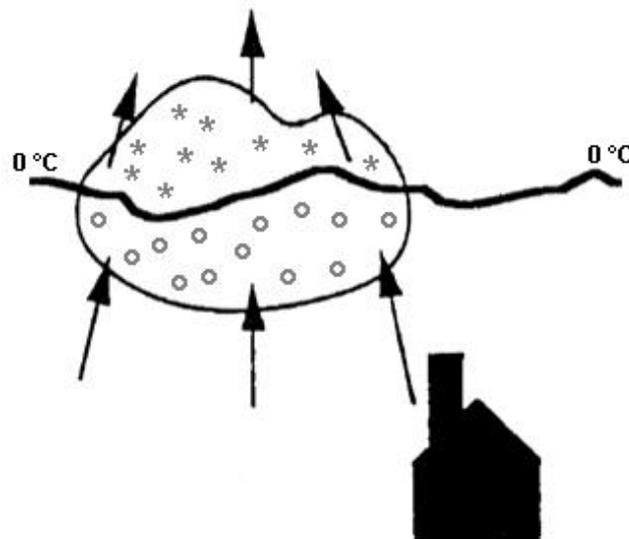
Versuchsbedingung STEC, Bild 18.

## Anhang F

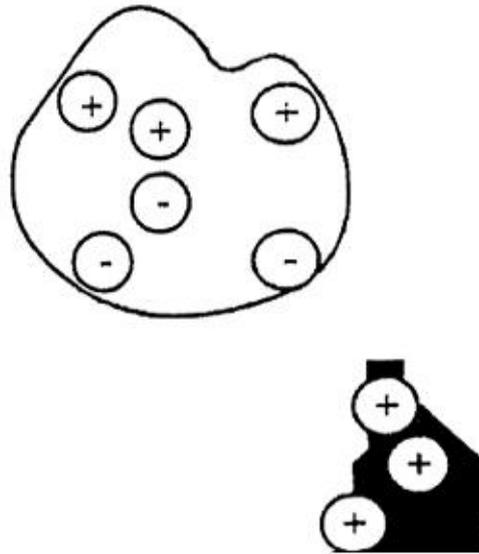
Darstellung der Animation in der Kontrollgruppe ohne beschreibenden Text (KG)

# Die Entstehung von Blitzen

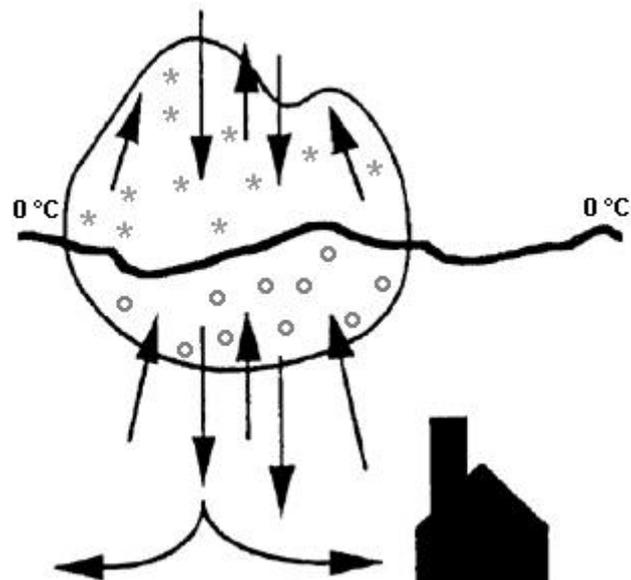
Versuchsbedingung KG, Bild 1.



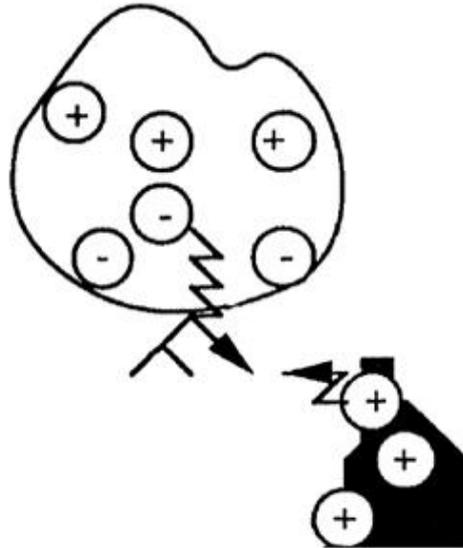
Versuchsbedingung KG, Bilder 2 bis 5.



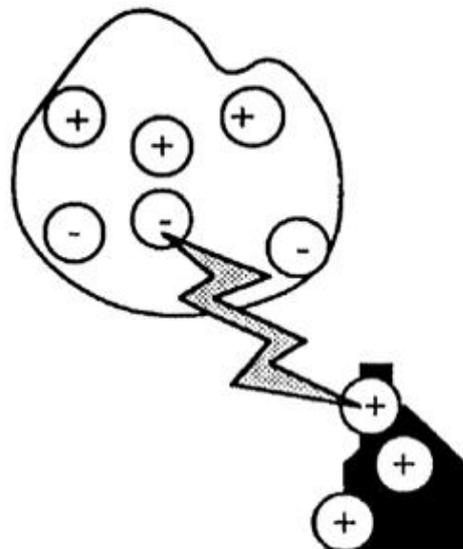
Versuchsbedingung KG, Bilder 6 bis 8.



Versuchsbedingung KG, Bilder 9 bis 11.



Versuchsbedingung KG, Bilder 12 bis 15.



Versuchsbedingung KG, Bilder 16 bis 17.

---

Die Animation ist nun beendet.

Bitte am unteren Bildschirmrand auf "weiter" klicken.

Das Experiment wird dann fortgesetzt.

Versuchsbedingung KG, Bild 18.

## Anhang G

### Instruktionen und Untersuchungsablauf

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



#### Herzlich Willkommen zu dieser Online-Untersuchung.

Diese Online-Untersuchung führe ich im Rahmen meiner Diplomarbeit im Fach Psychologie am Lehrstuhl Erziehungswissenschaften II der Universität Mannheim durch.

In meiner Diplomarbeit befasse ich mich mit dem Lernen am Computer. Die Bearbeitung der Untersuchung wird **ca. 20 Minuten** in Anspruch nehmen. Ihre Angaben werden selbstverständlich nicht an Dritte weitergegeben und bleiben anonym.

Als kleines Dankeschön für Ihre Unterstützung verlose ich **10 \* 10,- Euro** Amazon-Gutscheine. Um an dieser Verlosung teilzunehmen, müssen Sie nur nach der erfolgreichen und vollständigen Bearbeitung der Online-Untersuchung Ihre E-Mail-Adresse angeben.

Bei Fragen, Hinweisen oder Anregungen können Sie mir unter [amazarak@rumms.uni-mannheim.de](mailto:amazarak@rumms.uni-mannheim.de) eine Nachricht zukommen lassen.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

Athanasios Mazarakis (cand. psych.)

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

#### Einführungstext der Online-Untersuchung.

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



#### Bitte beantworten sie kurz ein paar Fragen zu ihrer Person:

Geschlecht:

Wie alt sind Sie?

Jahre (1 - 99)

Welcher aktuellen Beschäftigung gehen sie derzeit nach?

- Schüler
- Auszubildender
- Angestellter
- Selbstständiger
- Rentner
- Beamter
- Arbeitslos
- Student

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

#### Eingabebildschirm für Geschlecht, Alter und Beschäftigung.

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Welches Fach studieren Sie?

In welchem Studiensemester befinden Sie sich derzeit?

Semester (1 - 99)

An welcher Universität studieren Sie?

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Zusätzlicher Eingabebildschirm für Studenten zur Angabe von Fach, Semester und Universität.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Bitte kreuzen Sie auf der folgenden Skala an, wie sie Ihr Wissen über Meteorologie einschätzen:

- sehr wenig
- wenig
- normal
- viel
- sehr viel

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabe des selbsteingeschätzten Vorwissens in Meteorologie.**



Bitte beantworten Sie kurz die folgenden Fragen über Meteorologie:

	Ja	Nein
Ich studiere regelmäßig die Wetterkarte in der Zeitung:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was eine Kaltfront ist:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kenne den Unterschied zwischen einer Kumuluswolke und einer Nimbostratuswolke:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was ein Sturmtief ist:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß wieso der Wind weht:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was das folgende Symbol bedeutet: 	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß was das folgende Symbol bedeutet: 	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ja	Nein

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Sieben weitere Fragen zum meteorologischen Vorwissen.**



Vielen Dank für die Antworten zu Ihrer Person. Es folgt nun der zentrale Teil der Untersuchung.

Im folgenden werden Sie eine **einfache Animation** sehen. Diese einfache Animation handelt von der **Entstehungsweise von Gewittern** und wird sich dabei konkret mit dem Wetterphänomen **"Blitz"** beschäftigen.

**Bitte schauen Sie sich diese Animation aufmerksam und konzentriert an. Sie wird nur wenige Minuten dauern und nur einmal dargeboten.**

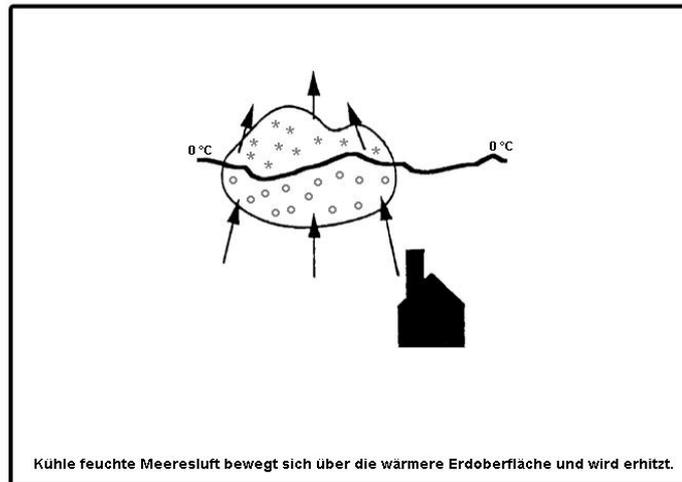
**Im Anschluss werden Ihnen einige Fragen gestellt.**

Wenn Sie bereit sind, klicken Sie nun auf "Weiter" um mit dem Experiment fortzufahren.

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Einführungsbildschirm vor der Anzeige der Animation.**



Der Weiterbutton erscheint, sobald die Animation komplett gezeigt wurde.

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Anzeige der Animation, hier in der Versuchsbedingung STCR.**



Die Animation ist nun beendet.

Bitte am unteren Bildschirmrand auf "weiter" klicken.

Das Experiment wird dann fortgesetzt.

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Anzeige am Ende der Animation.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Es folgen nun einige Fragen zu den Inhalten der eben gesehen Animation.

Es existiert für die Beantwortung der Fragen ein kurzes Zeitlimit. Sie können aber durch einen Klick auf "Weiter" sofort zur nächsten Frage übergehen ohne das Ende des Zeitlimits abzuwarten.

Sobald Sie auf "Weiter" geklickt haben, ist ein Zurückgehen zur Frage nicht mehr möglich!

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Einführungsbildschirm nach der Anzeige der Animation.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Bitte erläutern Sie wie ein Blitz entsteht:

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabebildschirm für Frage 1.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Was könnten Sie tun, um die Intensität des Blitzes zu verringern?

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabebildschirm für Frage 2.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Stellen Sie sich vor, Sie sehen Wolken am Himmel aber keine Blitze. Wieso?

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabebildschirm für Frage 3.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Was hat die Lufttemperatur mit dem Blitz zu tun?

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabebildschirm für Frage 4.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Was verursacht den Blitz?

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabebildschirm für Frage 5.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Falls Sie an der Verlosung der Amazon Gutscheine teilnehmen wollen, tragen Sie bitte hier ihre Emailadresse ein.

Die Adresse wird NUR für die Verlosung der Gutscheine erfasst!

Falls Sie kein Interesse daran haben, lassen Sie das Feld bitte frei und klicken Sie auf "Weiter".

Bitte beachten Sie: Es ist nur eine einmalige Teilnahme gestattet, Mehrfacheintragungen werden nicht berücksichtigt.

Bsp: Max.Mustermann web.de

E-Mail:  @

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabebildschirm für die E-Mail-Adresse zur Teilnahme an der Verlosung.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Haben Sie ernsthaft an diesem Experiment teilgenommen?

- Ja  
 Nein

Haben Sie Anmerkungen zur Online-Untersuchung?

Dann können Sie diese hier eintragen:

Weiter >>

Powered by EARSandEYES GmbH  
www.trendscan.de

**Eingabebildschirm für die Angabe der ernsthaften Versuchsteilnahme und der Anmerkungen.**

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM



Ich bedanke mich recht herzlich für die Teilnahme an dem Experiment.

Sie haben mir bei meiner Diplomarbeit und bei der Erforschung des Lernens mit multimedialen Inhalten sehr geholfen!

Wenn Ihnen diese Online-Untersuchung gefallen hat, bitte ich Sie, den Link an möglichst viele Bekannte weiterzuleiten.

Bei weiteren Fragen, Hinweisen oder Anregungen können Sie mir unter [amazarak@rumms.uni-mannheim.de](mailto:amazarak@rumms.uni-mannheim.de) eine Nachricht zukommen lassen.

Vielen Dank für Ihr Interesse und Ihre Teilnahme.

Athanasios Mazarakis (cand. psych.)

[Fenster schließen](#)

**Abschlussbildschirm der Online-Untersuchung.**

## Anhang H – Auswertungsmanual

Auswertungsmanual für das Experiment „Meteorologie“ von Athanasios Mazarakis im Rahmen seiner Diplomarbeit am Lehrstuhl Erziehungswissenschaften II der Universität Mannheim

✓ **Frage 1:** „*Bitte erläutern Sie wie ein Blitz entsteht:*“

Bei dieser Frage geht es darum, dass die Versuchspersonen so viel wie nur möglich von der Animation wiedergeben. Punkte gibt es hierbei für die folgenden 19 „Ideen“, unabhängig davon wie sie nun genau benannt wurden:

1. kalte Luft bewegt sich
2. wird erhitzt
3. steigt hoch
4. das Wasser kondensiert
5. die Wolke steigt über die Nullgradgrenze hinaus
6. es bilden sich Kristalle
7. Wasser und Kristalle fallen
8. es bilden sich Aufwinde und Abwinde
9. Personen fühlen die kalten Böen vor dem Regen
10. es bilden sich elektrische Ladungen
11. negative Ladungen fallen auf die Wolkenuntergrenze (oder positive Ladungen gehen an die Wolkenobergrenze)
12. eine Stufenvorentladung wandert nach unten
13. stufenförmig
14. die Stufenvorentladungen treffen sich
15. in ca. 50 Meter Höhe vom Erdboden
16. negative Ladungen stürzen runter
17. sie produzieren ein Licht, was nicht besonders hell ist
18. positive Ladungen rasen nach oben
19. diese Ladungen produzieren ein sehr helles Licht, was Menschen als Blitz wahrnehmen

Jede der hier genannten „Ideen“ wird mit einem Punkt honoriert. Falsche Antworten führen zu keinem Punktabzug. Antworten, die zwar korrekt sind, aber nichts mit dem gelernten Text zu tun haben, werden ignoriert.

---

✓ **Frage 2:** „Was könnten Sie tun, um die Intensität des Blitzes zu verringern?“

Hierbei handelt es sich um die erste Transferfrage. **Akzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Entfernung positiver Ionen von der Erde
- Reduktion der Temperaturdifferenz zwischen Meer und Erde

**Nichtakzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Alle Bäume und hohen Objekte von der Erde entfernen

Für jede akzeptable Antwort wird ein Punkt vergeben, falsche Antworten werden ignoriert.

---

- ✓ **Frage 3:** „Stellen Sie sich vor, Sie sehen Wolken am Himmel aber keine Blitze. Wieso?“

Hierbei handelt es sich um die zweite Transferfrage. **Akzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Wolke nicht hoch genug, also nicht über der Nullgradgrenze
- Positive und negative Ladungen noch nicht aufgebaut

**Nichtakzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Wolke war keine Regenwolke

Für jede akzeptable Antwort wird ein Punkt vergeben, falsche Antworten werden ignoriert.

---

- ✓ **Frage 4:** „Was hat die Lufttemperatur mit dem Blitz zu tun?“

Hierbei handelt es sich um die dritte Transferfrage. **Akzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Luft muss kühler sein als die Erde
- Temperatur in der Wolkenobergrenze muss niedrig genug sein zur Eiskristallbildung

**Nichtakzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Warme Luft steigt auf

Für jede akzeptable Antwort wird ein Punkt vergeben, falsche Antworten werden ignoriert.

---

---

✓ **Frage 5:** „Was verursacht den Blitz?“

Hierbei handelt es sich um die vierte Transferfrage. **Akzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Unterschiedliche Ladungen in der Wolke
- Temperaturdifferenz zwischen Wolkenobergrenze und Wolkenuntergrenze

**Nichtakzeptable** Antworten lauten zum Beispiel:

- Beschreibung der Animation ohne Bezugnahme auf die Ladungs- oder Temperaturdifferenzen

Für jede akzeptable Antwort wird ein Punkt vergeben, falsche Antworten werden ignoriert.

## Anhang I – Deskriptive Ergebnisse zur Novizen- und Restgruppe

Häufigkeit sowie Mittelwert und Standardabweichung der Lernleistung zu Frage 1, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung für die Novizengruppe.

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwert von Frage 1	Standardabweichung von Frage 1
IT	68	4.28	3.84
ITCR	59	4.68	4.22
KG	66	.92	1.47
ST	59	5.29	3.62
STCR	169	5.16	3.86
STEC	63	5.32	3.98
Gesamt	484	4.44	3.91

Häufigkeit, sowie Mittelwert und Standardabweichung der Transferleistung zu den Fragen 2 bis 5, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung für die Novizengruppe.

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwerte der Fragen 2-5	Standardabweichung der Fragen 2-5
IT	68	.63	.75
ITCR	59	.81	.92
KG	66	.50	.71
ST	59	.78	.87
STCR	169	.86	.95
STEC	63	.76	.98
Gesamt	484	.75	.89

**Mittelwerte der einzelnen Transferfragen in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung für die Novizengruppe.**

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwerte der entsprechenden Transferfragen			
		Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5
IT	68	.10	.28	.18	.07
ITCR	59	.25	.29	.14	.14
KG	66	.14	.08	.05	.24
ST	59	.14	.37	.10	.17
STCR	169	.17	.38	.17	.13
STEC	63	.19	.24	.19	.14
Gesamt	484	.17	.30	.14	.14

**Häufigkeit, sowie Mittelwert und Standardabweichung der Lernleistung zu Frage 1, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung für die Restgruppe.**

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwert von	Standardabweichung von
		Frage 1	Frage 1
IT	47	6.19	4.30
ITCR	55	4.69	3.29
KG	50	1.10	1.45
ST	54	4.85	3.48
STCR	134	5.42	4.01
STEC	45	5.36	4.21
Gesamt	385	4.76	3.93

**Häufigkeit, sowie Mittelwert und Standardabweichung der Transferleistung zu den Fragen 2 bis 5, in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung für die Restgruppe.**

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwerte der Fragen 2-5	Standardabweichung der Fragen 2-5
IT	47	1.21	1.22
ITCR	55	.95	.95
KG	50	.54	.73
ST	54	.74	.94
STCR	134	.75	.86
STEC	45	.87	.87
Gesamt	385	.82	.93

**Mittelwerte der einzelnen Transferfragen in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung für die Restgruppe.**

Versuchsbedingung	Häufigkeit	Mittelwerte der entsprechenden Transferfragen			
		Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5
IT	47	.38	.36	.23	.23
ITCR	55	.18	.35	.20	.22
KG	50	.22	.16	.04	.12
ST	54	.17	.28	.13	.17
STCR	134	.20	.24	.15	.16
STEC	45	.16	.38	.27	.07
Gesamt	385	.21	.28	.16	.16

## **Anhang J – Eidesstattliche und freiwillige Erklärung**

### Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die beiliegende Diplomarbeit ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Diese Arbeit hat noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum, Unterschrift

---

### Freiwillige Erklärung

Ich stimme zu, dass meine durch Herrn PD Dr. Stefan Fries betreute Diplomarbeit mit dem Titel „Cognitive Load Theory und der split-attention effect: Ein empirischer Test kognitionspsychologischer Erweiterungen“ nach Beendigung der Diplomprüfung zu wissenschaftlichen Zwecken im Bereich der Fakultätsbibliothek für Sozialwissenschaften aufgestellt und zugänglich gemacht wird (Veröffentlichungen nach §§ 6 Abs. 1 UrhG), und hieraus im Rahmen des § 51 UrhG zitiert werden kann.

Sämtliche Verwertungsrechte nach § 15 UrhG verbleiben beim Verfasser der Diplomarbeit.

Ort, Datum, Unterschrift