

**Der Einfluss des Erscheinungsbildes
pädagogischer Agenten in computerbasierten
Lernprogrammen auf die Motivation des Lernalters
und den Lernerfolg**

Ivonne Fleischer (2202937), Christin Polzer (2201142),
Nicole Sträßling (2202951) und Thomas Witschel (2202925)

Forschungsbericht

vorgelegt am

Fachgebiet Sozialpsychologie: Medien und Kommunikation

Prof. Dr. Nicole Krämer

Universität Duisburg-Essen

im Rahmen des Forschungsprojektes

„Die Nutzung virtueller Figuren für die sozialpsychologische
Forschung“

im WS 2007/2008

Dozentin:

Prof. Dr. Nicole Krämer

Duisburg, den 03.08.2008

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	2
Einleitung	3
1 Forschungsstand und Theorie.....	4
1.1 Theoretischer und empirischer Forschungsstand zur Erscheinung von pädagogischen Agenten in computerbasierten Lernprogrammen	4
1.2 Fragestellung und Hypothesen	9
2 Methode.....	10
2.1 Stichprobe und Untersuchungsdesign	10
2.2 Material.....	12
2.3 Durchführung	15
3 Ergebnisse.....	16
3.1 Stichprobenbeschreibung.....	16
3.2 Ergebnisse zu den Hypothesen	23
3.3 Die moderierenden Variablen.....	27
3.4 Analyse der Regressionsmodelle.....	28
3.5 Bewertung der pädagogischen Agenten und des Lernprogramms	34
4 Diskussion	38
5. Kritik und Ausblick	43
6. Literatur	46
7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	51
Anhang	53
A 1 Tabellen und Grafiken der statistischen Auswertung.....	53
A 1.1 Multivariate Varianzanalyse.....	53
A 1.2 Dauer des Trainings- Auswertung des Videomaterials	54
A 1.3 Vergleich Agent –Nicht Agent	55
A 2 Fragebögen und Sachtext.....	57
A 2.1 Fragebogen 1	57
A 2.2 Fragebogen 2	62
A 2.3 Sachtext	70
A 2.4 Fragebogen 3	74

Abstract

In dem hier vorliegenden Labor-Experiment wurden, basierend auf der Forschung zu sozialen Reaktionen auf virtuelle Agenten, folgende zwei Hypothesen untersucht. Erstens, der generelle Einsatz von virtuellen Agenten verbessert das Lernergebnis und auch die Motivation und zweitens, das Erscheinungsbild von virtuellen Agenten beeinflusst die Motivation und den Lernerfolg der Teilnehmer. Die Teilnehmer durchliefen ein etwa 30 minütiges Lernprogramm, zur Verbesserung des Erfassens von Texten, das je nach Bedingung von einem realistisch-humanoiden, cartoonhaft und nicht-humanoiden oder keinem virtuellen Agenten unterstützt wurde. Als abhängige Variablen wurden die Stimmung und die Motivation der Teilnehmer sowie der Lernerfolg anhand mehrerer Wissenstests abgefragt. Signifikante Ergebnisse konnten für die Bewertung der unterschiedlichen Agenten sowie die Dauer des Trainings generiert werden. Generell bestätigen die Ergebnisse der Untersuchung zwar keine der aufgestellten Hypothesen. Jedoch konnten Erkenntnisse für die zukünftige Forschung dazugewonnen werden.

In this computer-based experiment, based on the research on social reactions to virtual agents two hypotheses were examined: First, the use of an agent in general improves learning outcomes and motivation the visual appearance of the agent influences motivation and learning success of the participants. The participants went through an, approximately 30 minutes learning program designed to improve reading abilities of academic text passages. Depending on the condition, the program was supported by either a realistic and human-like agent, a cartoon-like and nonhuman-like agent or no virtual agent at all. As main dependent variables the participants' mood as well as their learning outcomes, in form of several knowledge tests were collected. None of the hypotheses could be confirmed. But there are significant results concerning the evaluation of the virtual agents and the duration of the program. To sum up, some important facts were generated which might positively influence future research in this field.

Einleitung

Virtuelle Figuren werden bereits heute als Schnittstelle der Zukunft propagiert. Die Bandbreite der ihnen zugeordneten Aufgaben ist dabei sehr hoch. Sie reicht von der Hilfestellung beim Umgang mit technischen Geräten, über simples Entertainment bis hin zu einer möglichen Erhöhung der Lernmotivation in pädagogischer Software.

Der Einfluss so genannter pädagogischer Agenten im Bereich des multimedialen Lernens ist in den letzten Jahren vermehrt untersucht worden (Atkinson, 2002; Baylor & Ryu, 2003; Clarebout & Elen, 2005; Moreno et al., 2001). Die Ergebnisse, insbesondere jener Untersuchungen, die sich mit dem Einfluss des Erscheinungsbildes befassten, weisen zum Teil in unterschiedliche Richtungen (Domagk & Niegemann, 2005). So konnten beispielsweise Moreno und Mayer (2000) keinen direkten Effekt der Erscheinung feststellen. Zwar lernten solche Studenten effektiver, die ihre Anweisungen von einem virtuellen Agenten bekamen, als jene Probanden, denen die Anweisungen nur auf einem Text-Bildschirm gegeben wurden. Allerdings waren ihre Ergebnisse nicht besser als die einer Gruppe, die sprachliche Anweisungen bekamen ohne den Agenten zu sehen. Diese Feststellungen decken sich mit den Ergebnissen einer aktuellen Untersuchung zum Einfluss der visuellen Darstellung von Agenten auf die Benutzerzufriedenheit (Feige, 2007).

Diesen Untersuchungsergebnissen steht die umfangreiche sozialpsychologische Literatur zur Auswirkung von äußerer Erscheinung oder Attraktivität auf die Personwahrnehmung entgegen (Berscheid & Walster, 1974; Hassebrauk & Niketta, 1993; Dion, Walster & Berscheid, 1972). So zeigten beispielsweise Versuche von Cunningham et al. (1995), dass als attraktiv eingestufte Menschen besser bewertet wurden als die nicht-attraktiven. Sie bekamen signifikant bessere Beurteilungen in Bereichen wie Intelligenz, Sympathie oder Ehrlichkeit. Auch die Versuche von Richard und Petty (1998), bei denen gezeigt werden konnte, dass bestimmte Verbrechen in Abhängigkeit der Attraktivität der Angeklagten unterschiedlich schwer bestraft wurden, legen nahe, dass eine enge Verbindung zwischen der wahrgenommenen Attraktivität und verschiedenen Informationsverarbeitungsprozessen existiert.

Unter der Berücksichtigung der Ergebnisse von Nass und Moon, dass medial vermittelte Ereignisse ebenso wie reale Ereignisse wahrgenommen und erlebt werden sowie das Computer bzw. interaktive Systeme generell als soziale Akteure behandelt werden

(Nass & Moon, 2002), lässt sich schlussfolgern, dass auch die Erscheinung von virtuellen Agenten einen wichtigen Einfluss auf das Verhalten der Nutzer hat. Auch weitere Befunde der Agenten-Forschung weisen ebenfalls in diese Richtung. So konnten Krämer, Blens und Bente (2002) zeigen, dass die Präsenz verschiedener virtueller Figuren unterschiedliches Nutzerverhalten generierte. So reagierten männliche Versuchspersonen durchweg positiver auf die eher menschlich anmutende, blonde Agentin als auf die eher comichafte, kleine, brünette Agentin. Diese und noch weitere Studien lassen also schließen, dass das Erscheinungsbild eine bedeutsame Rolle spielt (Dehn & van Mulken, 2000).

Welches Erscheinungsbild allerdings in welcher Situation das „Richtige“ ist, lässt sich zum jetzigen Forschungszeitpunkt noch nicht sagen. Zwar fand Baylor (2005), dass Studenten jene pädagogischen Agenten präferieren, die dieselbe Ethnizität haben, allerdings wurden hier keine Bevorzugungen in Bezug auf Geschlecht festgestellt. Auch gibt es bisher nur wenige Untersuchungen, die von der breiten Variation an Erscheinungsausprägungen seitens der Agenten Gebrauch machen. So sind die meisten untersuchten pädagogischen Agenten menschlich, zwischen 25 und 30 Jahre alt, mit einem durchschnittlichen Körperbau (André et al., 1996; Graesser et al., 1999; Johnson et al., 1998; Rickel & Johnson, 1998). Phantasiefiguren, die weder mit menschlichen noch tierischen Wesen vergleichbar wären, wie beispielsweise Cosmo (Lester et al., 2000) und vor allem die Auswirkungen ihres Erscheinungsbildes finden in diesem Bereich der Medienforschung bisher keine große Resonanz. Diese unterschiedlichen Untersuchungsergebnisse bilden den Ausgangspunkt des hier vorliegenden Forschungsexperiments.

1 Forschungsstand und Theorie

1.1 Theoretischer und empirischer Forschungsstand zur Erscheinung von pädagogischen Agenten in computerbasierten Lernprogrammen

Als pädagogische Agenten bezeichnet man Interface-Agenten, die in multimedialen Lernumgebungen eingesetzt werden und über gesprochenen Text mit dem Lernenden kommunizieren (Domagk, 2008). Die pädagogischen Agenten verfolgen durch die Interaktion mit dem Lernenden das Ziel, den Lernprozess zu unterstützen, zu fördern

und den Lernenden zu motivieren (Johnson, 2001, zit. n. Domagk, 2008). Im Lernprozess können sie verschiedene Aufgaben übernehmen: z.B. als Assistent, Wissensvermittler, Befragender oder als Guide durch virtuelle Welten. Als visualisierte lebensechte Charaktere mit emotionalen und intentionalen Beschaffenheiten sollen sie zudem die Glaubwürdigkeit und Attraktivität des Computers erhöhen (Moreno, 2005, zit. n. Domagk, 2008). Untersuchungen haben gezeigt, dass sich in Gegenwart einer virtuellen Figur ähnliche emotionale, kognitive und verhaltensmäßige Reaktionen bei dem Nutzer einstellen, wie in Gegenwart eines Menschen, virtuelle Figuren also eine soziale Wirkung hervorrufen (Krämer, 2006). Bereits 1982 befasste sich Quintanar vor dem Hintergrund sozialpsychologischer Theorien mit dem Computer als sozialem Stimulus. Aus seiner Forschung entwickelte sich die Hypothese, dass die Haltung und die Performanz des Benutzers durch den Grad der Menschlichkeit, die das System aufweist, beeinflusst wird (Quintanar, 1982, zit. n. Krämer, 2006): „The research suggests that the user’s attitude and performance are affected by the degree of human-like responses exhibited by an interactive computer“ (Quintanar et al., 1982, S. 210). Zahlreiche Untersuchungen bestätigen, dass mit zunehmender Menschlichkeit des Systems soziale Wirkungen hervorgerufen werden. In diesem Zusammenhang werden Höflichkeitsnormen, Bewertungs- und Personwahrnehmungsregeln sowie Kompetenzzuschreibungen genannt (Nass, Steuer & Tauber, 1994; Nass, Fogg & Moon, 1996). Es stellt sich die Frage, wie diese für die Mensch-Computer-Interaktion Gewinn bringende Hypothese auf die Entwicklung von computerbasierten Lernumgebungen angewendet werden kann. Können virtuelle Figuren, die als Schnittstelle der Zukunft propagiert werden, genutzt werden, um den Grad der Menschlichkeit eines Systems zu erhöhen und welche Auswirkungen haben diese auf den Lernerfolg und die Motivation des Lernenden?

Die Forschung der Wirkung pädagogischer Agenten begann erst Ende der 1990er Jahre und befindet sich noch am Anfang. Dennoch können bereits interessante Ergebnisse aufgewiesen werden. Die ersten Forschungsarbeiten dazu lieferten Moreno et. al. (2000, 2001) und Atkinson et al. (2002). Bereits zu Beginn der Forschung entwickelten sich jedoch Kontroversen bezüglich der Potentiale von pädagogischen Agenten. Befürworter begründeten den Einsatz pädagogischer Agenten damit, dass diese soziale Effekte hervorrufen und das Lernen am Computer persönlicher gestalten, die Motivation

fördern und den Lernprozess unterstützen, was durch ihre Erscheinung und Stimme noch verstärkt werden könne (z.B. Krämer & Bente, 2002; Moreno, 2005). Reeves und Nass konnten in diesem Zusammenhang nachweisen, dass Bewertungs- und Personenwahrnehmungsmechanismen wie sie zwischenmenschlich ablaufen auch auf die Kommunikation zwischen Mensch und Computer übertragbar sind (u.a. Nass & Moon, 2000; Nass et al., 1997; Reeves & Nass, 1996). Dabei wird davon ausgegangen, dass durch die Aktivierung sozialer Reaktionsmuster, infolge der Interaktion mit einem virtuellen Partner, vermehrt kognitive Prozesse aktiviert werden und diese damit zu besseren Lernergebnissen führen (Mayer, 2005). Andere Forscher glauben aber, dass es aufgrund von falschen Eigenschaftszuschreibungen zu fehlerhaften Schlussfolgerungen über den Computer und seine Funktionsweise kommen kann, wenn eine virtuelle Figur abgebildet wird (Norman, 1994; 2000; Shneiderman & Maes, 1997; Wilson, 1997; zit. n. Dehn & van Mulken, 2000). Außerdem bestehen Zweifel daran, ob die Präsentation einer virtuellen Figur ausreicht, um diese Ziele zu erreichen (Clark & Feldon, 2005, zit. n. Domagk, 2008). Zudem gehen die Gegner davon aus, dass ein Agent den Nutzer von den eigentlichen Inhalten ablenken kann (Walker et al., 1994).

Insgesamt bestätigt der größte Teil der Studien, dass die Anwesenheit eines pädagogischen Agenten eine Leistungssteigerung zur Folge hat. „Eine generelle Effizienz im Sinne der Lernunterstützung kann somit angenommen werden“ (Krämer, 2006, S. 139). Jedoch ist „[...] noch wenig geklärt, ob die pädagogischen Agenten tatsächlich effizient sind, da sie die Motivation des Lernalern erhöhen oder vielleicht doch eher, weil sie direkten Einfluss auf kognitive Aspekte nehmen [...]“ (Krämer, 2006, S. 139). Zudem wird bei der Ursache für den Leistungserfolg häufig auf die verbalen Eigenschaften virtueller Figuren verwiesen und weniger auf das Erscheinungsbild. Baylor (2005) variierte zwar verschiedene nichtmenschliche Figuren in Farbe, Komplexität und Form, erhob aber nur die Akzeptanz, nicht aber den Lernerfolg oder die Motivation. Auch Vergleichsstudien zur Gegenüberstellung nichtmenschlicher und menschlicher Figuren liegen nicht vor. Der Fokus dieser Arbeit liegt dabei im Bereich des Erscheinungsbildes pädagogischer Agenten, welches von anthropomorph (menschenähnlich) bis zoomorph (tierähnlich) variieren kann (vgl. Fong, Nourbakhsh & Dautenhahn, 2002).

Ob sich die reine Anwesenheit eines virtuellen Agenten eher positiv oder negativ auf den Lernenden auswirkt, untersuchten auch Moreno, Mayer, Spires und Lester (2001) in fünf Experimenten. Ausgehend von der „Social-Cue Hypothese“ wird dabei angenommen, dass die soziale Wirkung des Agenten Auswirkungen auf den Lernprozess hat, dass heißt wenn soziale Hinweise wie Stimme oder visuelle Darstellung gegeben sind, bessere Lernleistungen zu erwarten sind (Atkinson, 2002; Moreno & Mayer, 2000; Moreno et al., 2001). Auch hier zeigen sich gegensätzliche Ergebnisse. Während Atkinson (2002) die Hypothese stützen konnte, fanden Mayer, Dow und Mayer (2003) und Moreno (2003) keine signifikanten Ergebnisse. Moreno (2003) konnte zwar zeigen, dass die Lernenden bessere Transferleistungen und höhere Motivation bei der Anwesenheit eines Agenten zeigten, jedoch die besseren Leistungen auf die Stimme und nicht etwa auf die Erscheinung des pädagogischen Agenten zurückzuführen waren. Den Grund sieht Moreno (2003) darin, dass beispielsweise die Vokalisierung unmittelbar mit der kognitiven Verarbeitung verbunden ist und somit mehr Effekte zeigt als visualisierte soziale Hinweisreize. Clark und Choi (2005, zit. n. Domagk, 2008) führen die unterschiedlichen Ergebnisse auf die Konzeption der Studien zurück und kritisieren in diesem Zusammenhang, dass unter anderem die Kontrollgruppen anderen Bedingungen ausgesetzt waren als die Experimentalgruppen. Die Anwesenheit eines Agenten begünstigt zudem die Glaubwürdigkeit des Systems, was zu einem Vertrauensanstieg beim Nutzer führt (Prendinger & Ishizuka, 2001). Beim Einsatz eines Agenten wird außerdem die Lernumgebung als weniger schwierig empfunden als ohne Agent (Atkinson, 2002). Diese Effekte werden häufig auf das Konzept der Parasozialen Interaktion zurückgeführt, welches bisher nur mit der Fernsehrezeption in Verbindung gebracht wurde (Horton & Wohl 1956). Dieses besagt, dass sich die Denk- und Verhaltensweisen der Nutzer bei der Interaktion mit einer medialen Figur ähnlich gestalten, also vergleichbare psychologische Prozesse ablaufen, wie bei der personalen Interaktion und schon wenige Hinweisreize ausreichen, um eine Illusion einer sozialen Entität herzustellen (Hartmann et al., 2004; Johansson, 1973, 1976; Krämer & Bente, 2002). Studien von Hartmann et. al. (2001) zeigen, dass dieses Konzept auch auf computervermittelte Figuren übertragbar ist. Lernende setzen sich demnach mit den Aussagen und Handlungen von Avataren intensiver auseinander und nehmen Bewertungen der Figur vor. Dies scheint auch mit einer höheren Motivation der

Lernenden bei der Bearbeitung des Lernprogramms einherzugehen. Die Motivation ergibt sich nach dem Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie (Rheinberg, 2004) aus der Wechselbeziehung zwischen Person und Situation und ist von den Erwartungen der Lernenden sowie der Gestaltung der Lernsituation abhängig. Der Einsatz pädagogischer Agenten stellt nach diesem Modell somit einen potentiellen Anreiz der Lernsituation dar (Domagk, 2008). Jedoch scheint nicht allein die Anwesenheit eines pädagogischen Agenten ausschlaggebend für die Motivation zu sein, sondern dessen Merkmale, beispielsweise das Erscheinungsbild, sind ebenso von Relevanz. In der Literatur weisen Untersuchungsergebnisse zum Einfluss des Erscheinungsbildes zum Teil in unterschiedliche Richtungen (Domagk & Niegemann, 2005). So konnte Feige (2007) in einem Experiment, bei dem Probanden mit einer menschlichen Visualisierung oder einem Papagei-Avatar interagieren sollten, nachweisen, dass die Erscheinungsform eines Agenten keinen Einfluss auf die Benutzerzufriedenheit hat. Auch Moreno und Mayer (2000) haben keinen direkten Effekt der Erscheinung feststellen können.

Untersuchungen zur Sympathiezuschreibung (vgl. etwa Sproull et al, 1996; Walker et al., 1994; Koda & Maes, 1996, vgl. Dehn & van Mulken, 2000) hingegen machen deutlich, dass die Bewertung und Akzeptanz des Agenten vom äußeren Erscheinungsbild abhängig ist, wobei menschenähnliche oder teddybärähnliche Figuren besser bewertet werden als abstrakte (Bailenson et al., 2005). Demzufolge gelten für virtuelle Figuren dieselben Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich der Bedeutsamkeit der Attraktivität wie für Menschen. Es konnte sogar gezeigt werden, dass eine spezifische Erscheinung neben Sympathie auch die Behaltensleistung beeinflusst (Buisine et al. 2004). Andere Studien zeigen, dass das Erscheinungsbild der virtuellen Figur Einfluss auf die Fähigkeiten hat, die man einem Agenten zuschreibt. So ist beispielsweise eine gestiegene Erwartung an Intelligenz der virtuellen Figur mit zunehmender Menschlichkeit gegeben (King und Ohya, 1996). Auch Experimente mit der virtuellen cartoonartigen Figur „Herman the Bug“ zeigen, dass der Agent umso nützlicher und verständlicher empfunden wurde, je menschlicher er gestaltet war (Lester & Stone, 1997). Allerdings konnte bei der Variation des Erscheinungsbildes („Herman the Bug“ wurde durch ein Video eines menschlichen Tutors ersetzt) kein Einfluss des Erscheinungsbildes auf die Motivation oder den Lernerfolg des Lernenden gezeigt

werden (Moreno, 2003, Moreno et. al., 2001). Es wird jedoch noch stark diskutiert, wie realistisch das Erscheinungsbild der virtuellen Figur sein sollte, um solche Effekte hervorzurufen. Während Parke (1991) davor warnt ein zu realistisches Aussehen zu geben, um die Erwartungen des Nutzers an diese nicht zu enttäuschen, argumentieren Cassell et al. (1999; vgl. auch die Ergebnisse von Bruce, Nourbakhsh & Simmons, 2002 zum Erscheinungsbild von Robotern), dass die Benutzer nur bei humanoiden Charakteren einen vertrauenswürdigen Interaktionspartner sehen.

1.2 Fragestellung und Hypothesen

Im theoretischen Teil wurde herausgearbeitet, dass pädagogische Agenten mit dem Ziel eingesetzt werden, die Lernmotivation und Lernunterstützung zu fördern und welche Faktoren dabei eine Rolle spielen. Im empirischen Teil soll basierend nochmals untersucht werden, inwiefern sich das Erscheinungsbild der Agenten auf die Nutzer, deren Lernerfolg sowie ihre Motivation in das System auswirkt. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob es eine bestimmte virtuelle Figur oder bevorzugte Darstellungsweise gibt, die signifikant bessere Ergebnisse hinsichtlich des Lernerfolgs und der Motivation erzielt als ein anderer virtueller Agent. Auf Grund der verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von Agenten wird in dieser Studie der Fokus auf die Menschlichkeit der Figur gelegt: Es wird nach einer cartoonhaften, nicht-humanoiden und einer realistisch-humanoiden Darstellungsart unterschieden. Des Weiteren soll untersucht werden welchen Einfluss die Anwesenheit eines pädagogischen Agenten auf den Lernerfolg und die Motivation hat. Dabei ergeben sich folgende Fragestellungen und Hypothesen.

Frage 1: Wird durch den Einsatz eines pädagogischen Agenten der Lernerfolg und die Motivation des Lernenden verstärkt?

Der Einsatz pädagogischer Agenten dient dem Ziel, die Motivation und den Lernerfolg zu fördern. Eine Hilfestellung durch einen pädagogischen Agenten erwies sich in den meisten Studien als vorteilhaft für den Lernerfolg (Baylor & Kim, 2005; Baylor & PALS, 2003; Mayer et al., 2003; Moreno, 2003; Moreno, 2004; Moreno & Mayer, 2005, zit. n. Domagk, 2007). Jedoch wurden in sehr wenigen Studien bisher beide Variablen, also Motivation und Lernerfolg zusammen erhoben. Es sollte zudem der

Vergleich mit einer Kontrollgruppe ohne Agenten untersucht werden, um Aussagen darüber machen zu können, ob der Einsatz eines pädagogischen Agenten in Bezug auf die genannten Ziele nützlich erscheint. Aus der Fragestellung ergibt sich folgende Hypothese: Wenn ein pädagogischer Agent im Programm enthalten ist, der die Wissensvermittlung unterstützt, dann sind die Probanden motivierter und der Lernerfolg ist größer.

Frage 2: Welche Erscheinungsform (realistisch-humanoid vs. cartoonhaft und nicht-humanoid) erzielt eine größere Motivation und einen größeren Lerneffekt?

In Bezug auf das Konzept der Parasozialen Interaktion ist aufgezeigt worden, dass auch bestimmte Merkmale der eingesetzten Figur berücksichtigt werden sollten, wenn diese die Motivation und den Lernprozess des Lernenden fördern sollen. Es stellt sich somit die Frage, wie eine virtuelle Figur gestaltet werden muss, um diese Ziele zu erreichen. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass besonders sympathische, in personalisierter Sprache kommunizierende Agenten von Vorteil sind, um sich mit dem Lernstoff auseinanderzusetzen (Domagk, 2008). Die Erscheinungsform, besonders die Gegenüberstellung von realistisch-humanoiden und cartoonhaften, nicht-humanoiden pädagogischen Agenten wurde in diesem Zusammenhang jedoch noch nicht untersucht. Aus der Fragestellung ergibt sich folgende Hypothese: Das visuelle Erscheinungsbild des pädagogischen Agenten beeinflusst die gegenwärtige Motivation des Lerner und seinen Lernerfolg.

2 Methode

2.1 Stichprobe und Untersuchungsdesign

45 Personen nahmen am Experiment teil. Außerdem nahmen sie an der Verlosung von neun Kinogutscheinen im Wert von je 5€ teil. Die Versuchspersonen wurden an der Universität Duisburg-Essen über Aushänge und Flugblätter, das Internetforum der Universität und über das Internetforum sowie den E-Mail-Verteiler des Studiengangs Angewandte Kognitions- und Medienwissenschaft der Universität Duisburg-Essen, aber auch durch persönliches Ansprechen rekrutiert. Die Stichprobe bestand aus 24 Frauen

und 21 Männern. 42 der Teilnehmer waren Studenten, 3 der Teilnehmer waren Nicht-Studenten. Die Versuchspersonen waren zwischen 19 und 26 Jahren alt ($M = 23.2$).

Das experimentelle Design sah einen unifaktoriellen Zufallsgruppenversuchsplan mit dreifacher Abstufung des Faktors „Agent im Lernprogramm“ (unabhängige Variable) vor; die 45 Versuchspersonen wurden auf die drei Bedingungen so aufgeteilt ($N = 15$ Versuchspersonen pro Gruppe), dass in jeder Gruppe etwa die gleiche Anzahl an weiblichen und männlichen Teilnehmern erreicht wurde. Zum einen wird unterschieden in „Agent im Lernprogramm“ (Experimentalbedingungen) und „kein Agent im Lernprogramm“ (Kontrollbedingung). Zum anderen wurden die Agenten im Lernprogramm in den Experimentalbedingungen jeweils in ihrem Aussehen bzw. Erscheinungsbild variiert. In der ersten Experimentalgruppe unterstützte ein realistisch-humanoider, weiblicher Agent die Versuchspersonen. Die Teilnehmer der zweiten Experimentalgruppe wurden mit einem cartoonhaften, nicht-humanoiden Agenten, der im Aussehen einem Hasen gleich, konfrontiert. Der Versuchsplan ist in Tabelle 1 zu abgebildet, die beiden Darstellungsweisen der Agenten sind in Abbildung 1 zu sehen.

Tabelle 1. Versuchsgruppenplan des Experiments

Unifaktorieller Zufallsgruppenversuchsplan mit Abstufung des Faktors „Agent im Lernprogramm“

Experimentalgruppe 1	Experimentalgruppe 2	Kontrollgruppe
Realistisch, humanoider Agent	cartoonhaft, nicht-humanoider Agent	kein Agent
N = 15	N = 15	N = 15

Als abhängige Variable wurden zum einen die Ergebnisse aus vier Wissenstests – einmal während bzw. im computerbasierten Lernprogramm (Elzen-Rump & Leutner, 2007) und zweimal nach dem Gebrauch des Lernprogramms – erfasst. Zum anderen wurde nach der Arbeit mit dem Lernprogramm Stimmung des Lernalters sowie dessen Bewertung (wenn möglich) des pädagogischen Agenten und des Lernprogramms erfasst.



Abbildung 1. Experimentalbedingungen - realistisch-humanoider, weiblicher Agent integriert in das Lernprogramm (links) und cartoonhafter, nicht-humanoider Agent (rechts).

2.2 Material

Die verwendeten Materialien werden im Folgenden beschrieben. Die Fragebögen und der Sachtext sind zudem im Anhang A 2 zu finden.

Fragebogen 1. Der erste Fragebogen, der vor der Absolvierung des Trainings ausgefüllt werden sollte, erfasste demografische Angaben zur Versuchsperson, ihre Erfahrungen im Umgang mit Computern, ihr allgemeines Vertrauen gegenüber anderen Menschen sowie ihr Vorwissen im Bereich Naturwissenschaften und die aktuelle Motivation. Im ersten Teil wurden allgemeine demografische Daten (Alter, Schulabschluss, etc.) erfragt. Dann folgten Angaben zur Erfahrung mit und Kenntnissen von sowie die persönliche Einstellung zu Computern (Krämer, Kopp & Simons, 2007). Anschließend wird das allgemeine Vertrauen durch vier Fragen erfasst. Als nächstes müssen zehn naturwissenschaftliche Fragen beantwortet werden. Auf diese Weise wird das Vorwissen erfasst (Elzen-Rump & Leutner, 2007). Danach wird der Teilnehmer darauf hingewiesen, dass das folgende Training ebenfalls vergleichbare naturwissenschaftliche Inhalte thematisiert wie die zuvor gestellten Fragen. Anschließend wird die gegenwärtige Motivation der Versuchsperson durch den Fragebogen zur aktuellen Motivation in Lern- und Leistungssituationen (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001), kurz FAM, durch eine Likert 7-Skala erfasst. Dadurch erhält man Auskunft darüber, wie

motiviert jemand ist, mit dem computerbasierten Lernprogramm und im Bereich Naturwissenschaften zu arbeiten.

Das computerbasierte Lernprogramm. Das verwendete Trainingsprogramm, das ursprünglich der zweite Teil (Strategieerwerb) des dreiteiligen, computerbasierten Trainingsprogramms zum selbstregulierten Lernen mit einer Textmarkierungstechnik von Leutner et al. (2007) ist, wurde in modifizierter Form als Flash-Film implementiert. Die Filmsequenz ist aus 32 einzelnen Folien im Programm Flash zusammengesetzt. Das Lernprogramm sollte den Versuchsteilnehmern eine Strategie zur Bearbeitung von Texten vermitteln, mit der sie wichtige Textinformationen identifizieren und markieren lernen. Dazu gehört es einen Text mindestens zweimal zu lesen, Kernaussagen zu identifizieren und einzurahmen, Zusatzinformationen zu unterstreichen sowie „Randmarken“, das sind Abkürzungen wie „Def.“ für Definition, eben am Textrand zu setzen. Die während des Trainings zu bearbeitenden Textbeispiele stammen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich; es wird das Thema „Diffusion und Osmose“ verwendet. Die Wissensvermittlung, die vorher ausschließlich über eine Stimme und dem auf dem Bildschirm präsentierten Text vorgenommen wurde, wird nun in den beiden Experimentalgruppen zusätzlich von je einer virtuellen Figur unterstützt – in der Kontrollgruppe jedoch nicht.

Die virtuellen Figuren bzw. die jeweiligen pädagogischen Agenten, die von der Firma Charamel aus Köln (www.chramael.de) zur Verfügung gestellt wurden, werden im modifizierten Lernprogramm immer auf der rechten Seite des Bildes präsentiert und bewegen ihre Lippen synchron zum eingesprochenen Text. Darüber hinaus werden Gestik und Mimik eingesetzt, damit die Agenten so realistisch wie möglich wirken. Besonders das non-verbale Verhalten soll die Feedback-Funktion (vgl. Bendel, 2004) unterstützen: Bei positiver Rückmeldung freut sich die Figur, reißt ihre Arme nach oben und kommt auf dem Bildschirm größer werdend nach vorn, an den Nutzer heran. Negatives Feedback wird gestisch und mimisch dadurch unterstützt, dass sich der Agent an den gesenkten Kopf fasst und diesen schüttelt. Zusätzlich wird die Vermittlung des Lernstoffes durch deiktische Gesten unterstützt; der Agent zeigt auf den jeweils gerade angesprochenen Aspekt, der als Text auf einer Folie steht.

Fragebogen 2. Dieser Fragebogen erfasst die Stimmung eines Teilnehmers nach der Arbeit mit dem Lernprogramm, in den Experimentalbedingungen die Bewertung des eingesetzten Agenten, in allen Bedingungen die Bewertung der Lernsoftware insgesamt und das erworbene Strategiewissen. Als erstes sollen die Versuchspersonen Angaben zu ihrer Stimmung machen (Krämer, Kopp & Simons, 2007). Dies soll Auskunft darüber geben, wie sich die Arbeit mit dem Lernprogramm auf die Person niederschlägt. Für die Experimentalgruppen folgt nun eine ausführliche Bewertung des pädagogischen Agenten (Krämer, Kopp & Simons, 2007). Alle Versuchsteilnehmer sollen auch das Lernprogramm wie bei Krämer, Kopp & Simons (2007) bewerten. Zuletzt müssen acht Fragen zum Trainingsprogramm und dem dort erworbenen Strategiewissen beantwortet werden (Elzen-Rump & Leutner, 2007), die eine Aussage über den Lernerfolg ermöglichen.

Sachtext. Um das erworbene Strategiewissen anzuwenden, bearbeiteten die Teilnehmer einen naturwissenschaftlichen Text zum Thema „Wasser“ (Elzen-Rump & Leutner, 2007) mit einem Stift. Vorab wurde an einer kleinen Stichprobe von fünf Studenten erfasst, ob der Sachtext, der ursprünglich zur Überprüfung der Trainingswirkung bei Schülern der 10. Klasse eingesetzt wurde, auch für Studenten geeignet ist. Der Text wurde unverändert übernommen.

Fragebogen 3. Die Teilnehmer müssen nach der Textbearbeitung 52 Fragen zur Arbeit mit dem Text und ihrem Vorgehen beantworten. Diese dienen als Ablenkung, da an- und abschließend der Lernerfolg erfasst wird: Mittels 16 Fragen wird ermittelt, welche Inhalte eine Versuchsperson aus dem Sachtext „Wasser“ behalten hat (Elzen-Rump & Leutner, 2007) und welches Ausmaß der Lernerfolg annimmt.

Aufnahmesoftware. Die im Internet erhältliche Aufnahmesoftware Camtasia Studio von TechSmith wurde als 30-Tage-Testversion auf den zwei Versuchscomputern installiert. Während der Teilnehmer das computerbasierte Trainingsprogramm absolvierte wurden seine Aktionen (Eingaben, Mausbewegungen etc.) auf dem Computerbildschirm mit Hilfe des Programms aufgezeichnet. Der entstandene Videofilm wurde abgespeichert und zur Auswertung herangezogen: Zum einen mussten im Training zwölf Aufgaben

erledigt werden, deren Ergebnisse mittels der Aufnahmen erfasst werden sollten. Zum anderen gibt die Filmlänge Auskunft darüber, wie lang sich eine Versuchsperson mit dem Programm beschäftigt hat.

2.3 Durchführung

Die Untersuchung wurde in der vorlesungsfreien Zeit des Wintersemesters 2007/2008 über einen Zeitraum von sechs Wochen durchgeführt. Sie fand in zwei Räumen des Fachgebietes Sozialpsychologie: Medien und Kommunikation der Universität Duisburg-Essen statt. Beide Räume waren mit je einem Computer mit Tastatur, Maus und Lautsprechern ausgestattet, auf denen jeweils das computerbasierte Trainingsprogramm und die Aufnahmesoftware Camtasia Studio installiert waren. Auf diese Weise konnten zwei Personen gleichzeitig am Experiment teilnehmen und trotzdem blieben beide ungestört. Es war immer mindestens einer der vier Versuchsleiter anwesend, der dann ein oder auch zwei Personen gleichzeitig betreut hat.

Ablauf. Als erstes sollten sich die Teilnehmer in die E-Mail Liste zur Verlosung der Kinogutscheine eintragen. Anschließend wurden sie über den Versuchsablauf instruiert. Dabei wurde ihnen mitgeteilt, dass sie ein computerbasiertes Lernprogramm zum Lernen mit Texten testen sollten. Ein Versuch lief folgendermaßen ab: Zunächst sollten sie den Fragebogen 1 ausfüllen, der sie auch auf den naturwissenschaftlichen Fokus des Experiments vorbereitete. Dann testeten sie in einer etwa 30 bis 45 minütigen Trainingssitzung das Lernprogramm. Währenddessen wurden ihre Schritte auf dem Computerbildschirm mit Hilfe des Aufnahmeprogramms Camtasia Studio aufgenommen. Im Anschluss daran mussten sie Fragebogen 2 beantworten. Danach war es ihre Aufgabe, den Text zum Thema Wasser zu lesen und mit Hilfe des im Lernprogramm erworbenen Wissens aufzubereiten. Als letztes folgte Fragebogen 3. Den Teilnehmern wurde kein Zeitlimit gesetzt, sodass sie in Ruhe alle Aufgaben nach individuellem Tempo erledigen konnten. Sie wurden darauf hingewiesen, dass der Versuch etwa 60 bis 90 Minuten dauern kann. Zudem konnten die Versuchspersonen jederzeit Hilfe vom Versuchsleiter anfordern, der sich immer im Nachbarraum befand.

3 Ergebnisse

Im Folgenden wird zunächst eine Übersicht über die gewonnenen Daten gegeben. Dabei wird zuerst die Stichprobe an Hand demografischer und untersuchungsrelevanter Merkmale vorgestellt. Im Anschluss daran werden die einzelnen Ergebnisse zu den Fragestellungen aufgezeigt. Bei allen Untersuchungen, bei denen nichts anderes angegeben ist, wurde von einem Konfidenzintervall von 95 % ausgegangen.

3.1 Stichprobenbeschreibung

Von den 45 Versuchspersonen haben drei Probanden eine Ausbildung absolviert, die anderen 42 Personen studieren unterschiedliche Fächer. Von den Versuchspersonen besitzen 96 % die Fachhochschulreife oder eine höhere Schulbildung als höchsten Schulabschluss. Bei der Abfrage der Erfahrung und der Einstellung zum Computer konnte festgestellt werden, dass die Probanden den Computer für private Zwecke im Durchschnitt 15 Stunden in der Woche benutzen. Dabei variiert der Wert zwischen 2 bis hin zu 42 Stunden in der Woche. Für den Beruf bzw. das Studium wird eine durchschnittliche Nutzung von 13 Stunden pro Woche angegeben, wobei die einzelnen, genannten Zeitangaben zwischen 0 und 50 Stunden lagen. Hierbei machten sechs Probanden keine Angabe zu der beruflichen Nutzung. Die Versuchspersonen haben gemäß ihrer Selbsteinschätzung im Durchschnitt gute Kenntnisse im Umgang mit dem Computer; der Durchschnittswert liegt hier bei 13 von insgesamt 15 Punkten als Maximalwert. Die einzelnen Angaben reichen von einem Wert von 10, mit befriedigenden Kenntnissen, bis zum maximalen Wert von 15, mit sehr guten Kenntnissen.

Das allgemeine Vertrauen der Probanden gegenüber anderen Menschen wurde durch vier Items erfasst und in einer Faktorenanalyse verarbeitet. Dabei konnte ein Faktor ermittelt werden. Insgesamt stimmten die Probanden mit den einzelnen Aussagen über das Vertrauen „weder noch“ bis „eher nicht“ überein, der Mittelwert liegt hierfür bei 3,16 bei einer Skala von 1 (stimme voll zu) bis 5 (stimme nicht zu). Der Faktorwert wurde als moderierende Variable in die Varianzanalyse mit einbezogen.

Um später erfassen zu können, ob die Probanden durch das Lerntraining die Methode auch anwenden können, wurde vor dem Training das Vorwissen in dem später abgefragten Bereich der Naturwissenschaft erfasst. Hierbei liegen die erreichten Werte

zwischen 3 bis 12 Punkten, bei einer maximal zu erreichenden Punkteanzahl von insgesamt 16. Der allgemeine Durchschnitt lag bei 6,89 Punkten. In den einzelnen Bedingungen lag der Durchschnittswert für die Bedingung realistisch-humanoider Agent bei 7,07, bei der Bedingung cartonnhafte, nicht-humanoider Agent bei 6,87 und in der Kontrollgruppe ohne Agent bei 7 Punkten. Das Vorwissen unterscheidet sich zwischen den Gruppen nicht stark und wurde als moderierende Variable in der Varianzanalyse eingesetzt.

Die Motivation der einzelnen Probanden wurde durch den FAM (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) erhoben. Dazu wurden die Angaben der Probanden in die vier Subkategorien Interesse, Herausforderung, Misserfolgsbefürchtung und Erfolgswahrscheinlichkeit jeweils aufsummiert. Für die Kategorie Interesse wurde in der Stichprobe der Mittelwert 16,8 ermittelt. Da hier fünf Items zur Berechnung mit einfließen, hätte ein maximaler Wert von 35 erreicht werden können. Zu der Kategorie Herausforderung, die mittels vier Items erfasst wurde (max. Wert 28), konnte der Mittelwert 12,4 festgestellt werden. Bei den Misserfolgsbefürchtungen, die durch fünf Items erfasst wurde, konnte hingegen ein Mittelwert von 23,7 ermittelt werden. Bei der Erfolgswahrscheinlichkeit wurde ein Mittelwert von 12,3 festgestellt (max. Wert 28). Die Gesamtmotivation wurde vor der Benutzung des Trainings erfasst und aus diesem Grund ebenfalls als moderierende Variable zur Varianzanalyse hinzugefügt.

Direkt nach der Durchführung des Lernprogramms am Computer wurde die Stimmung der Probanden ermittelt. Die einzelnen Items des Fragebogens wurden in einer Faktorenanalyse reduziert. Dabei konnten die drei folgenden Faktoren herausgearbeitet werden: Der erste Faktor lässt sich auf die körperliche und geistige Anwesenheit der Probanden reduzieren, als ein Beispiel-Item sei hier „wach“ oder „aufmerksam/entspannt“ genannt. Wobei der zweite Faktor das Interesse bzw. die Neugier anzeigt, wie z.B. „interessiert“ oder „neugierig“, und der letzte Faktor tendenziell negative Gefühle angibt, „frustriert“, „gereizt“ oder „verärgert“. Die einzelnen Faktorenwerte sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2. Faktorenwerte der Stimmungserfassung direkt nach dem Training (Rotierte Komponentenmatrix(a)).

	Faktor		
	Faktor 1: „Körperliche und geistige Anwesenheit“	Faktor 2: „Interesse / Neugier“	Faktor 3: „negative Gefühle“
wach	,760		
aufmerksam	,714		
abgelenkt	-,714		
müde	-,695		
lustlos	-,593	-,456	
entspannt	,583		
engagiert	,573	,542	
gleichgültig	-,482	-,430	
neugierig		,735	
fröhlich		,719	
interessiert	,492	,663	
gelangweilt	-,431	-,643	
amüsiert		,636	
zufrieden		,458	-,408
frustriert			,813
verwirrt			,754
gereizt		-,421	,675
beunruhigt	-,416		,669
verärgert			,638
nervös			,638

Die 30 Probanden, die einer der beiden Experimentalbedingungen zugeordnet waren, bewerteten die virtuellen Figuren mittels der Itematterie von Krämer, Kopp und Simons (2007). Hierzu wurde ebenfalls eine Faktorenanalyse durchgeführt, bei der die 25 Items sich auf vier Faktoren verteilen und jeweils kognitive, emotional soziale, menschenähnliche und lehrerhafte Eigenschaften zusammenfassen. Der Screeplot spricht für die Aufteilung in vier Faktoren, obwohl dann bei einem Faktor nur ein einzelnes Item integriert vorliegt. Der erste Faktor, der als der kognitive Faktor beschrieben werden kann, fasst Eigenschaften wie z.B. „der Agent verbesserte mein Wissen über den Trainingsinhalt“, „hat die Anweisungen für mich interessant gemacht“ oder „half mir, mich auf das Programm zu konzentrieren“ zusammen. Im zweiten Faktor sind hingegen emotional-soziale Themen zu finden, wie z.B. Der Agent „war angenehm“, „war freundlich“ oder „hat Gefühle gezeigt“. Im dritten Faktor sind die Attribute der Menschenähnlichkeit integriert. Hier sind z.B. die Items wie „der Agent

war menschenähnlich“, „hatte eine Persönlichkeit“, „war intelligent“ oder „Die Gefühle des Agenten waren/wirkten natürlich“ enthalten. Der letzte Faktor zeichnet sich nur durch ein einzelnes Item aus, nämlich „der Agent wirkte wie ein Lehrer“. In Tabelle 3 werden die einzelnen Faktorenwerte für die Bewertung des Agenten dargestellt.

Tabelle 3. Faktorenwerte der Beurteilung des Agenten (Rotierte Komponentenmatrix(a)).

	Faktor			
	Faktor 1: „kognitive Komponenten“	Faktor 2: „emotional- soziela Komponenten“	Faktor 3: „Menschen- ähnlich- keit“	Faktor4: „Lehrerhafte Erscheinung“
Der Agent verbesserte mein Wissen über den Trainingsinhalt.	,881			
Der Agent hat die Anweisungen für mich interessant gemacht.	,851			
Durch den Agenten habe ich mehr über das Lernprogramm nachgedacht.	,843			
Der Agent half mir, mich auf das Programm zu konzentrieren.	,843			
Durch den Agenten war ich aufmerksamer.	,840			
Der Agent war nützlich.	,805			
Der Agent präsentierte das Material effektiv.	,801			
Der Agent hat mich auf die relevanten Informationen aufmerksam gemacht.	,785			
Der Agent hat dazu beigetragen, dass ich über das Gelernte reflektiert habe.	,745			
Der Agent war angenehm.	,727	,459		
Der Agent war hilfreich.	,725		,519	
Der Agent war motivierend.	,717			
Der Agent war freundlich.	,651	,435		
Der Agent hat die Anweisungen für mich interessant gemacht.	,643	,614		
Der Agent war unterhaltsam.		,827		
Der Agent wusste viel.	,400	,742		
Der Agent hat Gefühle gezeigt.		,693		
Der Agent war lebendig.	,435	,643		
Der Agent war begeisternd.		,600	,440	
Der Agent war intelligent.			,789	
Der Agent hatte eine Persönlichkeit.			,756	
Die Bewegungen des Agenten waren natürlich.			,715	
Die Gefühle des Agenten waren/wirkten natürlich.			,708	
Der Agent war menschenähnlich.			,695	
Der Agent wirkte wie ein Lehrer.				,834

Die Beurteilung der Agenten mittels des semantischen Differentials wurde ebenfalls von den 30 Probanden mit Hilfe einer Faktorenanalyse reduziert. Dabei konnten von den 31 Itempaaren vier Faktoren ermittelt werden. Der erste Faktor kann durch Attribute zum Themengebiet Dominanz, Glaubwürdigkeit und Aufmerksamkeit beschrieben werden, wie z.B. die Attribute „selbstbewusst“, „glaubwürdig“ oder „zugewandt“ aufzeigen. Der zweite Faktor beinhaltet die Eigenschaftspaare der Sympathie und Kompetenz. Hier können z.B. „angenehm“, „Vertrauen erweckend“ und „intelligent“ genannt werden. Faktor 3 bezieht sich auf friedliche und ruhige Eigenschaften; beispielsweise „entspannt“ und „gelassen“. Im vierten Faktor werden Attribute zur Unfreundlichkeit bzw. Reserviertheit zusammengefasst, wie z.B. „steif, ernst, verschlossen, kühl“ und „passiv“. Die Ergebnisse der Faktorenanalyse zeigt Tabelle 4. Die einzelnen ermittelten Faktoren wurden in der anschließenden Varianzanalyse als abhängige Variable eingefügt.

Das Lernprogramm wurde von allen Probanden in einem weiteren Fragebogenabschnitt insgesamt bewertet; die elf gegebenen Items wurden einer Faktorenanalyse unterzogen. Es konnten zwei Faktoren ermittelt werden: zum einen der Faktor „Spaß“, wozu z.B. das Item „Das Lernprogramm hat mich neugierig gemacht auf weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet.“ gehört und zum anderen der Faktor „Wissen verständlich gemacht“, hierzu zählt z.B. das Item „Das Lernprogramm hat mir die Strategie verständlich vermittelt“. Tabelle 5 zeigt alle Faktoren mit den jeweiligen Items auf.

Nach der Benutzung des Lernprogramms wurde das während der Nutzung erlernte Strategiewissen (Methodenwissen) abgefragt. Der Durchschnitt der richtigen Antworten lag hier bei 5,3 Punkten von maximal 8 zu erreichenden Punkten. Die Werte variieren von 2 bis zu 7 Punkten.

Beim abschließenden Wissenstest, bei dem maximal 30 Punkte erreicht werden konnten, erzielten die Probanden durchschnittlich 17,9 Punkte. Die Varianz lag hier zwischen minimal 7 Punkten bis zu einem Maximum von 30 Punkten. Die hier erreichten Ergebnisse ähneln denen im Strategietest dahingehend, dass sich auch hier die Mittelwerte leicht unterscheiden.

Tabelle 4. Einzelne Faktorenwerte der Beurteilung des Agenten durch das semantische Differential (Rotierte Komponentenmatrix(a)).

	Faktor			
	Faktor 1: „Dominanz, Glaubwürdigkeit, Aufmerksamkeit“	Faktor 2: „Sympathie und Kompetenz“	Faktor 3: „ Ruhe und Gelassenheit“	Faktor 4: „Unfreundlichkeit, Reserviertheit“
glaubwürdig -- unglaubwürdig	,817			
Anteil nehmend -- gleichgültig	,753			
lebhaft -- still	,721			,563
selbstbewusst -- schüchtern	,702			
energisch -- kraftlos	,694			
engagiert -- unbeteiligt	,684			
aufmerksam -- abgelenkt	,677			
interessant -- langweilig	,645			
abweisend -- zugewandt	-,594			
unterwürfig -- dominant	-,500	,448		
schwach -- stark	-,405			
aufdringlich -- zurückhaltend		-,783		
natürlich -- künstlich		,735		
kompetent - inkompetent		,640		
bescheiden - arrogant		,633		
angenehm - unangenehm		,575		
Vertrauen erweckend - beunruhigend		,529	,460	,425
sympathisch - unsympathisch	,487	,525		
intelligent - dumm		,517	,462	
aufgeregt - ruhig		-,490	-,488	
maskulin - feminin		-,429		
falsch - ehrlich			-,853	
aggressiv - friedlich			-,710	
unbedeutend - wichtig	-,494		-,635	
entspannt - angespannt			,591	
nervös - gelassen			-,551	
locker - steif				,804
ernst - fröhlich				-,686
zugänglich - unnahbar		,402		,680
warmherzig - kühl				,630
aktiv - passiv	,512			,525

Tabelle 5. Einzelne Faktorenwerte der Bewertung des Lernprogramms direkt nach dem Training (Rotierte Komponentenmatrix(a)).

	Faktor	
	Faktor 1: „Spaß“	Faktor 2: „verständliche Wissensvermittlung“
Es hat Spaß gemacht, mit dem Lernprogramm zu arbeiten.	,897	
Das Lernprogramm hat mich beim Lernen unterstützt.	,824	
Ich werde anderen Personen positiv vom Lernprogramm berichten.	,754	
Es war interessant, mit dem Lernprogramm zu arbeiten.	,714	,426
Ich kann mir vorstellen, mit diesem Lernprogramm oder mit anderen Lernprogrammen (erneut) zu arbeiten.	,693	
Das Lernprogramm hat mich neugierig gemacht auf weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet.	,663	
Das Lernprogramm hat Wissen vermittelt, das ich brauche.	,614	
Ich konnte den Programmverlauf steuern.	,556	-,451
Das Lernprogramm war hilfreich und hat effektiv Wissen vermittelt.	,549	
Das Wissen, das das Lernprogramm vermittelt hat, kann ich problemlos anwenden.		,832
Das Lernprogramm hat mir die Strategie verständlich vermittelt.		,741

Bei der Auswertung des Videomaterials konnte leider nicht das komplette Material aller 45 Probanden berücksichtigt werden, da es teilweise zu Speicher- und Aufzeichnungsproblemen kam. Durch das Aufzeichnungsmaterial wurden die Dauer des Trainings und die korrekte Aufgabenbeantwortung erfasst. Bei insgesamt 36 Versuchspersonen können Angaben zur Bearbeitungszeit herangezogen werden. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit des Lernprogramms aller Probanden lag bei 33,5 Minuten. Hierbei variierte die Zeit von 22 bis hin zu 51 Minuten. Im Hinblick auf die erfassten richtigen Antworten konnten 31 Versuchspersonenangaben mit einbezogen werden. Der Durchschnittswert lag hier bei 15,2 Punkten von maximal 19 zu reichenden Punkten. Die Werte variierten hier von minimal 9 bis hin zu 18 Punkten. Auch an dieser Stelle unterscheiden sich die Ergebnisse der drei Bedingungen leicht.

3.2 Ergebnisse zu den Hypothesen

Für die in dieser Arbeit untersuchten Fragen zur Verbesserung des Lernens und der Motivation in Bezug zum Erscheinungsbild des Agenten im Lernprogramm werden nun im Folgenden die Ergebnisse hinsichtlich dieser Fragen aufgezeigt.

Um mögliche Zusammenhänge aufzudecken, wurden die erhobenen Daten und die bearbeiteten Variablen und Faktorenwerte mittels einer multivariaten Varianzanalyse ausgewertet. Die nachfolgend besprochenen Werte sind in den Tabellen im Anhang A 1 aufzufinden.

Bei der Varianzanalyse konnte bezüglich des operationalisierten Lernerfolgs keine Signifikanz festgestellt werden. Die Ergebnisse des Strategietests unterscheiden sich bezüglich der drei Bedingungen nicht signifikant. Die Mittelwerte unterscheiden sich hier zwar leicht voneinander, bei der Bedingung „realistisch-humanoid“ wurden im Durchschnitt 5,7 Punkte erreicht, wohingegen bei der cartoonhaft, nicht-humanoiden Bedingung nur 5,2 und bei der Kontrollgruppe nur 4,9 Punkte erzielt wurden.

Das gleiche Ergebnis ergibt sich im Hinblick auf den Wissenstest. Hier unterscheiden sich die Mittelwerte ebenfalls leicht von einander, erweisen sich jedoch auch in diesem Fall als nicht signifikant. Die Bedingung cartoonhaft, nicht-humanoid schneidet hier am besten ab, mit einem Durchschnittswert von 18,9 Punkten. Dieser Wert liegt über dem allgemeinen Durchschnitt von 17,9 Punkten. Die Kontrollbedingung liegt mit einem Wert von 18,2 ebenfalls knapp über dem allgemeinen Durchschnitt, nur in der Bedingung mit dem realistisch-humanoiden Agenten liegt der Durchschnittswert bei 16,7 unter der im Durchschnitt der erreichten Punktezahl.

Die Probanden aller Bedingungen unterscheiden sich im Hinblick auf die für die Motivation ermittelten Faktoren nicht signifikant. Auch für die drei Faktoren, die für die Bewertung der eigenen Stimmung nach dem Training ermittelt wurden, sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen zu verzeichnen.

In den beiden folgenden Analysen werden nur die Aussagen der Probanden der Experimentalbedingungen berücksichtigt, da nur ihnen explizite Fragen zu den Agenten gestellt wurden. Die allgemeine Beurteilung der Agenten mittels der Skala von Krämer, Kopp und Simons (2007) fiel nicht unterschiedlich aus. Somit unterscheiden sich auch die Beurteilungen der Agenten diesbezüglich nicht signifikant.

Bei der Bewertung der Agenten durch das semantische Differential ergibt sich hingegen ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Experimentalbedingungen. Jedoch besteht dieser Unterschied nur für den vierten Faktor des semantischen Differentials. In der univariaten Betrachtung ohne die Kontrollgruppe ergeben sich für den Unterschied folgende Werte, $F=12,57$ und $p= 0,001$. Das partielle Eta erhält einen Wert von $\eta^2=0,310$. Der Faktor beinhaltet die Attribute hinsichtlich Unfreundlichkeit bzw. Reserviertheit des Agenten. In Tabelle 6 werden die Mittelwerte und Standardabweichungen aufgezeigt. Hierbei erreicht die Bedingung cartoonhaft, nicht-humanoid einen negativen Wert von $-0,674$ und die Versuchsbedingung realistisch-humanoid den Wert $0,674$. Der realistisch-humanoid Agent wird demnach als signifikant unfreundlicher bzw. reservierter beurteilt als der cartoonhafte, nicht-humanoid Agent.

Tabelle 6. Mittelwerte und Standardabweichung semantisches Differential, Faktor 4 - „Unfreundlichkeit bzw. Reserviertheit“.

	Bedingung	Mittelwert	Standardabweichung
Semantisches Differential zur Bewertung des Agenten:	Realistisch-humanoider Agent	0,674	1,11
Faktor 4 - „Unfreundlichkeit bzw. Reserviertheit“	Cartoonhaft, nicht-humanoider Agent	- 0,674	0,96

Bei der allgemeinen Bewertung des Lernprogramms, welches wieder von allen Probanden bewertet wurde, konnten bei der Varianzbetrachtung keine Signifikanzen auf dem 5%-Niveau ermittelt werden. Aber bei der Betrachtung des 10 % Signifikanzniveaus ergibt sich bei der univariaten Varianzanalyse für den ersten Faktor der Bewertung des Lernprogramms, welcher die Items „Spaß“ und „neugierig gemacht“ enthält, ein p-Wert von $0,051$. Tendenziell hat das Lernprogramm also mehr Spaß bzw. neugieriger gemacht, wenn die Versuchspersonen mit der cartoonhaften, nicht-humanoiden Figur gelernt haben, wie Tabelle 7 zeigt.

Tabelle 7. Mittelwerte und Standardabweichung der Bewertung des Lernprogramms an Hand des ersten Faktors "Spaß".

	Bedingung	Mittelwert	Standardabweichung	N
Faktor 1 Bewertung des Lernprogramms: „Spaß“	Realistisch- humanoider Agent	0,23	0,92	15
	cartoonhaft, nicht- humanoider Agent	-0,5	0,63	15
	Kontrolle ohne Agent	0,27	1,2	15

Für die Fragen, die innerhalb des Lernprogramms beantwortet werden mussten, ergeben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede nach den einzelnen Bedingungen. Die Bedingungen unterscheiden sich geringfügig; die Probanden der Experimentalbedingung realistisch-humanoid haben im Durchschnitt 14,7 richtige Antworten im Training gegeben. Versuchspersonen der anderen Experimentalbedingung schnitten im Durchschnitt ein wenig besser ab, hier wurden 15,2 Punkte erreicht. Das beste Ergebnis mit durchschnittlich 15,54 Punkten für korrekte Antworten erzielten jedoch die Probanden der Kontrollgruppe ohne virtuelle Figur.

Signifikante Unterschiede lassen sich aber hinsichtlich der zeitlichen Dauer des Trainings feststellen. Mit einem F-Wert von 7,5 und einem p-Wert von 0,002. Das partielle Eta erhält einen Wert von $\eta^2=0,313$. Der signifikante Unterschied lässt sich durch den Mehrfachvergleich zwischen der Experimentalbedingung „cartoonhaft, nicht-humanoid“ und der Kontrollbedingung ohne Agent feststellen. Tabelle 8 zeigt zeitliche Unterschiede in der Dauer des Trainings.

Tabelle 8. Mittelwerte und Standardabweichung der zeitlichen Dauer des Trainings - alle Bedingungen im Vergleich.

	Bedingung	Mittelwert	Standardabweichung
Zeitliche Dauer des Trainings	Realistisch-humanoider Agent	33,85	4,47
	Cartoonhaft, nicht- humanoider Agent	37,48	5,24
	Kontrollbedingung ohne Agent	29,84	4,79

Werden die Experimentalbedingungen zusammengefasst und mit der Kontrollbedingung verglichen, ergeben sich hinsichtlich der untersuchten abhängigen Variablen Motivation keine signifikanten Ergebnisse. Die Unterschiede der Mittelwerte der vier Subskalen sind zwar vorhanden, aber sie sind nicht signifikant und weisen auch keine Tendenz auf. Die Stimmung der Probanden wird von der Anwesenheit bzw. Nicht-Anwesenheit eines Agenten nicht signifikant beeinflusst. Jedoch ergeben sich für die Faktoren „körperliche und geistige Anwesenheit“ und „Interesse“ für die Bedingung mit Agenten jeweils leicht negative Werte (-0,04/-0,08) und für den dritten Faktor, der negative Gefühle beschreibt, eher ein positiver Wert (0,03). Auch bei der allgemeinen Bewertung des Lernprogramms ergeben sich für die Bedingung mit Agent leicht negative Werte. Der Faktor Spaß erhält einen Wert von -0,08 und der zweite Faktor „Wissen verständlich vermittelt“ ebenfalls (-0,03).

Beim Lernerfolg ergeben sich hingegen unterschiedliche Ergebnisse. Bei dem Lerntest, der das erlernte Strategiewissen abfragt, schneiden die Probanden, die mit einem Agenten gearbeitet haben, im Durchschnitt ein wenig besser ab (5,4), als die Probanden, die ohne Agenten gearbeitet haben (4,9). Dieser Unterschied ist aber nicht signifikant. Im abschließenden Wissenstest ist das Ergebnis ebenfalls nicht signifikant; bei dem beobachteten Unterschied schneidet in diesem Fall im Durchschnitt die Bedingung ohne Agent (18,2) besser ab, als die Bedingungen mit Agent (17,4). Aber auch hier weisen die Unterschiede keine Signifikanz auf. Bei dem im Lernprogramm integrierten Test, erweisen sich die beobachteten Unterschiede – die Bedingung ohne Agent erhält im Durchschnitt 15,5 richtige Antworten, die Bedingungen mit Agent hingegen nur 14,9 – als nicht signifikant.

Bei der zeitlichen Dauer des Versuchs ergibt sich jedoch ein signifikanter Unterschied. In den Experimentalbedingungen ist die Dauer der Benutzung des Lernprogramms mit 35,6 Minuten länger als in der Kontrollbedingung mit nur 29,8 Minuten. In Tabelle 9 sind zudem die Standardabweichungen angegeben.

Tabelle 9. Mittelwerte und Standardabweichung der zeitlichen Dauer des Trainings in Bezug zu der Bedingung Agent – Nicht Agent.

	Bedingung	Mittelwert	Standardabweichung	N
Zeitl. Dauer des Trainings	Agent	35,58	5,1	23
	ohne Agent	29,84	4,79	13

Die vollständigen Tabellen der deskriptiven Werte und der Varianzanalyse befinden sich im Anhang.

3.3 Die moderierenden Variablen

Als moderierende Variable wurden bei dieser Untersuchung – wie oben bereits genannt – das Vertrauen, das Vorwissen, die Erfahrung mit dem Computer, die Motivation und die allgemeine Stimmung der Probanden hinzugefügt.

Bei der Kovariable Vorwissen ergeben sich für die Varianzanalyse keine weiteren Signifikanzen. Die moderierende Variable zeitliche Dauer des Trainings hat keinen zur Signifikanz führenden Einfluss auf die beiden abhängigen Variablen Wissenstest und Strategietest ist.

Die Erfahrung mit dem Computer wirkt sich ebenfalls nicht auf die abhängigen Variablen, Wissenstest und Strategietest, in Bezug zu den Bedingungen aus. Und auch das allgemeine Vertrauen hat keinen signifikanten Einfluss auf die Variablen.

Wenn die Motivation der Probanden als moderierende Variable eingefügt wird, ergeben sich für den Wissenstest und den Strategietest ebenfalls keine signifikanten Werte. Für die Subkategorie Erfolg ergibt sich in Bezug zum Wissenstest jedoch ein p-Wert von 0,024 (F-Wert= 5,543). Es ergeben sich ebenso signifikante Werte für die Korrelation mit dem Ergebnis des Vorwissentests mit $p=0,003$ (F=9,900) und der Korrelation mit dem zweiten Faktor der Bewertung des Lernprogramms („Wissen verständlich gemacht“) $p= 0,006$ (F=8,658), sowie der Korrelation mit dem zweiten Faktor des semantischen Differentials zur Bewertung des Agenten („Sympathie und Kompetenz“) mit $p= 0,08$ (F=7,868) und der Korrelation mit dem ersten Faktor der Stimmung der Probanden („Spaß“) $p=0,09$ (F=7,533). Die Erfolgsmotivation beeinflusst demnach das Ergebnis im Wissenstest, das Ergebnis im Vorwissentest, die Bewertung des Lernprogramms bezüglich der verständlichen Wissensvermittlung sowie die Sympathie gegenüber dem Agenten und das Spaßempfinden während des Programms.

Die erfasste Stimmung der Probanden nach dem Training hat ebenfalls Einfluss auf die Ergebnisse des Strategietests. Es ergibt sich eine Tendenz mit einem p-Wert von 0,075 (F=2,276). Der zweite und dritte Faktor der Stimmung korreliert jeweils signifikant mit dem Strategietest. Dies sind die Faktoren „Interesse“ mit einem p-Wert von 0,002 und „negative Gefühle“ mit einem p-Wert von 0,003.

3.4 Analyse der Regressionsmodelle

Tabelle 10. Modellformulierungen der Regressionsanalysen.

Regressionsanalyse: Modellformulierung	
Prognosevariable	Prädiktoren:
Modell 1: Ergebnis im Wissenstest	<ul style="list-style-type: none"> • Vorwissen • Motivation • Bedingung der Untersuchung • Stimmung
Modell 2: Bewertung des Lernprogramms	<ul style="list-style-type: none"> • Bedingung der Untersuchung • Computererfahrung • Stimmung • Motivation
Modell 3: Stimmung	<ul style="list-style-type: none"> • Bedingung der Untersuchung • Motivation • Vorwissen

Durch die Annahme des Modells, dass mehrere unabhängige Variablen einen Einfluss auf die Prognosevariablen „Ergebnis im Wissenstest“, „Bewertung des Lernprogramms“ und „Stimmung“ haben, wurde eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt. Da die Untersuchungsvariable „Erscheinungsbild des Agenten“ nominal skaliert war, wurde zunächst eine binäre Variable mittels der Dummy-Variablen-Technik (Backhaus, 2006, S.9) erzeugt. Zudem wurde die „Einschluss“-Methode gewählt, die alle unabhängigen Variablen gleichzeitig einschließt.

Für die Prognosevariable „Ergebnis im Wissenstest“ ergibt sich in der Regressionsanalyse ein signifikanter p-Wert= 0,001, wie in Tabelle 11, die die Anova darstellt, angezeigt wird. Die Stärke des Zusammenhangs wird durch den Wert des korrigierten $R^2 = 0,364$ in Tabelle 12 zu sehen ist. Dieser Wert entspricht somit einer 36,4 % Varianzaufklärung der Prognosevariablen.

Tabelle 11. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable „Ergebnis im Wissenstest“.

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	638,522	6	106,420	5,195	,001(a)
	Residuen	778,456	38	20,486		
	Gesamt	1416,978	44			

Tabelle 12. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Ergebnis im Wissenstest“.

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,671(a)	,451	,364	4,526

Bei dem Vergleich der standardisierten partiellen Regressionskoeffizienten zeigt sich, wie in Tabelle 13 präsentiert wird, dass für die Prognosevariablen „Ergebnis des Wissenstests“ ein signifikanter Zusammenhang zu dem Prädiktor „Punkte im Vorwissen“ $p = 0,012$ ergibt, der Beta-Wert liegt hier bei 0,38. Zusätzlich ist der Wert für das Interesse der Probanden signifikant, mit einem p-Wert von 0,042. Hier ist der B-Wert aber negativ -0,321. Vorwissen und Interesse der Probanden sind demnach bestimmend für das Abschneiden im Wissenstest.

Tabelle 13. Koeffizienten(a) für die Variable „Ergebnis im Wissenstest“.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		B	Standardfehler	Beta	T	Signifikanz
1	(Konstante)	19,065	5,645		3,378	,002
	FAM - Erfolg	-,208	,202	-,164	-1,030	,310
	FAM - Interesse	-,316	,150	-,321	-2,102	,042
	FAM - Herausforderung	,305	,257	,167	1,190	,241
	FAM - Misserfolg	-,191	,118	-,220	-1,621	,113
	Punkte im Vorwissen	1,065	,402	,389	2,650	,012
	Untersuchungsbedingungen	,033	,158	,027	,211	,834

Im Weiteren wurde die Prognosevariable „Bewertung des Lernprogramms“ ebenfalls im Zusammenhang mit ihren Prädiktoren betrachtet. Hierbei konnten durch die Regressionsanalyse ebenfalls Signifikanzen festgestellt werden. Bei der Betrachtung des ersten Faktors der Bewertung des Lernprogramms liegt der p-Wert bei 0,001, siehe Tabelle 14.

Tabelle 14. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“

Faktor 1: Spaß.

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	24,875	11	2,261	3,902	,001(a)
	Residuen	19,125	33	,580		
	Gesamt	44,000	44			

Die Stärke des Zusammenhangs wird durch den Wert des korrigierten $R^2=0,420$ dargestellt. Dieser Wert entspricht somit einer 42% Varianzaufklärung der Prognosevariablen, wie auch Tabelle 15 zeigt.

Tabelle 15. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 1: Spaß.

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,752(a)	,565	,420	,76128704

Im Vergleich der Prädiktoren weist ausschließlich der Faktor 2 „Neugierde und Interesse“ der erfassten Stimmung einen signifikanten Einfluss mit $p= 0,001$ auf die Bewertung des Lernprogramms auf den Faktor Spaß aus. Der nächsthöhere Beta-Wert liegt bei dem Faktor „körperliche und geistige Anwesenheit“, dieser ist aber nicht signifikant. Der Einfluss der Untersuchungsbedingungen erweist sich als sehr gering. Dieser und die weiteren Einflüsse der Prädiktoren können in Tabelle 16 abgelesen werden.

Tabelle 16. Koeffizienten(a) für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 1: Spaß.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		B	Standardfehler	Beta	T	Signifikanz
1	(Konstante)	-2,150	2,041		-1,053	,300
	FAM - Erfolg	-,023	,034	-,104	-,683	,500
	FAM - Interesse	,026	,027	,149	,955	,346
	FAM - Herausforderung	,001	,047	,003	,020	,984
	FAM - Misserfolg	,012	,021	,076	,560	,580
	PunkteVorwissenMax16	-,041	,029	-,185	-1,418	,166
	Untersuchungsbedingungen	,224	,146	,224	1,537	,134
	Faktor – Stimmung körperl. / geistig Anwesen	,493	,131	,493	3,776	,001
	Faktor – Stimmung Neugierde	-,063	,134	-,063	-,471	,641
	Faktor- Stimmung negative Gefühle	,141	,133	,179	1,059	,297
	Allg. Computer Nutzung	-,040	,169	-,040	-,236	,815
	Faktor Computer Kenntnisse 1	,032	,129	,032	,248	,805

Der zweite Faktor „Wissen verständlich gemacht“ der Bewertung des Lernprogramms weist ebenfalls eine Signifikanz auf, die durch einen p-Wert von 0,010 ausgedrückt wird. In Tabelle 17 ist das Ergebnis dargestellt.

Tabelle 17. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 2: Wissen verständlich gemacht.

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	21,358	11	1,942	2,830	,010(a)
	Residuen	22,642	33	,686		
	Gesamt	44,000	44			

In Tabelle 18 wird die Stärke des Zusammenhangs durch den Wert des korrigierten $R^2 = 0,314$ dargestellt. Dieser Wert entspricht somit einer 31,4% Varianzaufklärung der Prognosevariablen.

Tabelle 18. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 2: Wissen verständlich gemacht.

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,697(a)	,485	,314	,82832757

In Tabelle 19 werden die jeweiligen Einflüsse der einzelnen Prädiktoren aufgelistet. Im Vergleich der Prädiktoren weist ausschließlich der Faktor 1 „körperliche und geistige Anwesenheit“ der erfassten Stimmung einen signifikanten Einfluss mit $p=0,005$ auf die Bewertung des Lernprogramms auf den Faktor „Wissen verständlich gemacht“ aus.

Der nächsthöhere Beta-Wert liegt bei dem Faktor „Erfolg“ der Motivation. Dieser ist aber nicht signifikant. Der Einfluss der Untersuchungsbedingungen erweist sich hier ebenfalls als eher gering.

Tabelle 19. Koeffizienten(a) für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 2: Wissen verständlich gemacht.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		B	Standardfehler	Beta	T	Signifikanz
1	(Konstante)	-,677	2,220		-,305	,762
	FAM - Erfolg	,053	,037	,235	1,421	,165
	FAM - Interesse	,007	,030	,038	,221	,826
	FAM - Herausforderung	-,021	,051	-,067	-,418	,679
	FAM - Misserfolg	,020	,023	,133	,900	,375
	Untersuchungsbedingungen	,027	,031	,123	,868	,392
	Faktor – Stimmung: körperl. / geistig Anwesen	,477	,159	,477	3,011	,005
	Faktor – Stimmung: Neugierde	-,010	,142	-,010	-,071	,944
	Faktor- Stimmung: negative Gefühle	-,210	,146	-,210	-1,435	,161
	Allg. Computer Nutzung	-,031	,145	-,039	-,211	,835
	Faktor Computer Kenntnisse 1	,108	,184	,108	,585	,562
	Faktor Computer Kenntnisse 2	-,177	,141	-,177	-1,261	,216

Die Überprüfung des dritten Regressionsmodells, das den Einfluss der Prädiktoren „Untersuchungsbedingung“, die vier Faktoren der erfassten Motivation und des

Vorwissens auf die Prognosevariable „Stimmung“ annahm, ergab nur zum Teil signifikante Einflüsse. Die drei Faktoren der Prognosevariablen „Stimmung“ wurden jeweils getrennt einer Regressionsanalyse unterzogen. Jedoch ergab sich nur für den ersten Faktor d.h. „körperliche und geistige Anwesenheit“ der Probanden, eine Signifikanz von $p = 0,030$ mit einem F-Wert von 2,65, wie in Tabelle 20 dargestellt ist.

Tabelle 20. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable Stimmung Faktor 1: „körperliche und geistige Anwesenheit“.

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	12,999	6	2,166	2,656	,030(a)
	Residuen	31,001	38	,816		
	Gesamt	44,000	44			

In Tabelle 21 wird die Stärke des Zusammenhangs durch den Wert des korrigierten $R^2=0,184$ dargestellt. Dieser Wert entspricht somit einer 18,4% Varianzaufklärung der Prognosevariablen.

Tabelle 21. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Stimmung“.

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,544(a)	,295	,184	,90323053

Hierbei besteht ein signifikanter Zusammenhang des Prädiktoren „Erfolg“ ($p = 0,024$), der durch den FAM (Rheinberg, Vollmeyer, & Burns, 2001) ermittelt wurde, und dem Faktor 1 „körperliche und geistige Anwesenheit“ der erfassten Stimmung. Die Herausforderung weist ebenfalls keine Signifikanz auf, könnte nach dem 10%-Niveau jedoch als Tendenz gedeutet werden. Auch hier schneiden die Untersuchungsbedingungen als Einflussvariable mit einem eher geringen Wert ab, welche auch nicht signifikant ist, wie in Tabelle 22 zu sehen ist.

Tabelle 22. Koeffizienten(a) für die Variable „Stimmung“ Faktor 1: körperliche und geistige Anwesenheit.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-2,745	1,126		-2,437	,020
	FAM - Erfolg	,095	,040	,423	2,352	,024
	FAM - Interesse	,012	,030	,068	,391	,698
	FAM - Herausforderung	,094	,051	,293	1,839	,074
	FAM - Misserfolg	,005	,024	,031	,200	,842
	Untersuchungsbedingungen	,026	,031	,119	,828	,413
	Ergebnis Vorwissentest	,000	,080	,000	-,003	,998

Für den zweiten und dritten Faktor „Interesse und Neugier“ bzw. „Gereiztheit“ der Stimmung konnten keine signifikanten Zusammenhänge mit den Prädiktoren ermittelt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Ergebnis im abschließenden Wissenstest von dem Vorwissen und Interesse der Versuchspersonen beeinflusst wird. Die Bewertung des Lernprogramms bezüglich des ersten Faktors „Spaß“ ist nach den Ergebnissen der Regressionsanalysen abhängig vom zweiten Faktor der erfassten Stimmung „Neugierde und Interesse“, während der erste Faktor der Stimmung „körperliche und geistige Anwesenheit“ den zweiten Faktor der Bewertung des Lernprogramms „verständliche Wissensvermittlung“ determiniert. Die Stimmung, genauer gesagt der erste Faktor der Stimmung „körperliche und geistige Anwesenheit“, ist an die Erfolgsmotivation (erster Faktor des FAM) gekoppelt.

3.5 Bewertung der pädagogischen Agenten und des Lernprogramms

Im Folgenden werden die Bewertungen der Agenten und des Lernprogramms an Hand der einzelnen Items und nach Versuchsbedingungen getrennt aufgeschlüsselt. Die Bewertungen der virtuellen Figuren und des computerbasierten Trainings erfolgten mittels der Itembatterie von Krämer, Kopp & Simons (2007).

Tabelle 23. Bewertung der Agenten auf einer fünffach abgestuften Skala (von 1 = stimmt bis 5 = stimmt nicht). Mittelwerte der Experimentalbedingungen im Vergleich.

	Realistisch- humanoider Agent	cartoonhaft, nicht- humanoider Agent
Durch den Agenten habe ich mehr über das Lernprogramm nachgedacht.	2,73	2,87
Der Agent war freundlich.	1,67	1,57
Der Agent hat die Anweisungen für mich interessant gemacht.	2,40	2,27
Der Agent war motivierend.	2,73	2,33
Durch den Agenten war ich aufmerksamer.	2,60	2,27
Der Agent hat dazu beigetragen, dass ich über das Gelernte reflektiert habe.	2,33	2,53
Der Agent war nützlich.	2,33	2,13
Der Agent präsentierte das Material effektiv.	2,13	2,27
Der Agent war hilfreich.	2,27	2,40
Der Agent war unterhaltsam.	2,60	2,33
Der Agent hat mich auf die relevanten Informationen aufmerksam gemacht.	1,73	1,80
Der Agent verbesserte mein Wissen über den Trainingsinhalt.	2,20	2,27
Der Agent war interessant.	2,67	2,60
Der Agent war angenehm.	2,60	2,40
Der Agent war lebendig.	2,73	2,53
Der Agent wusste viel.	2,64	2,87
Der Agent wirkte wie ein Lehrer.	3,40	3,93
Der Agent hatte eine Persönlichkeit.	3,27	3,13
Die Gefühle des Agenten waren/wirkten natürlich.	3,64	3,40
Der Agent hat Gefühle gezeigt.	3,60	3,27
Der Agent war intelligent.	3,21	3,13
Der Agent war begeisternd.	3,13	2,73
Der Agent half mir, mich auf das Programm zu konzentrieren.	2,47	2,60
Die Bewegungen des Agenten waren natürlich.	2,80	3,13
Der Agent war menschenähnlich.	2,53	3,40

Tabelle 23 stellt dar, dass bei 13 von 24 Items die Aussagen eher auf die nicht-humanoiden, cartoonhafte Figur zutreffen. Allerdings wird nur das Item „Der Agent war menschenähnlich.“ mit $p = 0,049$ signifikant unterschiedlich bewertet. Wie die Tabelle zeigt, bedeutet das, dass diese Aussage deutlicher auf den realistisch-humanoiden

Agenten zutrifft. In den anderen 23 Fällen ist auch keine Tendenz ($\alpha = 10\%$) in den Bewertungen zu erkennen, dass eine Aussage deutlicher auf eine der Figuren zutrifft als auf die andere

Die Ergebnisse in der Beurteilung der Agenten über das semantische Differential, das erfasste, welche Eigenschaft auf einer bipolaren Skala eher auf eine Figur zutrifft, ergaben mehrere signifikante Werte. So wurden beide Figuren hinsichtlich der Eigenschaften „warmherzig – kühl“ signifikant unterschiedlich bewertet, $p = 0,41$. Die cartoonhafte, nicht-humanoide Figur wurde als warmherziger empfunden. Ebenfalls signifikant mit $p = 0,21$ ist das Adjektivpaar „zugänglich – unnahbar“. Hier wird die cartoonhafte, nicht-humanoide Figur als zugänglicher wahrgenommen. Ein weiteres Adjektivpaar, das eine Signifikanz zeigt, ist „lebhaft – still“ ($p = 0,035$). Die Versuchspersonen bewerten die cartoonhaft, nicht-humanoide Figur als lebhafter. Den mit $p = 0,017$ signifikantesten Wert in diesem Fragebogenabschnitt bringt das Wortpaar „ernst – fröhlich“ hervor. Der realistisch-humanoide Agent erscheint den Versuchspersonen als ernsthafter. Außerdem ist bei dem Pärchen „unbedeutend – wichtig“ noch eine Tendenz ($\alpha = 10\%$) erkennbar; mit $p = 0,63$ wird die cartoonhafte, nicht-humanoide Figur als etwas wichtiger wahrgenommen. Auffällig ist, dass die Mittelwerte meistens – auch für die signifikanten Adjektivpaare – im Bereich zwischen >-2 und <2 liegen, die Eigenschaften nach Meinung der Probanden also meist nur schwach ausgeprägt bzw. identifizierbar sind, wie in Tabelle 24 erkennbar.

Darüber hinaus bewerteten alle Versuchspersonen das gesamte Lernprogramm. Die Mittelwerte der Beurteilungen der elf Aussagen bildet Tabelle 25 ab. Nur eine der Aussagen wurde signifikant unterschiedlich bewertet: „Es hat Spaß gemacht, mit dem Lernprogramm zu arbeiten.“ fanden deutlich ($p = 0,08$) die Probanden mit der cartoonhaften, nicht-humanoide Figur. Die andere Experimentalgruppe und die Kontrollgruppe ohne Agent im Lernprogramm schätzen dieses etwa in gleichem Maß weniger spaßig ein. Hinzu kommt, dass die Probanden der Experimentalgruppen es mit $p = 0,95$ tendenziell ($\alpha = 10\%$) interessanter fanden, mit dem Lernprogramm zu arbeiten als die Probanden der Kontrollgruppe.

Insgesamt wird eine leicht positivere Bewertung des cartoonhaften, nicht-humanoiden Agenten erkennbar, als dies für den realistisch-humanoiden Agenten oder das Lernprogramm ohne Agent der Fall ist.

Tabelle 24. Bewertung der Agenten mittels semantischem Differential auf einer siebenfach abgestuften bipolaren Skala (von -3 = „Eigenschaft 1 trifft zu“ bis +3 = „Eigenschaft 2 trifft zu“). Mittelwerte der Experimentalbedingungen im Vergleich.

-	+	Realistisch- humanoider Agent	cartoonhaft, nicht- humanoider Agent
aktiv	passiv	-1,40	-2,0
sympathisch	unsympathisch	-1,33	-1,87
schwach	stark	0,33	-0,27
unterwürfig	dominant	0,13	0,27
angenehm	unangenehm	-1,33	-1,73
warmherzig	kühl	-0,40	-1,33
nervös	gelassen	1,13	1,60
Vertrauen erweckend	beunruhigend	-0,93	-1,33
maskulin	feminin	2,40	2,00
falsch	ehrlich	0,73	1,13
locker	steif	0,00	-0,87
aggressiv	friedlich	1,67	2,27
unbedeutend	wichtig	0,21	1,13
entspannt	angespannt	-1,13	-1,20
Anteil nehmend	gleichgültig	-0,87	-1,13
abweisend	zugewandt	1,40	1,60
aufdringlich	zurückhaltend	-0,07	-0,47
selbstbewusst	schüchtern	-0,08	-0,40
bescheiden	arrogant	-0,20	-0,67
aufgeregt	ruhig	1,27	1,20
zugänglich	unnahbar	-0,13	-1,13
kompetent	inkompetent	-1,53	-1,40
interessant	langweilig	-0,60	-1,33
glaubwürdig	unglaubwürdig	-1,27	-1,27
natürlich	künstlich	0,07	0,33
energisch	kraftlos	-0,40	-0,80
lebhaft	still	-0,20	-1,20
aufmerksam	abgelenkt	-1,27	-1,40
intelligent	dumm	-1,33	-1,00
ernst	fröhlich	-0,27	0,87
engagiert	unbeteiligt	-0,80	-1,40

Tabelle 25. Bewertung des Lernprogramms auf einer fünffach abgestuften Skala (1 = stimmt bis 5 = stimmt nicht). Mittelwerte der Versuchsgruppen im Vergleich.

	realistisch- humanoider Agent	cartoonhaft, nicht- humanoider Agent	ohne Agent
Es ist interessant, mit dem Lernprogramm zu arbeiten.	1,80	1,80	2,40
Ich werde anderen Personen positiv vom Lernprogramm berichten.	2,87	2,33	2,67
Ich konnte den Programmverlauf steuern.	3,20	2,33	2,80
Das Lernprogramm hat mich neugierig gemacht auf weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet.	1,80	2,47	3,00
Es hat Spaß gemacht, mit dem Lernprogramm zu arbeiten.	2,67	1,80	2,87
Ich kann mir vorstellen, mit diesem Lernprogramm oder mit anderen Lernprogrammen (erneut) zu arbeiten.	2,33	1,80	2,60
Das Lernprogramm war hilfreich und hat effektiv Wissen vermittelt.	2,20	2,07	2,33
Das Lernprogramm hat Wissen vermittelt, das ich brauche.	2,67	2,20	2,67
Das Lernprogramm hat mich beim Lernen unterstützt.	2,87	2,13	2,67
Das Wissen, das das Lernprogramm vermittelt hat, kann ich problemlos anwenden.	1,93	2,13	2,13
Das Lernprogramm hat mir die Strategie verständlich vermittelt.	1,53	1,67	1,67

4 Diskussion

Die Experimentalbedingungen werden nun im Vergleich zur Kontrollbedingung näher beleuchtet, um die erste Hypothese, dass das Vorhandensein eines pädagogischen Agenten einen Einfluss auf den Lernerfolg bzw. die Motivation hat annehmen oder verwerfen zu können.

Bezüglich der Motivation und der Stimmung ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Für die Stimmung der Probanden ist aber auffällig, dass die Bedingungen mit Agent jeweils schlechter abschneiden, als die Nicht-Agenten-Bedingung. Auch für die Bewertung des Lernprogramms ergeben sich jeweils negative Werte für die Experimentalbedingungen. Den Lernerfolg betreffend ergeben sich für das Strategiewissen für die Bedingungen mit Agent bessere Werte, im Wissenstest und im

integrierten Test im Lernprogramm erhält hingegen die Kontrollbedingung die besseren Ergebnisse. Für die Dauer der Benutzung des Lernprogramms ergibt sich ein signifikanter Unterschied, bei dem die Agenten-Bedingungen eine längere Verweildauer verzeichnen können. Wie bereits schon im Ergebnisteil festgestellt wurde, beschäftigen sich die Probanden also länger mit dem Lernprogramm, erzielen aber keine signifikant besseren Testergebnisse.

Die erste Hypothese, welche besagt, dass eine virtuelle Figur eine Person besser beim Lernen motiviert und unterstützt, als kein Agent, muss auf Grund der vorliegenden Ergebnisse also verworfen und die Nullhypothese muss bestätigt werden.

Auch die zweite Hypothese, dass das (visuelle) Erscheinungsbild des pädagogischen Agenten einen Einfluss auf die gegenwärtige Motivation des Lerners und dessen Lernerfolg hat, kann an Hand der vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Wie im Ergebnisteil aufgeführt wurde, ergeben sich für die einzelnen Variablen, durch die Lernen operationalisiert wurde, der Strategietest, der Wissenstest und der Test innerhalb des Lernprogramms, keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der verschiedenen Bedingungen. Die Mittelwerte unterscheiden sich zwar, aber es lassen sich keine gemeinsamen Tendenzen aufzeigen. Bei der abhängigen Variablen Strategietest, schneidet die Bedingung mit dem realistisch-humanoiden Agenten am besten ab, die Probanden erzielen hier die meisten Punkte. Beim Wissenstest jedoch schneidet die Bedingung cartoonhaft, nicht-humanoider Agent am besten ab. Bei dem Test innerhalb des Lernprogramms schneiden die Probanden in der Kontrollgruppe durchschnittlich am besten ab. Diese Ergebnisse hinsichtlich der abhängigen Variable Lernerfolg lassen sich also nicht auf eine einheitliche Tendenz reduzieren.

Das Vorwissen der Probanden variiert, weist jedoch im Durchschnitt zwischen den Gruppen keine großen Unterschiede auf. Der Test des Vorwissens als moderierende Variable hat nach der Varianzanalyse keine signifikante Auswirkungen auf das Ergebnis, der Wissensabfrage, ist hingegen in der Regressionsanalyse der stärkste Faktor dafür.

Bei den einzelnen Subskalen der Motivation wurde festgestellt, dass die Probanden insgesamt relativ interessiert an dem Thema sind und es nach dem Faktor „Herausforderung“ als ebensolche ansehen, sich mit dem Lernprogramm und

naturwissenschaftlichen Aufgaben zu beschäftigen. Misserfolgsbefürchtungen sind in der Stichprobe gering und der Mittelwert für den Faktor „Erfolgswahrscheinlichkeit“ zeigt eher, dass die Versuchspersonen annehmen, dass sie die Aufgabe erfolgreich bearbeiten werden. In den unterschiedlichen Bedingungen differieren die Ausgangswerte zwar ein wenig, unterscheiden sich aber nicht signifikant.

Die erfasste Stimmung der Probanden, die für einen Lernerfolg wichtig ist, wird von den untersuchten Bedingungen ebenfalls nicht tangiert. Es können auch hier keine Tendenzen erkannt werden.

Bei der Bewertung der Agenten ergibt sich nur zwischen den beiden Experimentalbedingungen im vierten Faktor des semantischen Differentials ein signifikanter Unterschied. Der vierte Faktor beinhaltet die Attribute „Unfreundlichkeit“ und „Reserviertheit“, also z.B. steif, ernst, verschlossen, kühl und passiv. Für die Bedingung realistisch-humanoid ergibt sich der positive Wert 0,674. Dieser besagt, dass diese Bedingung mehr Zuspruch hinsichtlich des Faktors Unfreundlichkeit und Reserviertheit erhält als der cartoonhafte, nicht-humanoide Agent, der den negativen Wert -0,674 erhielt. Der realistischhumanoide Agent wird demnach als signifikant unfreundlicher und reservierter wahrgenommen als der cartoonhaft, nicht-humanoide Agent. Die anderen Faktoren werden durch die Erscheinung des Agenten nicht signifikant beeinflusst.

Die Bewertung des Lernprogramms insgesamt fiel ebenfalls ohne einen signifikanten Unterschied auf dem 5%-Niveau aus. Eine Tendenz, dass einer der beiden Agenten zu besseren Ergebnissen führt, kann somit nicht festgestellt werden. Bei der 10%-Niveau-Betrachtung kann hingegen eine Tendenz festgestellt werden. Im Vergleich der beiden Faktoren der Bewertung des Lernprogramms schneidet die Kontrollgruppe jeweils besser ab als die einzelnen Experimentalbedingungen. Im Faktor Spaß, kann eine 10% - Signifikanz ermittelt werden. Hierbei erhält die Kontrollgruppe einen positiven Wert und der cartoonhaft, nicht-humanoide Agent erhält einen negativen Wert in Bezug zum Spaß, was bedeutet, dass der cartoonhaft, nicht-humanoide Agent eher nicht mit den Items des Faktors Spaß verbunden wird und das Lernprogramm ohne Agent bezüglich der Items positiver abschneidet. Der andere Faktor „Wissen verständlich gemacht“ wird hingegen nicht signifikant.

Auch für die gesamten Ergebnisse hinsichtlich der Fragen, die innerhalb des Lernprogramms beantwortet werden mussten, ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Die geringen Unterschiede sollten auch nicht als Tendenzen gedeutet werden, da die Anzahl der Versuchspersonen pro Bedingung, auf Grund der technischen Probleme, nicht gleich verteilt ist. Für die Kontrollbedingung und die Experimentalbedingung realistisch-humanoid konnten annähernd gleiche Probandenzahlen (Kontrollgruppe 11/ realistisch-humanoid 12) berücksichtigt werden, für die Bedingung cartoonhaft, nicht-humanoid aber insgesamt nur acht Probanden.

Bei der Betrachtung der zeitlichen Dauer des Trainings konnten hingegen signifikante Unterschiede hervorgebracht werden. Hierbei ist aber darauf zu achten, dass durch die Speicherprobleme in der Bedingung cartoonhaft, nicht-humanoider Agent nur 11, in der Bedingung realistisch-humanoid 12 und in der Kontrollbedingung 13 Probanden berücksichtigt werden konnten. Insgesamt halten sich die Versuchspersonen der Experimentalbedingung „cartoonhaft, nicht-humanoid“ länger mit dem Lernprogramm auf, erzielen dadurch jedoch keine signifikant besseren Ergebnisse bezogen auf die abhängige Variable Lernerfolg als die anderen beiden Bedingungen. Zusätzlich ist die Stimmung der Probanden nach dem Training nicht signifikant verschieden.

Zu den moderierenden Variablen ist zu sagen, dass die Motivation nur mit dem Faktor „Erfolg“ einen Einfluss auf die Ergebnisse des Wissenstests hat und dass der zweite und dritte Faktor der Stimmung, also „Interesse“ und „negative Gefühle“, bezüglich ihres Einflusses auf das Ergebnis im Strategietest einen signifikanten Wert ergeben. Dies ist mit dem in der Literatur gefundenen Zusammenhang der Motivation und Stimmung bezüglich des Lernerfolgs, zu vereinbaren.

Das erste Regressionsmodell kann durch die Ergebnisse zwar bestätigt werden. Es wird jedoch erkennbar, dass das Vorwissen einen starken Einfluss auf das Ergebnis im finalen Wissenstest ausübt. Zusätzlich wird der Wert des Interesses der Probanden signifikant und somit als ein weiterer Faktor, der für das Ergebnis des Wissenstest verantwortlich ist, identifiziert. Es ist aber ein hoher negativer Beta-Wert entstanden, was bedeutet, dass das Interesse der Probanden in einem negativen Verhältnis zu dem Ergebnis des Wissenstestes steht. Die anderen Prädiktoren haben nur geringe und keine signifikanten Einflüsse. Die Experimentalbedingungen mit den unterschiedlichen

Agenten bzw. die Kontrollbedingungen ohne Agent haben sogar nur sehr geringe Einflüsse.

Mit der Analyse des zweiten Regressionsmodells wird ein Zusammenhang zwischen der Bewertung des Lernprogramms und der körperlichen und geistigen Anwesenheit nach Selbstauskunft der Probanden nach den Daten angenommen. Die Analyse des dritten Regressionsmodells zeigt, dass die Motivation der Probanden, genauer der angenommene spätere „Erfolg“, sich auf ihre körperliche und geistige Anwesenheit (Faktor 1, Stimmung) auswirkt.

Zusammenfassend wird also erkennbar, dass die Annahme, dass das Erscheinungsbild einen Einfluss auf die Motivation und die Stimmung und somit auch auf den Lernerfolg hat, nicht bestätigt werden kann. Dass das Erscheinungsbild des Agenten einen Einfluss auf den Lernerfolg hat, muss durch das Ergebnis des ersten Regressionsmodells revidiert werden. Da in diesem und den anderen Regressionsmodellen, zur Stimmung und zur Bewertung des Lernprogramms, jeweils der Prädiktor „Bedingung“ nur einen sehr geringen Einfluss ausübt. Der Lernerfolg kann durch den hier beschriebenen Versuchsaufbau nicht bestätigt und auch Tendenzen bezüglich des Lernerfolges können nicht aufgezeigt werden. Zusätzlich muss hier angemerkt werden, dass die Operationalisierung des Lernerfolges mittels Wissenstestes nicht optimal gelöst war.

Die Motivation und auch die Stimmung der Probanden werden durch die unterschiedlichen Agenten bzw. durch die Kontrollbedingung nicht signifikant beeinflusst und es sind auch keine Tendenzen zu erkennen. Die Bewertung der Agenten fällt hingegen unterschiedlich aus, dieser Unterschied besteht in dem vierten Faktor des semantischen Differentials. Der cartoonhafte, nichthumanoide Agent wird weniger unfreundlich als der realistisch-humanoide Agent bewertet.

Im Bezug zu der Bewertung des Lernprogramms existiert eine Tendenz nach dem 10%-Signifikanzniveau), dass die Kontrollbedingung in bezüglich des Faktors „Spaß“ positiver bewertet wird (0,27), als die Experimentalbedingung cartoonhafte, nicht-humanoide Agent (-0,5). Diese Tendenz ergibt sich nicht bei der Betrachtung Agent versus Nicht-Agent. Dies lässt darauf schließen, dass das (Nicht-)Vorhandensein eines Agenten eine geringe Auswirkung hat.

Im Gesamtvergleich der Experimentalbedingungen mit der Kontrollbedingung, sind hinsichtlich der untersuchten abhängigen und moderierenden Variablen ebenfalls keine

signifikanten Unterschiede erkennbar. In den geringen Unterschieden lassen sich auch keine eindeutigen Tendenzen für die Experimental- bzw. die Kontrollbedingung ablesen.

5. Kritik und Ausblick

Obwohl die Untersuchungsergebnisse die Haupthypothesen nicht unterstützen, sollte die Auswirkung von Erscheinung in Bezug auf virtuelle Agenten nicht verworfen werden. Betrachtet man das hier verwendete Untersuchungsdesign, so zeigt sich, dass für künftige Forschung in diesem Bereich einige Verbesserungen vorgenommen werden können. So erscheint es beispielsweise nötig, bestimmte Faktoren in einem Pretest bzw. vor der Verteilung auf die Bedingungen zu erheben. Es wäre denkbar, dass man die Intelligenz, die Auffassungsgabe der Versuchspersonen sowie ihr Interesse und ihre affektive Einstellung zu dem im Versuch bereitgestellten Stimulusmaterialien vor dem eigentlichen Lernprogramm erfasst und die Probanden dann basierend auf diesen Ergebnissen in entsprechende Gruppen aufteilt. Besonders bei einer eher kleinen Versuchspersonenanzahl wie in diesem Versuch kann nicht zwingend davon ausgegangen werden, dass sich diese Störvariablen gleichmäßig auf die verschiedenen Bedingungen aufteilen.

Die Versuchspersonenanzahl von 45 aufgeteilt auf drei Bedingungen ist in Anbetracht eines doch recht komplexen und vielschichtigen Effektes generell zu gering.

Auch die in dem Versuch genutzten virtuellen Agenten sollten eventuell vor der Implementierung in das betreffende Lernprogramm, in Bezug auf Sympathie, Freundlichkeit oder Attraktivität getestet werden. Angesichts der Ergebnisse kommt ein Einsatz für Werbezwecke eventuell eher in Frage, bei dem es darauf ankommt, dass sich Menschen länger mit einem Produkt beschäftigen.

Darüber hinaus hat der Versuch für den einzelnen Probanden mit den Fragebögen, dem Training und dem Sachtext zum Üben zeitlich insgesamt sehr lang gedauert. Besonders der Umfang der verschiedenen Fragebögen war mit 20 Seiten zu lang. Hier wäre es sicherlich sinnvollerer gewesen, die Fragebögen noch stärker auf die Untersuchungsfragestellung anzupassen und insgesamt weniger Items abzufragen. Es

kann davon ausgegangen werden, dass Konzentration und Motivation der Versuchsteilnehmer mit zunehmender Länge des Fragebogens absinken.

In Frage muss auch das Lernprogramm selbst gestellt werden. Obwohl es seinen Zweck sicherlich sehr effektiv erfüllt, ist es für eine Sitzung (die Dauer des Versuchs) vielleicht zu komplex gewesen. Wünschenswert wäre für diesen Ansatz eventuell ein Programm, das nur einfache Behaltens- oder Erinnerungsleistungen abfragt. Unglücklich war auch die für diesen Versuch ungenügende Operationalisierung der abhängigen Variable „Lernerfolg“ bzw. ihre Erfassung durch drei verschiedene Tests. Ergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein. Zukünftigen Untersuchungsdesigns sollte hier eine genauere Operationalisierung zu Grunde legen bzw. sich auf einen einzigen Test beschränken, um klarere Ergebnisse zu erlangen.

Darüber hinaus sollte in einem Pretest erfasst werden, ob das Fokusthema „Naturwissenschaften“ des Lernprogramms geeignet ist bzw. ob eine Abneigung zum Thema das Lernen erschwert.

Ein weiterer Grund für den Mangel an signifikanten Ergebnissen könnte in der Implementierung des Agenten selbst liegen. Um die Agenten, abgesehen von ihrem Erscheinungsbild, möglichst identisch zu gestalten wurden ihre Bewegungen synchronisiert und auf rudimentäre Bewegungen wie zum Beispiel Zeigegesten eingeschränkt. Auf eine dem Agenten angepasste Mimik wurde fast komplett verzichtet. Ob eine virtuelle Figur aber soziale Wirkungen hervorruft, hängt vor allem auch von eben solchen Bewegungen der Figuren ab. Moris (1982, zit.n. Krämer, 2005) konnte zeigen, dass die Bewegung von größerer Bedeutung für die Wahrnehmung ist als die äußere Erscheinung. Auch andere Untersuchungen haben nachgewiesen, dass es keine Rolle spielt, wie fotorealistisch die Figur ist, um Personwahrnehmungseffekte zu erzielen (Bente, Krämer, Petersen & de Ruiter, 2001; Bente, Petersen, Krämer & de Ruiter, 2001). Ein weiterer Faktor könnte die Stimme des Agenten gewesen sein. Um die Stimme als Störvariable auszuschalten, wurde in allen 3 Bedingungen dieselbe Stimme verwendet. Hier muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass die verwendete, neutrale, weibliche Stimme nicht zu den verschiedenen Agenten gepasst hat. Insbesondere bei der Figur des cartoonhaften, nicht-humanoiden Agenten erwarteten die Versuchspersonen eventuell eine auch eher comicartige Stimme, wie man sie aus gängigen Zeichentrickfilmen kennt. Diese Überlegungen werden unter

anderem durch Versuche von Mayer, Dow und Mayer (2003a) und Moreno (2003) gestützt, die davon ausgehen das bessere Leistungen bevorzugt auf die Stimme und nicht auf die Erscheinung zurückzuführen sind.

Nichtsdestotrotz kann abschließend festgehalten werden, dass der pädagogische Agent im Lernprogramm nach den vorliegenden Ergebnissen den Spaß bzw. das Gefallen des Lernprogramms beeinflusst. Wie sich dies jedoch weiter auswirkt, muss an anderer Stelle geklärt werden.

6. Literatur

- André, E., Müller, J. & Rist, T. (1996).** The PPP persona: a multipurpose animated presentation agent, Proceedings of the workshop on Advanced visual interfaces, May 27-29, 1996, Gubbio, Italy
- Atkinson, R. K. (2002).** Optimizing learning from examples using animated pedagogical agents. *Journal of Educational Psychology*, 94, 416-427.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. ,& Weiber, R. (2006).** Multivariate Analysemethoden. Berlin: Springer.
- Bailenson, J. N., Swinth, K. R., Hoyt, C. L., Persky, S., Dimov, A., & Blascovich, J. (2005).** The independent and interactive effects of embodied agent appearance and behavior on self-report, cognitive, and behavioral markers of copresence in Immersive Virtual Environments. *PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments* 14 (4). Verfügbar unter: <http://www.stanford.edu/~bailenso/jb-vita3.html> [27.7.2005].
- Baylor, A. L. (2005).** The impact of pedagogical agents image on affective outcomes. Paper presented at the International Conference on Intelligent User Interfaces, San Diego, CA.
- Baylor, A. L. & Kim, Y. (2005).** Simulating instructional roles through pedagogical agents. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15(1).
- Baylor, A. L. & PALS. (2003).** The impact of three pedagogical agent roles. Paper presented at the Autonomous Agents & Multi-Agent Systems (AAMAS), Melbourne, Australia.
- Baylor, A.L & Ryu, J. (2003).** Does the presence of image and animation enhance pedagogical agent persona?, *Journal of Educational Computing Research*, 28.
- Bendel, Oliver (2004).** Merkmale, Ziele und Funktionen pädagogischer Agenten. In: Bekavac, Bernard; Herget, Josef; Rittberger, Marc (Hg.): Informationen zwischen Kultur und Marktwirtschaft. Proceedings des 9. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 2004), Chur, 6.- 8. Oktober2004. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft mbH, 213 – 226.
- Bente, G., Krämer, N. C. & Blens, H. (2003).** Embodied Conversational Agents. Research Questions and Applications. Paper presented at HCI International, 10th International Conference on Human-Computer-Interaction, June 2003, Crete, Greece.
- Bersheid, E. & Walster, E. (1974).** Physical attractiveness. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology*, (Vol. 7). New York: Academic Press.
- Buisine, S., Abrilian, S. & Martin, J.-C. (2004).** Evaluation of multimodal behaviour of agents. Cooperation between speech and gestures in ECAs. In Z. Ruttkay & C. Pelachaud (Hrsg.), *From Brows to trust. Evaluating Embodied Conversational Agents*. Kluwer.
- Cassell, J. & Thorisson, K. R. (1999).** The Power of a Nod and a Glance: Envelope vs. Emotional Feedback in Animated Conversational Agents. *Applied Artificial Intelligence*, 13, 519-538.

- Clarebout, G. & Elen, J. (2005)**, Avoiding simplicity, confronting complexity. Proceedings of the joint meeting of the SIGs Instructional Design and Learning and Instruction with computers. *Rotterdam: Sense Publishers*.
- Clark, R. E. & Choi, S. (2005)**. Five design principles for experiments on the effects of animated pedagogical agents. *Journal of Educational Computing Research*, 32(3), 209-225.
- Clark, R. E. & Feldon, D. F. (2005)**. Five common but questionable principles of multimedia. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 97-116). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dehn, D. M. & van Mulken, S. (2000)**. The impact of animated interface agents: a review of empirical research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 1-22.
- Dion, K.K., Berscheid, E. & Walster, E. (1972)**. What is beautiful is good. *Journal of Personal and Social Psychology*, 24:285-90, Minnesota.
- Domagk, S., & Niegemann, H. M. (2005)**. Pedagogical Agents in Multimedia Learning Environments: Do They Facilitate or Hinder Learning? In C.-K. Looi, D. Jonassen & M. Ikeda (Eds.), *Proceedings of the 13th International Conference on Computers in Education (ICCE)* (pp. 654-657). Singapore: IOS Press.
- Domagk, S. (2008)**. Pädagogische Agenten in multimedialen Lernumgebungen. Empirische Studien zum Einfluss der Sympathie auf Motivation und Lernerfolg (Band 9 der Reihe Wissensprozesse und digitale Medien). Berlin: Logos.
- Elzen-Rump, V. den & Leutner, D. (2007)**. Naturwissenschaftliche Sachtexte verstehen – Ein computerbasiertes Trainingsprogramm für Schüler der 10. Jahrgangsstufe zum selbstregulierten Lernen mit einer Mapping-Strategie. In M. Landmann & B. Schmitz (Hrsg.) *Selbstregulation erfolgreich fördern. Praxisnahe Trainingsprogramme für effektives Lernen* (S. 251 – 268). Stuttgart: Kohlhammer.
- Feige, S. (2007)**. Avatare und mentale Modelle: Einfluss visueller Darstellungen auf natürlichsprachliche Interaktion und Benutzerzufriedenheit. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Bremen.
- Fong, T., Nourbakhsh, I. & Dautenhahn, K. (2002)**. A Survey of Socially Interactive Robots: Concepts, Design, and Applications. Technical Report CMURI-TR-02-29, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA USA.
- Graesser, A.C., Kennedy, T., Wiemer-Hastings, P., & Ottati, V. (1999)**. The use of computational cognitive models to improve questions on surveys and questionnaires. In M.G. Sirken, D.J. Hermann, S. Schechter, N. Schwarz, J.M. Tanur, & R. Tourangeau (Eds.), *Cognition and survey methods research* (pp.199-216). New York: Wiley.
- Hartmann, T., Klimmt, C. & Vorderer, P. (2001)**. Avatare: Parasoziale Beziehungen zu virtuellen Akteuren. *Medien- und Kommunikationswissenschaft*, 49(3), 350-368.
- Hartmann, T., Schramm, H. & Klimmt, C. (2004)**. Personenorientierte Medienrezeption: Ein Zwei-Ebenen-Modell parasozialer Interaktion. *Publizistik*, 1, 25 – 47.
- Hassebrauck M. & Niketta, R. (1993)**. Physische Attraktivität , Hogrefe.

- Horton, D. & Wohl, R. R. (1956).** Mass communication and para-social interaction. *Psychiatry*, 19, 215-229.
- Johansson, G. (1973).** Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14, 201-211.
- Johnson, W.L., Rickel, J., Stiles, R., and Munro, A. (1998).** Integrating pedagogical agents into virtual environments. *Presence* 7(5), forthcoming.
- King, W. J. & Ohya, J. (1996).** The representation of agents: Anthropomorphism, agency, and intelligence. In R. Bilger, S. Guest & M. J. Tauber (Eds.), *Human Factors in Computing Systems: Chi'96 Electronic Conference Proceedings*. ACM.
- Koda, T. & Maes, P. (1996).** Agents with faces: The effect of personification. *IEEE International Workshop on Robot and Human Communication (ROMAN'96)*, 189-194.
- Krämer, N. C. & Bente, G. (2002).** Virtuelle Helfer: Embodied Conversational Agents in der Mensch-Computer-Interaktion. In G. Bente, N. C. Krämer & A. Petersen (Hrsg.), *Virtuelle Realitäten* (S. 203-225). Göttingen: Hogrefe.
- Krämer, N. (2006).** Soziale Wirkungen virtueller Helfer. *Gestaltung und Evaluation von Mensch-Computer-Interaktionen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Krämer, N. C., Kopp, S. & Simons, N. (2007).** The effects of an embodied conversational agent's subtle nonverbal behavior on user's evaluation and behavioral mimicry. In C. Pelachaud et al. (Hrsg.), *Intelligent Virtual Agents 2007*. Berlin: Springer.
- Landy, D., & Sigall, H. (1974).** Beauty is talent: Task evaluation as a function of the performer's physical attractiveness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 29(3).
- Lester, J., Towns, S. G., Callaway, C. B., Voerman, J. L. & FitzGerald, P. J. (2000).** Deictic and Emotive Communication in Animated Pedagogical Agents. In J. Cassell (Hrsg.), *Embodied Conversational Agents* (S. 123 – 155). Cambridge: The MIT Press.
- Leutner, D., Leopold, C. & den Elzen-Rump, Viola (2007).** Self-Regulated Learning with a Text-Highlighting Strategy. A Training Experiment. In: *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology* 2007; Vol. 215(3):174–182.
- Mayer, R. E. (2005).** Principles of multimedia learning based on social cues: Personalization, voice, and image principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 201-214). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., Dow, G. T. & Mayer, S. (2003).** Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agentbased microworlds. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 806-813.
- Moreno, R. (2003).** Animated pedagogical agents: How do they help student construct knowledge from interactive multimedia environments? Unpublished manuscript.
- Moreno, R. (2005).** Multimedia Learning with Pedagogical Agents. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of multimedia learning* (S. 507 – 523). New York: Cambridge University Press.

- Moreno, R., Mayer, R. E. & Lester, J. C. (2000).** Life-like pedagogical agents in constructivist multimedia environments: cognitive consequences of their interaction. Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia, and Telecommunications (ED-MEDIA), (pp. 741-746) Montreal. Available: <http://www4.ncsu.edu/~lester/imedia/papers.html#agents> [11.8.2004].
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H., & Lester, J. (2001).** The case for social agency in computer-based teaching: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? *Cognition and Instruction*, 19, 177-213.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2005).** Role of guidance, reflection, and interactivity in an agent-based multimedia game. *Journal of Educational Psychology*, 97(1), 117 – 128.
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H. & Lester, J. (2001).** The case of social agency in computer-based teaching: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? *Journal of Educational Psychology*(87), 177-214.
- Nass, C., Fogg, B. J. & Moon, Y. (1996).** Can Computers be Teammates? *International Journal of Human Computer Studies*, 45, 669-678.
- Nass, C., Steuer, J. & Tauber, E. R. (1994).** Computers are Social Actors. In B. Adelson, S. Dumais & J. Olson (Eds.), *Human Factors in Computing Systems: CHI'94 Conference Proceedings* (pp. 72-78). ACM Press.
- Nass, C., Moon, Y., Morkes, J., Kim, E. Y. & Fogg, B. J. (1997).** Computers are social actors: A review of current research. In B. Friedman (Ed.), *Moral and ethical issues in human-computer interaction* (pp. 137-162). Stanford, CA: CSLI Press.
- Nass, C. & Moon, Y. (2000).** Machines and mindlessness: Social responses to computers. *Journal of Social Issues*, 60(1), 81-103.
- Norman, D. A. (1994).** How might people interact with agents? *Communications of the ACM*, 37, 68-71.
- Prendinger, H., & Ishizuka, M. (2001).** Social role awareness in animated agents. Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents (pp. 270–277). New York: ACM.
- Quintanar, L. R., Crowell, C. R., Pryor, J. B. & Adampoulos, J. (1982).** Human computer interaction: A preliminary social psychological analysis. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 14 (2), 210-220.
- Reeves, B. & Nass, C. (1996).** The media equation. How people treat computers, televisions, and new media like real people and places. New York: Cambridge University Press.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B.-D. (2001).** FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. In: *Diagnostica*; Vol. 47 (2), S. 57-66.
- Rheinberg, F. (2004).** *Motivation* (5. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Rhodes, G. & Zebrowitz, L. (2002).** *Facial attractiveness. Evolutionary, Cognitive, and Social Perspectives* Ablex Publishing
- Shneiderman, B. & Maes, P. (1997).** Direct manipulations vs. interface agents: excerpts from debates at IUI'97 and CHI'97. *Interactions*, 4, 42-61.

Sproull, L., Subramani, M., Kiesler, S. Walker, J. H. & Waters, K. (1996). When the interface is a face. *Human Computer Interaction*, 11 (2), 97-124.

Walker, J. H., Sproull, L. & Subramani, R. (1994). Using a Human Face in an Interface. In B. Adelson, S. Dumais & J. Olson (Eds.), *Human Factors in Computing Systems: CHI'94 Conference Proceedings* (pp. 85-91). Boston: ACM.

Wilson, M. (1997). Metaphor to personality: the role of animation in intelligent interface agents. Paper presented at the *IJCAI-97 Workshop on Animated Interface Agents: Making them Intelligent*, Nagoya, Japan.

7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1. Experimentalbedingungen - realistisch-humanoider, weiblicher Agent integriert in das Lernprogramm (links) und cartoonhafter, nicht-humanoider Agent (rechts).....	12
Tabelle 1. Versuchsgruppenplan des Experiments.....	11
Tabelle 2. Faktorenwerte der Stimmungserfassung direkt nach dem Training (Rotierte Komponentenmatrix(a)).	18
Tabelle 3. Faktorenwerte der Beurteilung des Agenten (Rotierte Komponentenmatrix(a)).	19
Tabelle 4. Einzelne Faktorenwerte der Beurteilung des Agenten durch das semantische Differential (Rotierte Komponentenmatrix(a)).	21
Tabelle 5. Einzelne Faktorenwerte der Bewertung des Lernprogramms direkt nach dem Training (Rotierte Komponentenmatrix(a)).	22
Tabelle 6. Mittelwerte und Standardabweichung semantisches Differential, Faktor 4 - „Unfreundlichkeit bzw. Reserviertheit“.....	24
Tabelle 7. Mittelwerte und Standardabweichung der Bewertung des Lernprogramms an Hand des ersten Faktors "Spaß".	25
Tabelle 8. Mittelwerte und Standardabweichung der zeitlichen Dauer des Trainings - alle Bedingungen im Vergleich.	25
Tabelle 9. Mittelwerte und Standardabweichung der zeitlichen Dauer des Trainings in Bezug zu der Bedingung Agent – Nicht Agent.	26
Tabelle 10. Modellformulierungen der Regressionsanalysen.	28
Tabelle 11. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable „Ergebnis im Wissenstest“.....	28
Tabelle 12. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Ergebnis im Wissenstest“.....	29
Tabelle 13. Koeffizienten(a) für die Variable „Ergebnis im Wissenstest“.....	29
Tabelle 14. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 1: Spaß.....	30
Tabelle 15. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 1: Spaß.	30
Tabelle 16. Koeffizienten(a) für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 1: Spaß.....	31
Tabelle 17. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 2: Wissen verständlich gemacht.	31
Tabelle 18. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 2: Wissen verständlich gemacht.....	32

Tabelle 19. Koeffizienten(a) für die Variable „Bewertung des Lernprogramms“ Faktor 2: Wissen verständlich gemacht.	32
Tabelle 20. ANOVA(b) der Regressionsanalyse für die Variable Stimmung Faktor 1: „körperliche und geistige Anwesenheit“.....	33
Tabelle 21. Modellzusammenfassung der Regressionsanalysen für die Variable „Stimmung“.....	33
Tabelle 22. Koeffizienten(a) für die Variable „Stimmung“ Faktor 1: körperliche und geistige Anwesenheit.....	34
Tabelle 23. Bewertung der Agenten auf einer fünffach abgestuften Skala (von 1 = stimmt bis 5 = stimmt nicht). Mittelwerte der Experimentalbedingungen im Vergleich.	35
Tabelle 24. Bewertung der Agenten mittels semantischem Differential auf einer siebenfach abgestuften bipolaren Skala (von -3 = „Eigenschaft 1 trifft zu“ bis +3 = „Eigenschaft 2 trifft zu“). Mittelwerte der Experimentalbedingungen im Vergleich. ...	37
Tabelle 25. Bewertung des Lernprogramms auf einer fünffach abgestuften Skala (1 = stimmt bis 5 = stimmt nicht). Mittelwerte der Versuchsgruppen im Vergleich.....	38

Anhang

A 1 Tabellen und Grafiken der statistischen Auswertung

A 1.1 Multivariate Varianzanalyse

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Abhängige Variable	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Bedingung	Faktor 1 LERNPRO	4,477	2	2,238	2,485	,096	,108
	Faktor 2 LERNPRO	2,925	2	1,463	1,516	,232	,069
	Factor1 Stimmung	3,033	2	1,517	1,585	,217	,072
	Factor2 Stimmung	2,543	2	1,271	1,300	,283	,060
	Factor3 Stimmung	2,018	2	1,009	,987	,381	,046
	FAM - Interesse	68,534	2	34,267	1,108	,340	,051
	FAM - Herausforderung	,446	2	,223	,022	,979	,001
	FAM - Misserfolg	69,491	2	34,746	,987	,381	,046
	FAM - Erfolg	4,203	2	2,102	,099	,906	,005
	Ergebnis Wissenstest	21,578	2	10,789	,355	,704	,017
	Ergebnis Strategietest	5,146	2	2,573	1,516	,232	,069

Deskriptive Statistik

	Bedingung	Mittelwert	Standardabweichung	N
Faktor_LERNPRO_1	Anna	,2360707	,92326403	15
	Hase	-,4302090	,57734594	14
	Kontrolle	,2717055	1,21474710	15
	Gesamt	,0362209	,98124668	44
Faktor_LERNPRO_2	Anna	-,3249841	,99539193	15
	Hase	,2691930	,96587621	14
	Kontrolle	,1549364	,98410624	15
	Gesamt	,0276815	,99396777	44
Faktor_Stimmung1	Anna	-,3317016	,88266164	15
	Hase	,2644738	1,19477939	14
	Kontrolle	,1717294	,83517778	15
	Gesamt	,0296147	,99139875	44
Faktor_Stimmung2	Anna	,1442303	1,01139321	15
	Hase	-,3213891	1,00608095	14
	Kontrolle	,2331028	,94870400	15
	Gesamt	,0263761	,99560096	44
Faktor_Stimmung3	Anna	-,2097630	,98991840	15
	Hase	,2981630	,84561432	14
	Kontrolle	-,0874638	1,16143193	15

	Gesamt	-,0064573	1,01061162	44
FAM - Interesse	Anna	18,8000	5,10182	15
	Hase	16,0714	5,92860	14
	Kontrolle	16,2667	5,65012	15
	Gesamt	17,0682	5,57569	44
FAM - Herausforderung	Anna	12,4000	2,47271	15
	Hase	12,2857	4,37526	14
	Kontrolle	12,5333	2,53170	15
	Gesamt	12,4091	3,14249	44
FAM - Misserfolg	Anna	23,7333	7,05556	15
	Hase	22,7857	5,65928	14
	Kontrolle	25,8000	4,85798	15
	Gesamt	24,1364	5,93214	44
FAM - Erfolg	Anna	-3,2667	4,46361	15
	Hase	-3,5000	4,31010	14
	Kontrolle	-4,0000	5,00000	15
	Gesamt	-3,5909	4,51003	44
Summe der Punkte max. Punkte	Anna	16,73	5,994	15
	Hase	18,14	4,130	14
	Kontrolle	18,27	6,112	15
	Gesamt	17,70	5,433	44
Punkte insgesamt (max.8)	Anna	5,73	,884	15
	Hase	5,14	1,027	14
	Kontrolle	4,93	1,792	15
	Gesamt	5,27	1,318	44

A 1.2 Dauer des Trainings- Auswertung des Videomaterials

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: Zeitliche Dauer des Trainings

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	350,702(a)	2	175,351	7,502	,002	,313
Konstanter Term	40754,821	1	40754,821	1743,497	,000	,981
Bedingung	350,702	2	175,351	7,502	,002	,313
Fehler	771,386	33	23,375			
Gesamt	41552,573	36				
Korrigierte Gesamtvariation	1122,088	35				

a R-Quadrat = ,313 (korrigiertes R-Quadrat = ,271)

2. Bedingung

Abhängige Variable: Zeitliche Dauer des Trainings

Bedingung	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
Anna	33,849	1,396	31,010	36,689
Hase	37,487	1,458	34,521	40,453
Kontrolle	29,838	1,341	27,110	32,566

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Zeitliche Dauer des Trainings, Scheffé

(I) Bedingung	(J) Bedingung	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
					Obergrenze	Untergrenze
Anna	Hase	-3,6381	2,01816	,212	-8,8110	1,5348
	Kontrolle	4,0115	1,93547	,133	-,9495	8,9724
Hase	Anna	3,6381	2,01816	,212	-1,5348	8,8110
	Kontrolle	7,6496(*)	1,98069	,002	2,5727	12,7264
Kontrolle	Anna	-4,0115	1,93547	,133	-8,9724	,9495
	Hase	-7,6496(*)	1,98069	,002	-12,7264	-2,5727

Basiert auf beobachteten Mittelwerten.

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

A 1.3 Vergleich Agent –Nicht Agent

Deskriptive Statistiken

	Agent – nicht Agent	Mittelwert	Standardabweichung	N
Stimmung 1	Agent	-,0438928	1,06968822	29
	Nicht Agent	,1717294	,83517778	15
	Gesamt	,0296147	,99139875	44
Stimmung 2	Agent	-,0805515	1,01856612	29
	Nicht Agent	,2331028	,94870400	15
	Gesamt	,0263761	,99560096	44
Stimmung 3	Agent	,0354427	,94270053	29
	Nicht Agent	-,0874638	1,16143193	15
	Gesamt	-,0064573	1,01061162	44
Bewertung LERNPRO_1	Agent	-,0855816	,83413246	29
	Nicht Agent	,2717055	1,21474710	15
	Gesamt	,0362209	,98124668	44
Bewertung LERNPRO_2	Agent	-,0381400	1,00987505	29
	Nicht Agent	,1549364	,98410624	15
	Gesamt	,0276815	,99396777	44
FAM Interesse	Agent	17,4828	5,59094	29

	Nicht Agent	16,2667	5,65012	15
	Gesamt	17,0682	5,57569	44
FAM Herausforderung	Agent	12,3448	3,45663	29
	Nicht Agent	12,5333	2,53170	15
	Gesamt	12,4091	3,14249	44
FAM Misserfolg	Agent	23,2759	6,32397	29
	Nicht Agent	25,8000	4,85798	15
	Gesamt	24,1364	5,93214	44
FAM Erfolg	Agent	-3,3793	4,31289	29
	Nicht Agent	-4,0000	5,00000	15
	Gesamt	-3,5909	4,51003	44
Wissenstest	Agent	17,41	5,138	29
	Nicht Agent	18,27	6,112	15
	Gesamt	17,70	5,433	44
Strategietest	Agent	5,45	,985	29
	Nicht Agent	4,93	1,792	15
	Gesamt	5,27	1,318	44

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Abhängige Variable	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Bed:	Faktor_LERNPRO_1	1,262	1	1,262	1,321	,257	,030
Agent vs. Nicht Agent	Faktor_LERNPRO_2	,369	1	,369	,368	,548	,009
	Faktor_Stimmung1	,460	1	,460	,462	,501	,011
	Faktor_Stimmung2	,973	1	,973	,981	,328	,023
	Faktor_Stimmung3	,149	1	,149	,143	,707	,003
	FAM - Interesse	14,621	1	14,621	,464	,499	,011
	FAM - Herausforderung	,351	1	,351	,035	,853	,001
	FAM - Misserfolg	62,989	1	62,989	1,824	,184	,042
	FAM - Erfolg	3,809	1	3,809	,184	,670	,004
	Wissenstest	7,191	1	7,191	,239	,627	,006
	Strategietest	2,622	1	2,622	1,527	,223	,035

A 2 Fragebögen und Sachtext

A 2.1 Fragebogen 1

Fragebogen vor dem Training

I. Bitte fülle zunächst einige Fragen zu deiner Person aus.

1. Alter: _____

2. Geschlecht: weiblich () männlich ()

3. Letzter Schulabschluss:

Ohne Abschluss ()

8.Klasse/Volksschule/Hauptschule ()

10.Klasse/Mittlere Reife/ Realschule ()

Fachhochschulreife ()

Abitur ()

Berufsausbildung mit Abitur ()

Hochschulabschluss ()

Fachhochschulabschluss ()

Sonstiges, und zwar: _____

4. Ausgeübter Beruf /Tätigkeit: _____

5. Bist Du Student/in: nein () ja ()

Falls ja, welches ist dein Studienfach bzw. sind deine Studienfächer?

6. Über wie viele Stunden Freizeit in der Woche verfügst du? _____

II. Bitte kreuze bei den folgenden Fragen jeweils nur eine Aussage an.

1. Hast du schon mal einen Computer benutzt?

ja, benutze ich regelmäßig	benutze ich häufiger	benutze ich hin und wieder	benutze ich selten	nein, habe ich noch nie benutzt
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Seit wann benutzt du einen Computer?

weniger als 1 Jahr	1 bis 2 Jahre	2 bis 5 Jahre	5 bis 10 Jahre	mehr als 10 Jahre
<input type="checkbox"/>				

3. Wie schätzt du deine Fähigkeiten im Umgang mit Computern ein?

Sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft
<input type="checkbox"/>				

4. Wie viele Stunden verbringst du durchschnittlich pro Woche am Computer?

Privat: _____ Stunden pro Woche

Beruflich: _____ Stunden pro Woche

III. Wenn du an den Umgang mit einem Computer denkst, inwieweit stimmen deine Erfahrungen mit den folgenden Aussagen überein? Bitte beantworte die nächsten Fragen auf einer Skala von **1: stimme voll zu** bis **5: stimme der Aussage nicht zu**.

	1	2	3	4	5
1. Ich kann ziemlich viele der technischen Probleme, mit denen ich konfrontiert bin, allein lösen.	<input type="checkbox"/>				
2. Ich fühle mich technischen Geräten gegenüber so hilflos, dass ich lieber die Finger von ihnen lasse.	<input type="checkbox"/>				
3. Wenn ich ein technisches Problem löse, so geschieht das meistens durch Glück.	<input type="checkbox"/>				
4. Ich mache mir häufig Sorgen, dass etwas am Computer kaputt gehen könnte, wenn ich einen Fehler mache.	<input type="checkbox"/>				
5. Ich benutze Computer, weil es mir Spaß macht und nicht weil ich muss.	<input type="checkbox"/>				
6. Bevor ich eine Aufgabe mit Hilfe eines Computers bearbeite, versuche ich es erst einmal auf andere Weise.	<input type="checkbox"/>				
7. Der technische Fortschritt bringt Vorteile mit sich.	<input type="checkbox"/>				
8. Es macht mir Spaß neue Entwicklungen auszuprobieren.	<input type="checkbox"/>				
9. Neue Technologien verkomplizieren den Alltag unnötig.	<input type="checkbox"/>				

IV. Bitte beantworte die folgenden Fragen auf einer Skala von 1: stimme voll zu bis 5: stimme der Aussage nicht zu.

	1	2	3	4	5
1. Die meisten Menschen sagen die Wahrheit über das, was sie wirklich wissen.	<input type="checkbox"/>				
2. Bei den meisten Menschen kann man sich darauf verlassen, dass sie halten, was sie versprechen.	<input type="checkbox"/>				
3. Die meisten Menschen sind ehrlich in Bezug auf ihre Erfahrungen und Fähigkeiten.	<input type="checkbox"/>				
4. Die meisten Menschen antworten ehrlich auf persönliche Fragen.	<input type="checkbox"/>				

V. Nun folgen Fragen zu deinem Vorwissen im Bereich Naturwissenschaften. Bitte lies sie dir genau durch und kreuze an, welche der vier Antwortmöglichkeiten du für die richtigen hältst. Es können eine, zwei, drei oder sogar alle vier Antworten stimmen.

1. Was ist ein Molekül?

- eine Verbindung aus Atomen desselben Stoffs
- eine Verbindung aus Atomen unterschiedlicher Stoffe
- eine Verbindung aus Elektronen
- eine Verbindung aus Ionen

2. Welche Größen sind bestimmend für die Dichte?

- Volumen, Druck
- Kraft, Masse, Volumen
- Masse, Volumen
- Druck, Masse

3. Warum wird das Wassermolekül als Dipol bezeichnet?

- weil das Wasserstoffatom die gemeinsamen Elektronenpaare stärker anzieht als das Sauerstoffatom.
- weil das Wassermolekül zwei Pole hat - einen positiven und einen negativen.
- weil sich auf der Wasserstoffseite des Moleküls ein negativer und auf der Sauerstoffseite des Moleküls ein positiver Ladungsschwerpunkt befindet

- weil das Sauerstoffatom die gemeinsamen Elektronenpaare stärker anzieht als das Wasserstoffatom.

4. Was versteht man unter einer Hydratation?

- die Ionen einer Salzlösung bilden ein Kristallgitter
- Wassermoleküle werden von Ionen umgeben
- Salze bilden sich im Wasser
- Ionen werden von Wassermolekülen umhüllt

5. Welche Bindung wird als Wasserstoffbrückenbindung bezeichnet?

- die Bindung zwischen den Wassermolekülen
- die Bindung zwischen zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom
- die Bindung zwischen Ionen in einem Kristallgitter
- die Bindung zwischen den Wassermolekülen des Eiskristalls

6. Warum hat Wasser eine Haut?

- wegen den Dipol-Dipol-Kräften zwischen Wassermolekülen
- wegen der Oberflächenspannung von Wasser
- wegen der Wasserstoffbrückenbindung
- wegen der Ionenbindung

7. Warum schwimmen Eisberge im Wasser?

- weil Eis ein geringeres Volumen als Wasser hat
- weil Eis eine geringere Dichte als Wasser hat
- weil Eis ein höheres Volumen als Wasser hat
- weil Eis eine höhere Dichte als Wasser hat

8. Wieviel Außenelektronen hat das Sauerstoffatom?

- zwei
- vier
- fünf
- sechs

9. Warum können Wasserrohre im Winter zerstört werden?

- Wasser wird in gefrorenem Zustand schwerer und lagert sich in den Wasserrohren ab.
- Wasser zieht sich beim Gefrieren zusammen.
- Wasserrohre können sich bei Frost ausdehnen, wenn sie lange nicht genutzt werden.
- Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus.

10. Bei welcher Temperatur hat Wasser seine maximale Dichte?

- bei +4°C
- bei 100°C
- bei -4°C
- bei 0°C

VI. Gleich wirst du an einem computerbasierten Training teilnehmen, das dir Strategien zur selbständigen Aufbereitung von Texten erklärt. Die im Training gelernten Strategien sollst du anschließend an einem naturwissenschaftlichen Text anwenden. Schätze dich diesbezüglich kurz selbst ein. Bewerte dabei die folgenden Aussagen auf einer Skala von **1:stimme voll zu** bis **7: stimme der Aussage überhaupt nicht zu**.

	1	2	3	4	5	6	7
1. Ich mag solche Rätsel und Knobeleyen.	<input type="checkbox"/>						
2. Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgabe gewachsen zu sein.	<input type="checkbox"/>						
3. Wahrscheinlich werde ich die Aufgabe nicht schaffen.	<input type="checkbox"/>						
4. Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.	<input type="checkbox"/>						
5. Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.	<input type="checkbox"/>						
	1	2	3	4	5	6	7
6. Die Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.	<input type="checkbox"/>						
7. Nach dem Lesen der Instruktion erscheint mir die Aufgabe sehr interessant.	<input type="checkbox"/>						
8. Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>						

9. Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich hier blamieren könnte.	<input type="checkbox"/>						
10. Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.	<input type="checkbox"/>						
11. Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	<input type="checkbox"/>						
12. Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	<input type="checkbox"/>						
13. Ich glaube, das kann jeder schaffen.	<input type="checkbox"/>						
14. Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.	<input type="checkbox"/>						
15. Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	<input type="checkbox"/>						
16. Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich ein wenig beunruhigt.	<input type="checkbox"/>						
17. Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>						
18. Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.	<input type="checkbox"/>						

Es folgt nun eine kurze Trainingsphase (ca. 30 Min.).

A 2.2 Fragebogen 2

Nachdem Du das Lernprogramm kennen gelernt hast, beantworte bitte folgende Fragen: Zunächst möchten wir dich bitten anzugeben, wie du dich während der Arbeit mit dem Lernprogramm gefühlt hast:

	stimmt	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt nicht
Wach					
gelangweilt					
gereizt					
aufmerksam					
amüsiert					
frustriert					
interessiert					
beunruhigt					
fröhlich					
Müde					
nervös					
neugierig					
zufrieden					
verärgert					
engagiert					
abgelenkt					
entspannt					
gleichgültig					
lustlos					
verwirrt					

Die nächsten beiden Abschnitte mussten jeweils nur die Probanden der Experimentalbedingungen beantworten. Den Probanden wurden an die Bedingung angepasste Fragebögen ausgehändigt.

Bitte beurteile deine Erfahrungen mittels einer Skala von **1: stimme voll zu** bis **5: stimme der Aussage nicht zu**.

	1	2	3	4	5
1. Durch den Agenten habe ich mehr über das Lernprogramm nachgedacht.					
2. Der Agent war freundlich.					
3. Der Agent hat die Anweisungen für mich interessant gemacht.					
4. Der Agent war motivierend.					
5. Durch den Agenten war ich aufmerksamer.					
6. Der Agent hat dazu beigetragen, dass ich über das Gelernte reflektiert habe.					
7. Der Agent war nützlich.					
8. Der Agent präsentierte das Material effektiv.					
9. Der Agent war hilfreich.					
10. Der Agent war unterhaltsam.					
11. Der Agent hat mich auf die relevanten Informationen aufmerksam gemacht.					
12. Der Agent verbesserte mein Wissen über den Trainingsinhalt.					
13. Der Agent war interessant.					
14. Der Agent war angenehm.					
15. Der Agent war lebendig.					
16. Der Agent wusste viel.					
17. Der Agent wirkte wie ein Lehrer.					
18. Der Agent hatte eine Persönlichkeit.					
19. Die Gefühle des Agenten waren/wirkten natürlich.					
	1	2	3	4	5
20. Der Agent hat Gefühle gezeigt.					
21. Der Agent war intelligent.					
22. Der Agent war begeisternd.					

23. Der Agent half mir, mich auf das Programm zu konzentrieren.				
24. Die Bewegungen des Agenten waren natürlich.				
25. Der Agent war menschenähnlich.				

11. Bitte beurteile nun folgende Eigenschaften anhand deiner Erfahrungen mit dem Agenten. Du kannst dabei Abstufungen zwischen den Eigenschaften anhand der Skala von **-3 bis 3** machen. Die Zahl **0** bedeutet dabei, dass weder die eine Eigenschaft vorhanden ist, noch die andere.

	-3	-2	-1	0	1	2	3	
Aktiv								passiv
sympathisch								unsympathisch
schwach								stark
unterwürfig								dominant
angenehm								unangenehm
warmherzig								kühl
nervös								gelassen
Vertrauen erweckend								beunruhigend
maskulin								feminin
falsch								ehrlich
locker								steif
aggressiv								friedlich
unbedeutend								wichtig
entspannt								angespannt
Anteil nehmend								gleichgültig
abweisend								zugewandt
aufdringlich								zurückhaltend
	-3	-2	-1	0	1	2	3	
selbstbewusst								schüchtern
bescheiden								arrogant
aufgeregt								ruhig
zugänglich								unnahbar

kompetent							inkompetent
interessant							langweilig
glaubwürdig							unglaubwürdig
natürlich							künstlich
energisch							kraftlos
lebhaft							still
aufmerksam							abgelenkt
intelligent							dumm
Ernst							fröhlich
engagiert							unbeteiligt

12. Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf die Gestik und Mimik von dem Agenten.

1. Die Gestik vom Agenten war angemessen:

stimmt	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt nicht

=> Falls du „stimmt“ oder „stimmt eher“ angekreuzt haben, bitte weiter mit Frage 3

2. Du hast angegeben, dass die Gestik vom Agenten nur „teilweise“, „eher nicht“ oder „nicht“ angemessen war. Was hätten Sie sich bezüglich der Gestik von dem Agenten gewünscht?

mehr Gestik	weniger Gestik	andere Gestik	weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Die Mimik von dem Agenten war angemessen:

stimmt	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	Stimmt nicht

=> Falls du „stimmt“ oder „stimmt eher“ angekreuzt hast, bitte weiter mit Frage 5

4. Du hast angegeben, dass die Mimik von dem Agenten nur „teilweise“, „eher nicht“ oder „nicht“ angemessen war. Was hättest du dir bezüglich der Mimik vom Agenten gewünscht?

mehr Mimik	weniger Mimik	andere Mimik	weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Die Zeigegesten von dem Agenten waren hilfreich:

stimmt	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt nicht
<input type="checkbox"/>				

6. Welche Gestik ist dir am Agenten aufgefallen:

7. Welche Mimik ist dir am Agenten aufgefallen:

Ab hier gilt der Fragebogen wieder für alle Teilnehmer.

Wenn du an die Lernsoftware denkst, mit der du eben gelernt hast, inwieweit stimmen deine Erfahrungen mit den folgenden Aussagen überein? Bitte beurteile deine Erfahrungen mittels einer Skala von **1: stimme voll zu** bis hin zu **5: stimme der Aussage nicht zu**.

	stimmt	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	Stimmt nicht
1. Es war interessant, mit dem Lernprogramm zu arbeiten.					
2. Ich werde anderen Personen positiv vom Lernprogramm berichten.					
3. Ich konnte den Programmverlauf steuern.					
4. Das Lernprogramm hat mich neugierig gemacht auf weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet.					
5. Es hat Spaß gemacht, mit dem Lernprogramm zu arbeiten.					
6. Ich kann mir vorstellen, mit diesem Lernprogramm oder mit anderen Lernprogrammen (erneut) zu arbeiten.					

7. Das Lernprogramm war hilfreich und hat effektiv Wissen vermittelt.				
8. Das Lernprogramm hat Wissen vermittelt, das ich brauche.				
9. Das Lernprogramm hat mich beim Lernen unterstützt.				
10. Das Wissen, das das Lernprogramm vermittelt hat, kann ich problemlos anwenden.				
11. Das Lernprogramm hat mir die Strategie verständlich vermittelt.				

Bitte beantworte die folgenden Fragen, indem Du jeweils die **eine** richtige Antwort ankreuzt!

1. Welche Textinhalte beim Lernen wesentlich sind, hängt ...

- nur vom Leser ab.
- sowohl vom Autor als auch vom Leser ab.
- nur vom Autor ab.

2. Welches Textstruktur-Element verbirgt sich hinter folgendem Satz?

"Leicht löslich sind Kochsalz und Haushaltszucker, schwer löslich sind Gips oder Silberchlorid."

- Bedingung.
- Definition
- Beispiel
- Beobachtung

3. Welche Reaktion ist passend, wenn du zu viel markiert hast?

- Wesentliches davon ausschreiben.
- Markierungen auf die wesentlichen reduzieren
- Randmarken ausradieren

4. Was sind „Randmarken“?

- Abkürzungen für Textstruktur-Elemente
- Aussagen, die durch Form oder Farbe besonders hervorgehoben sind
- Begriffe, die den Inhalt von Absätzen beschreiben
- signalhafte Formulierungen im Text

5. Die wichtigste Information eines Absatzes wird...

- einfach unterstrichen.
- durch Kürzel kenntlich gemacht.
- eingerahmt.
- am Textrand gekennzeichnet.

6. Welches Textstruktur-Element verbirgt sich hinter folgendem Satz?

"Um die Wassertemperatur zu erhöhen, ist viel Energie in Form von Wärme nötig."

- Merkmal
- Erklärung
- Definition
- Bedingung

7. Welche Vorgehensweise dient dem Herausfinden der wesentlichen Begriffe und Satzteile?

- auf den Argumentationsgang des Autors achten
- Textinhalte herausschreiben
- Beziehungen im Text herstellen

8. Welches Textstruktur-Element verbirgt sich hinter folgendem Satz?

"Lösungsmittel sind gegenüber dem gelösten Stoff im Überschuss vorhanden. Wenn Wasser das Lösungsmittel ist, so spricht man von wässrigen Lösungen."

- Merkmal
- Zusammenfassung
- Definition
- Beobachtung

Bitte lies nun aufmerksam den folgenden Text und wende das an, was du durch das Lernprogramm gelernt hast. (Ausgabe des Textes auf Papier – um die Technik anwenden zu können)

H₂O – Der pure Stoff

Drei Liter Wasser braucht der Mensch pro Tag, sonst sitzt er auf dem Trockenen: Die Kehle schmerzt, die Bronchien rasseln, die Haut wird blau, und im Gehirn regiert der Wahn.

Die Lösung ist eine Lösung

Was ist bloß dran am Wasser, dass wir davon im Laufe unseres Lebens 65.000 Liter trinken? Es schmeckt doch nach nichts ... Auf den ersten Blick ist Wasser die langweiligste Sache der Welt. Es ist farblos und läuft uns andauernd über den Weg. Aber ohne das fade Nass geht gar nichts. Das merken wir spätestens dann, wenn es mal nicht da ist. Ein Tag ohne Strom ist ganz schön nervig – ein Tag ohne Wasser ist der Horror! Was also ist das Besondere am Allgemeingut Wasser?

Des Rätsels Lösung: Wasser ist das ideale Lösungsmittel – und damit die Lösung für alles Leben. Es bindet andere Stoffe fest an sich und transportiert sie dahin, wo sie gebraucht werden. Das macht den Stoffwechsel der Lebewesen erst möglich.

Zwei H, ein O

Dass Wasser das ideale Lösungsmittel ist, liegt an seinem chemischen Aufbau. Der sieht folgendermaßen aus:

Wasser ist ein Molekül, das sich aus drei Atomen zusammensetzt. Zwei Wasserstoffatome verbinden sich mit einem Sauerstoffatom zu einem polaren Molekül (H₂O), das in seiner Form gewinkelt ist. Der Winkel zwischen den Wasserstoffatomen beträgt ca. 105°. Zusammengehalten werden die Atome im Molekül durch gemeinsame Elektronenpaare zwischen den beiden Wasserstoffatomen und dem Sauerstoffatom. Die gemeinsamen Elektronenpaare bilden sich aus je zwei Außenelektronen des Sauerstoffatoms und je einem Außenelektron der beiden Wasserstoffatome.

Während das Wasserstoffatom nur ein Außenelektron hat, besitzt das Sauerstoffatom gleich sechs davon. Zwei der sechs Außenelektronen des Sauerstoffatoms verbinden sich mit je einem Außenelektron der beiden Wasserstoffatome und bilden zwei gemeinsame Elektronenpaare. Ein Sauerstoff-Außenelektron verbindet sich mit dem Außenelektron des einen Wasserstoffatoms und ein weiteres Sauerstoff-Außenelektron verbindet sich mit dem Außenelektron des anderen Wasserstoffatoms. Demzufolge liegt sowohl zwischen dem Sauerstoffatom und dem einen Wasserstoffatom, als auch zwischen dem Sauerstoffatom und dem anderen Wasserstoffatom je ein gemeinsames Elektronenpaar. Dabei teilen sich das Wasserstoff- und Sauerstoffatom die bindenden (verbundenen) Elektronen.

Das Sauerstoffatom hat bereits zwei seiner Außenelektronen für die beiden gemeinsamen Elektronenpaare mit den Wasserstoffatomen bereitgestellt. Nun hat es aber noch vier Außenelektronen übrig.

Was wird aus diesen restlichen Außenelektronen? Diese Außenelektronen schließen sich im Sauerstoffatom zu zwei nichtbindenden Elektronenpaaren zusammen. Sie werden als „nichtbindend“ bezeichnet, weil sie nicht an der Bindung zwischen Wasserstoffatom und Sauerstoffatom beteiligt sind.

Das Sauerstoffatom besitzt die Fähigkeit, die gemeinsamen Elektronenpaare stärker zu sich heranzuziehen als die Wasserstoffatome. Deshalb liegen die gemeinsamen Elektronenpaare nicht genau in der Mitte zwischen dem Sauerstoffatom und den Wasserstoffatomen, sondern rücken näher zum Sauerstoffatom hin. So kommt es innerhalb des Moleküls zu einer Ladungsverschiebung. Aus diesem Grund stellt das Sauerstoffatom die negative Seite (negativen Pol) und die Wasserstoffatome die positive Seite (positiven Pol) des Moleküls dar. An seinen gegenüberliegenden Seiten ist das Molekül entgegengesetzt geladen. Wassermoleküle haben also jeweils zwei Pole und werden deshalb auch Dipole genannt. Die chemische Bindung zwischen dem Wasserstoffatom und dem Sauerstoffatom wird als polare Elektronenpaarbindung bezeichnet.

Das Wassermolekül hat wie ein Magnet eine positiv polarisierte und eine negativ polarisierte Seite. Diese beiden Seiten ziehen andere H_2O -Moleküle regelrecht in ihren Bann. Dazu lagert sich ein Wassermolekül mit seinem negativen Pol (Sauerstoffatom) an den positiven Pol oder mit seinem positiven Pol (Wasserstoffatom) an den negativen Pol eines anderen Wassermoleküls an. Auf diese Weise koppeln sich an jedes Molekül vier Nachbarmoleküle. Ein einzelnes Molekül ist dann von vier anderen Wassermolekülen umgeben – zwei Nachbar-Moleküle lagern sich am positiven Pol (an die beiden Wasserstoffatome) an und zwei Nachbar-Moleküle lagern sich am negativen Pol (an die beiden nichtbindenden Elektronenpaare des Sauerstoffmoleküls) an. Diese Art der Bindung wird als Wasserstoffbrückenbindung bezeichnet und beruht auf den Dipol-Dipol-Kräften zwischen den Molekülen.

Andere Verbindungen, wie beispielsweise Salze, haben im Wasser keine Chance. In ihrem Drang, immer dicht beieinander zu sein, sprengen die H_2O -Moleküle diese Verbindungen in ihre Einzelteilchen auf – sie lösen sie. Wie das geschieht? Salze bestehen aus Ionen. Das sind positiv und negativ geladene Teilchen, die sich gegenseitig anziehen. Die Bindung zwischen den Ionen heißt Ionenbindung und ist die Grundlage für Salzkristalle. Kommt Wasser zum Salz hinzu, lagern sich die Wassermoleküle um die Ionen und überwinden die Kräfte, die die Ionen zusammenhalten. Man kann sich auch vorstellen, dass sie die Ionen aus dem Kristall herausziehen. Dazu lagern sich die Wassermoleküle mit dem jeweils entgegengesetzt geladenen Pol an die Ionen an. Sobald die Ionen aus dem Kristall herausgelöst sind, werden sie von den Wassermolekülen regelrecht umhüllt, bis jedes Ion entsprechend seiner Größe von einer bestimmten Zahl von Wassermolekülen umgeben ist. Man sagt: Die Ionen werden hydratisiert. Der ganze Vorgang wird demzufolge als Hydratation bezeichnet.

Der polare Charakter von H_2O prägt auch die Oberflächenspannung von Wasser. Die Wasseroberfläche ist wie eine straff gespannte Haut. Der Wasserläufer, ein kleiner Käfer, nutzt die Oberflächenspannung, um auf dem Wasser zu spazieren. Doch ein Tropfen Spülmittel genügt, um ihm eine kalte Dusche zu verpassen. Die Tensidmoleküle im Spülmittel trennen die Wasserstoffbrückenbindungen, sodass die

Wassermoleküle nicht mehr zusammendrängen. Wasser wird gewissermaßen „flüssiger“. Tensidmoleküle in Waschmitteln zerstören die Oberflächenspannung des Wassers, damit es auch in die feinsten Poren des Gewebes vordringt und dort reinigt. Das macht Wäsche und Geschirr sauber und den Wasserläufer zum unfreiwilligen Taucher.

Nicht ganz normal

Die Natur hat ihre Regeln. Stoffe dehnen sich bei Hitze aus und ziehen sich bei Kälte zusammen. Als Gas nimmt die gleiche Anzahl Wassermoleküle mehr Platz ein als im flüssigen Zustand.

Wenn Wasser erhitzt wird, erhöht sich die Bewegungsenergie der Moleküle. Das heißt, die Moleküle bewegen sich stärker und überwinden die Wasserstoffbrückenbindungen. Die Abstände zwischen den Molekülen vergrößern sich. Die Folge: Das Volumen nimmt zu und die Dichte nimmt ab.

Wenn es richtig kalt wird, merken wir, dass das Wasser nicht ganz normal ist. Anstatt sich artig immer weiter zusammenzuziehen, wie andere Stoffe das auch tun, hat es bei 4°C seine größte Dichte und dehnt sich unter 4°C wieder aus. Dieses besondere Verhalten hat seine Ursache in der Anordnung der Teilchen im Kristallgitter des Eises. Wenn die Temperaturen unter 0°C sinken, schließen sich die Wassermoleküle über Wasserstoffbrückenbindungen zu sechseckigen Eiskristallstrukturen zusammen. Sechs Wassermoleküle bilden einen Ring, der nach den Seiten wieder mit Sechseringen verknüpft ist. Das Kristallgitter des Eises gleicht einer geschichteten, weiträumigen Wabenstruktur. Dadurch entstehen Hohlräume im Kristallgitter des Eises. Die Teilchen im Eis sind also nicht so dicht verpackt wie im Wasser. Die Folge: Eis hat eine geringere Dichte als Wasser und schwimmt auf ihm. In der Wissenschaft heißt dieses einzigartige Verhalten der H₂O-Moleküle Dichte-Anomalie. Fische und Wasserpflanzen sind dem Wasser für diese kleine chemische Extravaganz dankbar. Hätte Eis eine größere Dichte als Wasser, würden die Gewässer von unten nach oben zufrieren – eisige Aussichten für die Unterwasserwelt. Wegen der Dichte-Anomalie herrschen auf dem Grund von Gewässern auch im Winter „angenehme“ 4°C. Beim Gefrieren dehnt sich Wasser schlagartig um 10 Prozent aus, komme was wolle. So sprengt es im Winter nicht nur Wasserrohre, sondern auch ganze Felsen, wenn es in ihren Ritzen steckt. Cola-Flaschen im Eisfach explodieren ebenso.

Von wegen „reines Wasser“

Auch wenn wir mit allen Wassern gewaschen sind – zum Leben brauchen wir nur das eine: Süßwasser. Den meisten Pflanzen und Tieren geht es genauso. Zuviel Natriumchlorid (Kochsalz) im Wasser zerstört den Ionenhaushalt (die Balance von winzigen elektrischen Ladungen) der Zellen.

Trinkwasser braucht also die richtige Ionenkonzentration, um unsere Zellen nicht aus dem Gleichgewicht zu bringen. Dafür gibt es bei uns die deutsche Trinkwasserverordnung: Sie schreibt vor, was im Leitungswasser vorkommen darf und in welchen Mengen. Von wegen „reines Wasser“! Was da aus dem Hahn läuft, ist ein komplexes Gemisch mit Hunderten von Spuren anderer Stoffe. Wasser ist ein ideales Lösungsmittel, und auf seinem Weg durch den Boden nimmt das Grundwasser mit, was es kriegen kann: Kalziumionen, Magnesiumionen, Eisenionen, Chromionen, Natriumionen und viele andere Ionen können zwar kein Wässerchen trüben – drin sind sie trotzdem. Kein Grund zur Panik: Die Konzentration macht's. Sie ist sehr gering.

Trinkwasser wird strenger kontrolliert als alle anderen Lebensmittel. So manches Mineralwasser würde den Anforderungen nicht standhalten. Die Wasserversorger werfen nicht nur ein Auge auf die Spurenbestandteile, sie überprüfen auch ständig den pH-Wert und die Wasserhärte. Je mehr Kalzium- und Magnesiumionen gelöst sind, desto härter ist das Wasser. Uns macht das nichts aus, bloß Waschmaschinen reagieren auf hartes Wasser störrisch: Sie lagern Kalkstein an und möchten entkalkt werden, sonst gibt's Lochfraß.

Obwohl das Trinkwasser im gesamten Bundesgebiet den gleichen Anforderungen entspricht, schmeckt es unglaublich verschieden. Die vielen Spurenelemente sorgen für ein kleines, aber feines Aroma, das je nach Ursprungsort wechselt. Wem der Quell aus der Leitung nicht schmeckt, der nimmt einen Wasserfilter. Bei uns kommt der Durstlöscher Nummer eins aus jedem Wasserhahn, gut und billig. Doch wie das Land, so das Wasser. Nicht überall ist die Qualität europäischen Mägen zuträglich: In exotischen Ländern finden sich oft auch exotische Keime im Leitungswasser. Abgebrühte Globetrotter kochen es darum vor dem Genuss ab, sonst drohen Darmverstimmung oder gar Cholera.

A 2.4 Fragebogen 3

Nachdem Du den Text gelesen hast, beantworte bitte folgende Fragen:

Meine letzte Zeugnisnote in:

Chemie: ____

Physik: ____

Deutsch: ____

Mathe: ____

1. Zum Text

	nein	eher nein	eher ja	ja
1. Wusstest Du schon viel über dieses Thema?				
2. Ich lese solche Texte gern.				
3. Ich kenne mich in dem Gebiet gut aus.				
4. Ich habe mich bemüht, den Text zu verstehen.				
5. Meine Kenntnisse über das Gelesene würde ich als hoch einschätzen.				
6. Es fiel mir schwer, bei der Sache zu bleiben.				

2. Wie bist du vorgegangen um das, was im Text steht, zu verstehen?

	nein	eher nein	eher ja	ja
1. Ich habe darüber nachgedacht, wie einzelne Begriffe miteinander zusammenhängen.				
2. Ich habe mich bemüht, einzelne Textstellen auswendig zu lernen, indem ich die Worte immer wieder wiederholt habe.				
3. Ich habe die Begriffe in meinen Gedanken geordnet und Beziehungen zwischen ihnen hergestellt.				
4. Ich habe das Gelesene an eigenen bildlichen Vorstellungen nachvollzogen.				
5. Ich habe überlegt, wie ich die Informationen jedes Textabschnitts in einem Begriff zusammenfassen kann.				
6. Beim Lesen habe ich mir Erklärungen für die beschriebenen Dinge überlegt.				
7. Ich habe überlegt, welche Kernbegriffe die Inhalte jedes Textabschnitts am besten erfassen.				

	nein	eher nein	eher ja	ja
8. Ich habe Verbindungen zwischen den Textbegriffen hergestellt.				
9. Ich habe mir Zusammenhänge des Textes vor meinem inneren Auge veranschaulicht.				
10. Ich habe in Bildern nachvollzogen, wie das im Text Beschriebene funktionieren könnte.				
11. Ich habe überlegt, welcher Begriff in jedem Abschnitt am wichtigsten ist.				
12. Ich habe den Text gelesen und am Ende eines Abschnitts leise aufgesagt.				
13. Ich habe mir die Beziehungen zwischen den Fachbegriffen verdeutlicht.				
14. Ich habe überlegt, welches der zentrale Begriff jedes Abschnitts ist.				
15. Ich habe mir die Inhalte des Texts bildlich vorgestellt.				
16. Ich habe mir klargemacht, wie die Fachbegriffe zusammenhängen.				
17. Ich habe bei jedem Textabschnitt überlegt, worum es dort eigentlich geht.				
18. Ich habe versucht, die Inhalte durch visuelle Veranschaulichung zu verstehen.				

3. Was hast du getan, wenn du bestimmte Stellen im Text nicht sofort verstanden hast?

	nein	eher nein	eher ja	ja
1. Ich habe diese Textstellen mehrmals durchgelesen.				
2. Ich habe versucht, den Inhalt dieser Textstellen auswendig zu lernen.				
3. Ich habe mir die beschriebenen Inhalte stärker bildlich vorgestellt.				
4. Ich habe den Textabschnitt wiederholt gelesen und nach den wichtigen Begriffen gesucht.				
5. Ich habe weiter gelesen und gehofft, dass diese Textstellen nicht so wichtig sind.				
6. Ich habe diese Textstellen wiederholt durchgelesen, um sie einzuprägen.				

4. Wie bist du beim Lesen vorgegangen?

	nein	eher nein	eher ja	ja
1. Ich habe den Text in kürzere Abschnitte unterteilt, die ich dann einzeln durchgearbeitet habe.				
2. Bei schwierigeren Inhalten habe ich bewusst darauf geachtet, Wesentliches von Unwesentlichem zu trennen.				
3. Ich habe auf mich selbst aufgepasst, dass ich mit meinen Gedanken beim Text bleibe.				
4. Ich habe mich selbst eingeschätzt, ob ich das Wesentliche jedes Abschnitts erfasst habe.				
5. Ich habe überlegt, ob ich alle wichtigen Informationen aus den Textabschnitten aufgenommen habe.				
6. Ich habe den Text zuerst überflogen, um zu erkennen, worum es eigentlich geht.				
7. Ich habe so lange über Textabschnitte nachgedacht, bis mir die wichtigsten Begriffe klar wurden.				
8. Schwierigere Textstellen habe ich ganz genau gelesen.				
9. Ich habe mich selbst eingeschätzt, ob ich das Gelesene auch verstanden habe.				

5. Hast du an folgendes gedacht, um die Lust beim Lesen des Texts zu behalten?

	nein	eher nein	eher ja	ja
1. Ich habe daran gedacht, dass ich etwas Neues zum Thema lernen werde.				
2. Ich habe gedacht, dass ich meine Leistungsfähigkeit hier gut unter Beweis stellen kann.				
3. Ich habe gedacht, dass ich eine positive Bewertung erreichen will.				
4. Ich habe daran gedacht, dass ich etwas Interessantes im Text finden könnte.				
5. Ich habe gedacht, dass ich mehr Einsichten bekommen und mehr verstehen werde.				
6. Ich habe gedacht, dass ich ein schlechtes Ergebnis vermeiden möchte.				

	nein	eher nein	eher ja	ja
7. Ich habe mir überlegt, welchen Nutzen mir der Text bringt.				
8. Ich habe gedacht, dass ich neue Zusammenhänge herausfinden möchte.				
9. Ich habe aufgehört, gründlich zu lesen.				
10. Ich habe gedacht, dass ich im Test möglichst gut abschneiden will.				
11. Ich habe gedacht, dass das Thema für mich interessant ist.				
12. Ich habe gedacht, dass ich dadurch bessere Schulleistungen erzielen könnte.				
13. Ich habe gedacht, dass es mir Spaß macht die Inhalte im Text zu begreifen.				

Bitte lies Dir jede Frage genau durch und kreuze an, welche der vier Antwortmöglichkeiten Du für die richtigen hältst. Es können eine, zwei, drei oder sogar alle vier Antworten stimmen.

1. Im Salzkristall binden sich die Teilchen aneinander durch die

- zwischen ihnen wirkenden Anziehungskräfte
- polare Elektronenpaarbindung
- Ionenbindung
- Wasserstoffbrückenbindung

2. Warum ist die Sauerstoffseite der negative Pol des Wassermoleküls?

- weil das Sauerstoffatom die gemeinsamen Elektronenpaare schwächer anzieht als das Wasserstoffatom
- weil das Sauerstoffatom nur einmal, die Wasserstoffatome dagegen doppelt vorhanden sind
- weil das Sauerstoffatom die gemeinsamen Elektronenpaare stärker anzieht als das Wasserstoffatom
- weil sich die gemeinsamen Elektronenpaare genau in der Mitte zwischen Wasserstoffatom und Sauerstoffatom befinden

3. Was überwachen die Wasserversorger laut Trinkwasserverordnung?

- den pH-Wert des Wassers
- die Wasserhärte
- die Spurenbestandteile des Wassers
- die richtige Ionenkonzentration des Wassers

4. **Warum sind in Waschmitteln Tenside?**

- um Wassermoleküle zu polarisieren
- um die Anziehung zwischen den Wassermolekülen aufzuheben
- um eine Kalkanlagerung in Waschmaschinen zu vermeiden
- um die Dipol-Dipol-Kräfte der Wassermoleküle zu überwinden

5. **Wie viel Außenelektronen sind insgesamt an den Bindungen zwischen Wasserstoffatomen und Sauerstoffatom im Wassermolekül beteiligt?**

- zwei
- vier
- sechs
- acht

6. **Was geschieht, wenn Wasser über 4°C erwärmt wird?**

- Die Abstände zwischen den Wassermolekülen vergrößern sich.
- Die Abstände zwischen den Wassermolekülen verringern sich.
- Die Dichte von Wasser nimmt ab.
- Wasser dehnt sich aus.

7. **Was ist die Grundlage für die Wasserstoffbrückenbindung?**

- der Dipol-Charakter von Wasser
- die Anziehungskräfte zwischen den Elektronen
- die Anziehungskräfte zwischen den Ionen
- die polare Elektronenpaarbindung

8. **Warum ist auf dem Grund von tieferen Gewässern auch im Winter eine recht angenehme Temperatur von 4°C.**

- weil die Abstände zwischen den Wassermolekülen bei 4°C am größten sind
- weil sich die Moleküle bei 4°C am schnellsten bewegen
- weil Wasser bei 4°C seine höchste Dichte hat
- weil sich Wassermoleküle mit Ionen verbinden, die ein weiteres Abkühlen verhindern

9. **Was bedeutet der Begriff *Dichte-Anomalie des Wassers*?**

- Wasser hat über 4°C seine höchste und darunter seine geringste Dichte.
- Wasser hat über 4°C seine geringste und darunter seine höchste Dichte.
- Wasser hat mit 4°C seine geringste und sonst eine höhere Dichte.
- Wasser hat mit 4°C seine höchste und sonst eine geringere Dichte.

10. **Was bewirken die Dipol-Dipol-Kräfte zwischen den Wassermolekülen?**
- die Kristallbildung von Salzlösungen
 - die Oberflächenspannung von Wasser
 - die Wasserstoffbrückenbindung
 - die polare Elektronenpaarbindung
11. **Wie wird die Bindung zwischen Wasserstoffatom und Sauerstoffatom im Wassermolekül genannt?**
- Ion-Dipol-Bindung
 - Wasserstoffbrückenbindung
 - polare Elektronenpaarbindung
 - Ionenbindung
12. **Was geschieht mit den H₂O-Molekülen, wenn flüssiges Wasser zu Eis wird?**
- die Wassermoleküle ordnen sich zu einem Ring an, der mit anderen Sechseringen verknüpft ist
 - die Wassermoleküle ordnen sich über Wasserstoffbrückenbindungen neu zu einem Kristallgitter an
 - die Wassermoleküle bilden ein Eiskristall mit Hohlräumen
 - die Wasserstoff- und Sauerstoffatome des Wassermoleküls werden getrennt.
13. **Was ist die Ursache für die Dichte-Anomalie des Wassers?**
- die ringförmige Anordnung der H₂O-Moleküle beim Gefrieren von Wasser
 - die Oberflächenspannung von Wasser
 - die weiträumige Gitterstruktur von Eiskristallen
 - Hohlräume in der Eiskristallstruktur
14. **Was sind Ionen?**
- positiv geladene Teilchen, die sich anziehen
 - negativ geladene Teilchen, die Salze hydratisieren
 - positiv und negativ geladene Teilchen, die sich anziehen
 - Moleküle, die sich zu Salzkristallen verbinden
15. **Woher kommt die Kraft, die Cola-Flaschen im Eisfach explodieren lässt?**
- aus der weiträumigen Kristallstruktur von Eis
 - aus der Dichte-Anomalie des Wassers
 - aus der abnehmenden Dichte beim Gefrieren von Wasser
 - aus der Volumenzunahme beim Gefrieren von Wasser

16. **Bei der Hydratation bildet sich eine Ion-Dipol-Bindung. Was ist darunter zu verstehen?**

- Kräfte zwischen zwei oder mehr Ionen
- Kräfte zwischen Wassermolekülen und Ionen
- Kräfte innerhalb der Wassermoleküle
- Kräfte zwischen den Elektronen der Ionen

Vielen Dank für deine Teilnahme an unserem Trainingsexperiment!