In zwei Studien unter Verwendung eines neuen VR-Paradigmas untersuchten wir Verhaltensstrategien nach kontextueller Angstkonditionierung. Zusätzlich untersuchten wir die Furchtkonditionierung anhand von Bewertungen von Valenz, Erregung, Angst und Kontingenz und deren Beziehung zu vergangenem Konditionierungsverhalten. Wir konnten zeigen, dass nach der kontextuellen Angstkonditionierung die meisten Teilnehmer den Kontext, in dem eine unvorhersehbare aversive US aufgetreten war, im Vergleich zu einem sicheren Kontext vermieden. Unsere Verhaltensergebnisse replizieren frühere Studien, die zeigen, dass ein Kontext, der mit einer unvorhersehbaren Bedrohung verbunden ist, am häufigsten vermieden wird (Grillon, 2002b; Grillon et al., 2006). Da wir einen dritten (neutralen) Kontext hinzugefügt haben, sind wir zuversichtlich, dass das beobachtete Verhalten definitiv eine Vermeidung des Angstkontextes und nicht eine Annäherung an den Sicherheitskontext ist. Wichtig ist, dass wir in beiden Studien eine starke Beziehung zwischen den Bewertungen der vergangenen Konditionierung und dem nachfolgenden Vermeidungsverhalten fanden. Tatsächlich zeigten die Teilnehmer, die den Angstkontext vermieden, in den Experimenten 1 und 2 einen stärkeren Konditionierungseffekt in den Valenz-, Erregungs- und Angstbewertungen (angezeigt durch einen größeren Unterschied zwischen den Bewertungen für CXT\_ vs. CXT\_) im Vergleich zu den Teilnehmern, die den Sicherheitskontext vermieden. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass beim Menschen der erlebte Affekt das Vermeidungsverhalten maßgeblich bestimmt. So wird ein Kontext, in dem ein aversives Ereignis aufgetreten ist, vermieden, wenn dieser Kontext explizit negative Valenz, hohe Erregung und Angst erworben hat. Umgekehrt wird ein Kontext nicht gemieden, wenn er nach der Konditionierung nicht negativ bewertet wurde. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass kontextuelle Furchtkonditionierung auf einer expliziten Ebene mit einer offenen Vermeidung dieses Kontextes verbunden ist.

Dies steht insbesondere im Einklang mit Mowrer (1953), der feststellte, dass die durch klassische Konditionierung erworbene Erfahrung von Angst Vermeidungsverhalten hervorruft, und Lau et al. (2008), die zeigten, dass hohe Furchtbewertungen von CS\_ kontextuelles Vermeidungsverhalten vorhersagten.

In einem nächsten Schritt könnte man zusätzlich einen vorhersagbaren Kontext einbeziehen, bei dem der US mit einem diskreten Cue gepaart ist. Es konnte gezeigt werden, dass ein Kontext, in dem ein unvorhersehbarer US auftrat, größere explizite Angst und Vermeidungsverhalten induzierte als ein Kontext, in dem der US vorhersehbar war (Grillon et al., 2006). Es wäre interessant zu untersuchen, ob der Zusammenhang zwischen expliziten Bewertungen des Kontextes und der späteren Vermeidung für den unvorhersehbaren Kontext stärker ist als für den vorhersehbaren Kontext.

Darüber hinaus ist die Untersuchung von Vermeidungsreaktionen auf einen spezifischen Cue auch für die spezifische Phobie sehr relevant**.** Unseres Wissens nach gibt es keine Humanstudien, die das Vermeidungsverhalten gegenüber einem bedrohlichen Reiz im Vergleich zu einem bedrohlichen Kontext direkt vergleichen. In einer Tierstudie wurde ein verstärktes Vermeidungsverhalten sowohl gegenüber einem bedrohlichen Hinweis als auch gegenüber einem bedrohlichen Kontext berichtet, d.h. das Ausmaß des Vermeidungsverhaltens unterschied sich nicht zwischen den Bedingungen (Blanchard, Yang, Li, Gervacio, & Blanchard, 2001). Basierend auf diesem tierexperimentellen Befund und den klinischen Symptomen eines starken Vermeidungsverhaltens bei spezifischer Phobie würde man erwarten, dass die Cue-Konditionierung auch zur Vermeidung eines Angst-Cues führt und dass sich Cue- und Kontextkonditionierung nicht im Ausmaß des Vermeidungsverhaltens unterscheiden. Möglicherweise unterscheiden sie sich in der Vermeidungsdauer, da die kontextuelle Konditionierung als Modell für anhaltende und chronische Angst und die Cue-Bedingung als Modell für phasische und kurze Furchtreaktionen angesehen wird (Grillon, 2002a, 2008). Es werden jedoch weitere Studien benötigt, die die Vermeidung eines Cues versus eines Kontextes in Ausmaß und Dauer direkt vergleichen.

Darüber hinaus fanden wir einen Zusammenhang zwischen Harm Avoidance und Konditionierungseffekten in Erregungs- und Angstbewertungen. Schadensvermeidung wird als die Tendenz betrachtet, zu lernen, Bestrafungen, Nicht-Belohnungen und Neuartiges zu vermeiden. Darüber hinaus wird angenommen, dass Probanden mit hohen Werten bei der Schadensvermeidung leicht konditionierte Reaktionen auf aversive Stimuli erwerben und als ängstlich und besorgt charakterisiert werden (Cloninger, 1986). Zur Unterstützung dieser Idee fanden wir heraus, dass je höher die Teilnehmer bei der Schadensvermeidung punkteten, desto höher war ihre Differenz zwischen Angst- und Sicherheitskontext bei den Erregungs- und Angstbewertungen, d.h. sie zeigten größere kontextuelle Angstkonditionierungseffekte. Dieses Ergebnis repliziert auch frühere Befunde, die zeigen, dass Schadensvermeidung mit erhöhtem assoziativem Lernen unter Verwendung einer aversiven, aber nicht einer appetitiven US (Corr, Pickering, & Gray, 1995) und erhöhten Schreckreaktionen auf negative Bilder (Corr, Kumari, Wilson, Checkley, & Gray, 1997) verbunden ist. Leider fanden wir in den Fragebogendaten keine signifikanten Gruppenunterschiede (ängstliche vs. Sicherheitskontextvermeider), was möglicherweise auf eine kleine Stichprobengröße zurückzuführen ist. Weitere Studien könnten größere Stichprobengrößen beinhalten, um interindividuelle Unterschiede im Vermeidungsverhalten weiter aufzuklären. Die Tatsache, dass die Vermeidung des Angstkontextes in der aktiven Wahlstudie nicht so stark war wie in der passiven Wahlstudie, könnte auf die geringere Bedrohung durch den Schock zurückzuführen sein. In der passiven Aufgabe erwarteten die Teilnehmer den gleichen Weg oder das gleiche Verfahren wie in der Akquisitionsphase, was die Kontexteffekte verstärkt und die Teilnehmer an die Kontingenz zwischen Kontext und Schock erinnert haben könnte. Zusätzlich wurden die Teilnehmer in den Instruktionen für die passive Aufgabe daran erinnert, dass sie Elektroschocks erhalten könnten. Zusammengenommen könnten in Experiment 1 (passive Aufgabe) weniger prozedurale Änderungen von der Akquisitions- zur Verhaltenstestphase (d.h. der gleiche Weg durch den Kontext während der Akquisitions- und Verhaltenstestphase) und die Schockinstruktionen entscheidend gewesen sein, um die Erwartung, Elektroschocks im Angstkontext zu erhalten, zu erhöhen und Vermeidungsverhalten zu induzieren. Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass unterschiedliche neuronale Strukturen an verschiedenen Navigationsaufgaben beteiligt sind.

Yoshida und Ishii (2006) fanden heraus, dass eine aktive Zielsuchaufgabe eine stärkere Aktivierung des dorsolateralen präfrontalen Kortex, des anterioren cingulären Kortex und der Basalganglien erforderte, verglichen mit einer geführten visuomotorischen Aufgabe, bei der die Teilnehmer lediglich angewiesen wurden, einem vorgegebenen Pfad zu folgen. Die Beteiligung verschiedener neuronaler Strukturen kann also auch für die Unterschiede in den Verhaltensreaktionen verantwortlich sein. Die vorliegenden Studien sind die ersten, die einen neutralen Kontext als Kontrollbedingung einschließen, um hemmende Effekte des Sicherheitskontextes zu testen. Unsere Hypothesen bezüglich des Annäherungsverhaltens an den Sicherheitskontext waren weniger eindeutig. Einerseits stellten wir die Hypothese auf, dass die Teilnehmer den Sicherheitskontext im Vergleich zum neutralen Kontext bevorzugen würden, weil sie gelernt hatten, dass im Sicherheitskontext keine US auftreten würden. Andererseits nahmen wir an, dass die Teilnehmer zuerst den neutralen Kontext und dann den Sicherheitskontext wählen würden, weil der Sicherheitskontext mit der aversiven Furchtkonditionierung assoziiert wurde, während der neutrale Kontext während der Furchtkonditionierung nicht präsentiert wurde. In beiden Studien fanden wir heraus, dass die meisten Teilnehmer zuerst den neutralen Kontext und nicht den Sicherheitskontext wählten, was unsere letztere Annahme bestätigte. Wie oben erwähnt, könnte dies auf eine Generalisierung vom Angstkontext zum Sicherheitskontext zurückzuführen sein, die durch den aversiven Lernprozess in den Akquisitionsphasen verursacht wurde. Der Angst- und der Sicherheitskontext wurden beide einer Furchtkonditionierung unterzogen, der neutrale Kontext jedoch nicht. Daher könnte der Sicherheitskontext immer noch mit einem negativen Ergebnis assoziiert gewesen sein und negative Eigenschaften erworben haben, auch wenn die Teilnehmer explizit gelernt haben, dass in diesem Kontext nichts aversives passiert. Zusätzlich könnte der neutrale Kontext eine höhere Attraktivität erlangt haben, weil die Teilnehmer mit diesem Kontext während des Experiments weniger vertraut waren. Man könnte auch in Betracht ziehen, dass neue Kontexte in Videospielen oft mit Belohnung verbunden sind. Eine weitere Erklärung, warum wir keinen hemmenden Effekt des Sicherheitskontextes im Vergleich zum neutralen Kontext finden konnten, bezieht sich auf Studien zur Cue-Konditionierung, in denen höhere Schreckstärken als Reaktion auf einen CS\_ im Vergleich zum ITI beobachtet wurden, was bedeutet, dass der CS\_ möglicherweise als negativer verarbeitet wird als der ITI (Hamm et al., 1993; Weike, Schupp, & Hamm, 2008). Weike et al. (2008) interpretierten diesen Befund im Sinne einer schnellen Aktivierung des Furchtsystems sowohl durch den CS\_ als auch durch den CS\_. Die durch den CS\_ ausgelöste Furchtreaktion muss während des Lernprozesses gehemmt werden, aber dieser Hemmungsprozess ist möglicherweise nicht ausreichend, um zu einer reduzierten Reaktion auf den CS\_ im Vergleich zum ITI zu führen. Zusätzlich deuten die Verhaltensdaten, die ein starkes Annäherungsverhalten an den neutralen Kontext in beiden Experimenten zeigen, darauf hin, dass der neutrale Kontext sogar als positiver erlebt wurde als der Sicherheitskontext. Man könnte argumentieren, dass der neutrale Kontext nicht wirklich neutral war, weil die Teilnehmer ihn während der Präakquisitionsphase als sicher erlebten. Es könnte also vermutet werden, dass der neutrale Kontext als zusätzlicher Sicherheitskontext empfunden wurde. Leider haben wir die Bewertungen nach dem Verhaltenstest nicht ausgewertet, um zu klären, ob der neutrale Kontext gleich oder sogar als positiver als der Sicherheitskontext erlebt wurde.

Zukünftige Experimente könnten auch physiologische Variablen (z.B. Schreckreflex oder Hautleitwert) aufzeichnen, um den neutralen Kontext und den Sicherheitskontext zu vergleichen. Unsere beiden Studien zeigten, dass die explizite negative Bewertung eines Kontextes notwendig sein kann, um Vermeidungsverhalten dieses Kontextes zu induzieren. Es wurde gezeigt, dass evaluative Konditionierung nicht empfindlich auf Extinktion reagiert (Vansteenwegen, Crombez, Baeyens, & Eelen, 1998) und dass Angststörungspatienten sogar eine ausgeprägtere Resistenz gegenüber Extinktion zeigen als gesunde Kontrollpersonen (Michael, Blechert, Vriends, Margraf, & Wilhelm, 2007; Wessa & Flor, 2007). Daher können die chronische Antizipation aversiver Ereignisse und übertriebene und lang anhaltende negative Bewertungen von Kontexten exzessives Vermeidungsverhalten bei klinischer Angst antreiben. Der Pfad zwischen Kognitionen und Verhalten kann bei Angststörungen entscheidend und schwer zu verändern sein, was seinen möglichen Beitrag zur Entwicklung und Aufrechterhaltung von Angststörungen unterstreicht. Daher denken wir, dass es von besonderem Interesse wäre, unser Paradigma auf ein klinisches Setting zu übertragen. Unterschiede zwischen Panikstörungspatienten und gesunden Kontrollen in der Kontextkonditionierung und dem anschließenden Vermeidungsverhalten sind zu erwarten, obwohl es kontroverse Theorien über das Sicherheitsverhalten und die Sicherheitssignale bei Panikstörungspatienten gibt. Nach Rachman (1984) wird die Panikstörung von dem Wunsch getrieben, Sicherheit zu suchen und ängstliche Situationen zu vermeiden, was zu der Hypothese führt, dass Panikstörungspatienten zuerst den Sicherheitskontext wählen und den Angstkontext stark vermeiden würden. Im Gegensatz dazu haben mehrere Studien gezeigt, dass Patienten mit Panikstörungen Defizite bei der Verarbeitung von Sicherheitssignalen haben (z.B. Lissek et al., 2009), was darauf hindeutet, dass Patienten mit Panikstörungen möglicherweise nicht an einem überaktivierten Furchtnetzwerk leiden, sondern eher an einem veränderten inhibitorischen System, das durch eine Übergeneralisierung von Furcht über Stimuli hinweg angetrieben wird (Lissek et al., 2009, 2010). Da bei Patienten mit Panikstörung eine starke kontextuelle Angstkonditionierung vermutet wird, die sich im angstpotenzierten Startle widerspiegelt (Grillon et al., 2008), könnten sie auch eine stärker ausgeprägte evaluative Konditionierung zeigen, die zu einem stärkeren Vermeidungsverhalten führen könnte. Dennoch spielen neben assoziativen Lernprozessen auch attributive Prozesse eine wichtige Rolle bei der Entstehung und Aufrechterhaltung von Angststörungen (Beck, Emery, & Greenberg, 2005). Weitere Studien sollten auch Attributionen berücksichtigen und ihre Beiträge zur Entwicklung einer PTBS oder Panikstörung entschlüsseln.

Wir müssen mehrere Einschränkungen unserer Studien anerkennen. Wir haben nur verbale Bewertungen als primäre Messung der kontextuellen Angstkonditionierung einbezogen. Die Teilnehmer mussten mündlich antworten und der Versuchsleiter notierte die Antworten. Dies könnte kritisch gewesen sein, da die Ratings durch Nachfrageeffekte beeinflusst sein könnten. In Zukunft könnte es besser sein, die Ratings unabhängig vom Versuchsleiter mit Hilfe technischer Hilfsmittel zu messen. Zusätzlich wären physiologische Messungen, wie z.B. der angstpotenzierte Schreck, als implizites Maß für Angst sinnvoll gewesen (Hamm & Vaitl, 1996). Ebenso könnte der Verhaltenstest durch Nachfrageeffekte beeinflusst worden sein, da der Versuchsleiter während dieses Tests anwesend war und den Weg durch den gewählten Kontext in Experiment 1 antreten musste. Es gibt mehrere Aufgaben, die Reaktionszeitmessungen verwenden, die sensiblen und impliziten Maßen von Annäherung und Vermeidung ähneln (Krieglmeyer & Deutsch, 2010). Im Einzelnen können die Teilnehmer einen Joystick drücken (Seibt, Neumann, Nussinson, & Strack, 2008) oder ein Manikin auf einem Bildschirm durch Tastendruck auf einen Stimulus zu oder von ihm weg bewegen (De Houwer, Crombez, Baeyens, & Hermans, 2001). Übertragen auf unser Virtual-Reality-Paradigma könnte man nach der Konditionierung verschiedene Screenshots der Kontexte präsentieren und die Reaktionszeiten, z.B. beim Drücken eines Joysticks nach vorne oder weg von den CXT\_- und CXT\_-Bildern, als Index für Annäherungs- und Vermeidungsverhalten bewerten. Diese Operationalisierung ist zwar unabhängig von Nachfrageeffekten, andererseits wird aber die ökologische Validität der Verhaltensmessung vermindert. Vermeidungsverhalten ist ein wesentlicher Bestandteil vieler Angststörungen, aber es gab bisher nur wenige Versuche, offenes Verhalten experimentell zu untersuchen. Unser VR-basiertes Paradigma bietet ein zuverlässiges Werkzeug zur Untersuchung von Verhaltensreaktionen. Zusammengenommen deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass kontextuelle Angstkonditionierung Vermeidungsverhalten beim Menschen induziert und dass solche konditionierten Verhaltensreaktionen wesentlich durch die expliziten Bewertungen der Individuen bestimmt werden. Zusammenfassend kann unsere Studie als vorläufiger Beweis dafür angesehen werden, dass eine erfolgreiche Furchtkonditionierung auf einer expliziten Ebene notwendig ist, um Vermeidungsverhalten zu etablieren. Interessanterweise ist die Exposition und Vermeidung von Vermeidung die effektivste Behandlungskomponente bei Angststörungen und die Vermeidung von Vermeidung während der Exposition führt anschließend zu einer Veränderung der expliziten Bewertung des gefürchteten Objekts oder Kontexts.