In der Literatur zum emotionalen Lernen ist es gut etabliert, dass die Löschung von konditionierter Angst auf einen diskreten Hinweis kontextspezifisch ist (für eine Übersicht siehe Bouton et al., 2006). Experimentelle und klinische Befunde zu Angsterneuerung und Rückfall zeigen, dass das Extinktionslernen bei Nagern und Menschen nicht ohne weiteres auf andere Kontexte verallgemeinert werden kann (z.B. Mineka et al., 1999; Corcoran und Maren, 2001; Bouton, 2002, 2004; Schiller et al., 2008; Huff et al., 2009). Daher wurde argumentiert, dass das ursprüngliche Furchtgedächtnis weniger kontextspezifisch ist als das konkurrierende Extinktionsgedächtnis, weil gelöschte Ängste zurückkehren, wenn ein Organismus wieder in den Erwerbskontext oder einen neuen Kontext gebracht wird (Bouton, 2004).

Neuere Studien an Nagetieren zeigen jedoch, dass es einen scharfen kontextuellen Gradienten für das ursprüngliche Furchtgedächtnis gibt, was die Vorstellung in Frage stellt, dass die Furchtlöschung kontextspezifischer ist als das Furchtgedächtnis selbst. Zum Beispiel zeigten Wiltgen und Silva (2007), dass das kontextuelle Furchtgedächtnis anfänglich spezifisch ist, aber im Laufe der Zeit generalisiert wird, wenn das Gedächtnis für einen Fußschock 1, 14, 28 oder 36 Tage nach der Kontextextexploration getestet wird. Außerdem sind Mäuse, die zwischen furchterregenden und sicheren Kontexten unterscheiden können, auf den Hippocampus angewiesen, während generalisierte Furchtgedächtnisse hippocampusunabhängig sind (Wiltgen et al., 2010). Winocur et al. (2007) verwendeten ein vergleichendes kontextuelles Furcht- und Nahrungspräferenz-Konditionierungsparadigma, indem sie Ratten in einem neuen Kontext oder dem konditionierenden Kontext nach 1 und 8 Tagen für das Nahrungspräferenzgedächtnis bzw. nach 1 und 28 Tagen für das Furchtgedächtnis testeten. Die Reaktion sowohl auf den Nahrungs- als auch auf den Furcht-Cue war in den kurzen Intervallen kontextspezifisch, aber nicht in den langen Intervallen. Diese Abnahme der erlernten Reaktion außerhalb des ursprünglichen Kontexts ist als Kontextverschiebungseffekt bekannt (besprochen in Riccio und Joynes, 2007) und deutet darauf hin, dass sowohl die konditionierte Angst- als auch die Nahrungspräferenzerinnerung anfänglich kontextspezifisch ist, da Hintergrundstimulusattribute in die Erinnerung aufgenommen werden (Perkins und Weyant, 1958; McAllister und McAllister, 1963; Feinberg und Riccio, 1990; Zhou und Riccio, 1996; Anderson und Riccio, 2005).

Es wurde argumentiert, dass die kontextuelle Spezifität in Gedächtnismodellen von Nagetieren eine evolutionäre Grundlage für komplexere Formen des episodischen Gedächtnisses beim Menschen darstellt. Die Transformationshypothese besagt, dass sich solche Erinnerungen durch Konsolidierungsprozesse auf Systemebene von einer ursprünglich Hippocampus-abhängigen Repräsentation zu einem eher neokortikalen Rahmen verändern (Winocur et al., 2007, 2010). Gegensätzliche Ansichten, wie die Theorie der multiplen Gedächtnisspuren (Nadel und Moscovitch, 1997), weichen von der Transformationshypothese ab und sagen eine langfristige Beteiligung des Hippocampus für episodische und detaillierte räumliche Erinnerungen voraus, während langfristige semantische Erinnerungen im Neokortex verbleiben (Nadel et al., 2000). Beide theoretischen Positionen würden jedoch vorhersagen, dass Menschen schon bald nach dem Furchterwerb ein kontextspezifisches Furchtgedächtnis ausprägen sollten. Um diese vorhergesagte Kontextspezifität rezenter Furchtgedächtnisse zu evaluieren, fehlen jedoch direkte Vergleiche von konditionierter Furcht innerhalb und außerhalb des ursprünglichen Lernkontextes. Hier untersuchen wir den 24-stündigen verzögerten Abruf eines konditionierten Furchtgedächtnisses bei gesunden Menschen unter Verwendung einer Manipulation, die den Testkontext variiert, um die räumliche Spezifität von rezenten konditionierten Furchtgedächtnissen zu beurteilen.

Eine große Herausforderung bei der Beantwortung dieser Forschungsfrage ist die Fähigkeit, stabile kontextuelle Furchterinnerungen beim Menschen hervorzurufen. Frühere Studien haben Teilnehmer von einem physischen Raum in einen anderen gebracht (LaBar und Phelps, 2005; Huff et al., 2009), aber diese Methode ist in der Anzahl und Art der Kontexte, die manipuliert werden können, sowie in ihrer Salienz begrenzt. Eine alternative Methode verwendet eine Kontextmanipulation mit einem einzigen Reiz, wie z. B. die Änderung der Farbe eines Hintergrundlichts in einer Szene (Milad et al., 2005), aber diese Methode ist in Tiermodellen dafür bekannt, dass sie nicht die gleichen Hippocampus-abhängigen Mechanismen aktiviert wie die Exploration einer multisensorischen komplexen Umgebung (O'Keefe und Nadel, 1978; Squire, 1992; Wiltgen et al., 2010; Winocur et al., 2010). Die Messung von konditionierter Furcht auf einen Kontext anstelle eines diskreten konditionierten Stimulus (CS) wurde erst kürzlich am Menschen untersucht (z.B. Baas et al., 2004; Grillon et al., 2006), weil es technisch schwierig war, einen Kontext zu schaffen, der für den Teilnehmer salienter ist als das Labor, in dem eine Studie durchgeführt wird. Mehrere neuere Studien zur Furchtkonditionierung haben auch 2D-Virtual-Reality (VR) eingesetzt, bei der die Teilnehmer ein computerisiertes Szenario durch ein am Kopf befestigtes Display betrachten (z.B. Baas et al., 2004; Grillon et al., 2006; Alvarez et al., 2008; Marschner et al., 2008). Die VR-Literatur (Sanchez-Vives und Slater, 2005) legt jedoch nahe, dass kopfgetragene Displays, die flache 2D-Darstellungen präsentieren, nicht das gleiche Maß an "Präsenz" oder subjektiven Gefühlen des "Dabeiseins" erzeugen wie eine immersive 3D-VR-Erfahrung. Darüber hinaus haben sich diese ersten Studien zur kontextuellen Furchtkonditionierung eher auf die Erwerbsprozesse als auf die Furchterhaltung konzentriert.

Um diese methodischen Herausforderungen zu überwinden, wurde in der vorliegenden Untersuchung eine kontextreiche, vollständig immersive 3-D-VR-Vorbereitung in der Duke immersive virtual environment (DiVE) implementiert. Die einzigartige Technologie, die in diesen Studien verwendet wird, simuliert eine lebensnahe Erfahrung, indem sie die Teilnehmer durch 3-D-Welten führt, die auf die sie umgebenden Filmleinwände zurückprojiziert werden, einschließlich Decken- und Bodenprojektion (Abbildung 1). Dynamische CSs werden in die Umgebungen eingefügt und durch VR-Brillen betrachtet, was eine vollständig immersive virtuelle Erfahrung ermöglicht (Huff et al., 2010). Dieser Aufbau simuliert, wie CSs in der realen Welt unter Verwendung reichhaltiger kontextueller Manipulationen angetroffen werden und bringt Studien am Menschen näher an Nagetierpräparate, bei denen die Probanden eine neuartige Konditionierungskammer erkunden.