

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich im Kern mit der neuronalen Verarbeitung von Stimulusneuheit und Belohnung und mit der Frage nach der funktionalen Beziehung beider Prozesse. In verschiedenen Studien wurde eine belohnungsassoziierte Aktivierung in dopaminergen Arealen des Mittelhirns, genauer in der Substantia Nigra (SN) und dem Ventralen Tegmentalen Areal (VTA) sowie im Nucleus Accumbens (NAcc) berichtet. Basierend auf Tierstudien, welche eine vermehrte Aktivität dopaminergener Neurone in Reaktion auf neue Umgebungen und zudem eine gesteigerte Präferenz für diese Umgebungen auch in Abwesenheit von Belohnung berichteten, wurde die Vermutung formuliert, dass Neuheit einen sogenannten 'Explorationsbonus' vermittelt.

In den ersten beiden Experimenten der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von Neuheit auf die Antizipation von Belohnung mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) untersucht. In beiden Experimenten wurden die Faktoren Stimulusneuheit (neu vs. bekannt) und Belohnungsantizipation (belohnt vs. neutral) manipuliert. Die Information über die mögliche Belohnung wurde dabei durch den Bildinhalt (Außen- vs. Innenaufnahmen) vermittelt. Jeweils 50 Prozent der belohnten und neutralen Bilder waren am Tag zuvor familiarisiert worden. Das Paradigma ist angelehnt an den 'Monetary Incentive Delay Task', welcher es ermöglicht die Belohnungsantizipation auf einen Hinweisreiz und den tatsächlichen Erhalt der Belohnung getrennt zu untersuchen. Zu Beginn jedes Durchgangs sahen die Probanden ein Bild, welches als Hinweisreiz für die Aussicht auf eine Belohnung in der folgenden Reaktionszeitaufgabe diente. In dieser wurde das Zeitfenster für die Reaktion dynamisch adaptiert, so dass die Erfolgsrate für jeden Probanden bei ca. 75 Prozent lag. Am Ende jedes Durchgangs erhielten die Probanden ein visuelles Feedback, welches in belohnten Durchgängen in Abhängigkeit von der Leistung in der Reaktionszeitaufgabe entweder einen Gewinn oder einen Verlust anzeigte und in unbelohnten Durchgängen stets neutral und damit leistungsunabhängig war. Beide Experimente verwendeten das gleiche Bildmaterial und unterschieden

sich lediglich in der Aufgabeninstruktion: Während die Probanden in Experiment 1 bei der Präsentation jedes Bildes per Tastendruck entscheiden mussten, ob es sich um ein bekanntes oder um ein neues Bild handelt, erfolgte in Experiment 2 eine Entscheidung bezüglich der Belohnungsantizipation. Vierundzwanzig Stunden nach dem fMRT Experiment wurde die Gedächtnisleistung bezüglich aller präsentierten Bilder getestet.

Die Ergebnisse beider Experimente replizierten die mit Belohnungsantizipation assoziierten Aktivierungen in SN/VTA und NAcc. Während der expliziten Belohnungsantizipation (Experiment 2) führte Stimulusneuheit wie erwartet zu einer Verstärkung der mesolimbischen Aktivierung und gleichzeitig zu einer verminderten neuronalen Antwort im NAcc in der darauffolgenden Feedbackphase. Bei impliziter Belohnungsverarbeitung (Experiment 1) war dagegen keine Verstärkung der mesolimbischen Antwort durch Neuheit zu beobachten. In beiden Experimenten wurde die Gedächtnisleistung durch Belohnungsantizipation verbessert. Die Ergebnisse bestätigen somit die ursprüngliche Hypothese, dass Stimulusneuheit nur dann einen Explorationsbonus bereithält, wenn die Aufmerksamkeit explizit auf die belohnungsrelevanten Aspekte des Hinweisreizes gerichtet ist, und dass dieser Effekt über mesolimbische Verbindungen vermittelt wird. Die verlängerten Reaktionszeiten und eine vermehrte Aktivierung des dorsalen anterioren zingulären Kortex und okzipitaler Areale während der expliziten Neuheitsdetektion in Experiment 1 legen die Vermutung nahe, dass hier eine vermehrte Rekrutierung kognitiver Ressourcen erforderlich ist.

Da verschiedene Persönlichkeitseigenschaften mit der Verarbeitung von Belohnung und der Enkodierung von Neuheit in Verbindung gebracht werden, wurden die Ergebnisse der beiden ersten Experimente zusätzlich mittels zweier Persönlichkeitsskalen aus dem Temperament und Charakter Inventar (TCI) analysiert: Belohnungsabhängigkeit (reward dependence) und Neuheitssuche (novelty seeking). Dabei war novelty seeking positiv mit der neuronalen Aktivität in SN/VTA für neue neutrale Bilder und gleichzeitig negativ mit dem belohnungsabhängigen Zugewinn beim Wiedererkennen neuer Bilder assoziiert.

Für reward dependence ergab sich dagegen ein positiver Zusammenhang mit der neuronalen Aktivierung für neue belohnte Bilder. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse deuten darauf hin, dass sich der motivationale Anreiz von Neuheit für 'Novelty-Seeker' sowohl in einer verstärkten neuronalen Antwort in Abwesenheit von Belohnung als auch in einem geringeren Zugewinn in der Gedächtnisleistung durch tatsächliche Belohnung widerspiegelt. Zudem scheint Neuheit für belohnungssensitive Menschen nicht mit Belohnung gleichgestellt zu sein. Neuheit und Belohnung stellen somit offenbar zwei funktionell voneinander unterscheidbare motivationale Konzepte dar.

Um den Zusammenhang zwischen der mesolimbischen Aktivierung im Rahmen von Belohnungsparadigmen und der tatsächlichen dopaminergen Neurotransmission zu untersuchen, wurde ein Belohnungsexperiment unter vergleichbaren Bedingungen sowohl im fMRT als auch im Positronenemissionstomographen (PET) durchgeführt (Experiment 3). Die Analyse der Daten aus beiden Messmodalitäten ergab einen positiven Zusammenhang zwischen der im Rezeptor-Liganden-PET ermittelten belohnungsabhängigen Dopamin-Ausschüttung im ventralen Striatum und der neuronalen Aktivität in SN/VTA und NAcc der gleichen Probanden im fMRT Experiment. Die Ergebnisse aus Experiment 3 stellen somit einen direkten Zusammenhang zwischen fMRT-Aktivierungen im mesolimbischen System und der tatsächlichen dopaminergen neuronalen Transmission her – ein Zusammenhang der in vielen fMRT-Experimenten impliziert aber bisher nicht formell gezeigt wurde – und unterstützen somit die Annahme, dass die Interaktion von Neuheit und Belohnung über das dopaminerge System vermittelt wird.

Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen die Interaktion zwischen Neuheit und Belohnung unter Beteiligung dopaminergener Neurotransmission und zeigen ausserdem, dass die mesolimbischen Aktivierungen sich in Abhängigkeit von der individuellen Präferenz für Neuheit oder Belohnung unterscheiden. Diese Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass Neuheit und Belohnung hinsichtlich ihrer motivationalen Funktion nicht gleichzusetzen oder austauschbar sind.