



universität  
wien

# Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Zusammenhänge von Stress, Unsicherheit und  
subjektiver Entscheidungssicherheit

Verfasser

Johannes Freiherr Heereman

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Dezember 2009

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Doz. Peter Walla PD



# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Methode.....	4
2.1.    Teilnehmer.....	4
2.2.    Prozedur.....	5
2.2.1. Experiment 1 (20 % Restunsicherheit).....	7
2.2.2. Experiment 2 (0 % Restunsicherheit).....	7
2.3.    Elektrodermale Aktivität und Herzschlagrate.....	10
3. Ergebnisse.....	11
3.1.    Stressmanipulation.....	11
3.2.    Experiment 1.....	11
3.2.1. Entscheidungssicherheit.....	11
3.2.2. Reaktionszeit.....	13
3.2.3. Elektrodermale Aktivität.....	13
3.2.4. Herzschlagrate.....	13
3.3.    Experiment 2.....	13
3.3.1. Entscheidungssicherheit.....	13
3.3.2. Reaktionszeit.....	14
3.3.3. Elektrodermale Aktivität.....	15
3.3.4. Herzschlagrate.....	15
3.4.    Experiment 1 vs. Experiment 2.....	15
3.4.1. Entscheidungssicherheit.....	15
3.4.2. Reaktionszeit.....	16
3.4.3. Elektrodermale Aktivität.....	16

3.4.4. Herzschlagrate.....	16
4. Diskussion.....	17
5. Zusammenfassung und abschließende Bemerkungen.....	26
6. Abstract.....	28
7. Literatur.....	29
8. Appendix.....	38
Lebenslauf.....	45

## **Vorwort**

Ich habe jetzt ein knappes Jahr mit so gut wie jedem Menschen, der mir begegnet ist, über Entscheidungen gesprochen. Was ich am häufigsten gehört habe war "Entscheiden? Oh, das kann ich überhaupt nicht" oder „Ich hasse es, mich entscheiden zu müssen“; etwas verwirrende Aussagen, wenn man bedenkt, dass die Möglichkeit sich zu entscheiden von dem Ein oder Andern wohl als Freiheit bezeichnet werden könnte.

Danken möchte ich Jenen, die dazu beigetragen haben, dass diese Arbeit tatsächlich entstanden ist. An erster Stelle meinem Vater, dem ich Alles verdanke. Wenn man allerdings Alles vom Gesamten abzieht, bleibt erstaunlicherweise immer noch Einiges übrig.....

Einiges, bzw. das nächste Alles verdanke ich Peter Walla, der meine Diplomarbeit betreut und als Erster in einer langen Reihe von Professoren glaubhaft vorgelebt hat, dass dieser Beruf ein schöner sein kann.

Verbleiben noch all jene Teilnehmer der Mittwochsgesellschaft, die mir ihre Ideologien weitgehend erspart haben, auch euch verdanke ich Alles.



## **1. Einleitung**

„Die Notwendigkeit zu entscheiden reicht weiter als die Möglichkeit zu erkennen.“

Wenn diese Immanuel Kant zugeschriebene Aussage Gültigkeit beanspruchen kann, dann sollte wohl die Fähigkeit, diese Diskrepanz zu überbrücken eine zentrale Rolle im menschlichen Entscheidungsverhalten einnehmen. Bei unsicherem, teilweise oder gänzlich fehlendem Wissen stehen dem Entscheider mehrere alternative Herangehensweisen zur Verfügung. So kann er beispielsweise beschließen, sich nicht zu entscheiden, sich später zu entscheiden, auf mehr Information zu warten oder diese zu suchen. Muss er sich aber unmittelbar entscheiden, so bleibt ihm nur die Anwendung von Heuristiken und grobe Abschätzung. Diese Letztere bezeichnete der Militärtheoretiker Carl von Clausewitz in seinem Klassiker -Vom Kriege- als „Entschlossenheit“, der er diejenige Stelle zuweist, „wo sie bei nicht hinreichenden Motiven die Qualen der Zweifel, die Gefahren des Zauderns heben soll.“ Der für uns hier zentrale Punkt ist, daß das Aufheben des Zweifels notwendigerweise zu einem Mindestmaß an Vertrauen in die jeweilige Entscheidung führen muss.

Nun hört man in den Sozialwissenschaften die weit verbreitete These, bei sozialer Unsicherheit radikalisiere sich eine Gesellschaft. Was versteht man unter sozialer Unsicherheit ? „Soziale Unsicherheit wird als Resultat des Nichtvorhandenseins, des Abbaus oder des Verlustes an sozialer Sicherheit gesehen, z. B. durch Arbeitsplatzverlust, Verarmung, Ausschluss bzw. Minderung von Sozialleistungen, sozialem Abstieg und anderen Erfahrungen und Folgen sozialer Desintegration“ (Meyer's Lexikon). Neben den komplexen und sicherlich schwer entzifferbaren Folgen führt eine derartige Situation in meinen Augen zu einem messbaren und experimentell manipulierbaren Resultat: Stress.

„Stress ist eine Konsequenz im psychischen und physiologischen Geschehen, die auf eine bestimmte Klasse von Umweltbedingungen auftritt: Diese sind (Anforderungs-) Situationen an die eine Adaptation erschwert oder unmöglich ist.“ (Schandry 1998)

Janke (1974) unterteilt Stressoren in fünf Gruppen, von denen die hier relevanten Leistungsstressoren, z.B. Überforderung durch Zeitdruck, und Konflikte, z.B. Entscheidungszwang, Ungewissheit über Erfolg oder Misserfolg von Bewältigungsversuchen, sind.

Radikal, obwohl von seiner ursprünglichen Bedeutung (lat.: *radix* = Wurzel, Ursprung) abweichend, wird in der Regel synonym zu extrem verwendet. Wenn nun jemand eine extreme Entscheidung trifft wird er dies mit einer gewissen subjektiven Entscheidungssicherheit tun, da er sonst wohl eine Gemäßigte getroffen hätte. Allerdings scheint mir die Einschätzung von etwas als extrem eher subjektiver Natur, sodass im Folgenden der Fokus auf Entscheidungssicherheit als Voraussetzung extremer Entscheidungen liegen wird.

Die Hauptfragestellung der vorliegenden Studie ist dementsprechend, ob subjektive Entscheidungssicherheit, zuzüglich zu Wissen bzw. einem bestimmten Grad an Informiertheit, durch Kontextfaktoren wie beispielsweise Stress beeinflusst, im konkreten Fall durch Stress erhöht werden kann. Die Ergebnisse von Schaeffer (1989) weisen darauf hin. Dort wird berichtet, Stress führe zu verstärkter Anwendung von Entscheidungsheuristiken und einem Anstieg in subjektiver Entscheidungssicherheit. Diese Ergebnisse sind meines Wissens in der wissenschaftlichen Literatur einzigartig. Der Großteil der Untersuchungen von Entscheidungen im Zusammenhang mit Stress hat sich mit Entscheidungsgenauigkeit befasst, welche unter Stress reduziert zu sein scheint (z.B.: Keinan, 1987, Klein 1996, Cumming & Harris 2001). Entscheidungssicherheit andererseits scheint seit langem ein beliebter



Forschungsgegenstand zu sein (e.g. Williamson 1915, Adams & Adams 1961, Fischhoff et al. 1977, Vickers & Packer 1982, Griffin & Tversky 1992, Baranski & Petrusic 1998, 1999, Harkin & Mayes 2008, Kepecs et al. 2008).

Beispielhaft sei hier ein oft beobachtetes und intensiv diskutiertes Phänomen erwähnt, das je nach Autor unter den Begriffen „difficulty-effect“ (Griffin & Tversky, 1992), „hard-easy-effect“ (Gigerenzer et al. 1991) oder auch over- und underconfidence effect bekannt ist. Dieser Schwierigkeitseffekt ist ein äußerst konsistentes Ergebnis in der Literatur über intuitive Entscheidungen (Lichtenstein & Fischhoff, 1977; Lichtenstein, Fischhoff & Phillips, 1982; Yates, 1990, Griffin & Tversky ,1992). Er bezeichnet die Beobachtung, dass sich Personen in der Regel bei schwierigen Entscheidungen „übersicher“ und bei Leichten „untersicher“ sind, wenn man subjektive Entscheidungssicherheit mit objektiver Wahrscheinlichkeit oder Genauigkeit der Aufgabenbearbeitung vergleicht. Man sagt von einer Person sie zeige „Übersicherheit“ wenn sie die Wahrscheinlichkeit ihrer bevorzugten Hypothese überschätzt; analoges gilt für „Untersicherheit“.

Kiani & Shadlen (2009) fanden Neuronen im Parietalkortex nichtmenschlicher Primaten, die Entscheidungssicherheit widerspiegeln. Als weitere neuronale Korrelate von subjektiver Entscheidungssicherheit beim Menschen werden höhere BOLD Aktivität bei Entscheidungen mit niedriger subjektiver Sicherheit im Vergleich zu Entscheidungen mit hoher subjektiver Sicherheit im anterioren Cingulärkortex (e.g. Fleck et al. 2006) und im rechten dorsolateralen Präfrontalcortex (e.g. Henson et al. 2000, Fleck et al. 2006) berichtet. Da fMRI jedoch in erster Linie afferenten Input in eine Zone wiedergibt (Logothetis et al. 2001), wird entscheidungssicherheitsbezogene Information hier wohl eher integriert als eigentlich generiert. Die Ergebnisse von Woodward et al. (2008) beispielsweise deuten darauf hin, dass der ACC die

Notwendigkeit Schwerbeweglichkeit (Inertia) aufzuheben und einen Wechsel der Entscheidungsstrategie vorzubereiten signalisiert.

Wie auch immer, der Einfluss von Stress auf subjektive Entscheidungssicherheit bei Entscheidungen auf Basis variierender Unsicherheitsgrade scheint bisher nicht näher untersucht worden zu sein. An dieser Stelle scheint es erwähnenswert, dass behaviorale Einstellungen zu Unsicherheit weder identisch über Individuen hinweg noch konstant bei einzelnen Individuen sind, wie anhand von Nahrungssucheverhalten bei Tieren (Caraco et al. 1980, 1990) und menschlicher Risikoeinschätzung (Weber & Milliman 1997) gezeigt werden konnte. Die hier zu überprüfende Hypothese besagt, dass Stress nur bei hoher informeller Unsicherheit zu erhöhter Entscheidungssicherheit führt, nicht aber bei Niedriger. Eine weitere zu prüfende Hypothese ist das in der Entscheidungsliteratur berichtete negative Verhältnis von Entscheidungssicherheit und Reaktionszeit (e.g. Johnson 1939), also die Annahme, dass erhöhte Entscheidungssicherheit mit kürzeren Reaktionszeiten einhergehe. Zu diesem Zweck wurde nun im Rahmen meiner Diplomarbeit ein Experiment entwickelt, in dem Unsicherheit und Stress systematisch manipuliert werden können. Für die Operationalisierung von Unsicherheit wurde ein ursprünglich von Huettel et al. (2005) entwickeltes Paradigma angepasst, während eine abgewandelte Form des META – Erkennen von Metaregeln (Gattermig & Kubinger, 1994) als Stressbedingung diente.

## **2. Methode**

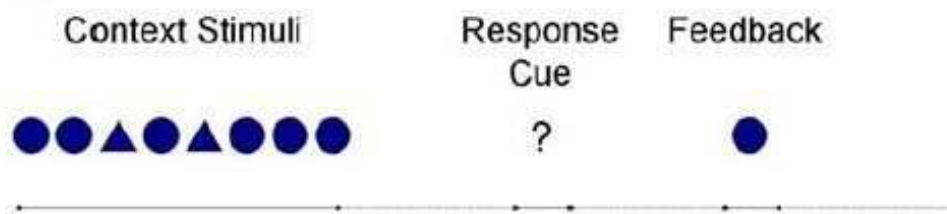
### **2.1. Teilnehmer**

Insgesamt haben 36 (20 weiblich) gesunde Versuchspersonen teilgenommen (Experiment 1: N = 17 (11 weibl.), M = 23.8 Jahre, SD = 2.18; Experiment 2: N= 19 (9 weibl.), M = 25 Jahre, SD = 2.47), die an der Universität Wien rekrutiert und getestet

wurden. Keine der Versuchspersonen hatte neurologische Defekte oder stand unter Medikamenteneinfluss. Alle Teilnehmer waren rechtshändig.

## 2.2. Prozedur

Die Teilnehmer wurden eingeladen, sich auf einem bequemen Stuhl in standardisierter Umgebung zu setzen. Das Stimulusmaterial wurde auf einem Computerbildschirm mittels Presentation (Neurobehavioral systems) in circa 50 cm Entfernung präsentiert. Jeder Durchgang bestand aus drei Phasen: Stimulussequenz, Antwort und Feedback.



**Abbildung 1:** Schematisierter Ablauf eines einzelnen Entscheidungsdurchgangs. (Adaptiert von Huettel et al. 2005)

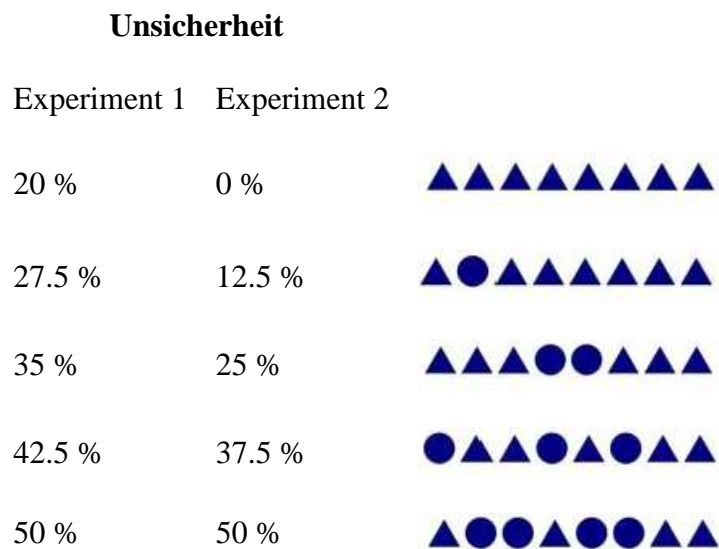
Während der ersten Phase wurde eine Serie von 8 einfachen Formen (Kreis oder Dreieck) im Zentrum des Bildschirms schnell dargeboten (400 Millisekunden Darbietungsdauer; 350 ms. Interstimulusintervall).

Die Anzahl an Formen pro Typus (Kreis oder Dreieck) wurde für jeden Durchgang zufällig aus insgesamt fünf verschiedenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen gezogen: 34 % Wahrscheinlichkeit dafür, dass acht gleiche Formen gezogen werden, 30 % für sieben, 17 % für sechs, 13 % für fünf und 6 % für 4 Formen jedes Typus.

Die Reihenfolge der Formen in den Serien war randomisiert und in den Durchgängen war es gleich wahrscheinlich, dass mehr Kreise oder Dreiecke vorkamen.

Nach Offset der letzten Sequenzform erschien eine Antwortaufforderung („?“) in der Mitte des Bildschirms.

Die Teilnehmer hatten nun, basierend auf der Instruktion, dass je mehr Formen einer Art zuvor gezeigt wurden desto höher die Wahrscheinlichkeit des Erscheinens dieser Form, zu entscheiden ob die nächste gezeigte Form ein Kreis oder ein Dreieck sein würde (siehe Abbildung 1). Die Teilnehmer trafen ihre Entscheidung, indem sie einen von 4 Knöpfen auf einer Computertastatur drückten. Diese waren von links nach rechts wie folgt arrangiert: „hohe Sicherheit Dreieck“, „niedrige Sicherheit Dreieck“, „niedrige Sicherheit Kreis“ und „hohe Sicherheit Kreis“. In Folge darauf wurde ein Feedbackstimulus (Kreis oder Dreieck) für 1000 Ms präsentiert.



**Abbildung 2:** Prozentwerte der Unsicherheiten in beiden Experimenten. (Adaptiert von Huettel et al. 2005)

### **2.2.1. Experiment 1**

Die Wahrscheinlichkeit jedes Feedbackstimulus hing von seiner vorigen Darbietungshäufigkeit in der Stimulussequenz ab: Bei acht 80 % bei sieben 72.5%, bei sechs 65%, bei fünf 57.5% und 50% bei vier. Dementsprechend war die Ergebnisunsicherheit in jeder Durchgangsart durch die Komplementärwahrscheinlichkeiten gegeben und reichte von 20 bis 50%. Hier wurde eine minimale Unsicherheit von 20% statt 0% gewählt um Ambiguität (Wahrscheinlichkeiten unvollständig bekannt) und somit zusätzliche Unsicherheit zu erzeugen. (siehe Abbildung 2)

### **2.2.2. Experiment 2**

Die Wahrscheinlichkeit jedes Feedbackstimulus hing von seiner vorigen Darbietungshäufigkeit ab: Bei acht 100% bei sieben 87.5%, bei sechs 75%, bei fünf 62.5% und 50% bei vier. Dementsprechend war die Ergebnisunsicherheit in jeder Durchgangsart durch die Komplementärwahrscheinlichkeiten gegeben und reichte von 0 % bis 50 %. Hier wurde eine minimale Unsicherheit von 0% erzeugt, um zum einen absolute Sicherheit zu ermöglichen und zum anderen überprüfen zu können, ob die Versuchsteilnehmer trotz identischer Stimulussequenzen anhand ihrer subjektiven Entscheidungssicherheit zwischen den Feedbackwahrscheinlichkeiten in Experiment 1 und Experiment 2, und somit zwischen Risiko und Ambiguität, unterscheiden.

Von dieser Änderung abgesehen waren Experiment 1 und 2 identisch.

Beispiele der benutzten Stimulussequenzen und die sich ergebende Ergebnisunsicherheit sind in Abbildung 2 gezeigt. Die Feedbackwahrscheinlichkeiten wurden den Teilnehmern nie explizit mitgeteilt. Allerdings wurden sie instruiert, dass je mehr Stimuli einer Form zuvor präsentiert wurden, es desto wahrscheinlicher sei, dass

diese korrekt sei. Zwischen Offset des Feedbackstimulus und dem Beginn des nächsten Durchgangs lag ein Intervall von 500 ms.

Die Versuchspersonen nahmen an 100 Durchgängen pro Versuchsbedingung teil, wobei sie bis zum Ende des Experiments kein Feedback erhielten. Es fanden bewusst keine Trainingsdurchgänge vor der eigentlichen Testung statt. Der erste Teil der Experimente dauerte circa 20 Minuten und bestand aus der oben beschriebenen Entscheidungsaufgabe.

Im zweiten Teil der Experimente, der circa 25 Minuten dauerte, wurde vor jedem Block von 10 Durchgängen ein abgewandeltes Item des nonverbalen Leistungstests Meta (Gattermig & Kubinger, 1994) eingefügt. In der Instruktion wurde ein Beispielitem präsentiert und erklärt, welches lösbar war. Die im eigentlichen Experiment präsentierten Items waren jedoch so verändert, dass sie nicht mehr lösbar waren. In der Originalversion des Tests haben Versuchspersonen 5 Minuten Zeit zur Beantwortung während in der vorliegenden Studie dazu lediglich 30 Sekunden zur Verfügung standen. Sie erhielten kein Feedback und keine Information darüber, wieviel der 30 Sekunden noch übrig waren.

Die Testpersonen erhielten pro Item eine Zeichenkette, die durch Anwendung gegebener Transformationsregeln in verschiedene Zeichenketten umgeformt werden konnte. Die Aufgabe besteht darin, aus sechs Alternativen diejenige Zeichenkette auszuwählen, die mit den vorgegebenen Transformationsregeln nicht erzeugt werden kann (siehe Abbildung 3).

Die Transformationsregeln bedeuten Folgendes: A kann durch BA ersetzt werden, nicht aber BA durch A; B kann durch ABB ersetzt werden, nicht aber andersherum etc. Die Versuchspersonen können soviele Regeln anwenden wie sie wollen und diese beliebig

oft. Der Test in seiner originalen Form erfasst ob Versuchspersonen die gegebenen Regeln aufgeben und nach einem alternativen Lösungsweg suchen, oder nicht.

Startzeichenkette:  CBB	
Transformationsregeln:  A → BA B → ABB C → DB D → EC E → EAE BB → CD	Welche Zeichenkette ist anhand der gegebenen Transformationsregeln nicht erzeugbar ?  DCECABB ECABBDBD CADBDBABB CCEAFEADB CBCDAABBB EBAEDCECBB

**Abbildung 3:** Angepasste Form des META-Tests von Gattermig und Kubinger (1994).

In diesem Fall, dem Beispielitem, gibt es ein F in der vierten Reihe, welches eindeutig zeigt, dass diese Zeichenkette nicht erzeugbar ist. Die folgenden Items wiesen diesen „Trick“ oder Fehler jedoch nicht auf und waren alle erzeugbar, so dass es keine korrekte Antwort gab. Die Versuchsteilnehmer wurden instruiert, dass sie je nach Präferenz, die Aufgaben Schritt für Schritt durch Anwendung der Transformationsregeln oder aber durch Suchen nach Meta-Regeln, also „Tricks“ lösen könnten. Eine Befragung nach der Testung ergab, dass alle Teilnehmer beide Strategien ausprobierten. Diese Stressoperationalisierung mag umständlich anmuten, stellt jedoch den Versuch dar, eine in den Augen des Verfassers der Situation der oben definierten sozialen Unsicherheit

ähnliche Belastung bei den Versuchsteilnehmern zu erzeugen. Um Reihenfolgeeffekte zu kontrollieren kam ein counterbalanced-design zum Einsatz. Insgesamt dauerte ein Experiment ungefähr 45 Minuten.

### **2.3. Elektrodermale Aktivität und Herzschlagrate**

Die Stress- wie auch Aktivierungsreaktion beinhaltet eine über das Sympathico-adrenomedulläre System vermittelte erhöhte Ausschüttung von Adrenalin, die neben vermehrter Glukoseausschüttung und Erhöhung des Herzschlagvolumens zu einem Anstieg der Herzschlagrate führt (e.g. Schandry 1998). Stress ist in der Regel von Aktivierung begleitet und Veränderung elektrodermalen Aktivität ist ein sensibler vegetativer Indikator der Aktivierung. Sie wird wahrscheinlich über die cholinerg-sympathisch kontrollierten Schweißdrüsen vermittelt, wobei aber auch weitere vermittelnde Faktoren diskutiert werden (Boucsein 1988).

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Stressmanipulation wurde daher Aktivierung, indiziert durch den Hautleitwert und die Herzschlagrate erfasst.

Hierzu wurde das Bio-feedback System Nexus-10 (Nexus Mindmedia) mit der Software Biotrace verwandt. Die Herzschlagrate wurde mit einer Frequenz von 32 SPS (Samples per second) mittels Blood Volume Pulse Sensor (NX-BVP1A) am linken Zeigefinger der Teilnehmer gemessen. Die elektrodermale Aktivität wurde mit einer Frequenz von 32 SPS mittels SC/GSR Sensor (NX-GSR1A) an Mittel- und Ringfinger der linken Hand der Versuchsteilnehmer erfasst. Diese wurden instruiert, die Hand während der Messung in einer bequemen Position gleichbleibend ruhig auf einem Tisch abzulegen.



### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Stressmanipulation**

Die Berechnung einer ANOVA (mixed design) mit *experiment* (1 und 2) als between-subjects Faktor ergab einen signifikanten Haupteffekt von Stress auf elektrodermale Aktivität. Diese war höher in der Stress- als in der Kontrollbedingung,  $F(1, 30) = 6.25$ ,  $p = .018$ ,  $r = .42$ . Ein signifikanter Effekt von Experiment auf elektrodermale Aktivität wurde nicht gefunden,  $F(1, 30) = 3.54$ ,  $p = .07$ . Ein signifikanter Interaktionseffekt von Stress x Experiment konnte nicht gefunden werden,  $F(1, 30) = .006$ ,  $p = .94$ .

Die Stressmanipulation führte also zu dem erwünschten Effekt auf Arousal, indiziert durch elektrodermale Aktivität, und war somit erfolgreich.

#### **3.2. Experiment 1 (20 % Restunsicherheit)**

##### **3.2.1. Entscheidungssicherheit**

Entscheidungssicherheit wurde als die Häufigkeit von mit hoher Sicherheit getroffenen Entscheidungen in Relation zur Gesamthäufigkeit einer Durchgangsart berechnet.

Eine ANOVA (repeated-measures) ergab die folgenden Ergebnisse:

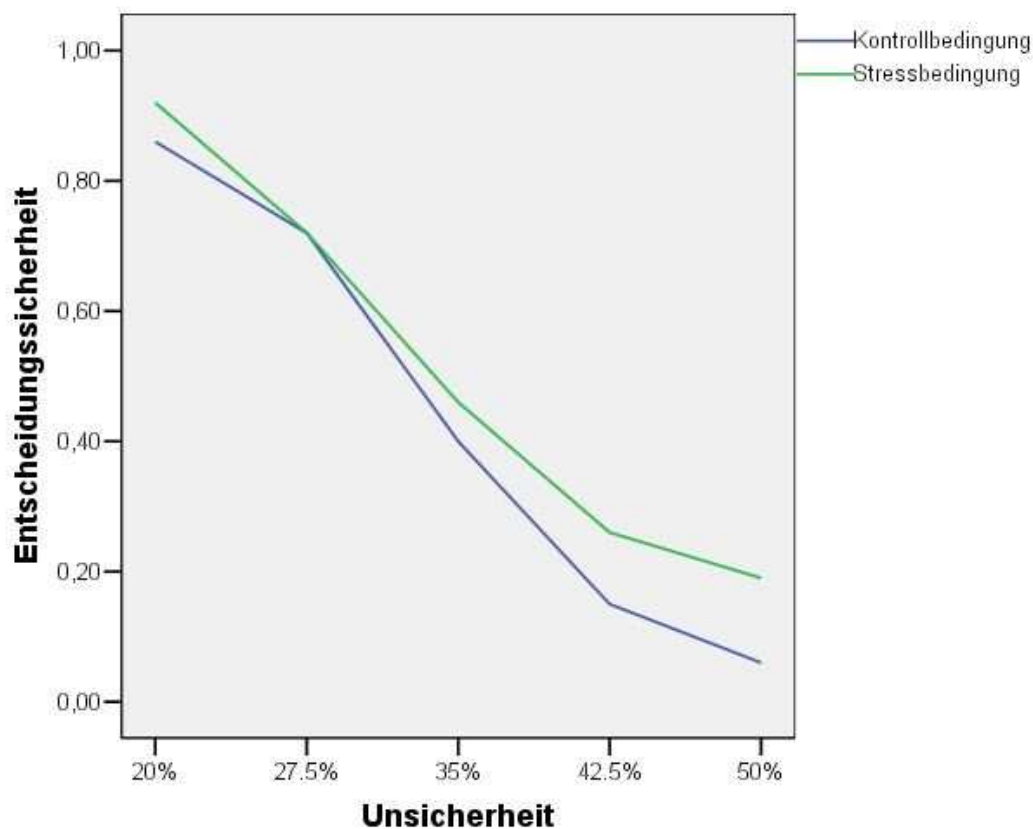
Über alle Wahrscheinlichkeiten hinweg ergab sich weder ein signifikanter Gesamteffekt von Stress,  $F(1,15) = 4.49$ ,  $p = .51$ , noch ein signifikanter Interaktionseffekt von Stress und Unsicherheitsgrad auf subjektive Entscheidungssicherheit,  $F(2.45, 36.68) = 1.23$ ,  $p = .31$ .

Zur weiteren Analyse der Daten wurden Wilcoxon-Signed-Ranks-Tests für alle fünf Unsicherheitsbedingungen berechnet. In den Fällen von 20 % Restunsicherheit zeigten die Versuchspersonen im Durchschnitt signifikant höhere Entscheidungssicherheit in der Stressbedingung ( $M = .92$ ) als in der Kontrollbedingung ( $M = .86$ ),  $z = -2.158$ ,  $p =$

.031(2-tailed),  $r = -0.37$ . Für Unsicherheitsgrade von 27.5% und 35% konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Stress- und Kontrollbedingung gefunden werden.

In Fällen von 42.5 % Unsicherheit zeigten die Teilnehmer im Durchschnitt signifikant höhere Entscheidungssicherheit in der Stressbedingung ( $M = .26$ ) als in der Kontrollbedingung ( $M = .15$ ),  $z = -2.158$ ,  $p = .016$ (1-tailed),  $r = -0.37$ .

In den Fällen von 50 % Unsicherheit zeigten die Teilnehmer im Durchschnitt ebenfalls signifikant höhere Entscheidungssicherheit in der Stressbedingung ( $M = .19$ ) als in der Kontrollbedingung ( $M = .06$ ),  $z = -2.158$ ,  $p = .016$  (1-tailed),  $r = -0.37$ . Abbildung 4 zeigt eine anschauliche Darstellung dieser Ergebnisse.



**Abbildung 4:** Experiment 1 (20% Restunsicherheit): Subjektive Entscheidungssicherheit für alle Unsicherheitsgrade in Stress- und Kontrollbedingung.

### **3.2.2. Reaktionszeiten**

Die Reaktionszeiten, gemessen als Intervall zwischen Onset der Antwortaufforderung und Knopfdruck, pro Unsicherheitsgrad wiesen keine signifikanten Unterschiede zwischen Stress- und Kontrollbedingung auf. Jedoch war die Reaktionszeit über alle Unsicherheitsgrade hinweg im Durchschnitt signifikant länger in der Kontrollbedingung ( $M = 1302.7$  ms) als in der Stressbedingung ( $M = 1062.95$  ms),  $z = -1.81$ ,  $p = .037$  (1-tailed),  $r = -.32$ .

### **3.2.3 Elektrodermale Aktivität**

Arousal, indiziert durch baselinekorrigierte EDA wies im Durchschnitt keinen signifikanten Unterschied zwischen der Kontrollbedingung ( $M = .92$  Mikrosiemens) und der Stressbedingung ( $M = 1.36$  Mikrosiemens) auf.

### **3.2.4. Herzschlagrate**

Hier konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Stressbedingung ( $M = 82.8$  B/min) und der Kontrollbedingung ( $M = 85.03$  B/min.) gefunden werden.

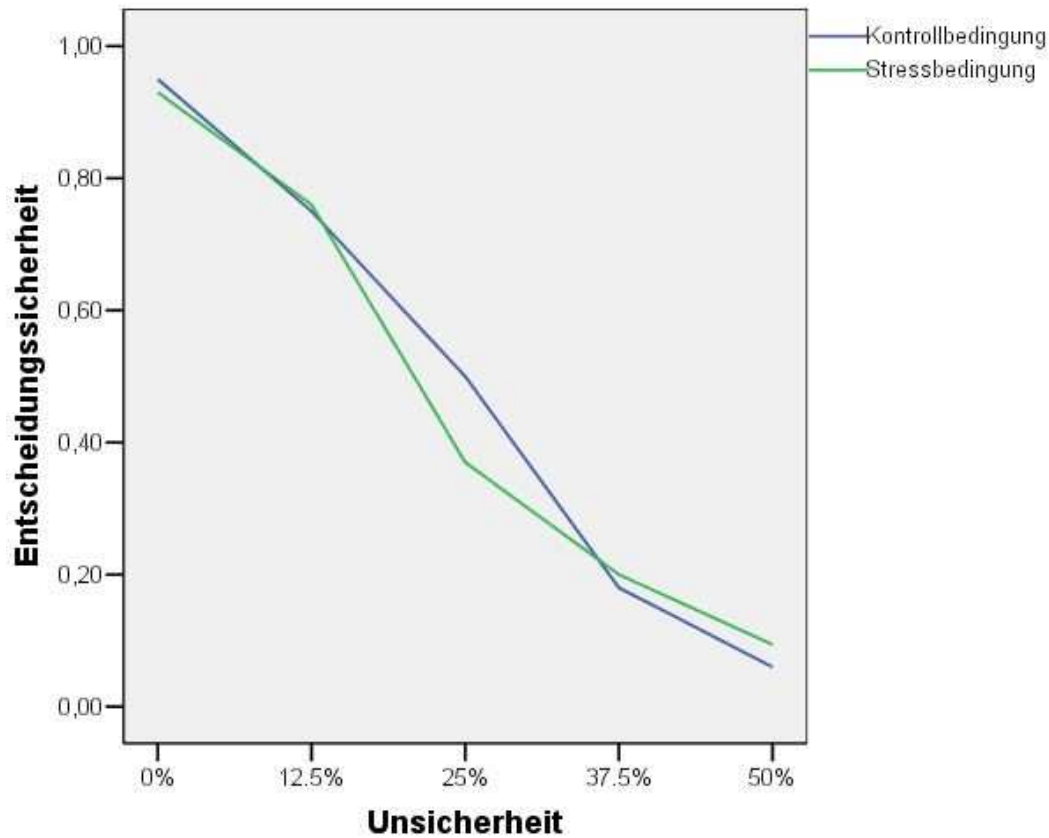
## **3.3. Experiment 2 (0% Restunsicherheit)**

### **3.3.1. Entscheidungssicherheit**

Hier ergab sich weder ein signifikanter Haupteffekt von Stress,  $F(1, 18) = .52$ ,  $p = .48$ , noch ein signifikanter Interaktionseffekt von Stress und Unsicherheitsgrad auf subjektive Entscheidungssicherheit,  $F(2.25, 40.42) = 2.2$ ,  $p = .12$ .

Jedoch zeigten die Versuchsteilnehmer in Fällen von 25% Unsicherheit signifikant höhere Entscheidungssicherheit in der Kontrollbedingung ( $M = .5$ ) als in der

Stressbedingung ( $M = .37$ ),  $z = -2.017$ ,  $p = .044$ (2-tailed),  $r = -0.33$ . (Wilcoxon-signed-ranks) (siehe Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Experiment 2 (0% Restunsicherheit): Entscheidungssicherheit für alle Unsicherheitsgrade in Stress- und Kontrollbedingung.

### 3.3.2. Reaktionszeiten

Hier konnte im Gegensatz zu Experiment 1 kein signifikanter Unterschied der Reaktionszeiten zwischen Stress- und Kontrollbedingung gefunden werden. ( $M_{control} = 1000.63$  ms,  $M_{stress} = 1066.08$  ms,  $z = -0.6$ ,  $p = .28$  (1-tailed)).

### **3.3.3 Elektrodermale Aktivität**

Arousal indiziert durch baselinekorrigierte elektrodermale Aktivität war hier im Durchschnitt signifikant höher in der Stressbedingung ( $M = .75$  Mikrosiemens) als in der Kontrollbedingung ( $M = .35$  Mikrosiemens),  $z = -2.693$ ,  $p = .005$  (2-tailed),  $r = -.48$ . (Wilcoxon-signed-ranks)

### **3.3.4. Herzschlagrate**

Hier ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Stressbedingung ( $M = 77.06$  B/min) und der Kontrollbedingung ( $M = 70.52$  B/min).

## **3.4. Experiment 1 vs. Experiment 2**

### **3.4.1. Entscheidungssicherheit**

Eine erste Analyse anhand ANOVA (mixed design) ergab einen signifikanten Interaktionseffekt von Ambiguität/Risiko x Stress auf subjektive Entscheidungssicherheit,  $F(1, 33) = 4.6$ ,  $p = .039$ ,  $r = .35$ .

Bei dem Vergleich der einzigen Bedingung, in der absolut sichere Entscheidungen möglich waren, den Fällen von 8 gleichen gezeigten Symbolen (0 % Unsicherheit) in Experiment 2, mit den Fällen von 8 gleichen gezeigten Symbolen in Experiment 1 (20% Restunsicherheit) ergab sich ein signifikanter Unterschied der Entscheidungssicherheit in der Kontrollbedingung, nicht aber in der Stressbedingung.

In diesen Fällen zeigten die Versuchspersonen in der Kontrollbedingung im Durchschnitt signifikant höhere Entscheidungssicherheit in Experiment 2 ( $M = .95$ ) als in Experiment 1 ( $M = .86$ )  $U = 93$ ,  $z = -2.253$ ,  $p = .024$ ,  $r = -0.38$ .

Dies deutet auf die Erkennung impliziten Risikos unter normalen Bedingungen hin, welche jedoch auszusetzen scheint, wenn Personen Stress durch kognitive

Überforderung ausgesetzt sind. Weiterhin kommt hier zum Ausdruck, dass der Effekt von Stress auf subjektive Entscheidungssicherheit von der Qualität der als Entscheidungsgrundlage dienenden Information abhängt.

### **3.4.2. Reaktionszeiten**

Über alle Unsicherheitsgrade hinweg zeigten die Versuchsteilnehmer in der Kontrollbedingung signifikant längere Reaktionszeiten in Experiment 1 ( $M = 1302.71$  ms) als in Experiment 2 ( $M = 1000.63$  ms),  $U = 96$   $z = -1.85$ ,  $p = .032$  (1-tailed),  $r = -.31$  während ein solcher Unterschied zwischen den Stressbedingungen von Experiment 1 ( $M_{stress\ 1} = 1044.74$  ms) und Experiment 2 ( $M_{stress\ 2} = 1066.08$  ms) nicht gefunden werden konnte,  $U = 159$   $z = -0.079$ ,  $p = .475$  (1-tailed).

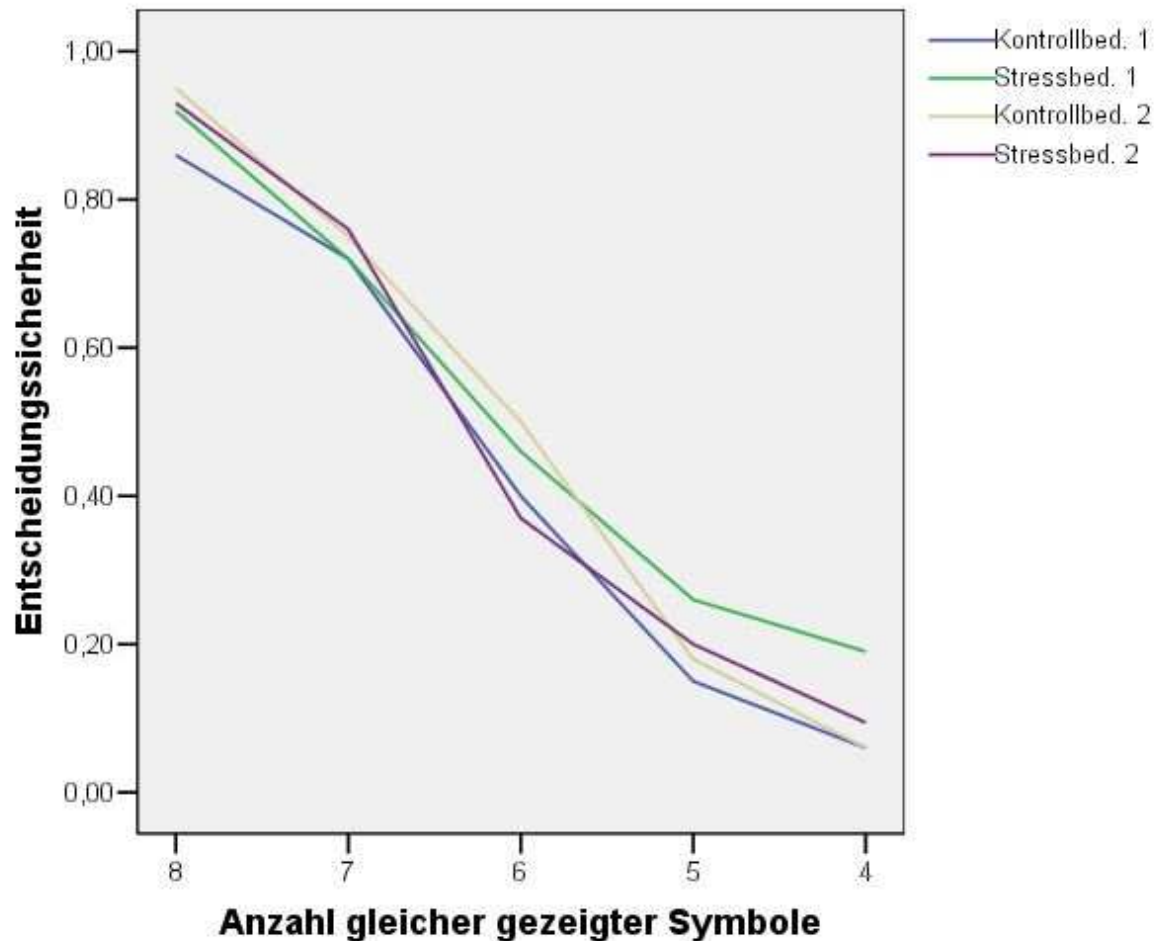
### **3.4.3 Elektrodermale Aktivität**

Über alle Unsicherheitsgrade hinweg zeigten die Versuchsteilnehmer im Durchschnitt in der Kontrollbedingung einen signifikant höheren Hautleitwert in Experiment 1 ( $M = .92$  Mikrosiemens) als in Experiment 2 ( $M = .35$  Mikrosiemens),  $U = 76$ ,  $z = -1.96$ ,  $p = .05$  (2-tailed),  $r = -.35$ , während ein solcher Unterschied zwischen den Stressbedingungen von Experiment 1 ( $M_{stress\ 1} = 1.36$  Mikrosiemens) und Experiment 2 ( $M_{stress\ 2} = .75$  Mikrosiemens) nicht gefunden werden konnte,  $U = 85$   $z = -1.62$ ,  $p = .11$  (2-tailed).

### **3.4.4. Herzschlagrate**

Über alle Unsicherheitsgrade hinweg zeigten die Versuchsteilnehmer im Durchschnitt in der Kontrollbedingung eine signifikant höhere Herzschlagrate in Experiment 1 ( $M = 85.03$  B/min) als in Experiment 2 ( $M = 70.52$  B/min),  $U = 69$   $z = -2.6$   $p = .009$  (2-

tailed),  $r = -.45$ , während ein solcher Unterschied zwischen den Stressbedingungen von Experiment 1 ( $M_{stress\ 1} = 82.79$  B/min) und Experiment 2 ( $M_{stress\ 2} = 77.06$  B/min) nicht gefunden werden konnte,  $U = 90$ ,  $z = -1.88$ ,  $p = .062$  (2-tailed). (Mann-Whitney)



**Abbildung 6:** Experiment 1 und 2: Entscheidungssicherheit für alle Symbolverteilungen in Kontroll- und Stressbedingungen.

#### 4. Diskussion

Schaeffer (1989) berichtet, dass Stress zu gesteigerter Entscheidungssicherheit führt. Die vorliegende Arbeit differenziert diese Ergebnisse insofern, als sie Bedingungen identifiziert, unter denen Stress zu gesteigerter subjektiver Entscheidungssicherheit

führt, jedoch auch Bedingungen unter denen sich kein Effekt oder sogar ein Gegenteiliger einstellt.

Entscheidungssicherheit in Folge von Stressaussetzung war hier bei hoher Unsicherheit aber auch bei besonders niedriger Unsicherheit erhöht, wenn die als Entscheidungsgrundlage dienende Information unvollständig war. (Exp.1) War diese jedoch vollständig, so zeigten die Versuchsteilnehmer in Fällen von 25% Unsicherheit bei Stressaussetzung niedrigere Entscheidungssicherheit als in der Kontrollbedingung (Exp.2).

Die aktuelle Entscheidungsliteratur hält meines Erachtens einige Erklärungen dafür bereit. Traditionell wurde vorgeschlagen, Entscheidungssicherheit sei von einer Reihe verschiedener „confidence cues“ (e.g. Gigerenzer et al. 1991) auf der einen Seite und Wahrscheinlichkeit (e.g. Cartwright & Festinger 1943) auf der Anderen abgeleitet.

In der vorliegenden Studie, wie auch in vielen Realsituationen, standen jedoch keine „confidence cues“ zur Verfügung, so dass der Fokus im Folgenden auf letzterem Ansatz liegen wird. In dem hier vorgegebenen „two-alternatives-forced-choice-task“ sollte Entscheidungssicherheit linear mit der Ergebniswahrscheinlichkeit ansteigen und maximal bei  $p = .8$  (exp.1)/ $p = 1$  (exp.2) und minimal bei  $p = 0.5$  sein.

### *Stressphysiologie*

Bei akutem Stress sind sowohl Dopamin- als auch Noradrenalinausschüttung im Präfrontalkortex (PFC) erhöht (Roth et al. 1988, Finlay et al. 1995). Sogar sehr milder Stress führt zu erhöhter Dopaminausschüttung im PFC (Deutch et al. 1990) und die hohen Levels an Noradrenalin während Stress führen zu einer Störung präfrontaler Funktionen (Birnbaum et al. 1999, Ramos et al. 2005). Hohe Katecholaminlevel während Stress reduzieren das beständige Feuern und das „Tuning“ von PFC Neuronen



(Arnsten 2009). Die Arten von Aufgaben die durch Stress beeinträchtigt werden sind jene, die PFC Operationen erfordern (Arnsten 1998), während Aufgaben die lediglich Basalganglienschaltkreise beanspruchen davon ausgenommen sind oder sogar gefördert werden (Elliott & Packard 2008).

Arnsten (2009) folgert, die bestehende Evidenz zusammengenommen indiziere, dass die hohen Level von Katecholaminen während Stress das Gehirn von „gedankenvoller, reflektierter Regulation“ durch den *Präfrontalkortex* zu schnellerer reflexartiger Regulation durch subkortikale Strukturen wie die *Amygdalae* oder das *Striatum* umschalten. Diese Verschiebung könnte darauf beruhen, dass beispielsweise sowohl Dopaminkonzentration als auch Anstiege in Dopaminkonzentration regionale Unterschiede zeigen.

Abercrombie et al. (1989) berichten eine extrazelluläre Baseline-Dopaminkonzentration im *Striatum* von 10 nM im Gegensatz zu 3 nM im *Medialen Frontalcortex* von Ratten; „Intermittent tail-shock stress“ erhöhte extrazelluläres Dopamin in beiden Strukturen um ca. 9.5 pg/20 pl.. Während jedoch der Absolutanstieg an Dopamin der gleiche war, liegt auf der Hand, dass die Anstiege in Relation zur Baseline sich erheblich voneinander unterscheiden. Diese Art verschiedener Relativeffekte könnte eine der Verschiebung von präfrontal zu subkortikal dominierter Kontrolle zugrundeliegende Komponente sein. Konzeptuell verwandt schlagen Daw et al. (2005) eine unsicherheitsbasierte Konkurrenz zwischen präfrontalem (eher reflektiert) und dorsolateral striatalem (eher reflexartig) System um Verhaltenskontrolle vor. Jedoch scheint eine solche rein dualistische Betrachtungsweise der Komplexität und Variabilität von Entscheidungssituationen nicht gerecht zu werden, sodass es sich bei der Kontrollverschiebung wohl eher um eine graduelle Verschiebung des relativen Einflusses verschiedener Instanzen handelt.

### *Entscheidungsparameter*

Die Meisten der im Folgenden zitierten Studien haben Paradigmen angewandt, in denen Komponenten von „Belohnungsinformation“ wie Größe, Wahrscheinlichkeit und Unsicherheit (Risiko oder Ambiguität) systematisch variiert wurden. In der vorliegenden Studie gab es keine variierende Belohnungsgröße. Ich möchte hier jedoch annehmen, dass Versuchsteilnehmer es bevorzugen eine korrekte Vorhersage zu treffen im Vergleich zu einer fehlerhaften, und dass das Treffen einer korrekten Vorhersage dementsprechend immerhin einen gewissen Belohnungscharakter haben muss.

Folglich kann einer korrekten Vorhersage ein Wert zugeordnet werden, was im Prinzip einer fixen Belohnungsgröße entspricht.

Unsicherheit wird in der Regel in Risiko und Ambiguität unterteilt. Während Ambiguität sich auf diejenige Form von Unsicherheit bezieht, bei der Ergebniswahrscheinlichkeiten nur unvollständig bekannt sind (Exp.1) bezeichnet Risiko die Form von Unsicherheit bei der die Wahrscheinlichkeiten bekannt sind (Exp.2).

### *Ambiguitätskodierung*

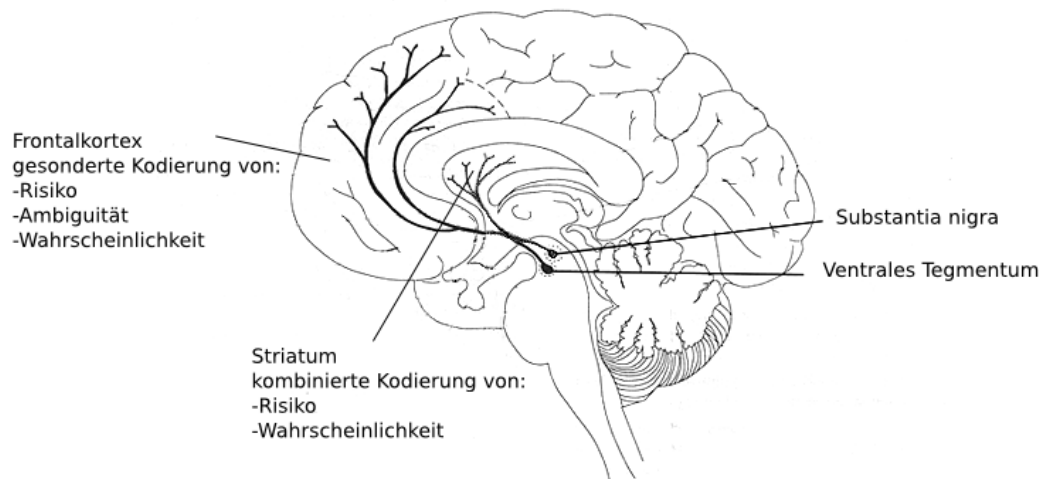
Schultz et al. (2008) berichten höhere BOLD Signale bei “ambiguous gambles” im Vergleich zu riskanten im *Orbitofrontalkortex*, den *Amygdalae* und dem *Dorsomedialen Präfrontalkortex*. Striatale Unsicherheitsbezogene Aktivierungen andererseits (Hsu et al. 2005) werden berichtet höher bei riskanten als bei ambiguen Outcomes zu sein. In einer weiteren Untersuchung von Hsu et al. (2005) unterschieden Personen mit Läsionen des *Orbitofrontalkortex* nicht zwischen Ambiguität und Risiko. Platt & Huettel (2008) berichten, dass Personen mit OFC- Läsionen Ambiguität weniger aversiv erleben als Kontrollpersonen. In der Kontrollbedingung der vorliegenden Studie spiegelt sich Ambiguität vs. Risiko in der subjektiven Entscheidungssicherheit der

Versuchspersonen wider, während das in der Stressbedingung nicht der Fall war. (vgl. Ergebnisse: exp. 1 vs. exp. 2.)

Da Ambiguität oder fehlende Information in präfrontalen Strukturen kodiert wird, während dies im Striatum nicht der Fall zu sein scheint, wollen wir hier schließen, dass wenn striatale Kontrolle überwiegt, Ambiguität bei Entscheidungen nicht berücksichtigt wird. Wenn man davon ausgeht, dass ein zusätzlicher kognitiver Prozess auch zusätzliche Zeit erfordert, findet sich beim genauen Betrachten der berichteten Reaktionszeiten ein weiterer Hinweis auf obigen Schluss. Diese waren in Experiment 1 (unvollständige Information) in der Kontrollbedingung signifikant länger als in der Stressbedingung, während sich in Experiment 2 (vollständige Information) kein derartiger Unterschied zeigte.

Im *Striatum* als subkortikales Kontrollsystem scheint der Grad an fehlender Information also irrelevant zu sein und die erstmögliche Entscheidung wird aufgrund der verfügbaren Information getroffen. Oder anders ausgedrückt, subjektive Entscheidungssicherheit unter Stress in Experiment 1 könnte erhöht sein, da unvollständige Information wie Vollständige behandelt wird. Hier sei angemerkt, dass sowohl in Entscheidungssicherheit als auch Reaktionszeit, Elektrodermalen Aktivität und Herzschlagrate signifikante Unterschiede zwischen den Kontrollbedingungen der beiden Experimente gefunden wurden, was für keinen dieser Werte zwischen den Stressbedingungen der Experimente der Fall war. Reaktionszeiten waren signifikant kürzer in der Kontrollbedingung von Experiment 2 als in der Kontrollbedingung von Experiment 1 ( $p = .032$ ). Elektrodermale Aktivität ( $p = .05$ ) und Herzschlagrate ( $p = .009$ ) waren in der Kontrollbedingung von Experiment 1 signifikant höher als in der Kontrollbedingung von Experiment 2. Zwischen den Stressbedingungen zeigten sich

keine signifikanten Unterschiede für Reaktionszeit ( $p = .475$ ), Elektrodermale Aktivität ( $p = .11$ ) oder Herzschlagrate ( $p = .062$ ).



**Abbildung 7:** Konkurrierende Varianten von Informationsverarbeitung (adaptiert von Crocker 1994)

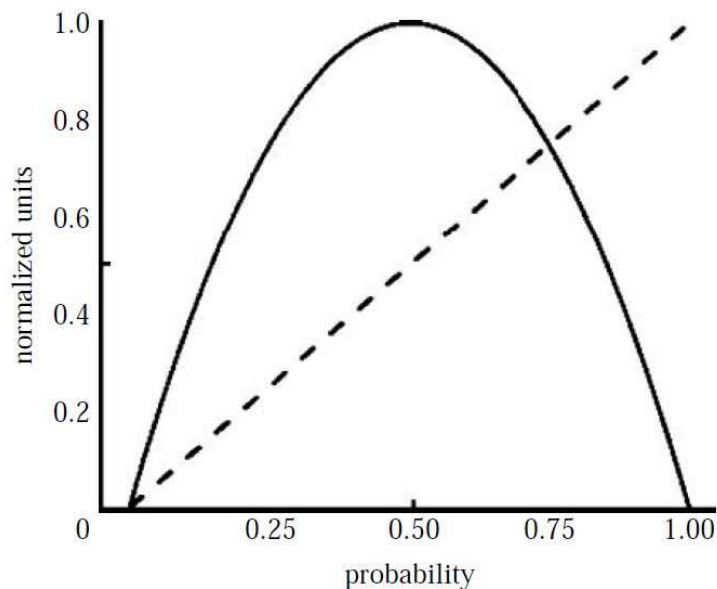
#### *Physiologische Korrelate von Wahrscheinlichkeit und Unsicherheit*

Schultz et al. (2008) berichten eine signifikante Korrelation von BOLD (Blood-oxygenation-level-dependent) Signalen mit Risiko im Mittelhirn. In einer Studie von Fiorillo et al. (2003) kodierten kurze phasische Dopaminsignale in der *substantia nigra pars compacta* und *ventral tegmental area (VTA)* von Primaten Erwartungswert (Belohnungsgröße X Wahrscheinlichkeit). Mindestens ein Drittel der Dopaminneurone zeigte eine zusätzliche, tonische, separate, langsamere und länger anhaltende Aktivierung während des Intervalls zwischen Stimulus und Belohnung, welche Risiko

kodierte da sie ihr Maximum bei  $p = 0.5$  erreichte. Das Risikosignal fand sich in der gleichen Population von Dopaminneuronen, die Belohnungswert kodierten, wobei diese beiden Signale jedoch unkorreliert waren. Hauptprojektionszonen von Dopaminneuronen sind das *Striatum* und der *Präfrontalkortex* (Lynd-Balta & Haber 1994, Williams & Goldman-Rakic 1998). Sesack et al. (2003) berichten, dass bei Nagetieren dopaminerge Neuronen, die zum *Präfrontalkortex* projizieren, direkten reziproken Input von dort empfangen aber nicht vom *Striatum*, während dopaminerge Neuronen die zum *Striatum* projizieren Afferenzen von dort empfangen, nicht jedoch vom *Präfrontalkortex*, und somit zwei verschiedene Projektionssysteme bilden. Tobler et al. (2009) berichten risikoinsensitive Erwartungswert-Signale im *Striatum*. Jedoch wurden in dieser Studie lediglich phasische Aktivierungen erfasst, nicht aber tonische, die berichtet werden, Risiko zu kodieren (Fiorillo et al. 2003, Dreher et al. 2006, Schultz et al. 2007). Schultz et al. (2008) fanden eine Region im *linken ventralen Striatum*, in der die erfassten BOLD-Signale zunächst mit Erwartungswert kovariierten und monoton mit Wahrscheinlichkeit anstiegen, im Folgenden aber einer umgekehrten U-Funktion folgend Risiko widerspiegeln. Hsu et al. (2005) fanden Risikosignale im *dorsomedialen Striatum (caudate nucleus)*. Diese striatalen Aktivierungen korrelierten mit dem Erwartungswert, während eine solche Korrelation nicht im *OFC* oder den *Amygdalae* beobachtet wurde. Man beachte, dass diese beiden Parameter, obwohl in der gleichen neuronalen Population im Mittelhirn von Primaten kodiert, dort unkorreliert waren, während sie dies im *Striatum* durchaus sind, was auf einen dazwischen liegenden Schritt in Informationsintegration hindeutet. Der *mesiale Präfrontalcortex (MPFC)* scheint Wahrscheinlichkeit zu kodieren (Knutson et al. 2005, Tobler et al. 2007) und obwohl Teile des *OFC* berichtet werden, Kodierung von Erwartungswert zu zeigen (Tobler et al. 2007), deutet die Evidenz doch überwiegend darauf hin, dass der

menschliche *Orbitofrontalkortex* Risiko, nicht aber Erwartungswert kodiert ( Critchley et al. 2001, Preuschoff et al. 2006, Tobler et al. 2007). Weiterhin zeigte sich in einer Entscheidungsstudie an Ratten (Kepecs et al. 2008), dass die Feuerrate mehrerer einzelner OFC-Neurone am höchsten war, wenn die Belohnungswahrscheinlichkeit bei 50% lag. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Risiko und Wahrscheinlichkeit im Präfrontalkortex separat kodiert werden, während die Kodierung im Striatum kombiniert stattzufinden scheint. Die basale striatale Dopaminkonzentration von 5–10nM stimuliert tonisch die D2- Typ Dopaminrezeptoren in ihrem überwiegend „high affinity state“ (Richfield et al. 1989). Die Impulsrate während der Unsicherheitsreaktion ist ungefähr doppelt so hoch wie die Hintergrundaktivität und bewirkt Dopaminkonzentrationen von ~10–30 nM, die D2-Rezeptoren tonisch aktivieren können, nicht aber die „low-affinity“ D1 Rezeptoren, die wohl durch Dopaminkonzentrationen > 100nM aktiviert werden können, die durch das phasische Wahrscheinlichkeitssignal freigesetzt werden. Der Unterschied in Rezeptoraktivierung könnte ein Weg für postsynaptische Neuronen sein, zwischen den beiden Signalen zu unterscheiden (Schultz 2007), bzw. der Unterschied in Rezeptoraktivierung könnte die maßgebliche Information sein, über die das postsynaptische Neuron verfügt. Der hier bedeutsame Punkt ist, dass stressbezogene Dopaminausschüttung zur tonischen Unsicherheitskodierung im Striatum hinzugefügt das Verhältnis von D1- und D2-Rezeptoraktivierung verzerren könnte, während ein vergleichbarer Effekt auf Unsicherheits- und Wahrscheinlichkeitskodierung im PFC nicht möglich ist, sofern diese Signale hier getrennt verarbeitet werden. Wenn Unsicherheit hoch ist, sollte man sich seiner Entscheidungen wohl nicht zu sicher sein, so dass zusätzliche D2-Rezeptoraktivierung negativ mit Entscheidungssicherheit korreliert sein sollte. Wenn Stress Dopaminausschüttung in einem Ausmaß erhöht,

welches ausreicht, um D2-, nicht aber D1-Rezeptoren zu stimulieren, ist dies konsistent mit der in Experiment 2 beobachteten Abnahme an Entscheidungssicherheit. In Experiment 1 wiederum wird dieser Effekt durch einen Weiteren, die Nichtberücksichtigung des Grades fehlender Information unter stressinduzierter striataler Kontrolle, ausgeglichen. Die Fälle, in denen die geringsten Unterschiede von Entscheidungssicherheit zwischen den Bedingungen in Experiment 1 beobachtet wurden, waren jene mit ca. 75 % Wahrscheinlichkeit (27.5 % Unsicherheit), während in Experiment 2 die einzigen Fälle, in denen eine signifikante Abnahme der Entscheidungssicherheit gefunden werden konnte, ebenfalls jene mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % waren. Dies,  $p = 75\%$ , ist nach Preuschoff et al. (2006) der Schnittpunkt der Unsicherheitskodierung abbildenden umgekehrten U-Funktion von Wahrscheinlichkeit mit dem linear ansteigenden Graphen, der Wahrscheinlichkeit abbildet.



**Abbildung 8:** Die unterbrochene Linie bildet Wahrscheinlichkeitskodierung ab, die umgekehrte U-Funktion Unsicherheitskodierung. (Abbildung wiedergegeben von Preuschoff et al. 2006)

Weiterhin scheint in der Literatur über den *difficulty effect* (für einen Überblick siehe Moore & Healy 2008) ein Konsens darüber zu bestehen, dass der Übergang von Übersicherheit zu Unsicherheit bei ca. 75% korrekten Antworten stattfindet (Metaanalyse von über 100 Studien von Suantak et al., 1996; Juslin, Olsson, & Björkman, 1997). Insgesamt deutet dies darauf hin, dass  $p = .75$  derjenige Punkt in der Wahrscheinlichkeitsverteilung sein könnte, an dem man am besten „gestimmt“ bzw. die verschiedenen Entscheidungseinflüsse am besten aufeinander abgestimmt sind, und wo man die höchste Sensibilität für Kontextänderungen hat. In der vorliegenden Arbeit zeigt sich  $p \approx .75$  als diejenige Bedingung, unter der die beiden beschriebenen Effekte auf Entscheidungssicherheit in Experiment 1 am besten ausbalanciert sind und in Experiment 2 die einzige Bedingung, unter der subjektive Entscheidungssicherheit signifikant niedriger unter Stress als in der Kontrollbedingung war.

## **5. Zusammenfassung und abschließende Bemerkungen**

In der vorliegenden Studie wurden Hinweise darauf präsentiert, dass die Berücksichtigung des Grades an fehlender Information beim Treffen von Entscheidungen unter Stress durch kognitive Überforderung aussetzt.

Es wurde ein selektiver Überblick über neuronale Korrelate zentraler Entscheidungsparameter und ihre Funktionsweise gegeben, anhand derer die beobachteten Effekte erklärt werden können. Striatum und Präfrontalkortex stehen bzgl. der Verhaltenskontrolle in einem kompetitiven Verhältnis, wobei Stressaussetzung striatale Kontrolle beim Treffen von Entscheidungen fördert und präfrontale Kontrolle schwächt.

In diesen beiden Strukturen sind Wahrscheinlichkeit und Unsicherheit unterschiedlich kodiert. Während Wahrscheinlichkeit und Risiko im PFC örtlich getrennt und beide



phasisch kodiert werden, sind diese im Striatum gemeinsam und in der gleichen Neuronenpopulation kodiert. Während Wahrscheinlichkeit phasisch und schnell vorübergehend kodiert wird, ist Unsicherheit durch langsamere, tonisch anhaltende Dopaminausschüttung im Striatum kodiert.

Postsynaptische Dekodierung dieser tonischen Aktivität könnte durch Veränderungen im Dopaminspiegel, beispielsweise bewirkt durch Stress, beeinflusst werden.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass Stressaussetzung zu herabgesetzter subjektiver Entscheidungssicherheit führen kann, wenn die als Entscheidungsgrundlage dienende Information vollständig ist (i.e. Risiko), während die Entscheidungssicherheit durch Stress gesteigert werden kann, wenn unvollständige Information (i.e. Ambiguität) als Entscheidungsgrundlage dient.

Die Beantwortung der Frage, ob Stressaussetzung zu erhöhter, gleichbleibender oder herabgesetzter Entscheidungssicherheit führt, hängt somit sowohl vom Ausmaß als auch der Qualität der zur Verfügung stehenden Information ab.

Da die uns im Alltagsleben umgebende Information weit davon entfernt ist, vollständig zu sein, erachte ich den Effekt stressbedingt erhöhter Entscheidungssicherheit als den Bedeutsameren.

## 6. Abstract

I successfully manipulated decision confidence on the basis of stress as induced by excessive cognitive demands. In particular, the results indicate that decisions made under stress are associated with increased confidence, when outcome probabilities are incompletely known (ambiguous) and with decreased confidence when outcome probabilities are completely known (risk). We provide evidence for *ambiguity-* (understood as implicit-risk) *assessment* being discontinued under stress as induced by cognitive excessive demands.

I selectively review neural correlates of pivotal decision-parameters and their *modus operandi*, capable of explaining the observed effects. These consist of a dual controller system for behavior, i.e. striatum and PFC, a stress-induced shift from prefrontal to striatal dominance in decision-making and differential coding of probability and uncertainty in these two structures. While probability and risk appear to be coded separately in prefrontal cortex, in the striatum these are coded conjointly in the same neural population. While probability is coded in a fast transient fashion, uncertainty is coded by slower, more sustained dopamine release in the striatum. I propose that postsynaptic decoding of this tonic activity can be influenced by changes in dopamine baseline concentration as induced by stress.

Due to my results the question if decision confidence is increased or decreased by stress-exposure depends on the degree and quality of information. As most information in everyday life is ambiguous, I consider the effect of stress-related increase in decision confidence the more relevant one.

## 7. Literatur

Abercrombie, E.D., Keefe, K.A., Di Frischia, D.S. & Zigmond, M.J. (1989). Differential effect of stress on in vivo dopamine release in striatum, nucleus accumbens, and medial frontal cortex. *J. Neurochem.* 52:1655–58.

Adams, J. K. & Adams, P. A. (1961). Realism of Confidence Judgments, *Psychological Review*, 68, 1, 33 – 45.

Arnsten, A. F. T. (1998). The biology of feeling frazzled. *Science*, 280, 1711–1712.

Arnsten, A.F.T. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature* , 10, 410-422

Baranski, J. V., & Petrusic, W. M. (1998). Probing the locus of confidence judgments: Experiments on the time to determine confidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 24, 929-945.

Baranski, J. V. & Petrusic, W. M. (1999). Realism of confidence in sensory discrimination. *Perception & Psychophysics*, 61 (7), 1369 – 1383.

Birnbaum, S. G., Gobeske, K. T., Auerbach, J., Taylor, J. R. & Arnsten, A. F. T. (1999). A role for norepinephrine in stress-induced cognitive deficits:  $\alpha$ -1-adrenoceptor mediation in prefrontal cortex. *Biol. Psychiatry* 46, 1266–1274.

Boucsein, W. (1988) Elektrodermale Aktivität. Berlin: Springer.

Caraco, T., Martindale, S. & Whitham, T. S. (1980). An empirical demonstration of risk-sensitive foraging preferences. *Animal Behavior* 28, 820–830.

Caraco, T., Blankenhorn, W. U., Gregory, G. M., Newman, J. A., Recer, G. M. & Zwicker, S. M. (1990) Risk-sensitivity: ambient temperature effects foraging choice. *Anim. Behav.* 39, 338–345.

Cartwright, D. & Festinger, L. (1943). A Quantitative Theory of Decision. *Psychological review*, 50, 595-621.

Critchley, H.D., Mathias, C.J. & Dolan, R.J. (2001). Neural activity in the human brain relating to uncertainty and arousal during anticipation. *Neuron* 29:537–545.

Crocker, A. D. (1994). Dopamine- mechanisms of action, *Australian Prescriber*, 17:17-21.

Cumming, S. R., & Harris, L. M. (2001). The impact of anxiety on the accuracy of diagnostic decision-making. *Stress & Health*, 17, 281–286.

Daw, N.D., Niv, Y. & Dayan, P. (2005). Uncertainty-based competition between prefrontal and dorsolateral striatal systems for behavioral control. *Nature Neuroscience*, 8, 12, 1704-1711.

Deutch, A. Y. & Roth, R. H. (1990). The determinants of stress-induced activation of the prefrontal cortical dopamine system. *Prog. Brain Res.* 85, 367–403.

Dreher, J.C., Kohn, P. & Berman, K.F. (2006). Neural coding of distinct statistical properties of reward information in humans. *Cereb Cortex* 16: 561–573.

Elliott, A. E. & Packard, M. G. (2008). Intra-amygdala anxiogenic drug infusion prior to retrieval biases rats towards the use of habit memory. *Neurobiol. Learn. Mem.* 90, 616–623.

Finlay, J. M., Zigmond, M. J. & Abercrombie, E. D. (1995). Increased dopamine and norepinephrine release in medial prefrontal cortex induced by acute and chronic stress: effects of diazepam. *Neuroscience* 64, 619–628.

Fiorillo, C. D., Tobler, P. N. & Schultz, W. (2003) Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. *Science* 299, 1898–1902.

Fischhoff, B., Slovic, P. & Lichtenstein, S. (1977). Knowing with Certainty: The Appropriateness of Extreme Confidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 4, 552-564.

Fleck, M. S., Daselaar, S.M., Dobbins, I. G. & Cabeza, R. (2006). Role of Prefrontal and Anterior Cingulate Region in Decision-Making Processes Shared by Memory and Nonmemory Tasks. *Cerebral Cortex*, 16, 1623-1630.

Gattermig, J. & Kubinger, K.D. (1994). *Erkennen von Meta-Regeln*. Test: Software und Manual. Frankfurt/M.: Swets.

Gigerenzer, G., Hoffrage, U., & Kleinbölting, H. (1991). Probabilistic mental models: A Brunswikian theory of confidence. *Psychological Review*, 98, 506-528.

Goldstein, L. E., Rasmusson, A. M., Bunney, S. B. & Roth, R. H. (1996). Role of the amygdala in the coordination of behavioral, neuroendocrine and prefrontal cortical monoamine responses to psychological stress in the rat. *J. Neurosci.* 16, 4787–4798.

Griffin, D. W., & Tversky, A. (1992). The weighing of evidence and the determinants of confidence. *Cognitive Psychology*, 24, 411-435.

Harkin, B. L. & Mayes, G. M. (2008). Implicit awareness of ambiguity: A role in the development of obsessive-compulsive disorder. *Behaviour Research and Therapy*, 46, 861 – 869.

Henson, R.N., Rugg, M.D., Shallice, T. & Dolan, R.J. (2000). Confidence in recognition memory for words: dissociating right prefrontal roles in episodic retrieval. *J. Cogn. Neurosci.* 12, 913–923.

Hsu, M., Bhatt, M., Adolphs, R., Tranel, D. & Camerer, C. F. (2005). Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making. *Science* 310,1680–1683.

Huettel, S.A., Song, A.W. & McCarthy, G. (2005). Decisions under uncertainty: Probabilistic context influences activation of prefrontal and parietal cortices, *Journal of Neuroscience* **5** pp. 3304–3311.

Janke, W. (1974). Psychophysiologische Grundlagen des Verhaltens. In: *M.v. Kerekjarto (Hrsg.), Medizinische Psychologie*. Berlin: Springer.

Johnson, D.M., (1939) Confidence and speed in two-category judgment. *Archives of Psychology*, 241, pp. 52.

Juslin, P., Olsson, H., & Björkman, M. (1997). Brunswikian and Thurstonian origins of bias in probability assessment: On the interpretation of stochastic components of judgment. *Journal of Behavioral Decision Making*, 10, 189-209.

Keinan, G. (1987). Decision making under stress: Scanning of alternatives under controllable and uncontrollable threats. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 639–644.

Kepecs, A., Uchida, N., Zariwala, H.A. & Mainen, Z.F. (2008). Neural correlates, computation and behavioural impact of decision confidence. *Nature*, Vol. 455.

Kiani, R. & Shadlen, M.N. ( 2009) Representation of Confidence Associated with a Decision by Neurons in the Parietal Cortex. *Science*, 324, 759-764.

Klein, G. (1996). The effect of acute stressors on decision making. In J. E. Driskell & E. Salas (Eds.), *Stress and human performance* (pp. 49–88). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Knutson, B., Taylor, J., Kaufman, M., Peterson, R. & Glover, G. (2005). Distributed Neural Representation of Expected Value. *The Journal of Neuroscience*, 25(19):4806–481.

Logothetis, N.K., Pauls, J., Augath, M., Trinath, T. & Oeltermann A. (2001). Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal. *Nature* 412: 150–157.

Lichtenstein, S., & Fischhoff, B. (1977). Do those who know more also know more about how much they know? The calibration of probability judgments. *Organizational Behavior and Human Performance*, 20, 159-183.

Lynd-Balta, E. & Haber, S.N. (1994) The organization of midbrain projections to the ventral striatum in the primate. *Neuroscience* 59: 609–623.

Lichtenstein, S., Fischhoff, B., & Phillips, L. D. (1982). Calibration of probabilities: The state of the art to 1980. In D. Kahneman, P. Slovic, & A. Tversky (Eds.), *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases* (pp. 306-334). Cambridge: Cambridge University Press.

Moore, D.A. & Healy, P.J. (2008). The Trouble With Overconfidence. *Psychological Review*. 115, 2, 502-512.



Platt, M.L. & Huettel S. A. (2008). Risky business: the neuroeconomics of decisions under uncertainty, *Nature Neuroscience* 11, 398-403.

Preusschoff, K., Bossaerts, P. & Quartz, S. R. (2006). Neural differentiation of expected reward and risk in human subcortical structures. *Neuron*, 51, 381–390.

Ramos, B. P., Colgan, L., Nou, E., Ovadia, S., Wilson, S. R. & Arnsten, A. F. T. (2005). The beta-1 adrenergic antagonist, betaxolol, improves working memory performance in rats and monkeys. *Biol. Psychiatry* 58, 894–900.

Richfield, E.K., Pennney, J.B., Young, A.B. (1989). Anatomical and affinity state comparisons between dopamine D1 and D2 receptors in the rat central nervous system. *Neuroscience* 30:767–77.

Roth, R. H., Tam, S.-Y., Ida, Y., Yang, J.-X. & Deutch, A. Y. (1988). Stress and the mesocorticolimbic dopamine systems. *Ann. NY Acad. Sci.* 537, 138–147.

Schaeffer, M.H. (1989). Environmental stress and individual decision-making: Implications for the patient. *Patient education and counseling*, 13, 3, 221-235.

Schandry, R. (1998). Lehrbuch Psychophysiologie. Weinheim: PVU.

Schultz, W. (2007). Multiple Dopamine Functions at different Time Courses. *Annu. Rev. Neurosci.*, 30:259–88.

Schultz, W., Preuschoff, K., Camerer, C., Hsu, M., Fiorillo, C. D., Tobler, P. N. & Bossaerts, P. (2008). Explicit neural signals reflecting reward uncertainty. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, Volume: 363 Issue: 1511 Pages: 3801-3811.

Sesack, S.R., Carr, D.B., Omelchenko, N. & Pinto, A. (2003). Anatomical substrates for glutamate-dopamine interactions: evidence for specificity of connections and extrasynaptic actions. *Ann NY Acad Sci.* 1003:36--52.

Suantak, L., Bolger, F., & Ferrell, W. R. (1996). The hard–easy effect in subjective probability calibration. *Organizational Behaviour & Human Decision Processes*, 67, 201-221.

Tobler, P. N., O’Doherty, J. P., Dolan, R. & Schultz, W. (2007). Reward value coding distinct from risk attitude-related uncertainty coding in human reward systems. *J. Neurophysiol.* 97, 1621–1632.

Tobler, P.N., Christopoulos, G.I., O’Doherty, J.P., Dolan, R.J. & Schultz, W. (2009). Risk-dependent reward value signal in human prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 17, 7185-7190.

Vickers, D. & Packer, J. (1982). Effects of alternating set for speed or accuracy on response time, accuracy and confidence in a unidimensional discrimination task. *Acta Psychologica*, 50, 179-197.

Weber, E. U. & Milliman, R. A. (1997). Perceived risk attitudes: relating risk perception to risky choice. *Manage. Sci.* 43, 123–144.

Williams, S.M. & Goldman-Rakic, P.S. (1998). Widespread origin of the primate mesofrontal dopamine system. *Cereb Cortex* 8: 321–345.

Williamson, G. F. (1915). Individual Differences in Belief, Measured and Expressed by Degrees of Confidence. *The Journal of Philosophy, Psychology and Scientific Methods*, 12, 5, 127 – 137.

Woodward, T.S., Metzak, P.D., Meier, B. & Holroyd, C.B. (2008). Anterior cingulate cortex signals the requirement to break inertia when switching tasks: A study of the bivalency effect. *Neuroimage*, 40, 1311-1318.

Yates, J. F. (1990). *Judgment and Decision Making*. xvi, 430 pp. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Meyers großes Taschenlexikon in 24 Bänden, Hrsgb.: Meyers lexikonredaktion, redaktionelle leitung: Zwahr, Annette, 10. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage. (2006) Mannheim: Meyers Lexikonverlag.

<http://www.clausewitz.com/readings/OnWar1873/BK1ch03.html>

## 8. Appendix

### Code für Experiment 1

```
##### Header #####

# Scenario name and type
scenario = "Decisions under Uncertainty";
scenario_type = trials;
response_logging = log_active;

# Screen resolution
screen_width = 1280;
screen_height = 1024;
screen_bit_depth = 32;

# Defaults
default_background_color = "255,255,255";
default_text_color = "0,0,0";
default_font_size = 36;

# Timings
$DURATION = 400;
$PAUSE = 350;

# Buttons
active_buttons = 11;
button_codes = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,;

##### SDL #####
begin;

picture {} default;

bitmap { filename = "circle.jpg"; } circle_bmp;
bitmap { filename = "triangle.jpg"; } triangle_bmp;

picture {
    bitmap circle_bmp;
    x = 0; y = 0;
} circle_pic;

picture {
    bitmap triangle_bmp;
    x = 0; y = 0;
} triangle_pic;

trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = fixed; # Button presses do not end the trial
    picture {
        text { caption = "Instructions..."; } ;
        x = 0; y = 0;
    };
} instruction_trial;
```

```

trial {
    trial_duration = 1000;
    trial_type = fixed;
    picture {
        text { caption = "Start Trial!"; } ;
        x = 0; y = 0;
    };
} start_trial;

trial {
    trial_duration = forever;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 1,2,3,4;
    picture {
        text { caption = "?"; } ;
        x = 0; y = 0;
    };
    code = "Response!";
} response_trial;

trial {
    start_delay = 0;
    trial_duration = $DURATION;
    trial_type = fixed;
    picture circle_pic;
    code = "Circle";
} circle_trial;

trial {
    start_delay = 0;
    trial_duration = $DURATION;
    trial_type = fixed;
    picture triangle_pic;
    code = "Triangle";
} triangle_trial;

trial {
    start_delay = 0;
    trial_duration = $PAUSE;
    trial_type = fixed;
    picture default;
} pause_trial;

trial {
    trial_duration = forever;
    trial_type = first_response;
    picture {
        text { caption = "Please press SPACE to continue..."; }
;
        x = 0; y = 0;
    };
} button_press_trial;

```

```

array {
  trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
      text { caption = "Meta 1"; };
      x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 1";
  };
  trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
      text { caption = "Meta 2"; };
      x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 2";
  };
  trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
      text { caption = "Meta 3"; };
      x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 3";
  };
  trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
      text { caption = "Meta 4"; };
      x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 4";
  };
  trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
      text { caption = "Meta 5"; };
      x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 5";
  };
  trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
      text { caption = "Meta 6"; };

```

```

        x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 6";
};
trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
        text { caption = "Meta 7"; };
        x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 7";
};
trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
        text { caption = "Meta 8"; };
        x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 8";
};
trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
        text { caption = "Meta 9"; };
        x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 9";
};
trial {
    trial_duration = 3000;
    trial_type = specific_response;
    terminator_button = 6,7,8,9,10,11;
    picture {
        text { caption = "Meta 10"; };
        x = 0; y = 0;
    };
    code = "Meta 10";
};
} meta_trials;

##### PCL #####
begin_pcl;

# Output port
if (output_port_manager.port_count() == 0) then
    term.print( "No output ports selected!" );
    exit();
end;
output_port oport = output_port_manager.get_port( 1 );

```

```

oport.set_pulse_width( 30 );

# Number of trials
int NUM_TRIALS = 1;
int NUM_RUNS = 2;

# Show instructions
instruction_trial.present();

loop
  int m = 1
until
  m > NUM_RUNS
begin

  loop
    int n = 1
  until
    n > NUM_TRIALS
  begin

    # Indicate start
    start_trial.present();

    # Calculate randomization

    double rand;
    int num_circles = 0; # Number of circles in stimuli
    double feedback_prob; # Feedback probability
    array <int> stimuli_array[8]; # Array of stimuli

    rand = random();
    if (rand >= 0.0 && rand < 0.17) then
      num_circles = 8;
      stimuli_array = {1,1,1,1,1,1,1,1};
    end;
    if (rand >= 0.17 && rand < 0.32) then
      num_circles = 7;
      stimuli_array = {1,1,1,1,1,1,1,0};
    end;
    if (rand >= 0.32 && rand < 0.405) then
      num_circles = 6;
      stimuli_array = {1,1,1,1,1,1,0,0};
    end;
    if (rand >= 0.405 && rand < 0.47) then
      num_circles = 5;
      stimuli_array = {1,1,1,1,1,0,0,0};
    end;
    if (rand >= 0.47 && rand < 0.53) then
      num_circles = 4;
      stimuli_array = {1,1,1,1,0,0,0,0};
    end;
    if (rand >= 0.53 && rand < 0.595) then
      num_circles = 3;
      stimuli_array = {1,1,1,0,0,0,0,0};
    end;
    if (rand >= 0.595 && rand < 0.68) then

```



```

        num_circles = 2;
        stimuli_array = {1,1,0,0,0,0,0,0};
    end;
    if (rand >= 0.68 && rand < 0.83) then
        num_circles = 1;
        stimuli_array = {1,0,0,0,0,0,0,0};
    end;
    if (rand >= 0.83 && rand < 1.0) then
        num_circles = 0;
        stimuli_array = {0,0,0,0,0,0,0,0};
    end;

    # Shuffle stimuli array
    stimuli_array.shuffle();

    # Calculate probability of feedback
    if (num_circles == 8) then
        feedback_prob = 0.8;
    end;
    if (num_circles == 7) then
        feedback_prob = 0.725;
    end;
    if (num_circles == 6) then
        feedback_prob = 0.65;
    end;
    if (num_circles == 5) then
        feedback_prob = 0.575;
    end;
    if (num_circles == 4) then
        feedback_prob = 0.5;
    end;
    if (num_circles == 3) then
        feedback_prob = 1.0 - 0.575;
    end;
    if (num_circles == 2) then
        feedback_prob = 1.0 - 0.65;
    end;
    if (num_circles == 1) then
        feedback_prob = 1.0 - 0.725;
    end;
    if (num_circles == 0) then
        feedback_prob = 1.0 - 0.8;
    end;

    # Show trials
    loop
        int i = 1
    until
        i > stimuli_array.count()
    begin
        if (stimuli_array[i] == 1) then
            circle_trial.present();
        else
            triangle_trial.present();
        end;
        pause_trial.present();
        i = i + 1;
    end;
end;

```

```

end;

# Ask for response
response_trial.present();

# Send output code
oport.send_code( 1 );

# Show feedback
rand = random();
if (rand < feedback_prob) then
    circle_trial.present(); # Circle
else
    triangle_trial.present(); # Triangle
end;

# Show pause
pause_trial.present();

n = n + 1;
end;

# Random meta trial
meta_trials.shuffle();
meta_trials[1].present();

# Wait for button press (except last trial)
if (m != NUM_RUNS) then
    button_press_trial.present();
end;

m = m + 1;
end;

```

## Lebenslauf

Johannes Freiherr Heereman

\*04.11.1983 in Köln

## Praktika u.ä.

05/09 - 08/09 Institut für Klinische, Biologische und Differentielle Psychologie Wien

Praktikant

10/07 – 02/08 Büro für Kultur- und Öffentlichkeitservice der Universität Innsbruck

Freier Mitarbeiter

07/07 – 08/07 IFP, Institut für Personalberatung und Managementdiagnostik, Köln

Praktikant

## Ausbildung

10/07 – 02/08 Universität Innsbruck, Studium der Psychologie

08/06 – 02/07 Universidad de Buenos Aires, Studium der Psychologie

10/04 – dato Universität Wien, Studium der Psychologie

10/03 – 06/04 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Studium der Rechtswissenschaften

10/00 – 06/02 Deutsche Schule Madrid, Abitur (1,9)

## Veröffentlichungen

Carbon, C. C. & Heereman, J. (2006). *Der Mozarteffekt: lediglich ein Konzentrationseffekt?* Poster Presentation, 7. Wissenschaftliche Tagung der Österreichischen Gesellschaft für Psychologie (ÖGP), Klagenfurt (28.4.-30.4.2006).