

**Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin  
Aus der Klinik und Hochschulambulanz für Psychiatrie und  
Psychotherapie  
Direktorin: Prof. Dr. med. Dipl.-Psych. Isabella Heuser  
Abteilung: Psychophysiologie**

## **Orbitofrontale EEG-Aktivität bei Belohnung und Bestrafung**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der  
Medizinischen Doktorwürde  
der Charité-Universitätsmedizin  
Campus Benjamin Franklin**

**vorgelegt von Susanne Bornschlegl  
aus Ostfildern-Ruit**

Referent: Prof. Dr. med. FM Reischies

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. B. Schmitz

Gedruckt mit Genehmigung der Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin

Promoviert am: 02. Dezember 2005

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Der orbitofrontale Cortex</b>	<b>1</b>
1.1.1	Anatomie des orbitofrontalen Cortex	2
1.1.2	Verbindungen zu anderen Hirnregionen	3
<b>1.2</b>	<b>Repräsentation von Belohnung und Bestrafung im OFC</b>	<b>4</b>
1.2.1	Neurophysiologie des orbitofrontalen Cortex	4
1.2.2	Läsionsstudien an Primaten	6
1.2.3	Läsionsstudien bei Menschen	7
1.2.4	fMRT- und PET-Studien	9
<b>1.3</b>	<b>Das Elektroenzephalogramm</b>	<b>10</b>
1.3.1	Elektroenzephalogramm (EEG) versus Magnetresonanztomographie (MRT)	10
1.3.2	Prinzip des Elektroenzephalogramms (EEG) und evozierte Potentiale	11
<b>1.4</b>	<b>Quellenlokalisierung des EEG</b>	<b>11</b>
1.4.1	Das inverse Problem	11
1.4.2	Lösungsansätze für das inverse Problem	12
1.4.3	Dipolmodelle	12
1.4.4	Lineare Modelle	13
1.4.5	Lösungsansatz der LORETA	13
1.4.6	Validierung der Methode LORETA	14
<b>1.5</b>	<b>pORT – das verwendete Belohnungs-Paradigma</b>	<b>15</b>
1.5.1	Testprinzip des pORT	15
1.5.2	bisherige Daten zu pORT	16
<b>1.6</b>	<b>Fragestellung der vorliegenden Untersuchung</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>Probanden und Methoden</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Probanden</b>	<b>18</b>
2.1.1	Rekrutierung	18
2.1.2	Ausschlusskriterien	18
2.1.3	Beschreibung der Stichprobe	19
<b>2.2</b>	<b>Ablauf der Untersuchung</b>	<b>19</b>
2.2.1	Testablauf pORT	19

2.2.2	Kontrolltest	21
2.2.3	Ablauf der Untersuchung	22
<b>2.3</b>	<b>EEG und evozierte Potentiale</b>	<b>23</b>
2.3.1	EEG-Aufzeichnung	23
2.3.2	Aufbereitung der EEG-Rohdaten	23
2.3.3	Evozierte Potentiale und Grand Average	23
2.3.4	Peakbestimmung	24
2.3.5	Statistik der Peakanalyse	24
<b>2.4</b>	<b>Quellenlokalisierung mittels LORETA</b>	<b>25</b>
2.4.1	Lösungsraum	25
2.4.2	Räumliche Auflösung	25
2.4.3	Statistik der Quellenlokalisierung	26
<b>2.5</b>	<b>Ethik</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Analyse der evozierten Potentiale</b>	<b>28</b>
3.1.1	Festlegung der Peaks anhand des Grand Average (GA)	28
3.1.2	Peakanalyse von P150 und P350	30
<b>3.2</b>	<b>Quellenanalyse: LORETA-t-Test</b>	<b>32</b>
3.2.1	Festlegung des Zeitfensters und Überblick über die Vorgehensweise	32
3.2.2	Belohnung post Stimulus versus Baseline	35
3.2.3	Belohnung versus neutral	35
3.2.4	Bestrafung post Stimulus versus Baseline	41
3.2.5	Bestrafung versus neutral	42
3.2.6	Vergleich von Belohnung und Bestrafung	44
<b>3.3</b>	<b>Exkurs 1: Aktivitätsunterschiede weiterer Hirnbereiche nach Belohnung und Bestrafung</b>	<b>45</b>
<b>3.4</b>	<b>Exkurs 2: pORT versus Kontrolle</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Hauptergebnisse</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Diskussion der Methode</b>	<b>47</b>
4.2.1	Artefakte im EEG	47
4.2.2	Übereinstimmung von GA-Kurven und Analyse des Peaks P350	47
4.2.3	Festlegung des Zeitfensters für die LORETA-Quellenanalyse	48

4.2.4	Konsistenz der Hauptergebnisse	48
4.2.5	LORETA-Quellenanalyse und Statistik	49
4.2.6	Erfassung des Belohnungswertes	50
4.2.7	Verfälschung des Ergebnisses durch Drittvariablen	51
<b>4.3</b>	<b>Diskussion der Hauptergebnisse</b>	<b>52</b>
4.3.1	Aktivitätsunterschiede weiterer Hirnbereiche	52
4.3.2	Interpretation der Hauptergebnisse	53
4.3.3	Bestrafung	55
4.3.4	Lateralisation	55
4.3.5	Der Zeitbereich orbitofrontaler Aktivitätsunterschiede	56
<b>4.4</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>72</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>84</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>85</b>