

Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie
der Freien Universität Berlin

**Hochaufgelöste Zeit-Frequenz-Analysen
ereigniskorrelierter EEG-Oszillationen mittels
S-Transformation**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Philosophie
(Dr. phil.)

vorgelegt von
Diplom-Physiker
Sascha Tamm

Berlin 2005

Erstgutachter: Prof. Dr. Rainer Bösel
Zweitgutachter: Prof. Dr. Arthur Jacobs
Tag der Disputation: 13. Mai 2005

Danksagung

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Kognitive Neuropsychologie von Herrn Prof. Dr. Rainer Bösel. Ihm gilt mein ganz besonderer Dank für viele interessante Diskussionen und Anregungen, die weit über die Inhalte dieser Arbeit hinaus mein Interesse an kognitionspsychologischen Fragestellungen geweckt und in vielen Punkten mein Weltbild nachhaltig beeinflusst haben.

Ich bedanke mich bei Ai-Leen Saw und Claudia Männel, die mir ihre EEG-Rohdaten für die Auswertungen zur Verfügung gestellt haben. Ihnen und auch allen anderen Mitgliedern der Arbeitsgruppe sowie den Kolleginnen und Kollegen aus der Allgemeinen Psychologie und der Biopsychologie danke ich für anregende Diskussionen in einer äußerst angenehmen und freundschaftlichen Atmosphäre.

Bei Dr. Jens Eisermann möchte ich mich für die interessanten und hilfreichen Gespräche insbesondere zu statistischen Fragestellungen bedanken.

Claudia Männel danke ich ganz herzlich für das intensive Korrekturlesen des Manuskripts, für ihre wertvollen Hinweise und Anregungen sowie ihre stets aufmunternden Worte.

Ein ganz lieber Dank geht an meine Freundin Anna Galow, die nach meinem Physikstudium den entscheidenden Anstoß zum Wechsel in die EEG-Forschung gegeben hat. Ihre Unterstützung in fachlicher und persönlicher Hinsicht war für mich von unschätzbarem Wert.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitgliedern meiner Ju-Jutsu-Trainingsgruppe, die durch ihre moralische Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Nicht zuletzt möchte ich mich besonders herzlich bei meinen Eltern und meinem Bruder bedanken, die immer für mich da sind und mich bei dem, was ich tue, in jeder Hinsicht unterstützen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	iv
1 Einleitung und Problemstellung	1
2 EEG-Indikatoren zur Untersuchung kognitiver Prozesse	3
2.1 Von der Nervenzelle zur EEG-Welle	4
2.2 Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)	5
2.3 Ereigniskorrelierte Oszillationen (EKO)	8
2.4 Methodologische Betrachtungen	12
2.4.1 Berechnung und statistische Prüfung evozierter EKOs	12
2.4.2 Berechnung induzierter EKOs	15
3 Zeit-Frequenz-Signalanalyse	17
3.1 Grundlagen	18
3.1.1 Vom Kopf in den Computer	18
3.1.2 Vom Zeitbereich in den Frequenzbereich: Die Fourier-Analyse	19
3.1.3 Vom Spektrum zum Spektrogramm	26
3.2 Kurzzeit-Fourier-Transformation (STFT)	28
3.2.1 Prinzip	28
3.2.2 Transformationsgleichung	28
3.2.3 STFT-Abtastbedingung	30
3.3 Wavelet-Transformation (WT)	30
3.3.1 Was ist ein Wavelet?	31
3.3.2 Transformationsgleichung und Darstellung	33
3.3.3 Morlet-Wavelet	34
3.3.4 Kontinuierliche und diskrete WT	34
3.4 S-Transformation (ST)	35
3.4.1 Prinzip	35
3.4.2 Transformationsgleichung	36
3.4.3 ST im Vergleich mit WT und STFT	39
3.4.4 Aliasing im Zeitbereich durch zirkuläre Faltung	42
4 Beschreibung der Softwaretools	43
5 Empirie I: Wahlreaktionen unter erschwerten Bedingungen	47
5.1 Zielsetzung	47
5.2 Methode	47
5.2.1 Versuchspersonen	47
5.2.2 Versuchsanordnung	48
5.2.3 EEG-Registrierung und Artefaktkontrolle	50
5.3 Datenanalyse	50

5.4	Ergebnisse	52
5.4.1	Verhaltensdaten	52
5.4.2	Ereigniskorrelierte Potentiale	53
5.4.3	Frequenzbänder	53
5.4.4	Vergleich ST und STFT	54
5.4.5	Einfluss von Fenstertyp und Fensterlänge	57
5.5	Diskussion	58
6	Empirie II: Visueller Novelty-Oddball	61
6.1	Zielsetzung	61
6.2	Methode	62
6.2.1	Versuchspersonen	62
6.2.2	Versuchsordnung	62
6.2.3	EEG-Registrierung und Artefaktkontrolle	64
6.3	Datenanalyse	65
6.4	Ergebnisse	67
6.4.1	Ereigniskorrelierte Potentiale	67
6.4.2	Vergleich ST und WT	68
6.4.3	Stabilität der Signale	69
6.4.4	Einfluss des Fensterfaktors	69
6.5	Diskussion	75
7	Resümee	77
A	Ergänzende Zeit-Frequenz-Darstellungen zu Empirie II	79
	Literaturverzeichnis	85