

## 4 Beschreibung der Softwaretools

Für die Auswertung von EEG-Daten mittels S-Transformation (ST) wurden Softwaretools in Matlab<sup>1</sup> (The MathWorks, Inc.) entwickelt, die es auch Anwendern ohne Matlab-Erfahrung erlauben, einfach und effizient vielfältige Zeit-Frequenz-Analysen durchzuführen. Das Basissystem besteht aus vier aufeinander aufbauenden Programmen, die nach dem Aufruf jeweils über eine graphische Benutzerführung alle erforderlichen Einstellungen vom Anwender abfragen. Die Basistools decken alle notwendigen Funktionen vom Import der Daten aus dem Vision Analyzer<sup>2</sup> (Brain Products) bis zur Visualisierung der Zeit-Frequenz-Daten ab. Die Verwendung dieser Tools soll im Folgenden kurz beschrieben werden.

### 1. Datenimport (va2matlab)

Zunächst müssen die vorverarbeiteten Daten aus dem Vision Analyzer (Filterung, Artefaktkontrolle, Segmentierung) über die Exportfunktion in das ASCII-Format exportiert werden. Dabei sind die Optionen zur Erzeugung der Header-Datei (.vhdr) und der Marker-Datei (.vmrk) zu aktivieren. Die Datenorientierung ist auf „multiplexed“ zu setzen und es dürfen keine Kanalnamen in das Datenfile geschrieben werden. Als Dezimaltrennzeichen ist der Dezimalpunkt zu wählen. Nach dem Export liegen für jede zuvor ausgewählte Versuchsperson drei Dateien vor: die EEG-Daten (.dat) sowie die schon erwähnten Marker- und Header-Dateien. Die Konvertierung dieser Daten in eine Matlab-Datei erfolgt mit dem Tool „va2matlab“. Die benötigten Informationen, wie z. B. die verfügbaren EEG-Kanäle oder die Signal-Samplingrate, werden aus den drei o. g. Dateien entnommen. Der Anwender kann an dieser Stelle u. a. entscheiden, welche Kanäle übernommen werden und ob die Anzahl der Zeitpunkte durch Subsampling reduziert werden soll. Im Anschluss an die Konvertierung liegt für jede Versuchsperson eine Datei mit der Endung „.mat“ vor. Diese enthält alle Informationen der aus dem Vision Analyzer exportierten Daten.

### 2. S-Transformation (strafo)

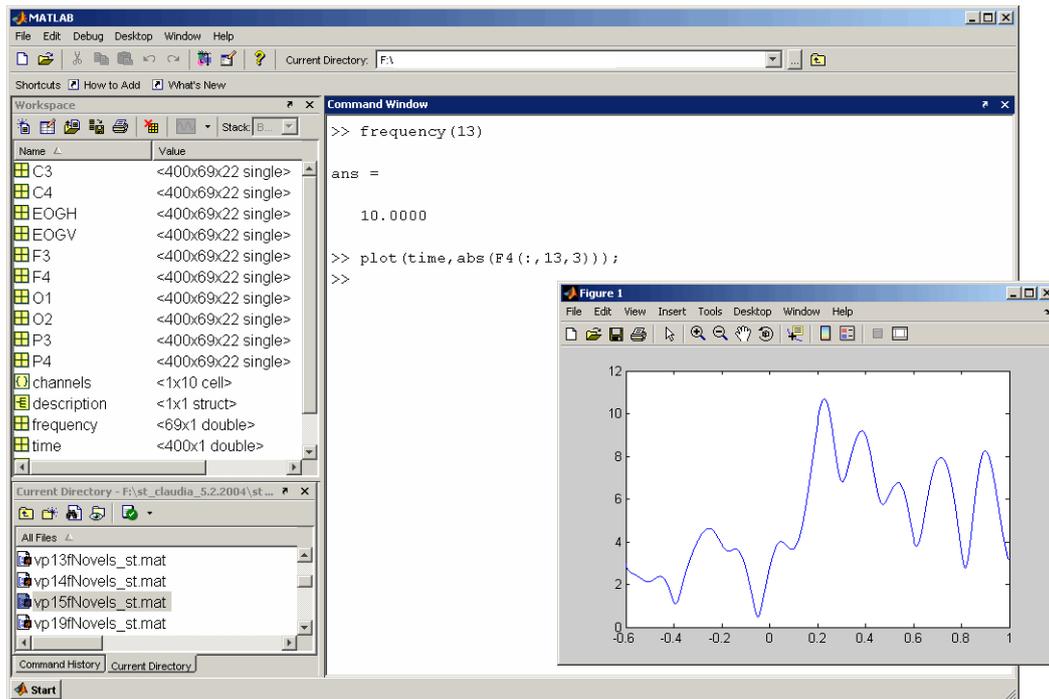
Die S-Transformation<sup>3</sup> erfolgt mit Hilfe des Programms „strafo“. Nach dem Aufruf des Programms sind die zu transformierenden Datensätze auszuwählen, die als .mat-Dateien

---

<sup>1</sup>Hierbei handelt es sich um ein integriertes System aus Programmiersprache und interaktiver Anwendungsumgebung zur Durchführung und Visualisierung mathematischer Berechnungen.

<sup>2</sup>Ein Programm zur Auswertung von Roh-EEG-Daten.

<sup>3</sup>Der implementierte Algorithmus zur Berechnung der diskreten ST orientiert sich an einem kurzen Beispielcode von Stockwell (1997). Entsprechend übernommene Programmteile sind im Quellcode gekennzeichnet.

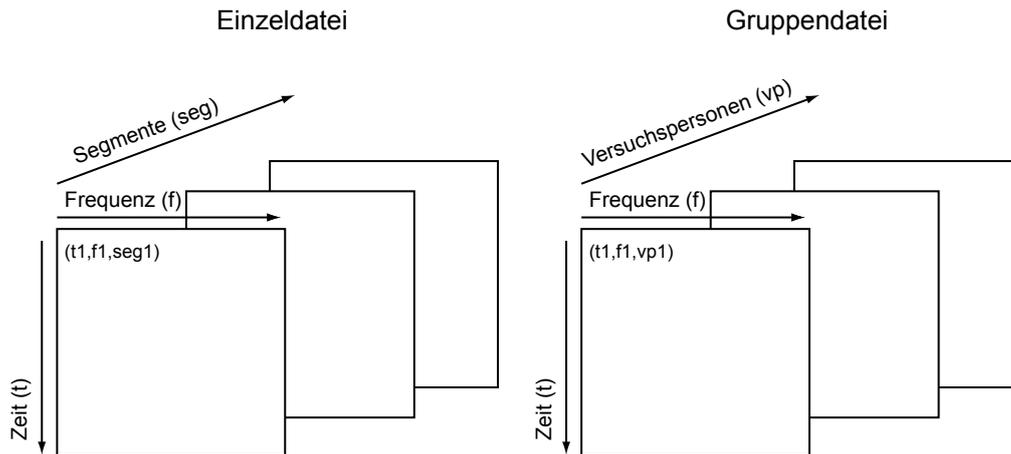


**Abbildung 4.1:** Interaktiver Datenzugriff in Matlab. Durch Doppelklick auf die Datei `vp15fNovels_st.mat` (unten links) werden die Daten in den Workspace geladen (oben links). Die Datenstruktur der Kanalvariablen ist in den spitzen Klammern ersichtlich, wobei die folgende Zuordnung gilt: <Zeitpunkt x Frequenzwert x Segment>. Auf der rechten Seite wird die Möglichkeit zum direkten Zugriff auf die Daten anhand des `plot`-Befehls demonstriert.

im aktuellen Verzeichnis vorliegen müssen. Daraufhin werden schrittweise die vom Anwender gewünschten Transformationseinstellungen wie Fenstertyp und Fensterfaktor abgefragt. Folgende Fenster stehen dabei zur Verfügung: Rechteck, Hann, Hamming, Gauß sowie Morlet. Bei dem Morlet-Fenster handelt es sich um ein speziell parametrisiertes Gauß-Fenster. Hier entspricht der Fensterfaktor dem bei Wavelet-Analysen mit einem komplexen Morlet-Wavelet verwendeten Parameter  $f_0/\sigma_f$  (S. 34), so dass entsprechende Wavelet-Analysen direkt mit der S-Transformation nachgebildet werden können. Nach Abschluss der S-Transformation existiert für jede `.mat`-Datei eine Datei gleichen Namens mit einem angefügten „\_st“ zur Kennzeichnung der S-transformierten Daten. Diese Datei enthält die komplexen Zeit-Frequenz-Daten einer Versuchsperson. Dabei sind die Daten für jeden EEG-Kanal in einer gleichnamigen Variablen gespeichert (Abb. 4.1). Die verwendete Datenstruktur ist auf der linken Seite in Abbildung 4.2 dargestellt.

### 3. Gruppendaten (vp2group)

Das Programm „vp2group“ erstellt aus den Einzelpersonendaten eine Gruppendatei, in der die gemittelten Daten der Versuchspersonen je nach Auswahl als Amplituden-, Power-,  $\log_{10}$  Power- oder Phasenwerte gespeichert sind. Mit Ausnahme der Phasenwerte handelt es sich hierbei immer um die Signal-Gesamtaktivität. Gleichzeitig wird zu jedem vorhandenen Kanal ein neuer Kanal mit der Endung „ev“ (für evoziert) angelegt. Dieser enthält die



**Abbildung 4.2:** Datenstruktur für die Zeit-Frequenz-Daten von Einzelpersonendateien (links) und Gruppendateien (rechts).

gemittelten komplexen Daten der Versuchspersonen, so dass bei Bedarf sowohl die evozierte als auch die induzierte Signalaktivität berechnet und angezeigt werden kann. Sofern keine Einzelfallanalysen geplant sind, können die Einzelpersonendaten, die in der Regel sehr viel Speicherplatz verbrauchen, nach dem Erstellen der Gruppendateien gelöscht werden. In Hinsicht auf die Datenstruktur unterscheiden sich Einzelpersonendateien und Gruppendateien nur darin, dass in der Gruppendatei statt der Segmentdaten der Einzelpersonen die gemittelten Daten der Versuchspersonen gespeichert sind (Abb. 4.2).

#### 4. Visualisierung (stplot)

Die Visualisierung der Daten erfolgt über das Programm „stplot“. Dieses Tool stellt verschiedene graphische Optionen zur visuellen Exploration der Daten zur Verfügung. Für eine bessere Interpretierbarkeit der Zeit-Frequenz-Darstellungen ist es möglich, für jede Frequenz jeweils den Zeitbereich auszublenden, in dem es zu Überlappungen der Analysefenster am Beginn und am Ende des Datensegments kommt (COI, Kap. 3.4.4). Dies ist insbesondere für die gemeinsame Betrachtung langsamer und schneller Frequenzen sinnvoll. Es können sowohl Amplituden- als auch Phasendaten dargestellt werden (Abb. 4.3).

Neben diesen Basistools wurden eine Reihe weiterer Auswertefunktionen entwickelt, die speziell auf die Anforderungen bei der Analyse von Zeit-Frequenz-Daten zugeschnitten sind. So existieren eine Reihe spezieller Funktionen für die statistische Testung von zirkulären Daten wie Phasenwerten (Fisher, 1995; Pearson, 1963). Es besteht weiterhin die Möglichkeit, gepaarte und ungepaarte Bootstrap t-Tests (Efron & Tibshirani, 1993; zum Bootstrap s. auch Wasserman & Bockenholt, 1989) über die gesamte Zeit-Frequenz-Ebene oder ausgewählte Regionen durchzuführen. Mehrfachvergleiche können dabei entweder durch Verwendung der maximum t-statistic (Nichols & Holmes, 2001) oder durch Kontrolle der

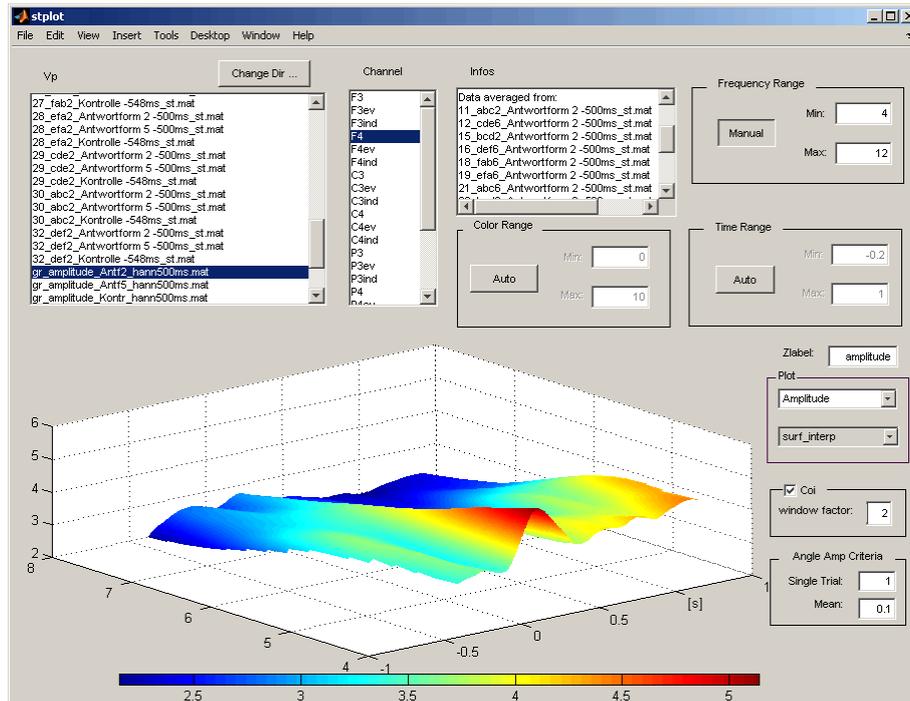


Abbildung 4.3: Die Visualisierung der Zeit-Frequenz-Daten erfolgt mit Hilfe des Tools stplot.

false discovery rate (FDR; Benjamini & Hochberg, 1995; Nichols & Satoru, 2003) berücksichtigt werden. Aufgrund der bereits angesprochenen vergleichbaren Datenstrukturen von Einzelpersonen- und Gruppendateien können diese Tools ohne Weiteres sowohl für Analysen innerhalb einer Person als auch für Gruppenvergleiche verwendet werden.