Westfälische
Wilhelms-Universität
Münster

Konnektivität im Gehirn

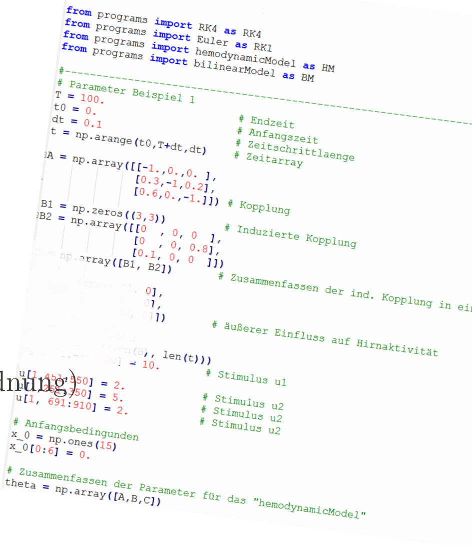
Lutz Althüser, Tobias Frohoff-Hülsmann, Victor Kärcher,
Lukas Splitthoff, Timo Wiedemann

NiMoNa 2016

08. Juni, 2016

Überblick

- Motivation und Ziel
- Die Modelle
  - Lineares Modell
  - Bilineraes Modell
    - Hämodynamisches Modell
- Numerische Methoden
  - Euler-Verfahren
  - Runge-Kutta-Verfahren (4. Ordnung)
- Theoretische Experimente
  - linear
  - bilinear
  - hemodynamisch
- Literatur



Einleitung in DCM - Dynamic Causal Model

Interaktion zwischen verschiedenen Hirnregionen

Konnektivität im Gehirn

Über die **Mathematische** Modellierung von Interaktionen zwischen mehreren Regionen des Gehirns.

Ziel

Das Aufstellen eines einfachen und realistischen neuronalen Modells aller interagierenden Gehirnregionen.

Einleitung in DCM - Dynamic Causal Model

[Hier ein nettes Bild]

Ziel

Das Aufstellen eines einfachen und realistischen neuronalen Modells aller interagierenden Gehirnregionen.

- Rückschlüsse auf die Verschaltung von Hirnregionen
- Einfluss der Veränderungen in der neuronalen Aktivität

Datengrundlage des DCM sind funktionelle Magnetresonanztomographien.

Lineares Modell

u Inputs $\rightarrow$ z Outputs pro Hirnregion

Inputs

- direkten Input: Veränderung des neuronalen Zustands
- latenten Input: Veränderung der Vernetzung

Outputs

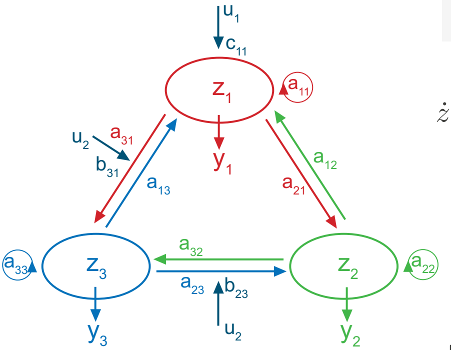
- neuronale Aktivität in der Hirnregion
- ...

Vernetzung von Hirnregionen

$$\dot{z} = A + Cu$$

Matrix A: Konnektivitätsmatrix - Verschaltung der Hirnregionen
Matrix C: Einfluss der Inputs auf die neuronale Aktivität einer Hirnregion

Bilineares Modell



Vernetzung von 3 Hirnregionen

Modell

- n verschiedene Gehirnregionen mit der Zustandsvariablen z_i mit $i = 1, ..., n$
- Aktivität durch vorgegebenes Eingangssignal bestimmt

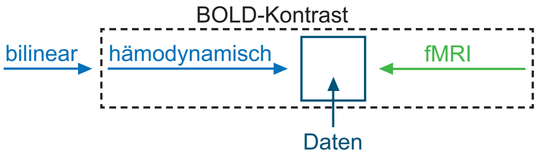
$$\dot{z} = (A + \sum_j u_j B^j)z + Cu$$

$$= \left\{ \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} + u_2 \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{23}^{(2)} \\ b_{31}^{(2)} & 0 & 0 \end{pmatrix} \right\} z$$

$$+ \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \end{pmatrix}$$

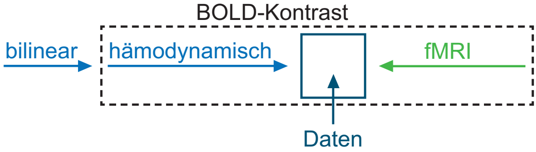
Vergleichbarkeit

Bilineare Modell $\Rightarrow$ Gehirnaktivitäten $z_i(t)$

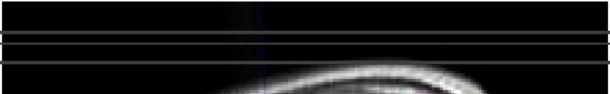


Vergleichbarkeit

Bilineare Modell $\Rightarrow$ Gehirnaktivitäten $z_i(t)$



Experiment (funktionelle MRT)$\Rightarrow$ BOLD-Signal/Kontrast $y_i(t)$
$\approx$ Sauerstoffgehalt der roten Blutkörperchen



Hämodynamisches Modell

4 biophysikalische Zustandsvariablen übermitteln $z_i(t) \to y_i(t)$:
$s_i(t)$: Zusammenfassung mehrerer neurogener Signale
$f_i^{in}(t)$: (sauerstoffreicher) Blutzufluss
$v_i(t)$: Venenvolumen
$q_i(t)$: Desoxyhämoglobinkonzentration

Biophysikalisch:
$\dot{s}_i = z_i - \kappa s_i - \gamma(f_i^{in} - 1)$
$\dot{f}_i^{in} = s_i$
$\dot{v}_i = \frac{1}{\tau}(f_i^{in} - f_i^{out}) = \frac{1}{\tau}(f_i^{in} - v_i^{1/\alpha})$
$\dot{q}_i = \frac{1}{\tau}(f_i^{in} E_i/\rho - v_i^{1/\alpha} q_i/v_i)$

BOLD-Signal (fMRT):
$y_i = V_0(k_1(1 - q_i) + k_2(1 - q_i/v_i) + k_3(1 - v_i))$

Euler-Verfahren

explizites Verfahren

Runge-Kutta-Verfahren (4. Ordnung)

Analyse der effektiven Konnektivität

Numerisches Experiment - linear

Analyse der effektiven Konnektivität

Numerisches Experiment - bilinear

Analyse der effektiven Konnektivität

Numerisches Experiment - hämodynamisch

Analyse der effektiven Konnektivität

Literatur

- *Dynamic causal modelling*
  K.J. Friston et al. / NeuroImage 0 (2003)
  `web.mit.edu/swg/ImagingPubs/connectivity/Dcm_Friston.pdf`

Designfeatures

Hervorhebungen

Wenn man Dinge hervorheben möchte nutzt man entweder Fettdruck, *kursive Schrift* oder das Schlüsselwort älert". Auch ïtemizeUmgebungen werden von der Stilvorlage überschrieben:

Designfeatures

Hervorhebungen

Wenn man Dinge hervorheben möchte nutzt man entweder Fettdruck, *kursive Schrift* oder das Schlüsselwort älert". Auch ïtemizeUmgebungen werden von der Stilvorlage überschrieben:

- So wird sichergestellt,
- dass alle Elemente der Präsentation
- dieselbe Farbe nutzen.

Achtung!

Hier kommt Rot ins Spiel!

Beispiel

Hier kommt Grün ins Spiel!