

A free energy principle for the brain

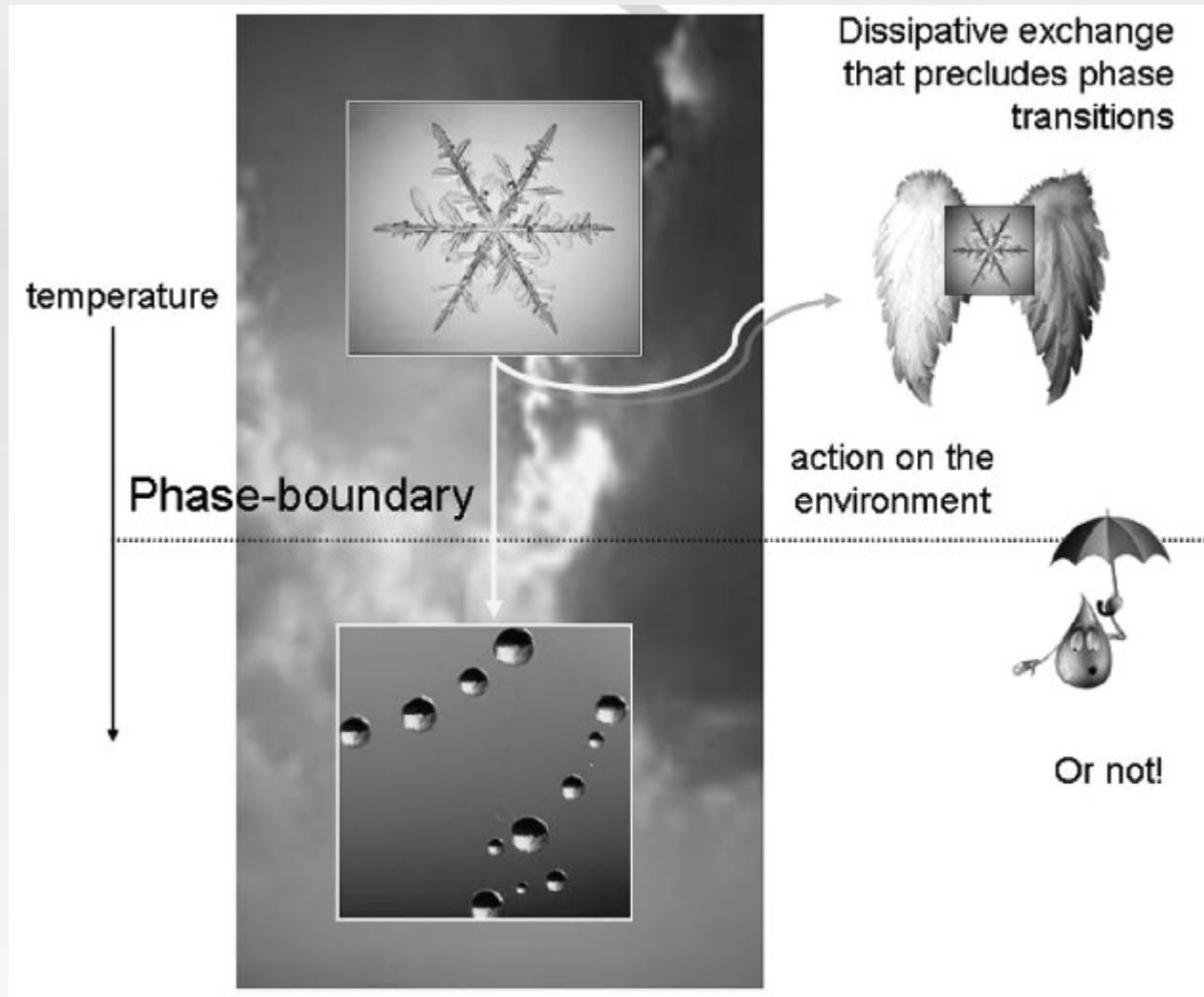
Bayessche Prinzipien und neuronale Informationsverarbeitung

Martin Tanz, OvGU Magdeburg

Aufbau

- Theorie
 - Evolutionärer Hintergrund
 - Freie-Energie-Prinzipien
- Natürliche Implementierungen

Evolutionärer Hintergrund



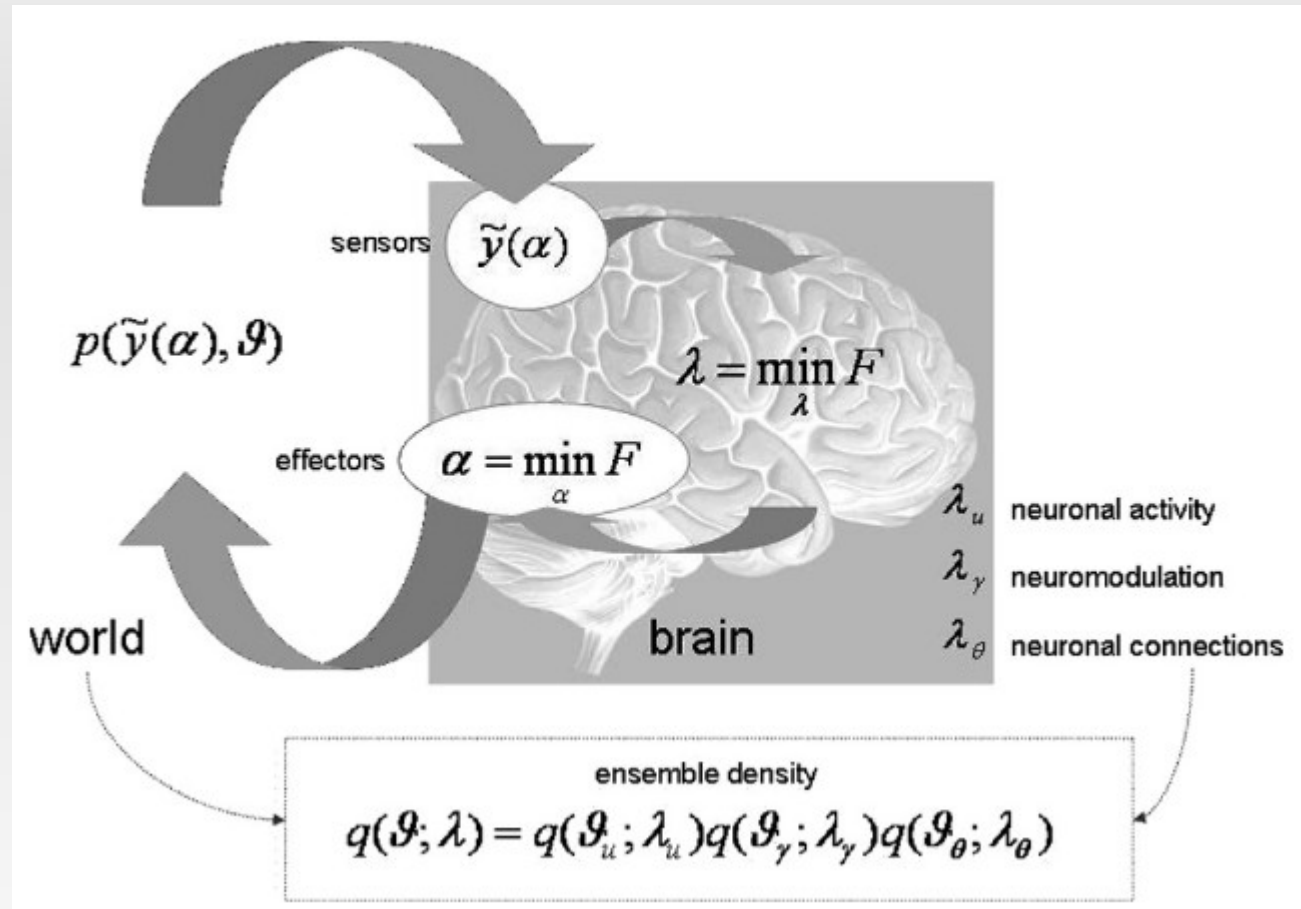
Evolutionärer Hintergrund

- Die Frage ist primär, welche Bedingungen das Leben erfüllen muss, um sich weiter entwickeln zu können.
- Das Freie-Energie-Prinzip als eine mögliche Bedingung.
- "Lebewesen tendieren dazu, ihre freie Energie zu minimieren."

Freie-Energie-Prinzipien

- θ ... Umweltparameter
- λ ... Systemparameter
- $q(\theta; \lambda)$... "ensemble density"
- y ... Sensorischer Input
- α ... Aktionsvariable, Aktivität der Effektoren
- $y(\alpha)$

Freie-Energie-Prinzipien



Freie-Energie-Prinzipien

$$\begin{aligned} F &= - \int q(\vartheta) \ln \frac{p(\tilde{y}, \vartheta)}{q(\vartheta)} d\vartheta \\ &= - \langle \ln p(\tilde{y}, \vartheta) \rangle_q + \langle \ln q(\vartheta) \rangle_q \end{aligned}$$

- Informationsgehalt des Zusammentreffens von sensorischem Input und Ursachen + negative Entropie der "ensemble density"
- Freie Energie eindeutig bestimmt durch "ensemble density" und generative Dichteverteilung
- $F(y, \lambda)$

Freie-Energie-Prinzipien

$$F = -\ln p(\tilde{y}) + D(q(\vartheta; \lambda) || p(\vartheta | \tilde{y}))$$

- Wahrnehmung: Optimierung von λ
- Minimierung des Gesamtterms – Minimierung der Kullback-Leibler-Distanz
- "ensemble density" (durch Systemzustände codiert) nähert sich posteriorer Wahrscheinlichkeit der Ursachen des sensorischen Inputs an

Freie-Energie-Prinzipien

$$F = -\langle \ln p(\tilde{y}(\alpha) | \mathcal{V}) \rangle_q + D(q(\mathcal{V}) \| p(\mathcal{V}))$$

- Aktion: Optimierung von α
- Minimierung des Terms – Maximierung der log. Wahrscheinlichkeit des bei gegebener "ensemble density" erwarteten sensorischen Inputs
- Ausrichtung, Input zu bekommen, der bereits erwartet wird

Freie-Energie-Prinzipien

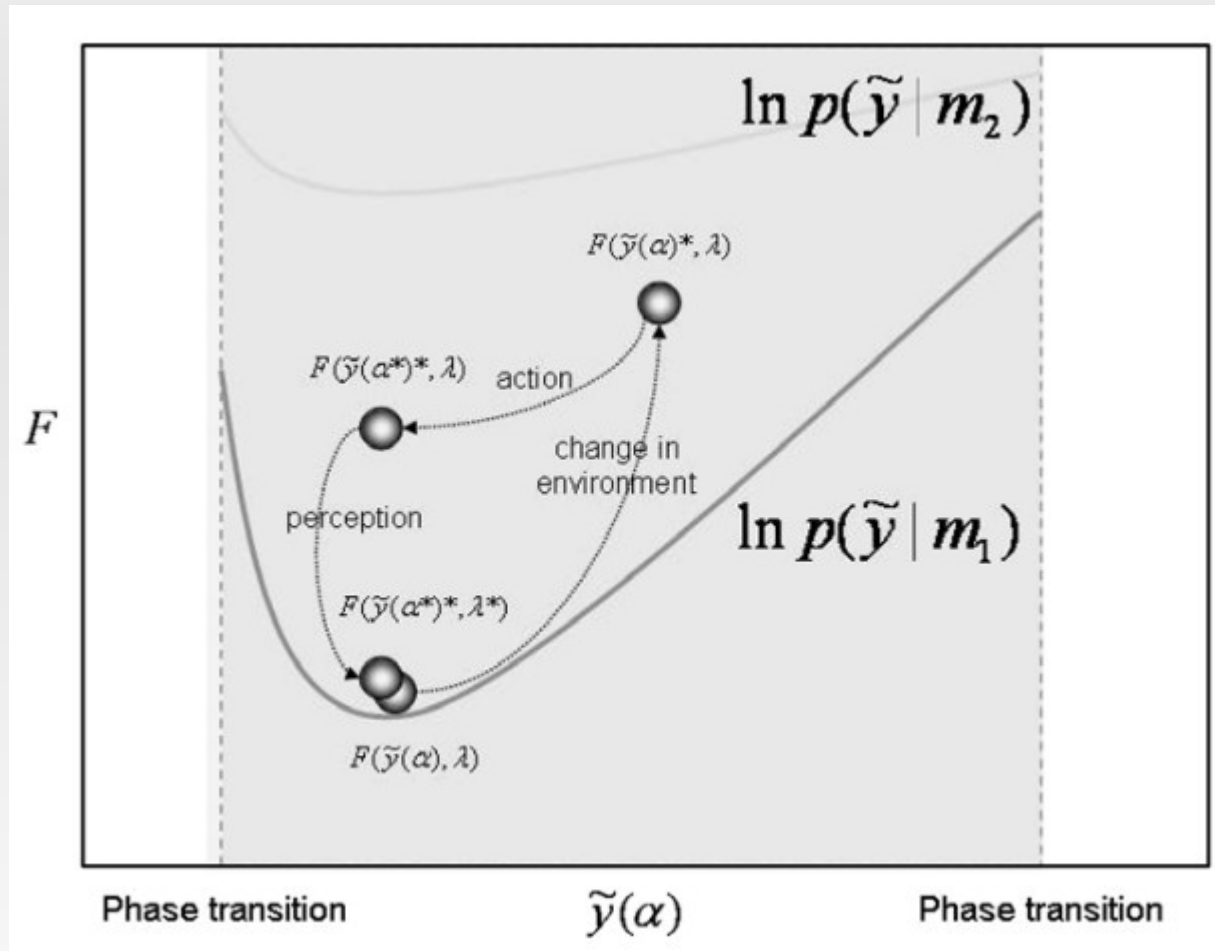
- Die Pointe:
 - Rekonfiguration hin zur Selbstbestätigung
 - "ensemble density ist bereits Approximation der bedingten Verteilung der Ursachen (Umwelt-)Ursachen bei gegebenem Input (siehe Wahrnehmung)
 - Selektives "Selbstausssetzen" genau der Umweltbedingungen, die vorhergesagt werden

Freie-Energie-Prinzipien

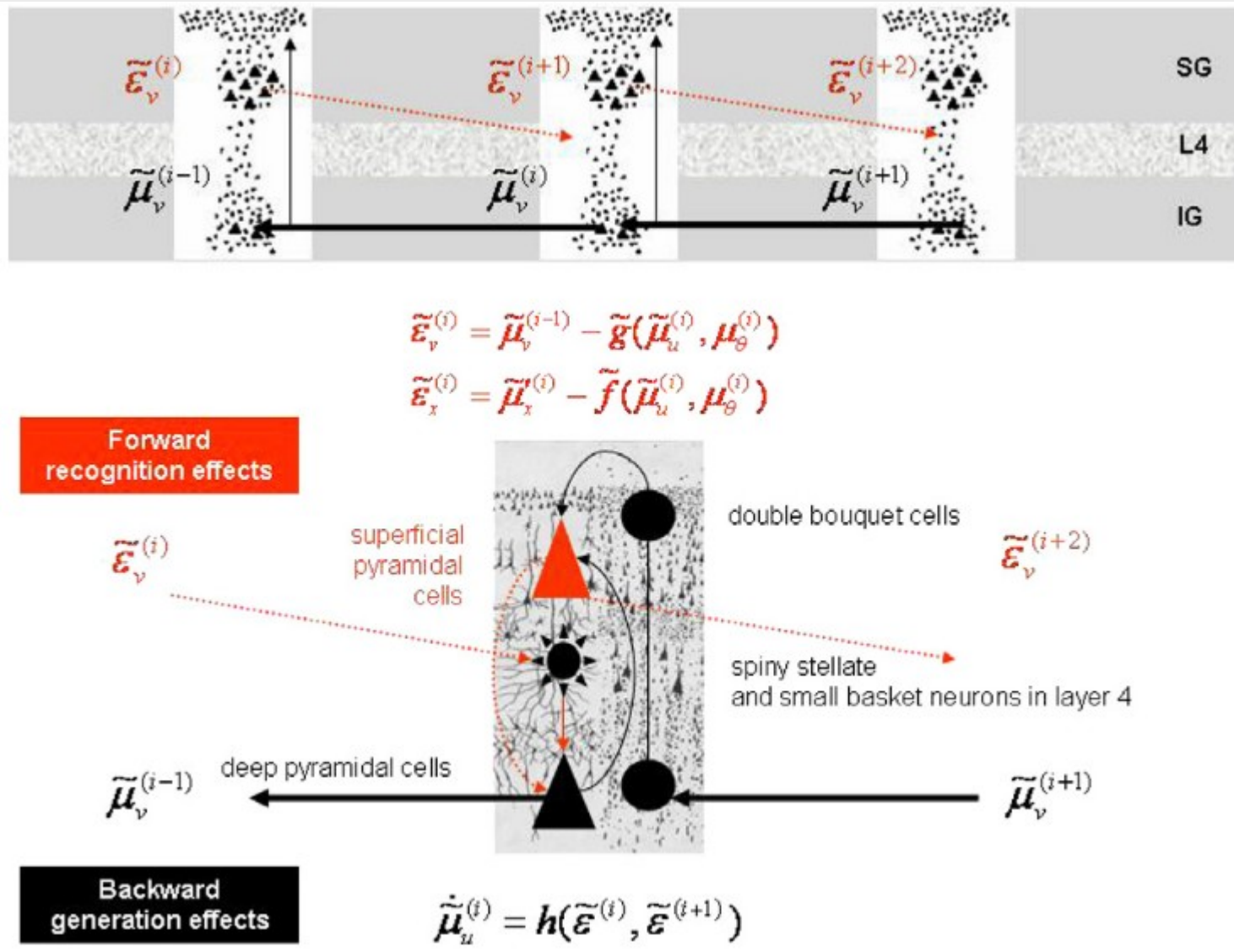
$$q(\vartheta) = \prod_i q(\vartheta_i; \lambda_i) = q(\vartheta_u; \lambda_u) q(\vartheta_\gamma; \lambda_\gamma) q(\vartheta_\theta; \lambda_\theta)$$

- Perzeptuelles Schließen: Optimierung von μ_u
- Perzeptueller Kontext und Aufmerksamkeit: Optimierung von μ_γ
- Perzeptuelles Lernen: Optimierung von μ_{\ominus}

Freie-Energie-Prinzipien



Natürliche Implementierungen

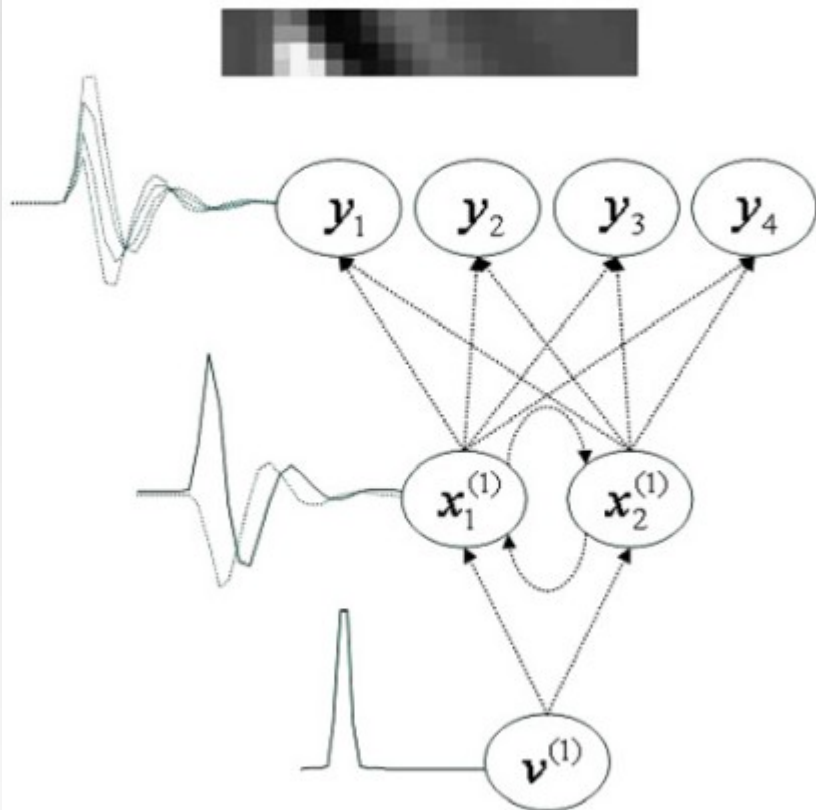


Natürliche Implementierungen

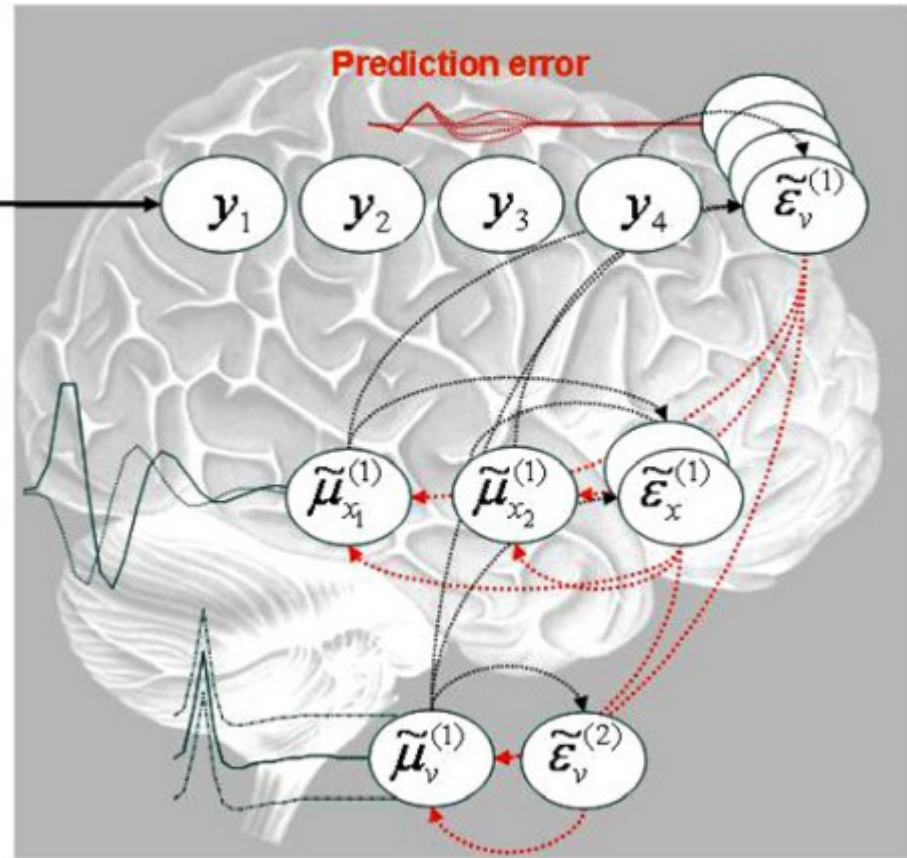
$$y = g(x^{(1)}, v^{(1)}) + z^{(1)}$$

$$\dot{x}^{(1)} = f(x^{(1)}, v^{(1)}) + w^{(1)}$$

$$\dot{\tilde{\mu}}_u^{(i)} = h(\tilde{\epsilon}^{(i)}, \tilde{\epsilon}^{(i+1)})$$

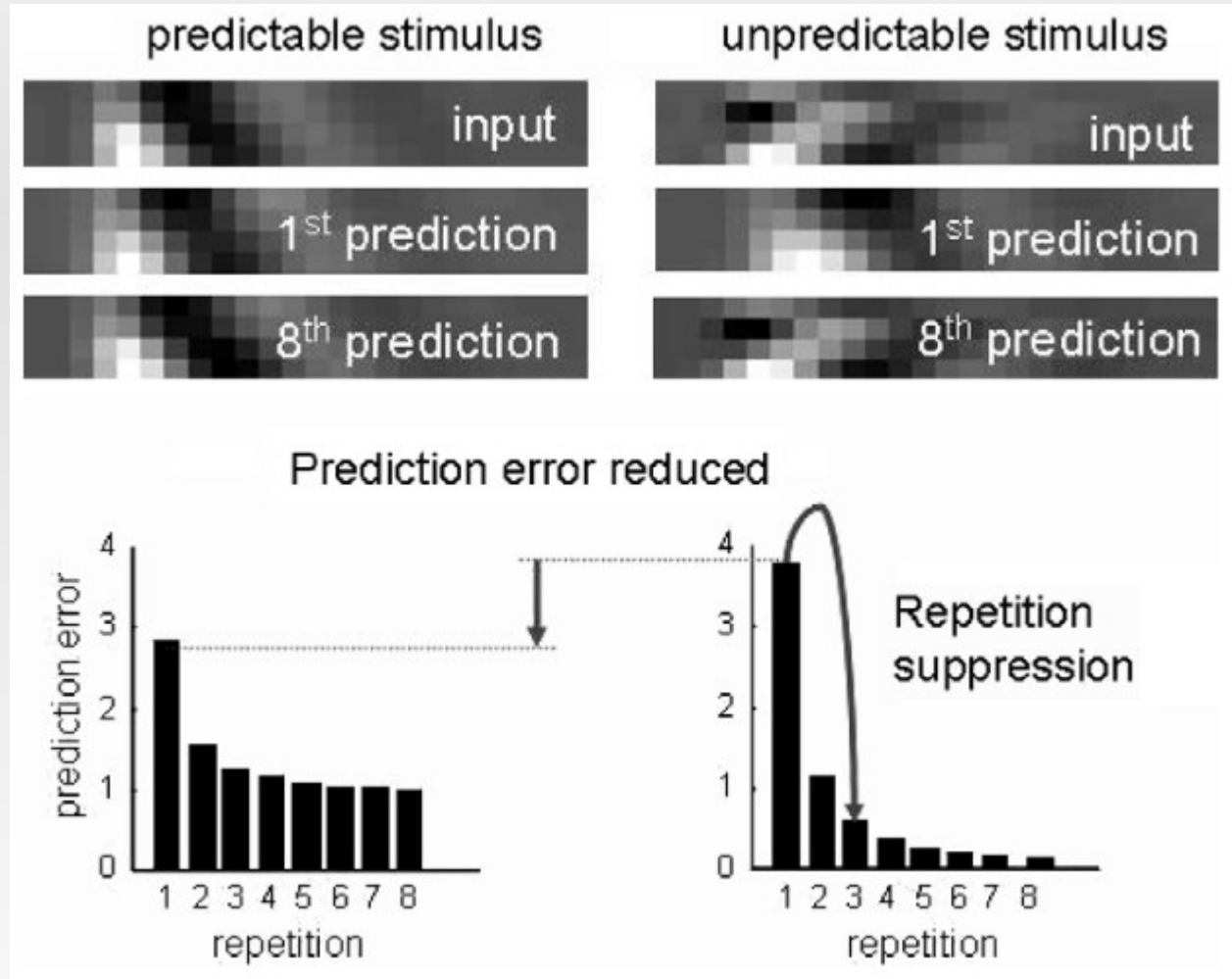


Generation

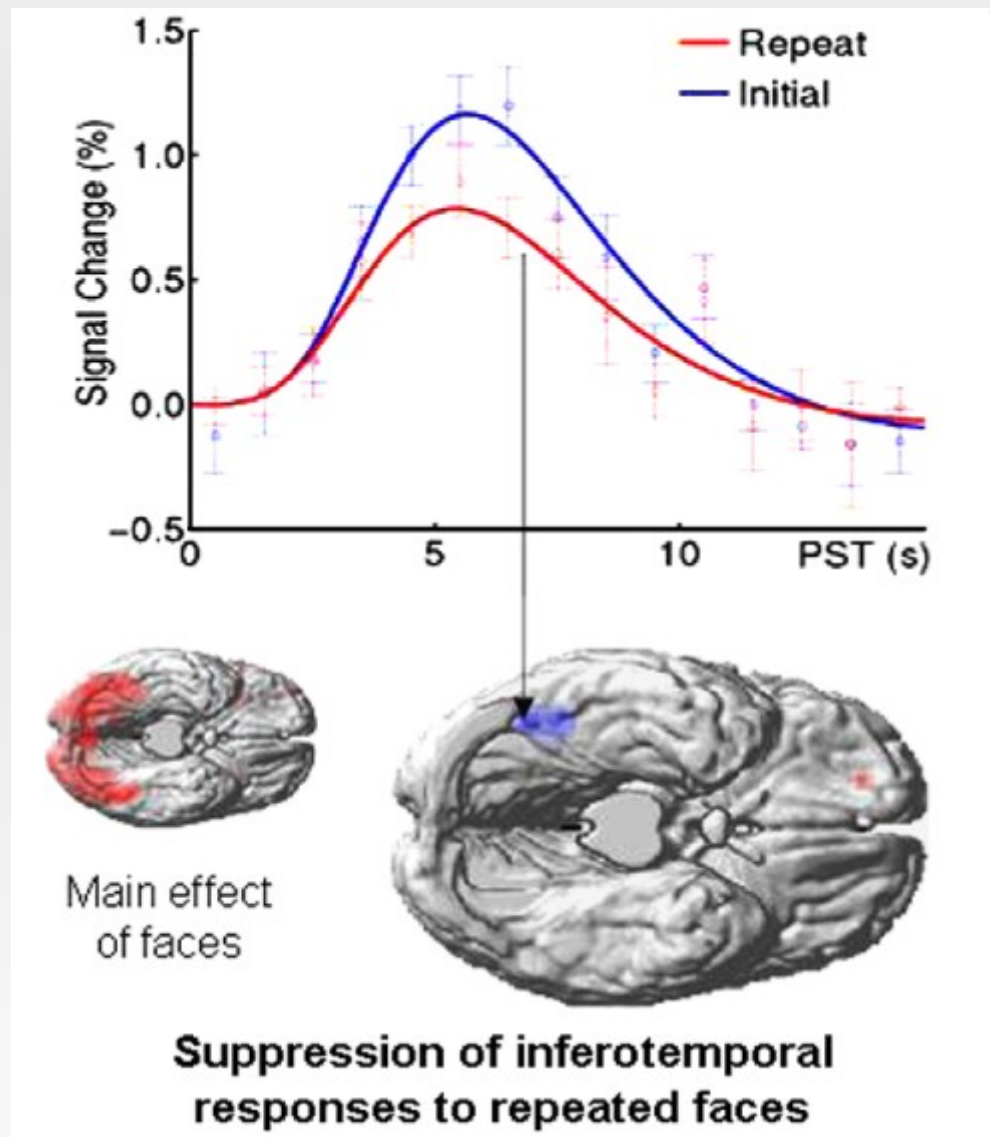


Recognition

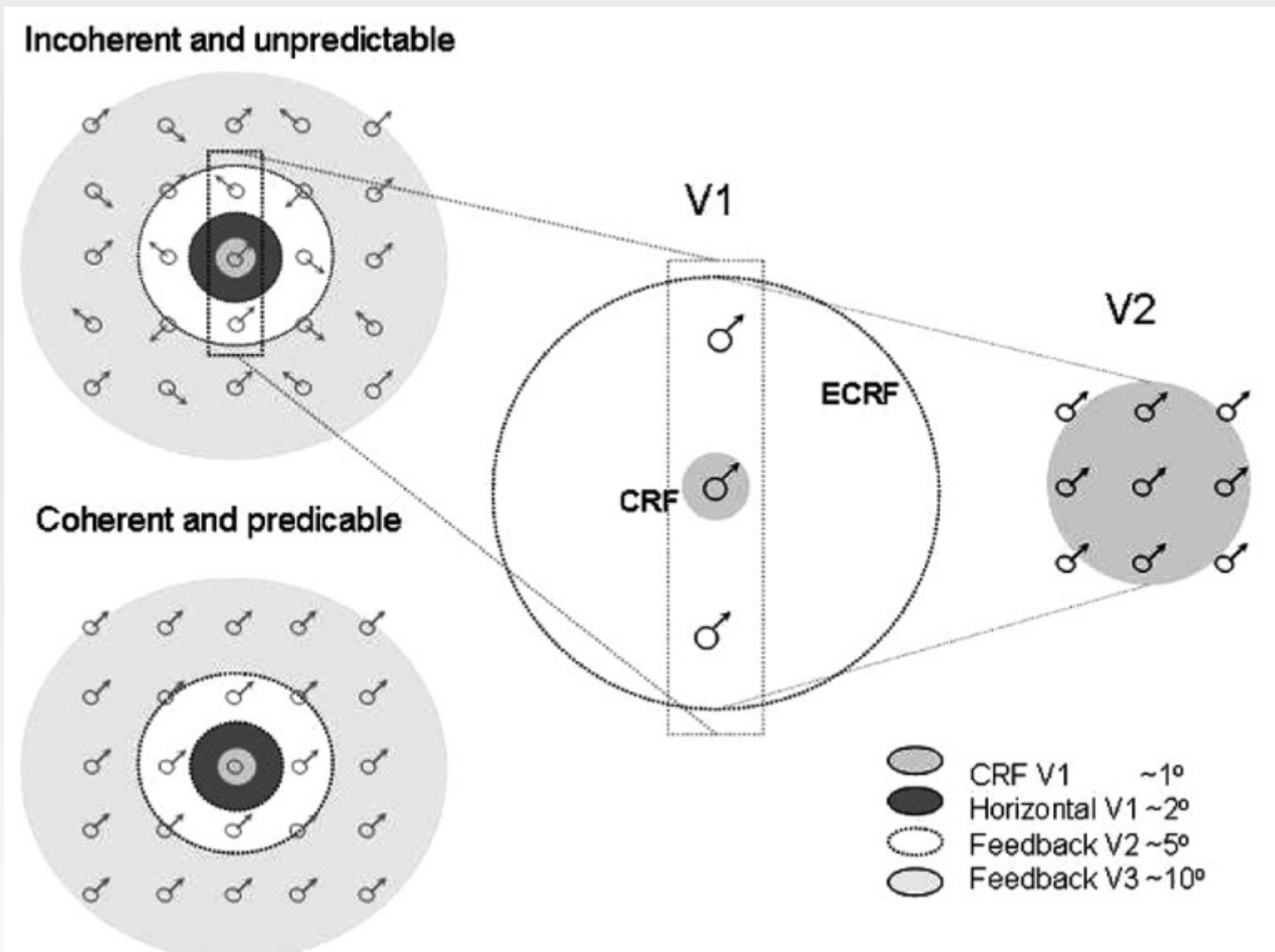
Natürliche Implementierungen



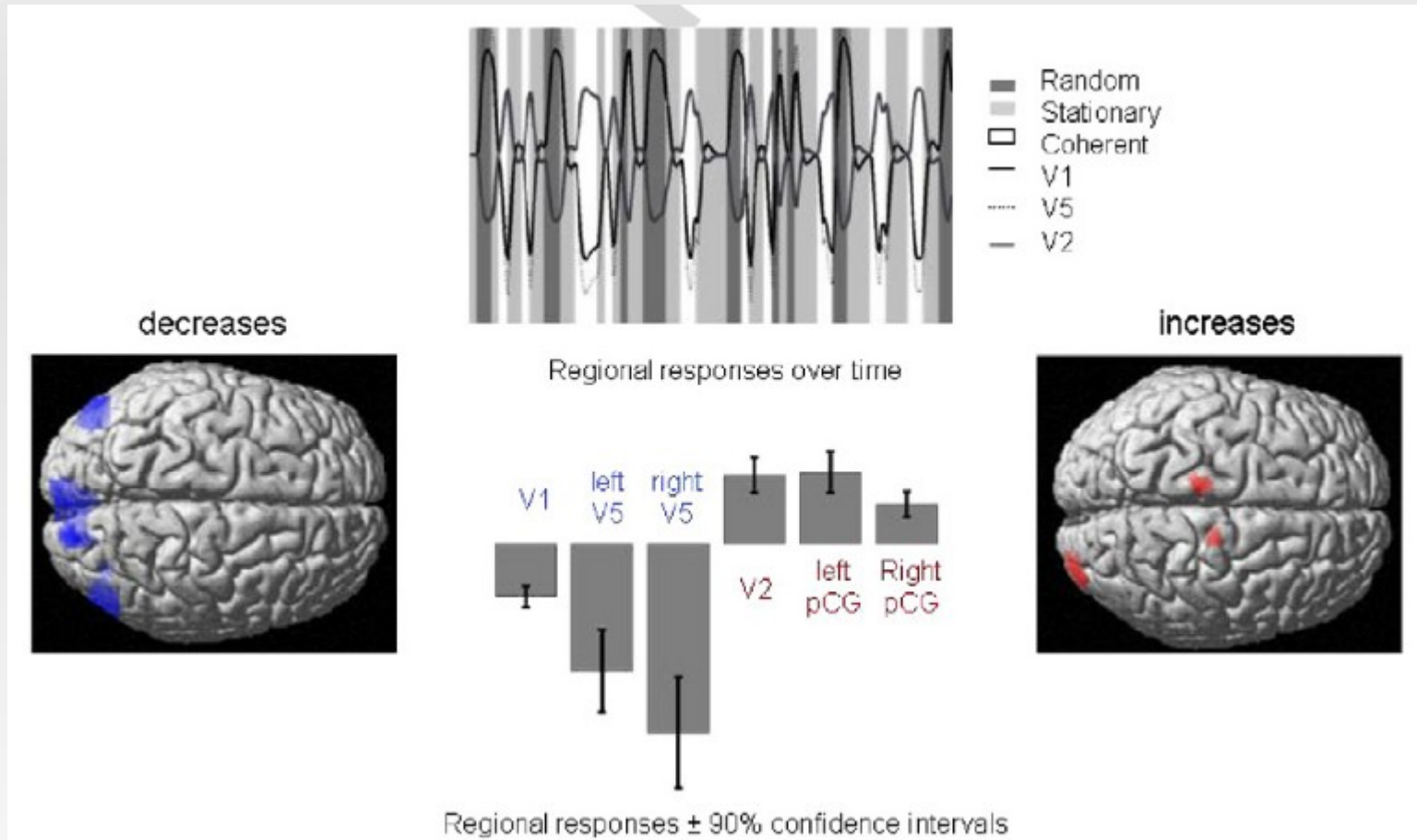
Natürliche Implementationen



Natürliche Implementierungen



Natürliche Implementationen



Danke für eure Aufmerksamkeit!

