

A microscopic image of neurons, showing cell bodies and branching processes, rendered in a blue color scheme. The text is overlaid on the image.

Spiegelneurone

Facts and Fiction

Prof. Hedwig J. Kaiser

Basel



**Seit Entdeckung sind ca.
15'000 Arbeiten publiziert
worden !**

Eine Auswahl

1. Entdeckung bei Makake Affen
2. Anatomische Strukturen
3. Spiegelneurone beim Menschen
4. Übergeordnete Fragen
5. Spiegelneurone und Sozialverhalten
(Emotionen, Theory of Mind)

1. Die Entdeckung

- 1995 Giacomo Rizzolatti & Vittorio Gallese
Wollten untersuchen wie das Gehirn von Makake Affen funktioniert wenn sie nach Erdnüssen greifen



Neurowissenschaftler
an der
Universität Parma

Rhesus Macaques feeding; in Khao No-Khao
Kaeo, Nakhon Sawan, Thailand



Die Entdeckung 1995

Einzelzell-Ableitung

Bestimmte Nervenzellen feuern nicht nur wenn das Tier selbst die Handlung ausführt (execution) sondern auch wenn es diese beobachtet (observation).

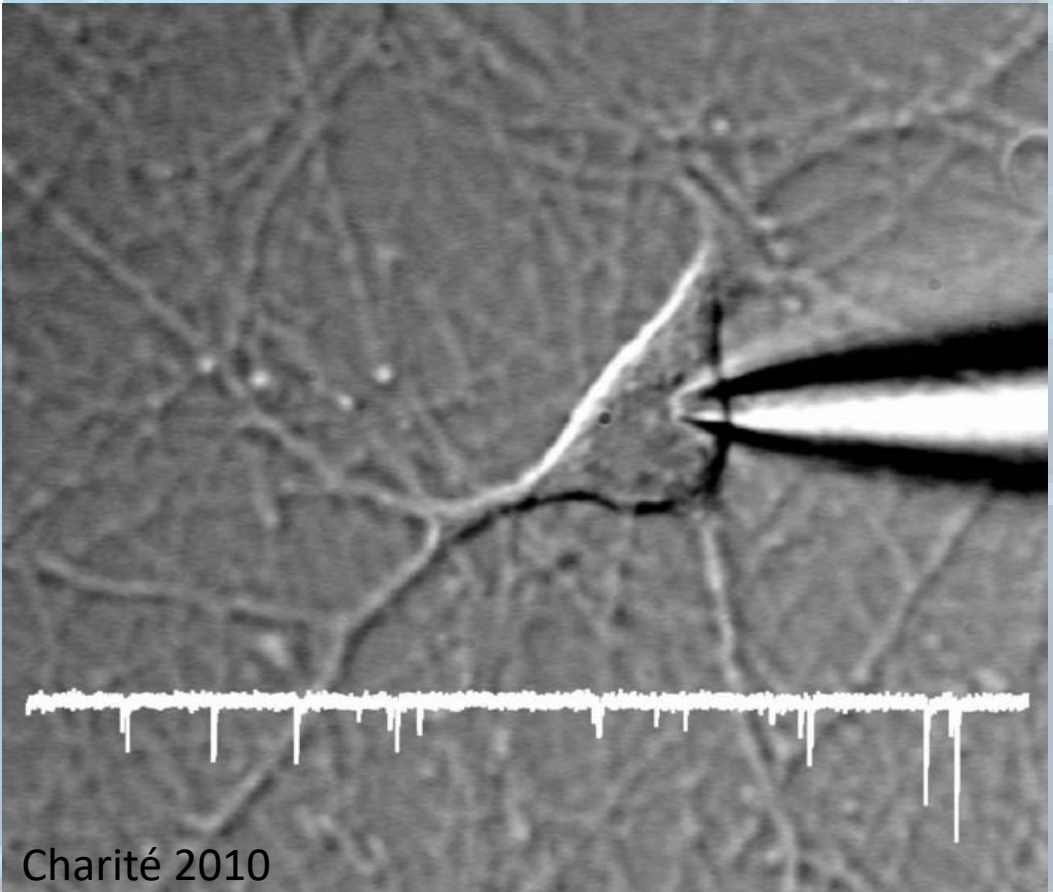
*Rizzolati et al: Premotor Cotex an the recognition of motor action. Cog. Brain.Res. 1996
3,131-141*



Leica 2011



Einzelzell Ableitung



Charité 2010



Eine Auswahl

1. Entdeckung bei Makake Affen
2. Anatomische Strukturen
3. Spiegelneurone beim Menschen
4. Übergeordnete Fragen
5. Spiegelneurone und Sozialverhalten
(Emotionen, Theory of Mind)

Ergänzendes
Motorisches Areal

Primäre motorische Hirnrinde

Frontal
Lappen

Parietal
Lappen

Occipital
Lappen

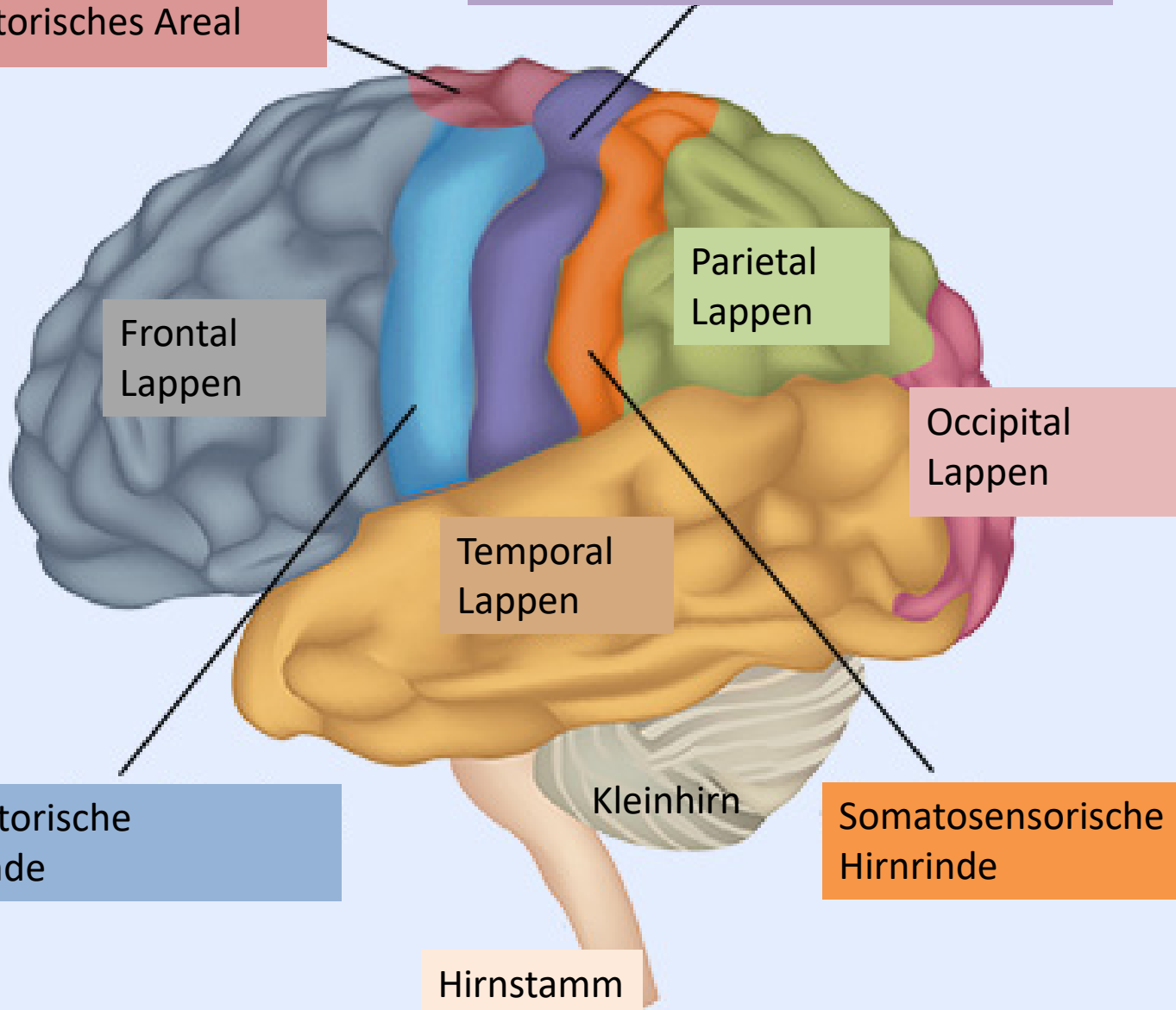
Temporal
Lappen

Prämotorische
Hirnrinde

Kleinhirn

Somatosensorische
Hirnrinde

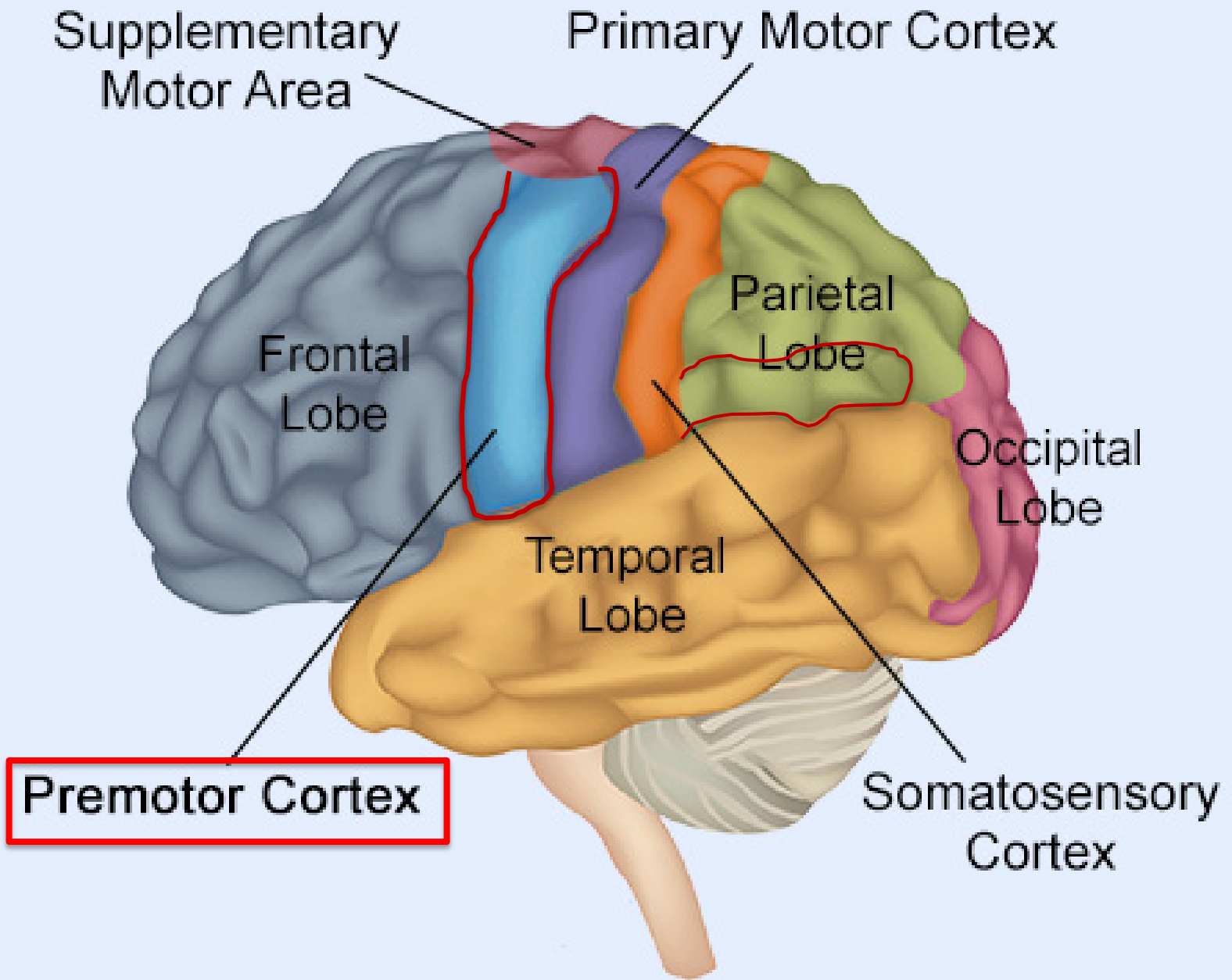
Hirnstamm



2. Anatomische Strukturen

Erste Ergebnisse bei **Affen**

- Spiegelneurone lokalisiert im
 - Ventralen prämotorischen Cortex (Area F5)
 - Inferioren Parietallappen



Unterschiedliche Neurone

- **Canonical Neurons:**

Neurone reagieren auf **visuelle Beobachtung**

** wichtig für die Transformation von visueller Information von Objekten

→ in motorischen Plan damit zu interagieren.

- **Auditiv Neurons:**

→ reagieren auf **Geräusche** z.B. Knacken der Erdnussschale

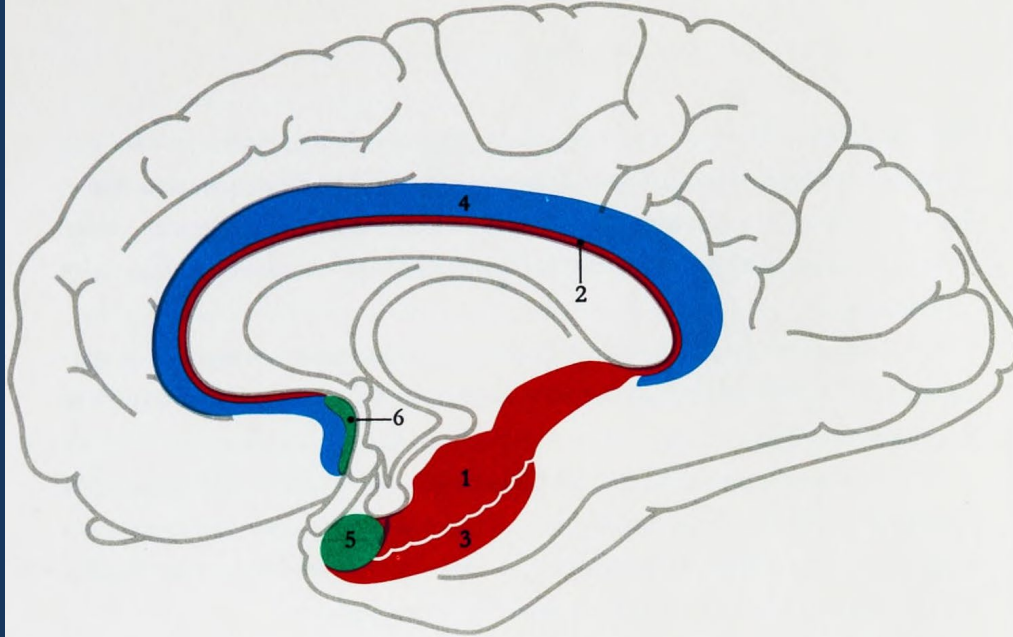
Neue Ergebnisse

- 2 unterschiedliche Netzwerke
 - „Hand Mirror Neurone“ (hand MNs)
 - „Mund Mirror Neurone“ (mouth MNs)

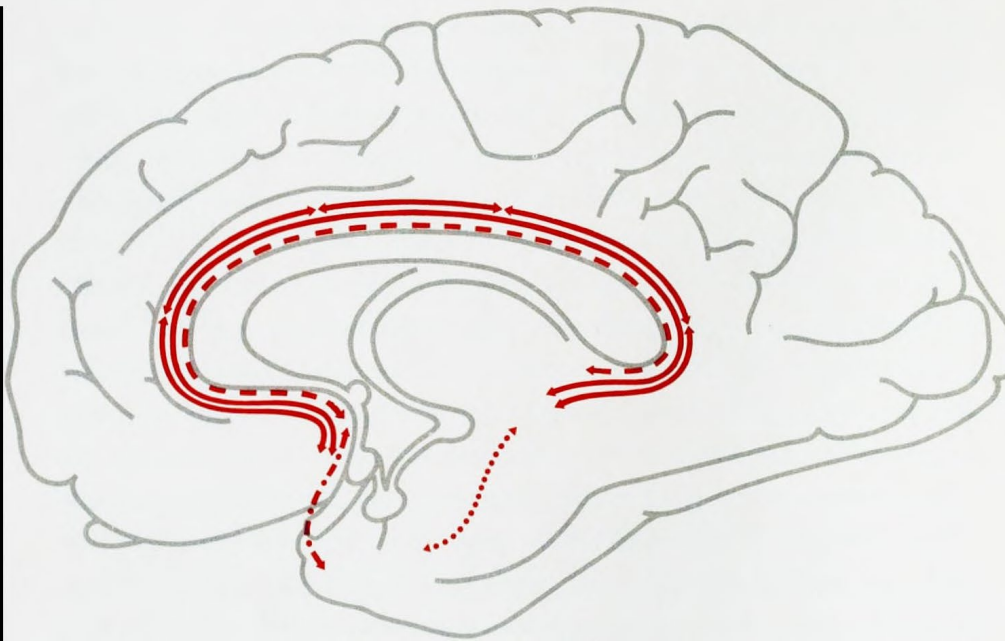
Mouth Mirror Neuron System

- Signalweg nicht über selben Weg wie visueller Input
- Informationen über Gesicht und kommunikatives Verhalten kommen vom ventrolateralen präfrontalen Cortex
 - Verbindungen zum limbischen System für das decodieren von emotionalen Gesichtsausdrücken und Motivations- / Belohnungsbahnung

Ferrari PF et al: Two different mirror neuron networks: the sensorimotor (hand) and limbic (face) pathways. Neuroscience 358 2017; 300 – 315

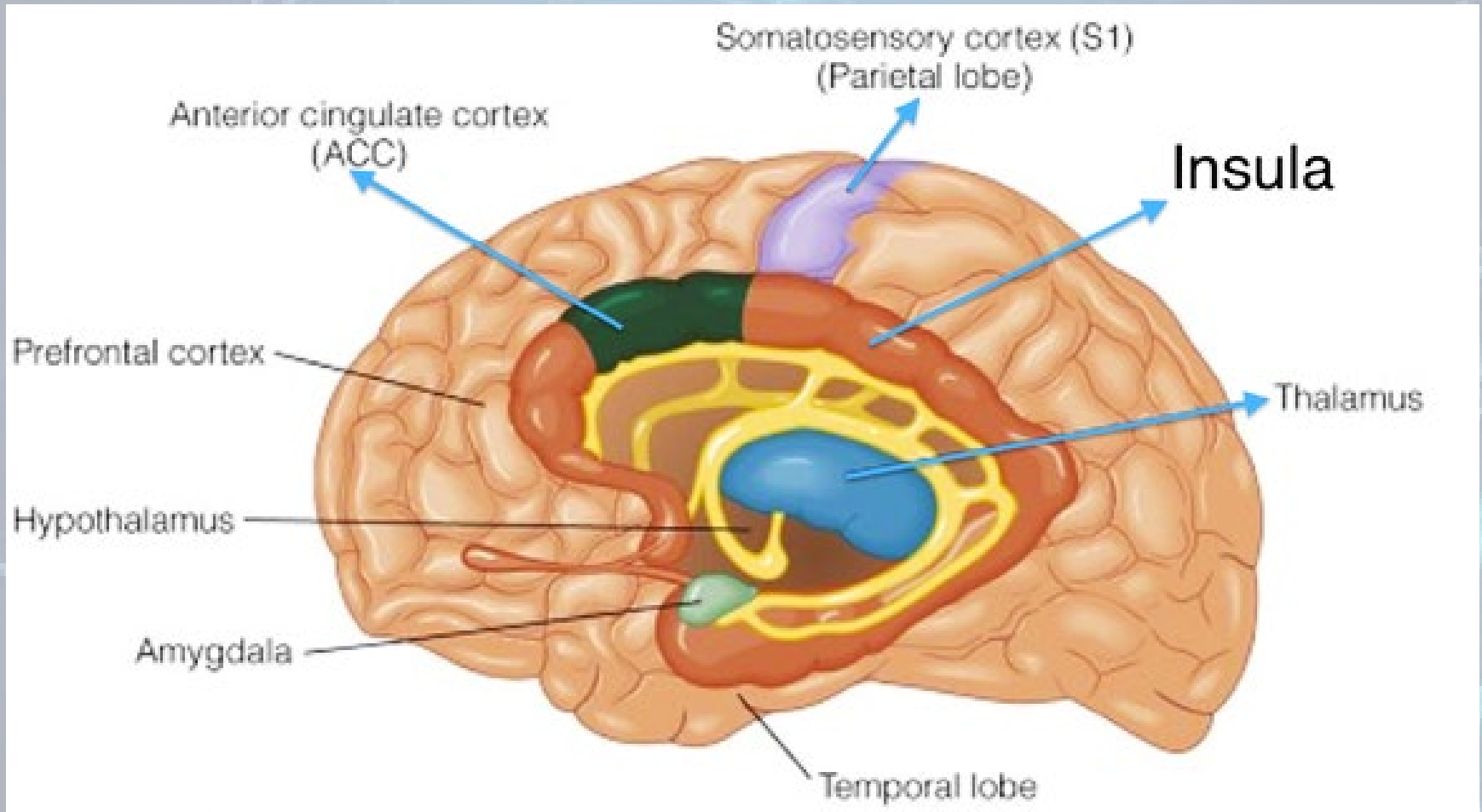


3a



Prof. Dr. K Akert
Prof. Dr. P Humel
Anatomie und Physiologie
des limbischen Systems

1963
Hoffmann La Roche AG



Eine Auswahl

1. Entdeckung bei Makake Affen
2. Anatomische Strukturen
3. Übergeordnete Fragen
4. Spiegelneurone beim Menschen
5. Spiegelneurone und Sozialverhalten
(Emotionen, Theory of Mind)

Übergeordnete Fragen

- In den letzten 20 Jahren wurde vor allem darüber theoretisiert und spekuliert welche Funktion Spiegelneurone haben

ABER

- Wie erhalten Spiegelneurone ihre Eigenschaft zu spiegeln?

2 „Lager“

Genetische Codierung
VERSUS
Assoziatives Lernen

These: Genetische Codierung

- Es besteht eine genetische Codierung
- Im Rahmen der Evolution von Vorteil (Selektion, Evolutionary Psychology)
- Vermittelt Adaptation und Verstehen von Aktion
- Wurden von der Evolution „designed“ um spezifische sozio - kognitive Funktionen zu erfüllen

These: Assoziatives Lernen

- Lernen im Rahmen der individuellen Entwicklung
- Spiegelneurone sind nicht konsistent für Ziele von Aktionen verantwortlich
- Kontinuität und Kontext-Sensitivität des assoziativen Lernens erklärt die Funktionen von Spiegelneuronen

These: Assoziatives Lernen

- Kleine Kinder haben genügend sensorimotorische Erfahrungsmöglichkeit (Stimulusreichtum)
- Spiegelneurone verändern sich bei sensorimotorischem Training
- Genetische Prädisposition besteht jedoch

2 wichtige Faktoren für Assoziatives Lernen

- Kontinuität: Hebbsche Regel
 - Neurone die gemeinsam feuern vernetzen sich (contiguity)
- Kontingenz: eine Aktion führt zu einer spezifischen Folge (contingency)

Eine Auswahl

1. Entdeckung bei Makake Affen
2. Anatomische Strukturen
3. Übergeordnete Fragen
- 4. Spiegelneurone beim Menschen**
5. Spiegelneurone und Sozialverhalten
(Emotionen, Theory of Mind)

Der Mensch und seine Spiegelneurone

Der Hype

- Spiegelneurone wurden verantwortlich gemacht für / Funktionen zugeschrieben
 - Zellen die Gedanken lesen
 - Neurone welche die Zivilisation formen
 - Revolution im Verständnis des sozialen Verhaltens
 - Verstehen von Handlungen
 - Imitation verstehen
 - Entwicklung / Verarbeitung von Sprache
 - Empathie
 - Intention vorhersehen
 - Wahrnehmen von Emotionen.....

Kritische Stimmen

David Pöppel, Neurowissenschaftler

**„Zwischen Fantasie und experimentellen
Beweisen klafft ein gewaltiger Abgrund“**

Interview in Die Zeit 2010

Kritische Stimmen z.B.

Hirnforscher Gregory Hickok

- "Warum wir verstehen, was andere fühlen", liegt nicht daran, dass wir imitieren können.
- Er kritisiert die verbreitete Theorie der Spiegelneurone: Verständnis sei auch ohne Nachahmung möglich. Vielmehr imitiere der Mensch, weil er sozial sei.
- ***Gregory Hickok: Warum wir verstehen, was andere fühlen. Der Mythos der Spiegelneuronen***
Hanser Verlag, München 2015

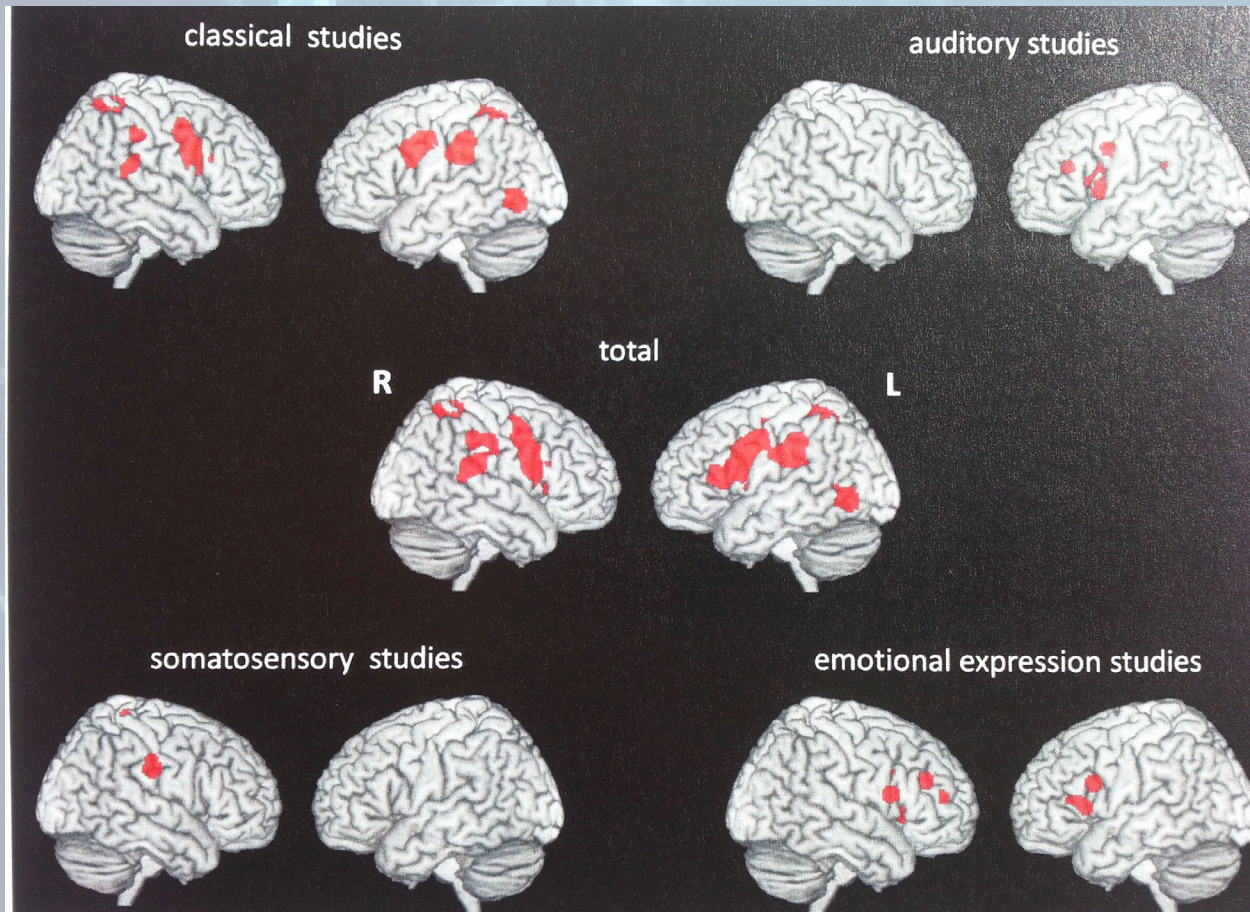
Experimentelle Methoden bei Studien mit Menschen

- Transcraniale Magnet Stimulation (TMS)
mit Hilfe starker Magnetfelder können Bereiche des Gehirns sowohl stimuliert als auch gehemmt werden
- Funktionelles MRI (fMRI)
- Verhaltensstudien
- Läsionsstudien
- 1 Studie mit Einzelzellaufzeichnung

Beweislage

- Von der Studienlage kann ausgegangen werden, dass das menschliche Gehirn Spiegelneurone oder vergleichbare Spiegelmechanismen hat.

Hirnregionen mit Spiegeleigenschaften: Eine Meta-Analyse von 125 fMRI Studien



Neuroscience and Biobehavioral Reviews 36 (2012) 341-349

Lesion evidence for a human mirror neuron system

Binder Ellen et al in Cortex 90 (2017) 125-137

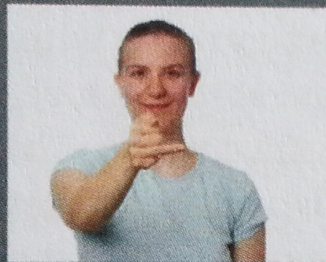
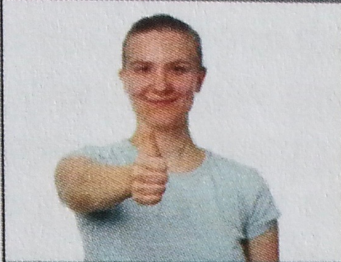
Schlaganfall-Patienten mit Apraxie versus Patienten ohne Apraxie und Normalprobanden
Motor- kognitive Aufgaben wurden von Apraxie-Patienten signifikant schlechter gelöst.

A) Gesture recognition task

B) Gesture comprehension task

C) Imitation task

1) Experimental condition



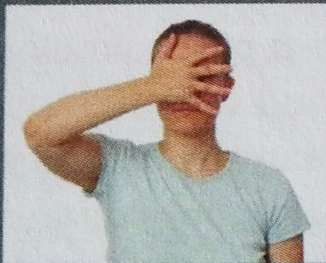
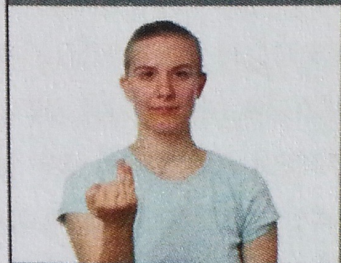
Which side is showing the meaningful gesture?

1) Experimental condition



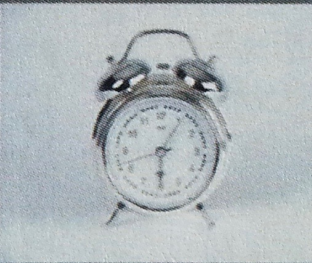
Does the context illustrate the gesture meaning?

2) Control condition

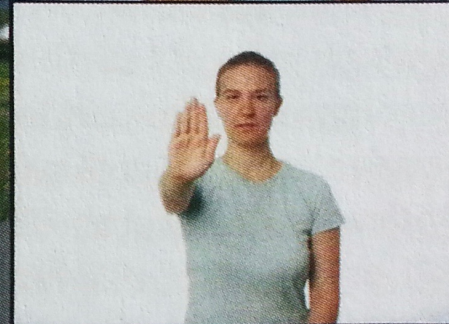


On which side is the hand closer to the head?

2) Control condition



Are at least 2 people depicted on both pictures?



Binder Ellen et al in Cortex 90 (2017) 125-137

Studien mit Aphasie Patienten

- 3 Gruppen verglichen (24 Patienten 5x/Wo 35min für 2 Wo)
 - Konventionelle Sprachtherapie
 - zusätzlich Handaktion beobachten und wiederholen
 - zusätzlich bewegte Objekt beobachten und wiederholen
- Gruppe mit zusätzlicher Handaktion profitierte mehr.

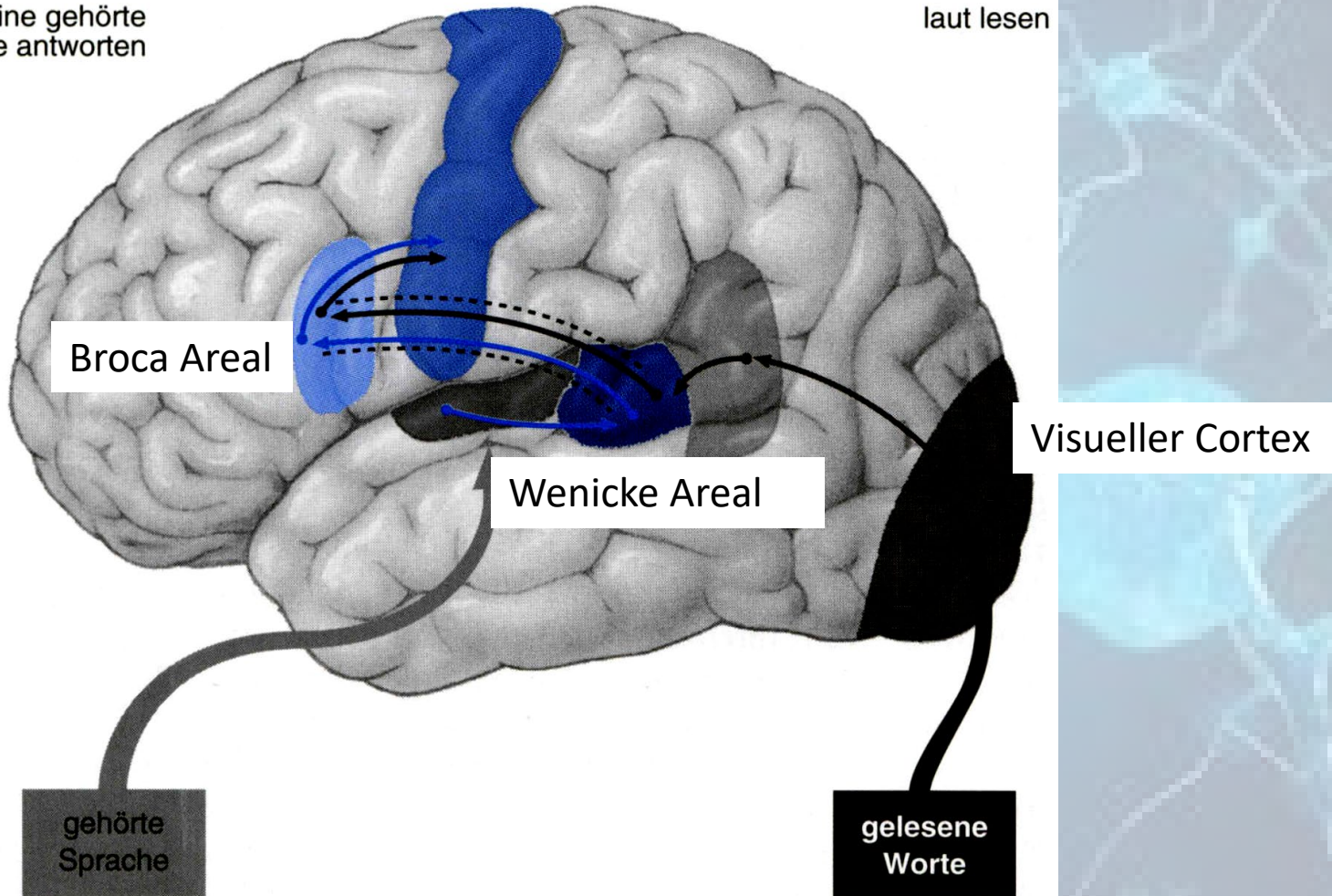
The therapeutic mechanism of this intervention may be associated with activation of additional mirror neuron systems, and may have implications for the possible repair and remodeling of damaged nerve networks

Aphasia rehabilitation based on mirror neuron theory: a randomized-block-design study of neuropsychology and functional magnetic resonance imaging. [Chen WL¹](#) [Neural Regen Res.](#) 2019

Lesen und Sprechen

auf eine gehörte
Frage antworten

laut lesen



Imitieren

Metaanalyse zeigte, dass klassisch Spiegelneuron-Areale aktiviert sind während der Aufgaben mit Imitations- Charakter.

Viel weniger überzeugende und konsistente Studienergebnisse gibt es für „ Verstehen von Aktionen“

Studien die Imitation bei Kleinkindern Untersucht haben

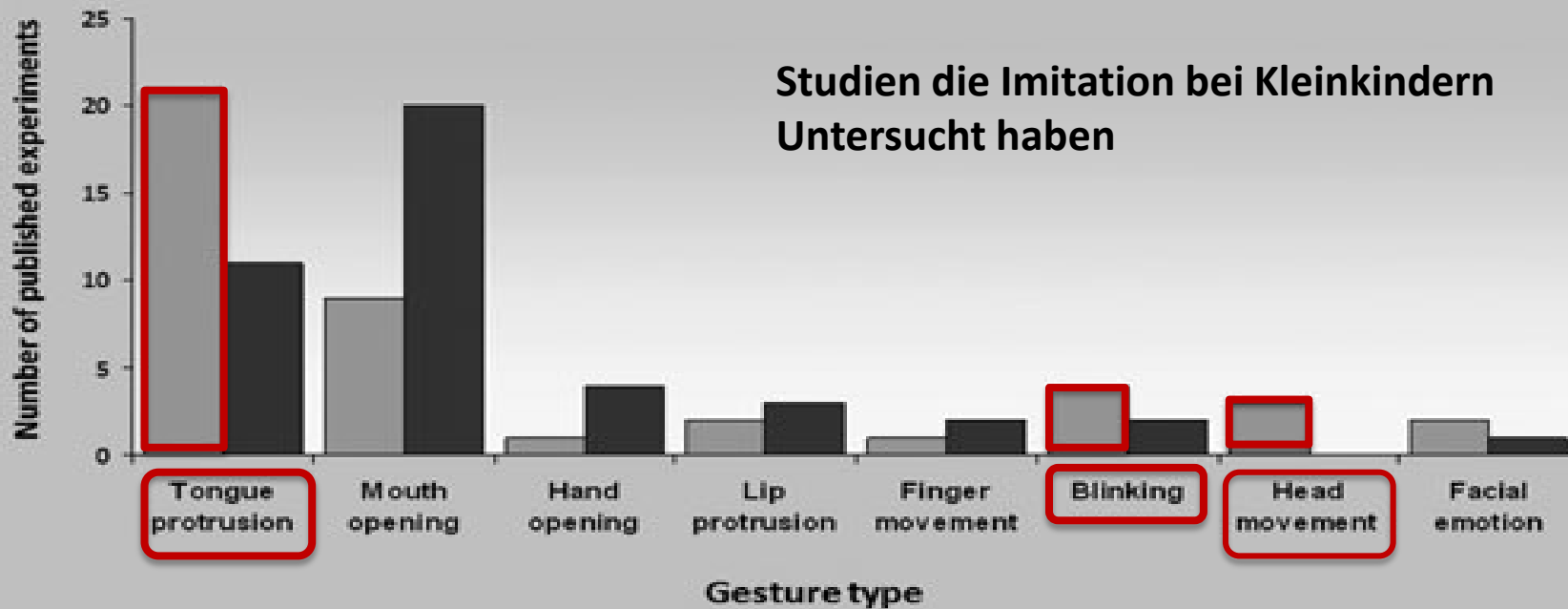


Figure 2.

imitation in human infants (adapted from Ray & Heyes 2011). “Gesture type” refers to the target or modelled movement. Positive frequencies (lighter bars) indicate the number of published experiments reporting positive cross-target comparisons (i.e., infants performed the target action more often after observing the target action than after observing an alternative action). Negative frequencies (darker bars) indicate the number of experiments reporting failure to find a significant difference in cross-target comparison.

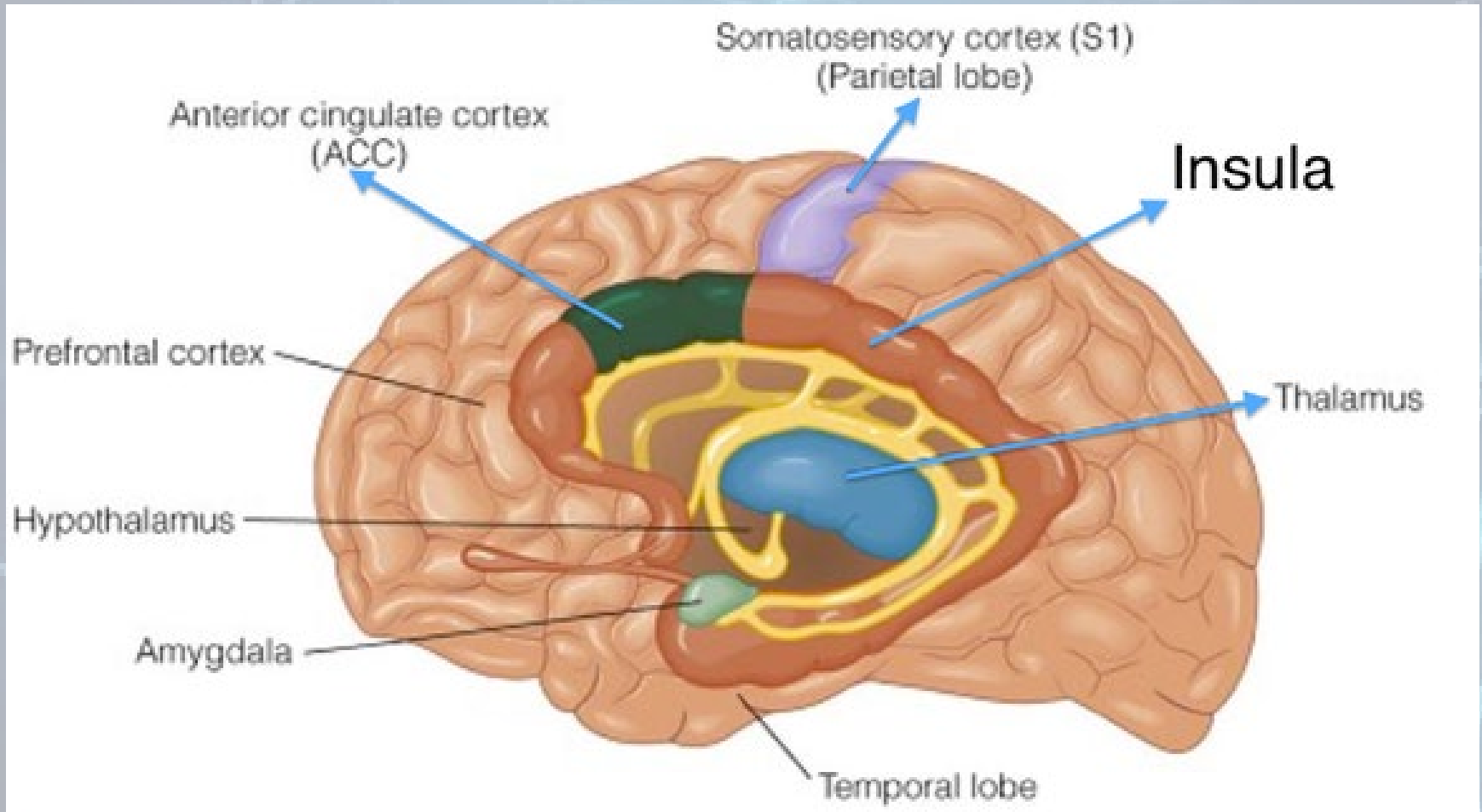
Eine Auswahl

1. Entdeckung bei Makake Affen
2. Anatomische Strukturen
3. Übergeordnete Fragen
4. Spiegelneurone beim Menschen
5. **Spiegelneurone und Sozialverhalten**
(Emotionen, Theory of Mind)

Emotionen & Empathie

- Unangenehmer Geruch / Abscheu erhöht Aktivität im limbischen Systems (Insel)
- Auch wenn man Abscheu bei anderen beobachtet
- Insel ist Gehirnannteil für die Wahrnehmung von Geruch und Geschmack aber auch für die Selbstwahrnehmung (interoception = innere Wahrnehmung) des Körpers

Wicker B et al Both of us are disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. Neuron 40; 644-655, 2003



Empathischer Schmerz

- Lokalisiert im posterioren Anteil der Insel
- Verbindung zu auditiven Zentren, somatosensorischen - und prämotor Areal
- Gleiches Zentrum wird aktiviert bei sozialem Ausschluss

Eisenberg Naomi et al: Does rejection hurt. An fMRI study of social exclusion. Science 302; 290-292, 2003

Theory of Mind

Begriff aus der Psychologie und den Kognitionswissenschaften.

- Fähigkeit, eine Annahme über Bewusstseinsvorgänge in anderen Personen vorzunehmen
- und diese in der eigenen Person zu erkennen
 - d. h. Gefühle, Bedürfnisse, Ideen, Absichten, Erwartungen und Meinungen bei anderen zu vermuten

ToM

- **Affektive** ToM beschreibt die Fähigkeit, die Emotionen anderer zu erkennen und zu verstehen
- **Kognitive** ToM das Schlussfolgern auf die Absichten anderer

Wie unterscheidet das Gehirn zwischen SELBST und ANDERE

Noch viele offene Fragen

Hinweis von fMRI Studien:

- Selbstrepräsentation in der linken Hirnhälfte
- Fremdrepräsentation in der rechten parietalen Hirnhälfte

Decety et al: When the self represents the other. A new cognitive neuroscience view on psychological identification. Consciousness and Cognition 12:577-596, 2003

Sozialverhalten und Spiegelneurone

- Es gibt einige Studien über Aktivitätsmuster
- Schlussfolgerungen basieren aber vor allem auf Annahmen mit wenig empirischer Evidenz

Jeon et al: From Neurons to Social Beings: Short Review of the Mirror Neuron System Research and its Socio- Psychological and Psychiatric Implications. Clinical Psychopharmacology and Neuroscience 2018, 16; 18 - 31

Ansteckendes Gähnen

Eine Form der sog. Echo-Phänomene

TMS Studie:

- Korreliert mit der kortikalen Erregbarkeit der primären motorischen Hirnrinde der linken Hirnhälfte
- Hohe individuelle Variabilität

B.J. Brown et al: A Neural Basis for Contagious Yawning. Current Biology 27;2017

Spiegelneurone und Autismus

- Es wurde ein früher Defekt im Spiegelneuronen System vermutet
- Studien widerlegen eine generelle Dysfunktion
- Basales motorisches Nachahmen ist intakt aber die Verbindung zu kognitiver komplexen sozialen Bewertung (wie Emotionen und Empathie) ist defekt.

M.Schlte-Rüther et al Intact Mirror Mechanisms for Automatic Facial Emotions in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder. Autism Res 2017

Zum Mitnehmen

- Im menschlichen Gehirn gibt es Neurone mit einer genetischen Prädisposition sich zu Spiegelneurone zu entwickeln
- Die „Spiegeleigenschaft“ wird durch assoziatives Lernen erworben
- Spiegelneurone sind adaptiv und modulierbar
- Spiegelneurone bilden ein Netzwerk im Gehirn und haben Verbindung zu Arealen der Selbstwahrnehmung / Fremdwahrnehmung und dem limbischen System.

DANKE!

