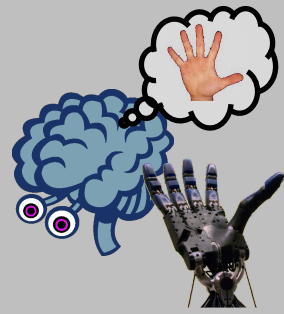
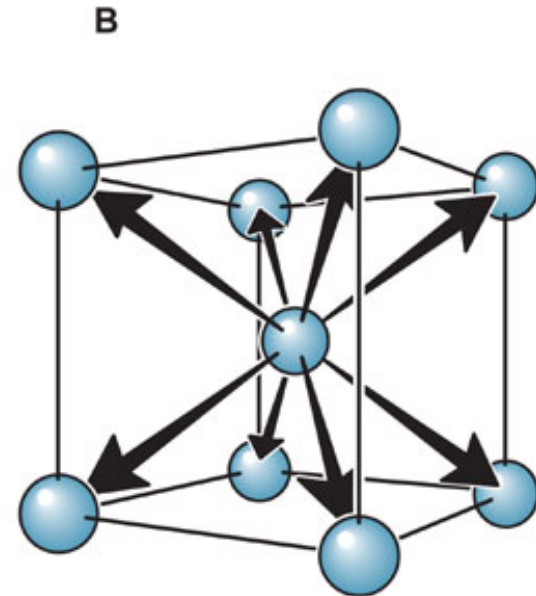
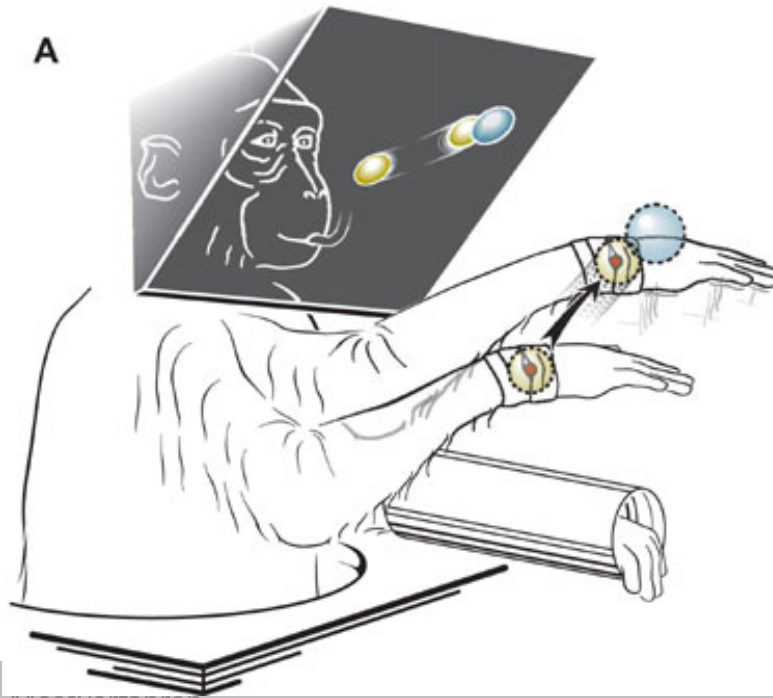


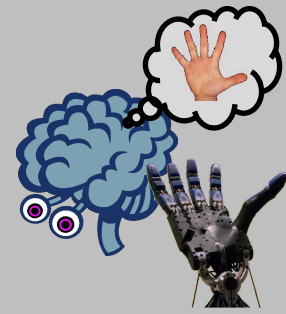
# Neuronale Plastizität bei BMI Training



- Konsequente Erweiterung der Studie:  
→ Echtzeitkontrolle einer “virtuellen Prothese”, die hier nur ein Cursor in einer Virtual Reality Umgebung war [Taylor et al., Science 2002]
- Man nennt so ein Online-System mit Feedback ein “Closed-Loop” System (gegenüber “Open Loop”).



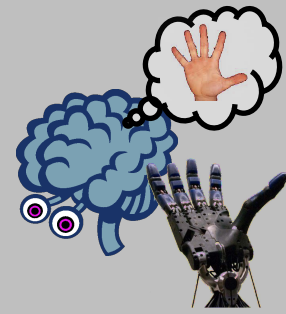
# Neuronale Plastizität bei BMI Training



- Konsequente Erweiterung der Studie:
  - Echtzeitkontrolle einer “virtuellen Prothese”, die hier nur ein Cursor in einer Virtual Reality Umgebung war [Taylor et al., Science 2002]
- Man nennt so ein Online-System mit Feedback ein “Closed-Loop” System (gegenüber “Open Loop”).
- Training/ Studie dauerte ca. 30 Tage.
- Die Bedingungen “Handcontrol” und “Braincontrol” wechselten sich ab.
- Über die Zeit wurde die “Braincontrol” besser als “Handcontrol”
- Die Spezifität der Neuronen änderte sich, wurde besser für die gegebenen Richtungen.
- Der Dekodierungsalgorithmus musste angepasst werden.

**→ Das Gehirn adaptiert an die Benutzung des BMI. → NEURONAL PLASTIZITÄT**

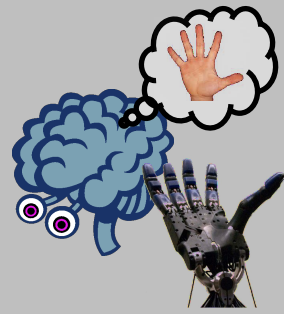
# Decodierung von komplexen Bewegungsparametern



- Dekodierung aus verschiedenen, verteilten Bereichen des Kortex: frontal und parietal [Carmena et al., PLoS Biology 2003]
- Verwendet wurde ebenfalls die Spike Rate, als Rate Coding, allerdings wurde nicht nach Neuronen gewichtet, sondern nach Zeitpunkten.
- Bewegungsparameter:
  - Hand Position (HPx, HPy, HPz)
  - Geschwindigkeit (HVx, Hvy, HVz)
  - Kraft des Griffs (GF)
  - Muskelkontraktionen (EMG = Elektromyogramm)

[VIDEO](#)

# Decodierung von komplexen Bewegungsparametern

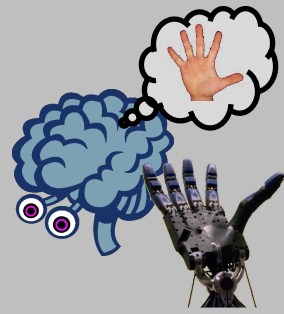


**Brain-Computer Interface Research/ECOG Trial  
The UPMC Rehabilitation Institute  
and the University of Pittsburgh School of Medicine**

**Clip Reel  
October 2011**

**© 2011 UPMC All rights reserved**

# Decodierung von komplexen Bewegungsparametern

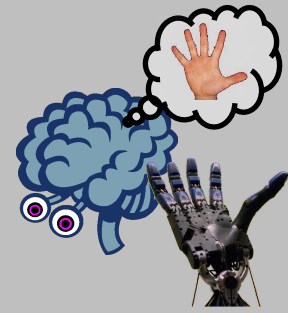


**Brain-Computer Interface Research/ECOG Trial  
The UPMC Rehabilitation Institute  
and the University of Pittsburgh School of Medicine**

**Clip Reel  
October 2011**

©2011 UPMC All rights reserved.

# Nachteile intrakortikaler Spikes



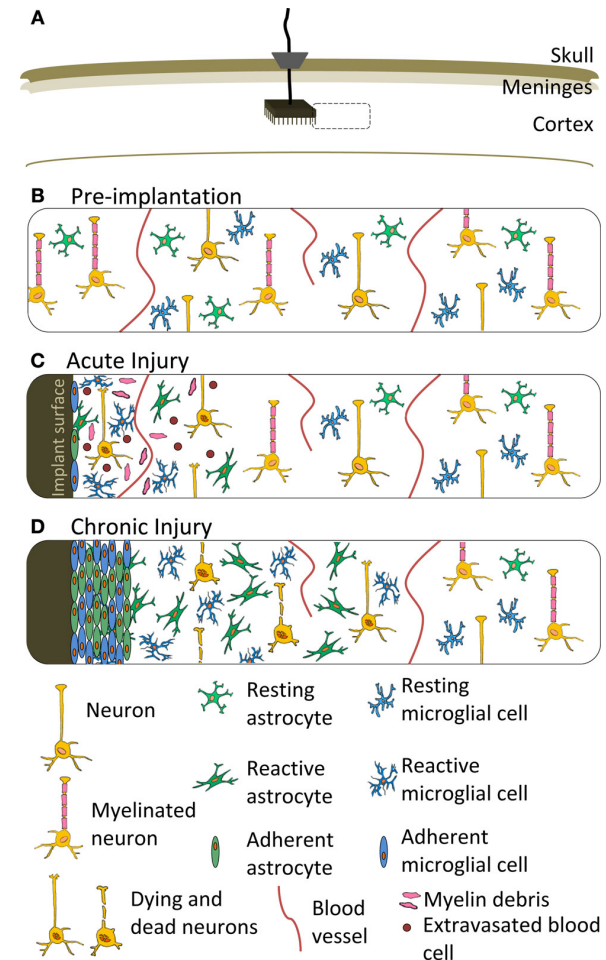
Wenn man aus intra-kortikal gemessenen Spikes so gut Bewegungsparameter extrahieren kann, warum nicht einfach dabei bleiben?



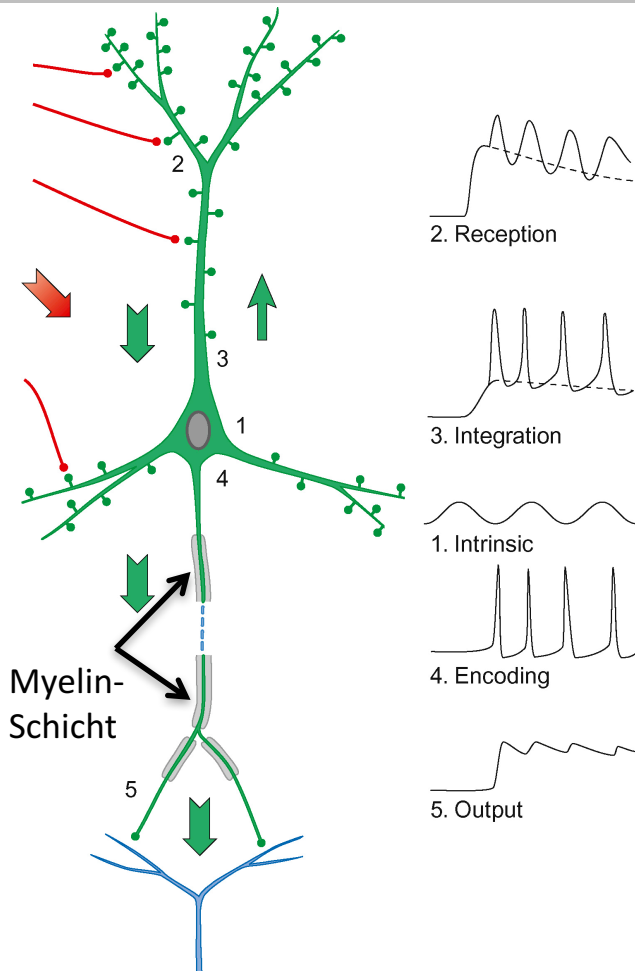
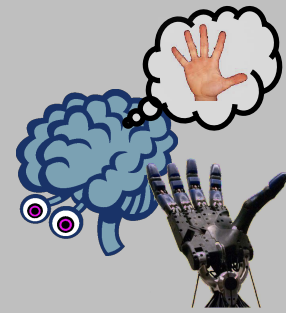
Weil es leider sehr viele Nachteile bei intra-kortikalen Elektroden gibt, die für den Einsatz beim Menschen ein Problem darstellen!



- Das Gewebe um die eingepflanzten Elektroden vernarbt über die Zeit.
  - Dies führt zunächst zu einer Minderung der Signalqualität und schließlich zu einem Absterben der umgebenden Neuronen.
- **Dies ist besonders dann ein Problem, wenn die Modellierung von einzelnen Neuronen abhängt** (wie beim Population Coding)
- Höhere kognitive Prozesse wie Aufmerksamkeit und Gedächtnis haben keine lokale Kodierung wie Bewegungsparameter.

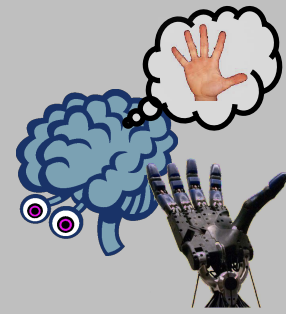


# Local Field Potentials (LFP)



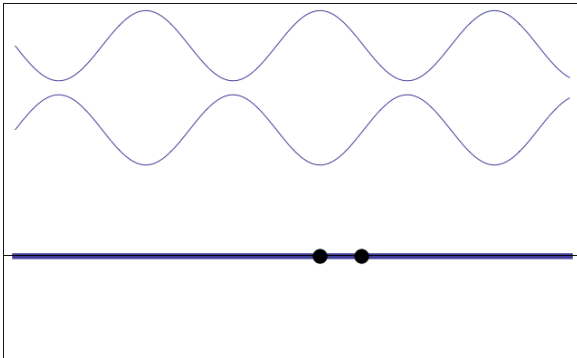
- Werden mit den selben Elektroden gemessen wie Spikes
- Sind **extrazelluläre** Spannungsschwankungen
- Messen **post-synaptische** Potentiale (PSP), keine Aktionspotentiale
- Reflektieren die Aktivität vieler Neuronen
- Die Propagationsgeschwindigkeit hängt direkt mit den physikalischen Eigenschaften der Myelin-Schicht ("White-Matter") an den Axonen zusammen.
- **Das den LFP zugrundeliegende Prinzip gilt gleichermaßen für die invasiven Verfahren intrakortikale Elektroden(arrays) und eCoG sowie für das nicht-invasive EEG.**
- Der Begriff LFP wird aber i.d.R. nur bei invasiven Messungen verwendet.

# Propagation post-synaptischer Potentiale durch das Netzwerk

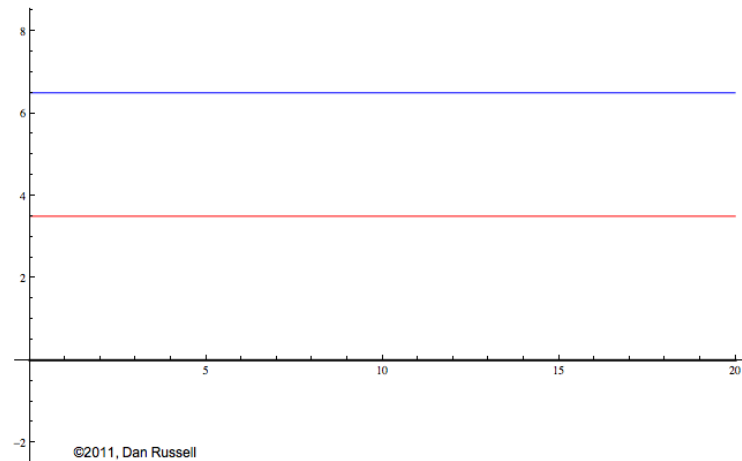


Ein einfaches, aber physikalisch plausibles Modell: Standing waves vs. Traveling waves

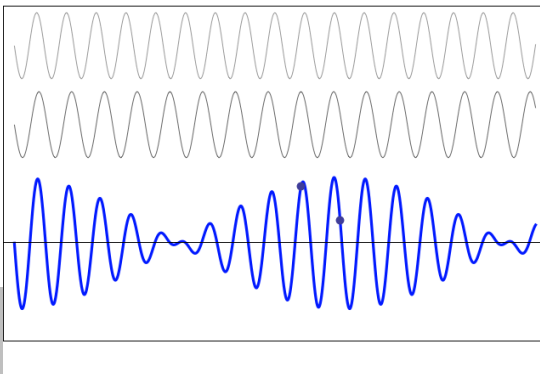
(a)



(b)



(c)

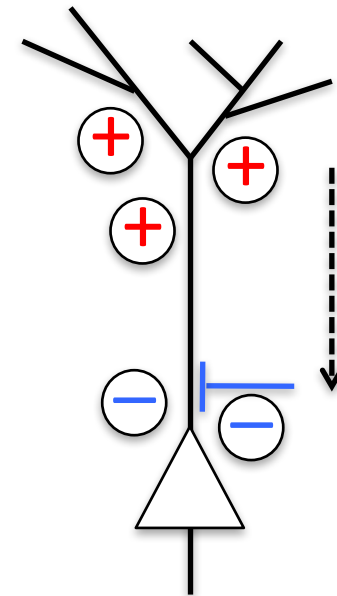
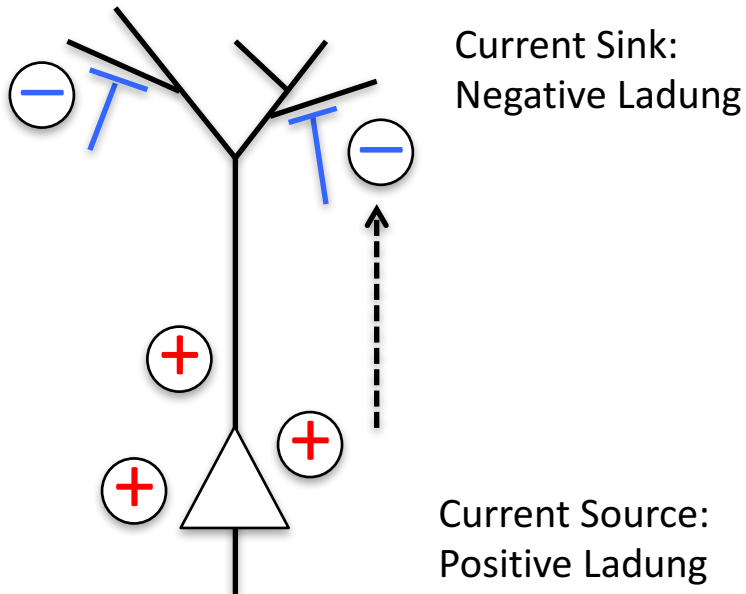
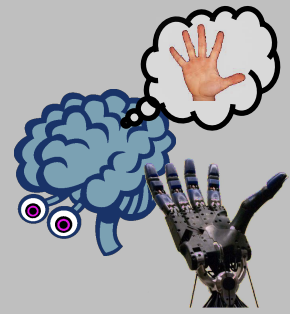


(a,b) Standing wave

(c) Traveling wave

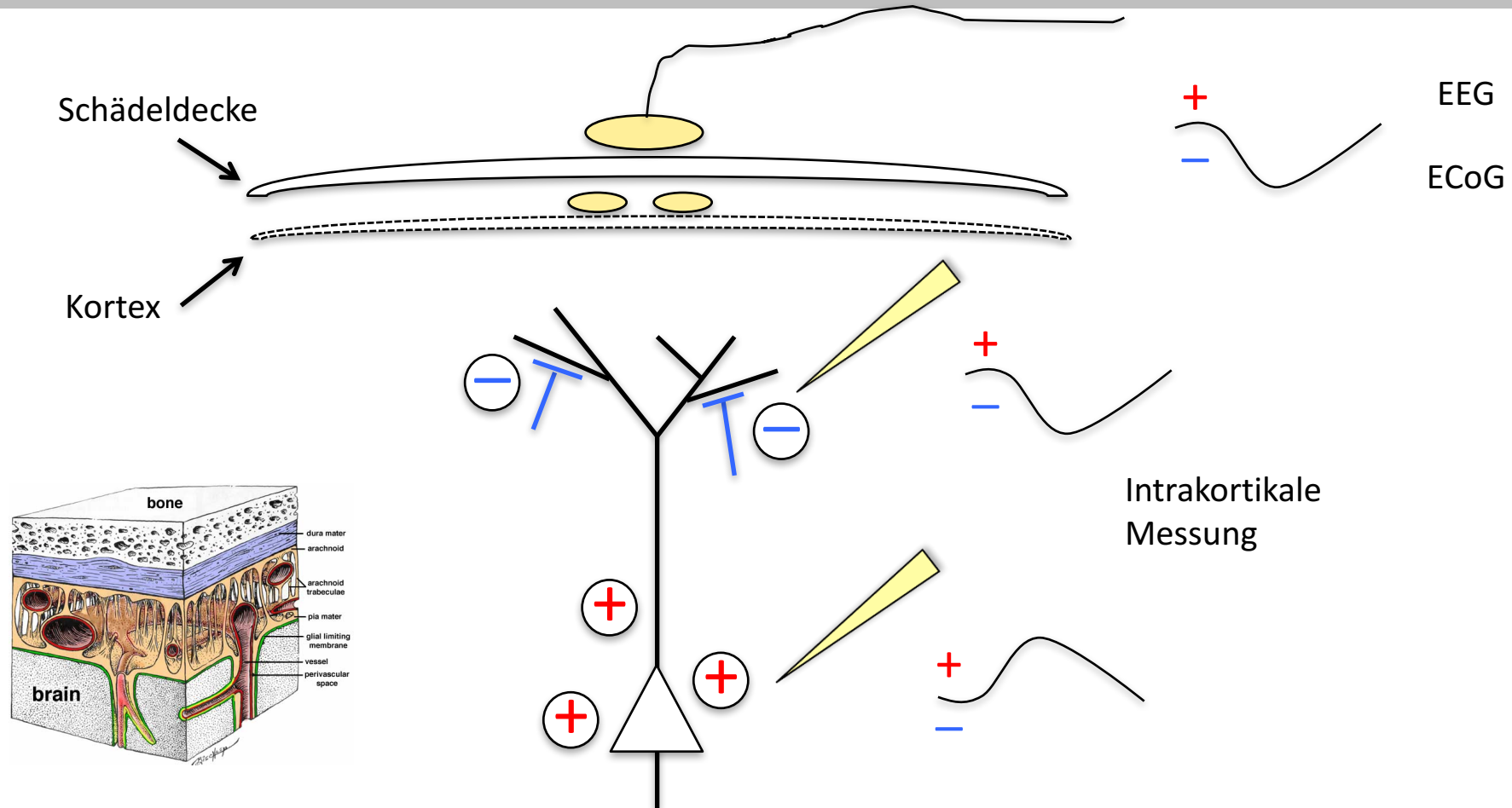
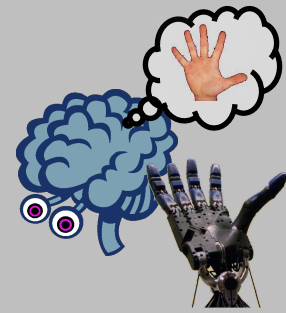


# Elektrische Dipole im Kortex

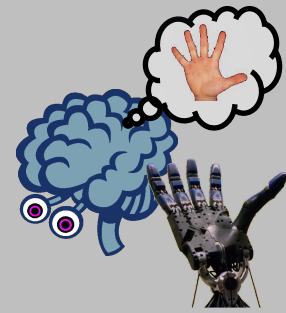


Die Richtung des Ladungsflusses wird einzig durch den Ort der synaptischen Verbindung bestimmt.

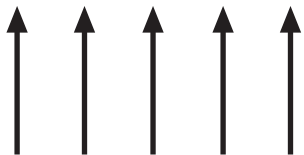
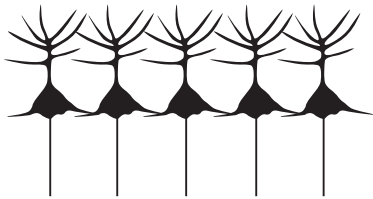
# Potentiale am Dipol



# Local Field Potentials (LFP) – Arten von Feldern

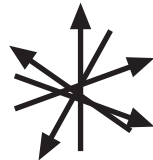
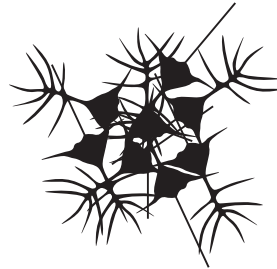


Open Field



- Intra-kortikal
- eCoG
- EEG

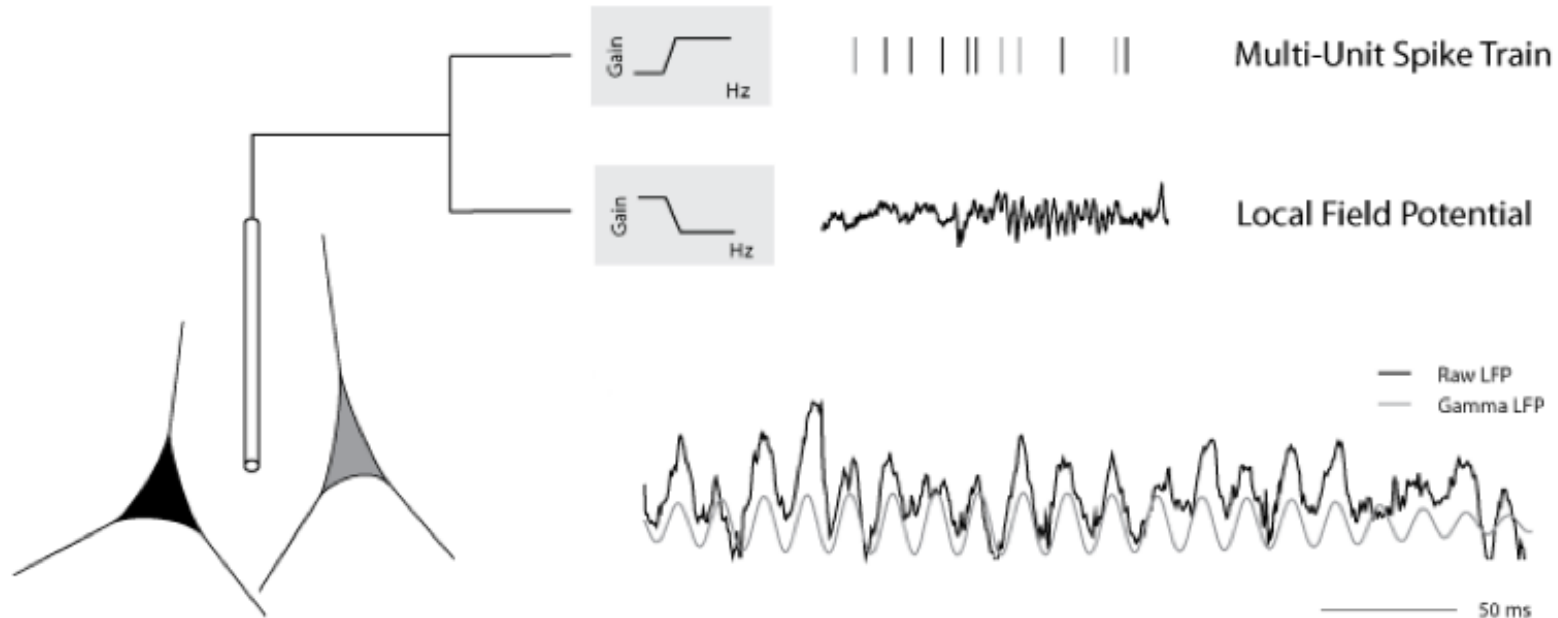
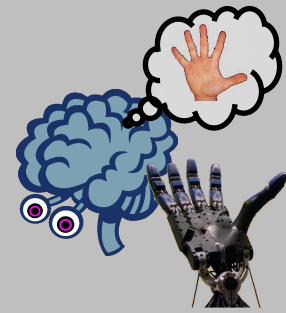
Closed Field



- Intra-kortikal
- eCoG

- Die **summierte Aktivität** solcher Felder ergibt das LFP.
- Das LFP ist ein **komplexes Signal**, dessen Zusammensetzung (also der Beitrag einzelner Komponenten) anders als bei Spikes nicht ohne Weiteres bestimmbar ist.
- LFP und Spikes können aus dem selben gemessenen Signal extrahiert werden.
- Open Field sind wesentlich stärker als Closed Field Potentials, weil sich durch die symmetrische Anordnung keine Potentiale aufheben.
- Closed Field Potentials können nur invasiv gemessen werden.

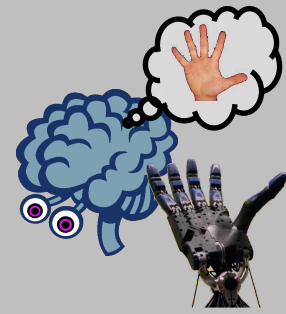
# Extraktion von Spikes und LFP (Schema)



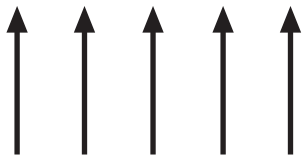
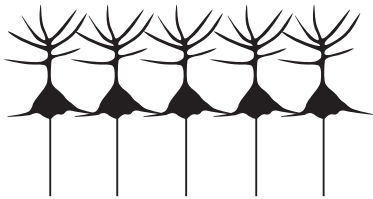
Die Signalart, also Spikes oder LFP, wird bei **invasiven** Messverfahren (intra-kortikal oder eCoG) durch die **Signalverarbeitung** bestimmt, nicht durch die Mess-Hardware\*.

\*Solange die Elektroden klein genug sind (Mikro-Elektroden).

# Local Field Potentials (LFP) – Arten von Feldern

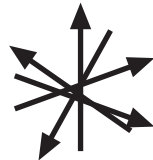
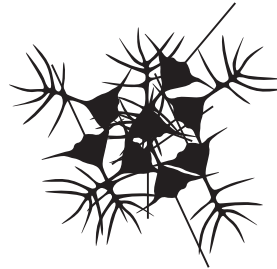


Open Field



- Intra-kortikal
- eCoG
- EEG

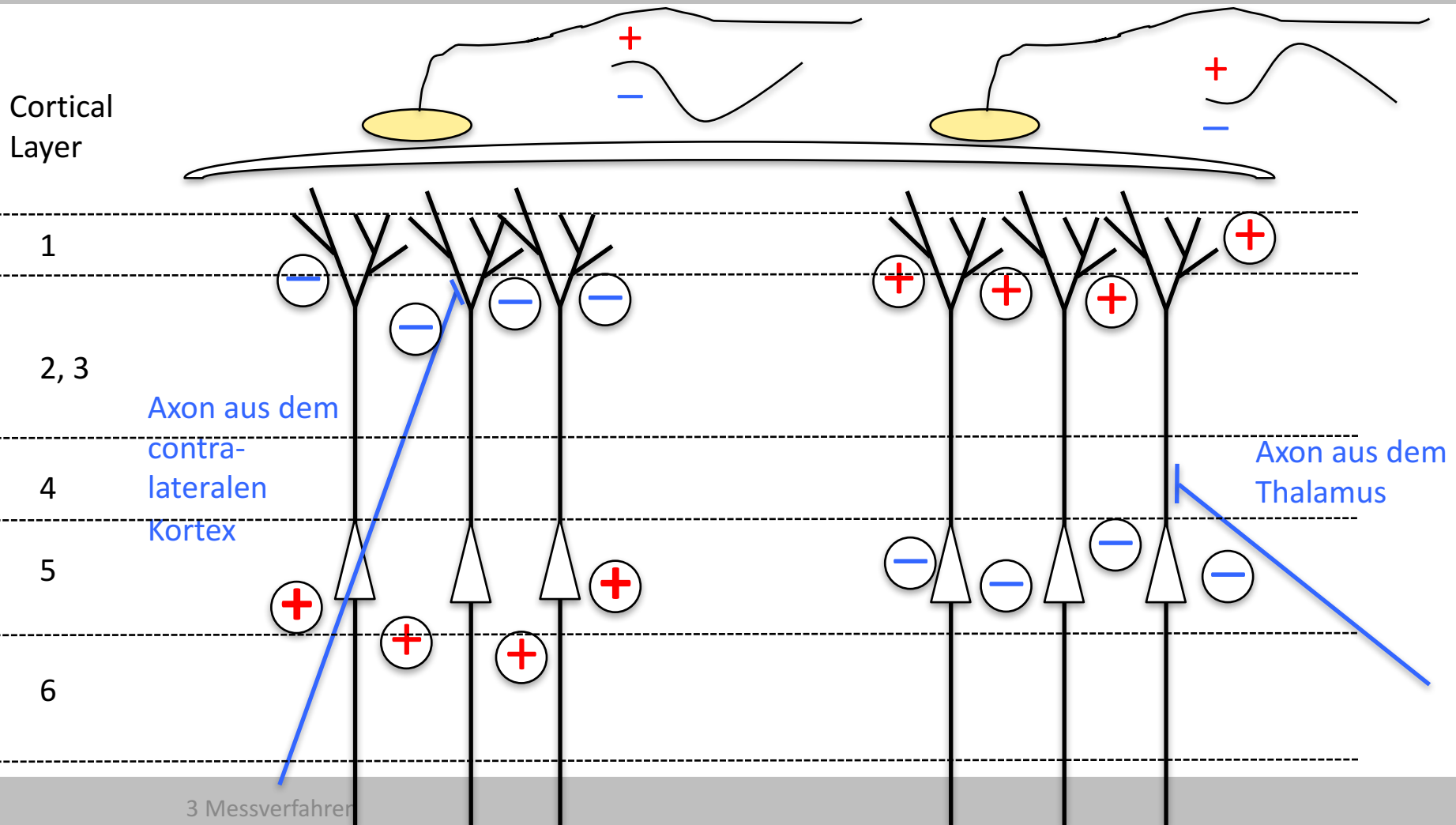
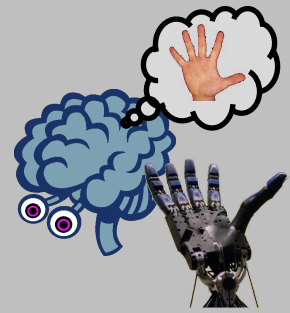
Closed Field



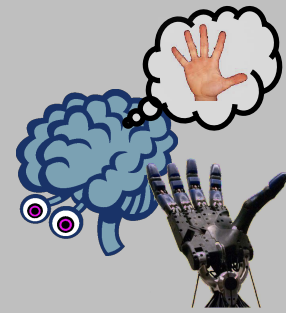
- Intra-kortikal
- eCoG

- Die **summierte Aktivität** solcher Felder ergibt das LFP.
- Das LFP ist ein **komplexes Signal**, dessen Zusammensetzung (also der Beitrag einzelner Komponenten) anders als bei Spikes nicht ohne Weiteres bestimmbar ist.
- LFP und Spikes können aus dem selben gemessenen Signal extrahiert werden.
- Open Field sind wesentlich stärker als Closed Field Potentials, weil sich durch die symmetrische Anordnung keine Potentiale aufheben.
- Closed Field Potentials können nur invasiv gemessen werden.

# Felder im EEG – “Die Masse macht’s”



# Volume Conduction



- “Volume Conduction” bezeichnet die Übertragung/ Leitung elektrischer oder magnetischer Felder von einer primären Ladungsquelle (Current Source) durch biologisches (z.B. kortikales Gewebe) in Richtung der Messsensoren (Elektroden).
- Dieser Effekt “verschmiert” das gemessene Signal hinsichtlich des Ursprungsortes und erschwert damit die Lokalisation der neuronalen Quellen des Signals.
- Je größer die Elektrode und je größer ihre Distanz zu den neuronalen Quellen, desto stärker ist der Effekt des Volume Conduction, also der Anteil am Gesamtsignal.
- Beim nicht-invasiven EEG kommt erschwerend hinzu, dass der Schädelknochen als **räumlicher Tiefpassfilter** wirkt, d.h. er reduziert die Auflösung zusätzlich.

