

Der Tastsinn im Griff der Technikwissenschaften? Herausforderungen und Grenzen aktueller Haptikforschung



Michelangelo de Caravaggio: Der ungläubige Thomas, um 1602

Haptik

Naturwissenschaftliche Lehre über Aufbau, Eigenschaften und Funktionsweise des Tastsinnessystems.

Begriffsursprung

Max Dessoire (dtsh. Psychologe 1867 – 1947)
1892 „Über den Hautsinn“
Einführung des Begriffes Haptik in
Anlehnung an Optik und Akustik



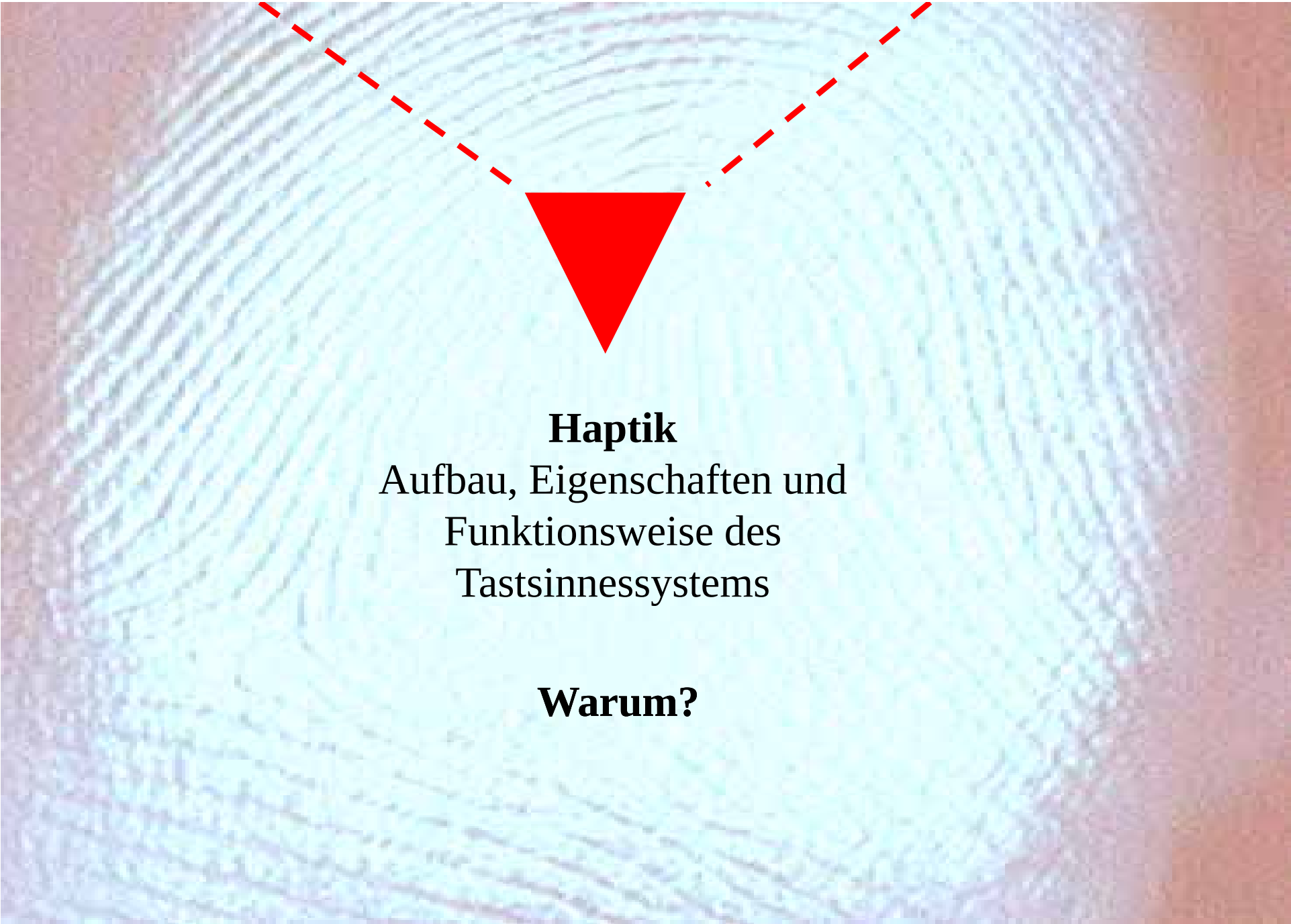
Haptik im Kontext verschiedener Disziplinen

Human- und Biowissenschaften

- Experimentelle-, Kognitive-, Allgemeine-, Biologische Psychologie
- Biologie, Molekularbiologie
- Physiologie, Neurophysiologie, Neurochemie
- Medizin, Neurologie, Psychiatrie Neuropsychologie
- Anatomie, Genetik
- u.a.

Technik- und Ingenieurwissenschaften

- Robotik
- Autonome Robotik
- Künstliche Intelligenz
- Biologische Sensorik
- Materialwissenschaften
- Virtuelle Haptik
- Automobilindustrie
- Flugzeugindustrie
- Papierindustrie
- Textilindustrie
- Kosmetikindustrie
- u.a.



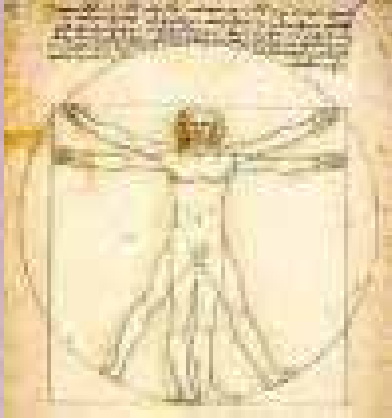
Haptik

Aufbau, Eigenschaften und
Funktionsweise des
Tastsinnessystems

Warum?

Nicht Sehen, nicht Hören, aber Tasten.



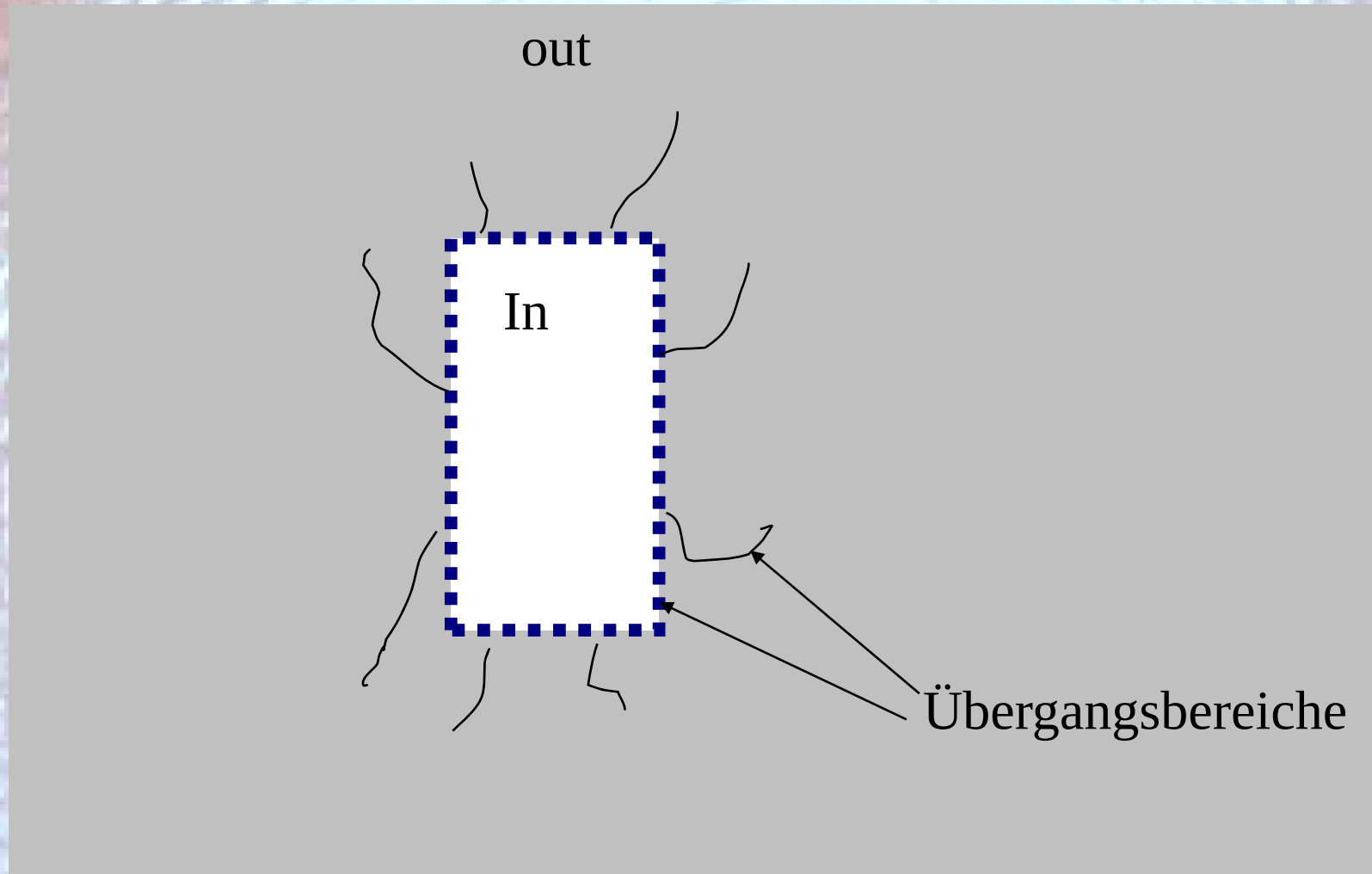


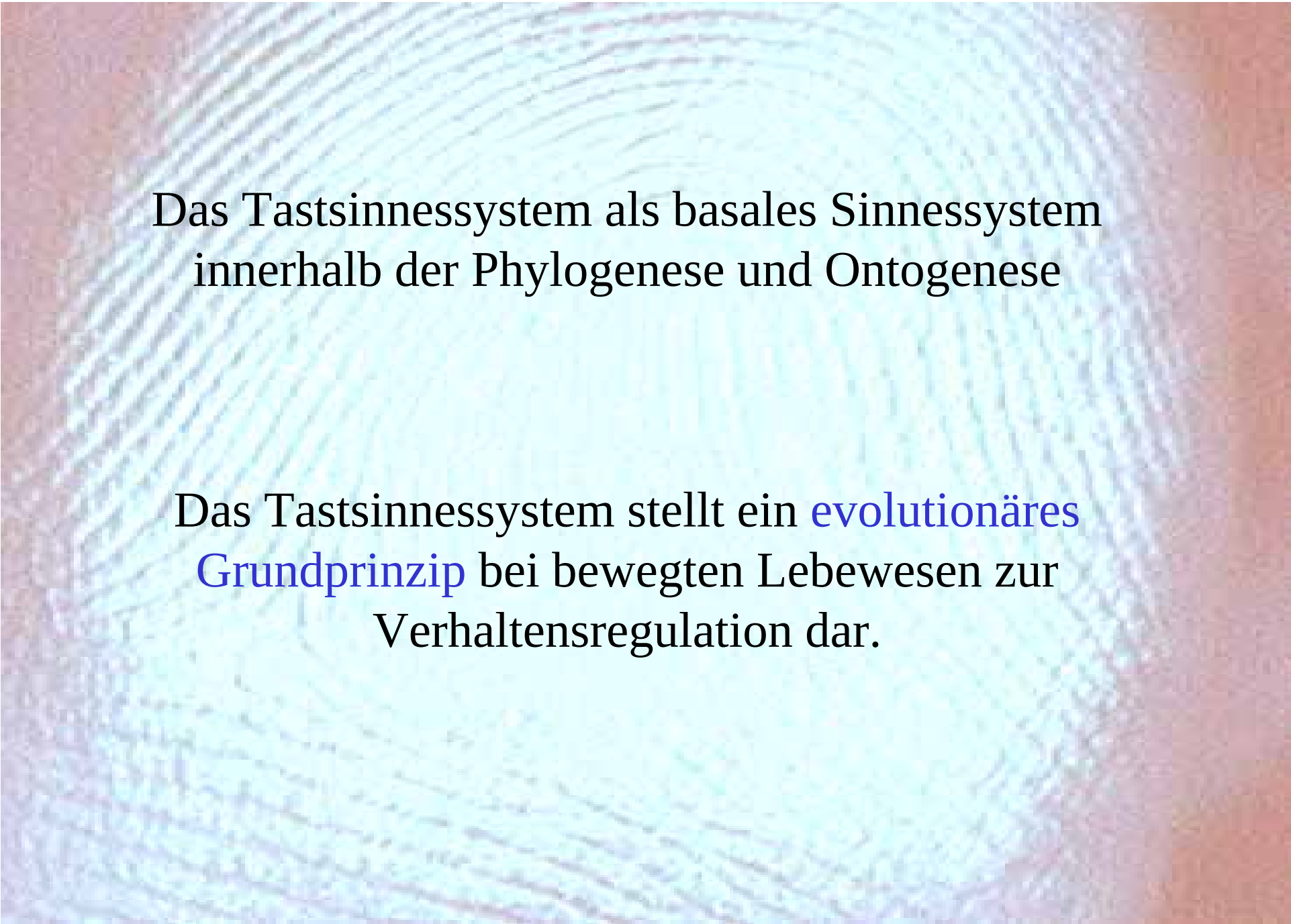
Gemeinsamkeiten

- es ertastet und erkundet der gesamte Körper
- KörperINNEN und KörperAUSSEN sind repräsentiert
- ohne Bewegung keine Erkundung von Umwelt
- die Informationen werden in Lernprozessen verarbeitet

Physischer Umweltkontakt durch Berührungssensitivität und aktive Tastbewegungen ist die elementare Voraussetzung für Verhaltensregulation

Innen- und Außenkodierung als Basiskomponente





Das Tastsinnessystem als basales Sinnessystem
innerhalb der Phylogenese und Ontogenese

Das Tastsinnessystem stellt ein **evolutionäres
Grundprinzip** bei bewegten Lebewesen zur
Verhaltensregulation dar.

Homo Hapticus



- ab 8. Schwangerschaftswoche (2.5 cm) Berührungssensitivität nachweisbar
- alle anderen Sinnessysteme entwickeln sich **nach** dem Tastsinnessystem

Dimensionen des Tastsinnes

passiv

= taktile Wahrnehmung
(Berührungssensitivität)

aktiv

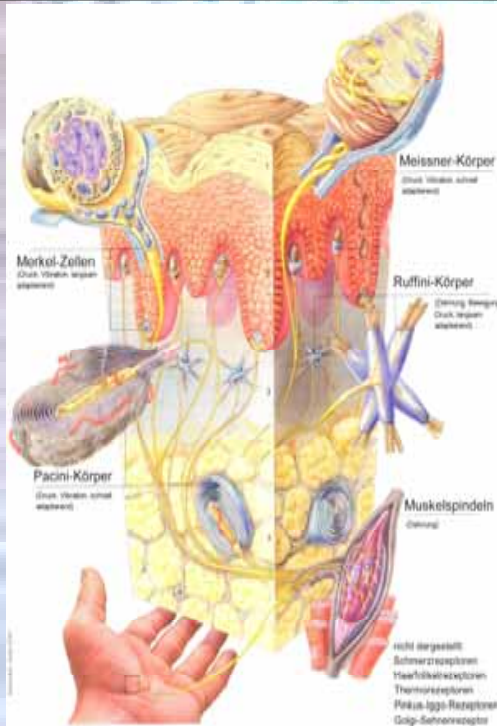
=haptische Wahrnehmung
(aktive Exploration der
physischen Umwelt durch
Bewegungsaktivitäten)

Methodengrundsätze

Arbeitsrichtungen bei der Erforschung des Tastsinnes
innerhalb der Human- und Biowissenschaften

Physiologisch-anatomische
Bestimmung/Analysen der
Tastsinnesrezeptoren

Beschreibung und Analyse
von perzeptiv-kognitiven
Prozessen



Subjekt ist passiv
= taktile
Wahrnehmung

Subjekt ist aktiv
= haptische
Wahrnehmung

! · ! · !
Beispiel

Messtechnische Erfassung der haptische Explorationsbewegungen

Nötig sind neue Meßmethoden, die Explorationsbewegungen der Finger und Hände im Bereich von Millisekunden und im 3D-Raum in Relation zu Stimulusmerkmalen erfassen.

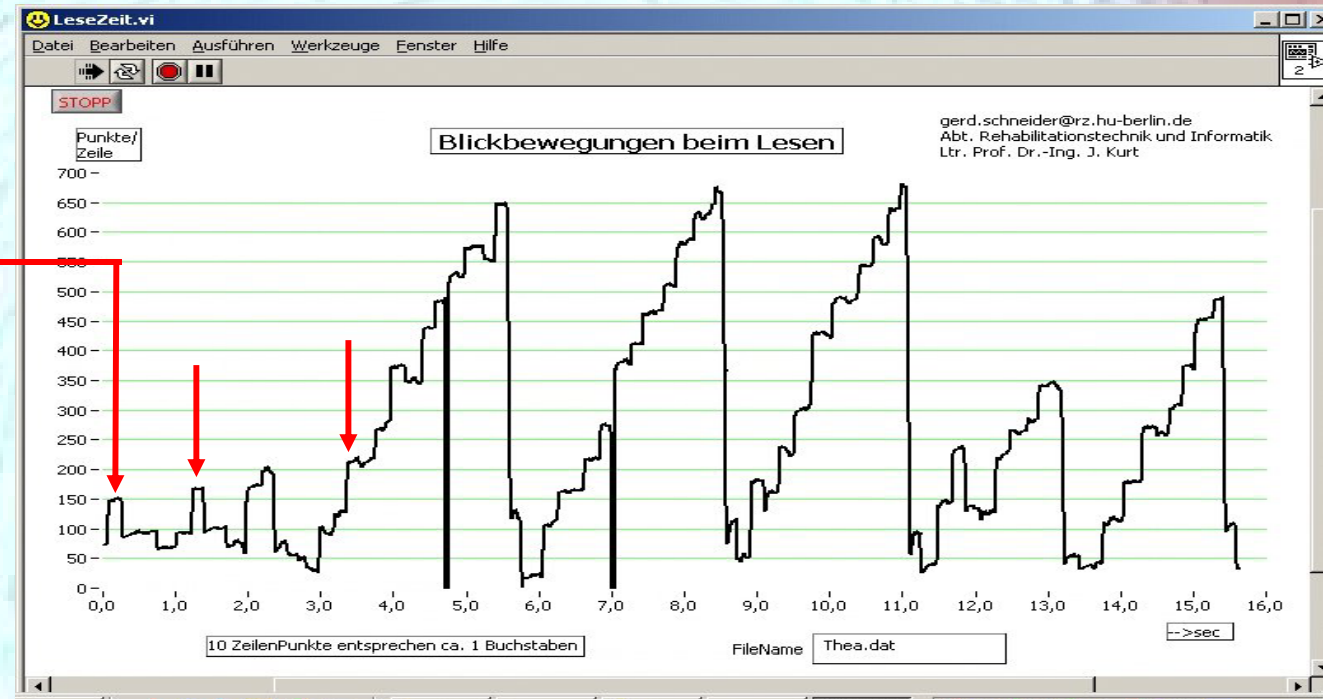


Elementarverständnis der Tastwahrnehmung verbessern

Ähnliche Bedeutung wie Blickbewegungsmessung für visuelle Modalität

Bewegungspausen im visuellen System

Fixationspausen während des Lesens



Vergleichsoperationen

312 ms

Rechenoperationen

369ms

Entscheidungsoperationen

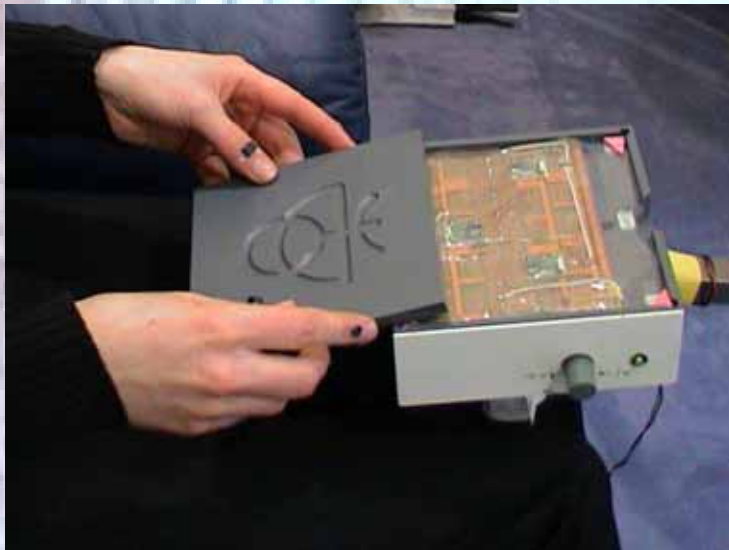
701ms

aus: W. Krause: Denken und Gedächtnis aus naturwissenschaftlicher Sicht. 2000, S. 261.

Magnetsensoren als Meßsystem für Fingerbewegungen



Dipl. Ing. K.H. Beier
1999-2006†



Elementare Beobachtungen über Fingerbewegungen im Bereich von Millisekunden möglich.

Studiendesign und erste Beobachtungen

Tiefenreliefmuster



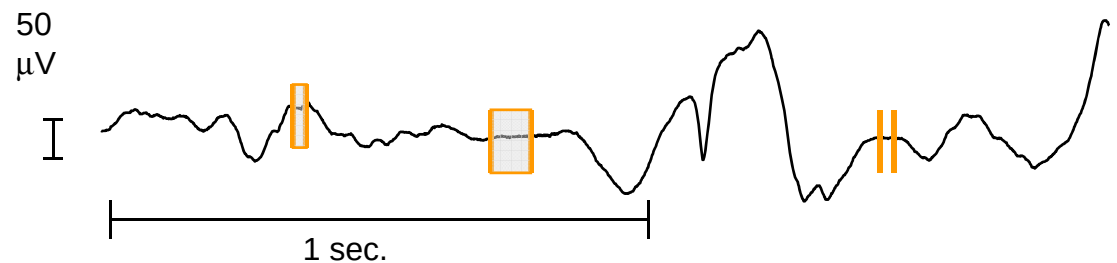
Alltagsgegenstände



Winkel-Paradigma



Output-Signal der
Magnetsensoren:

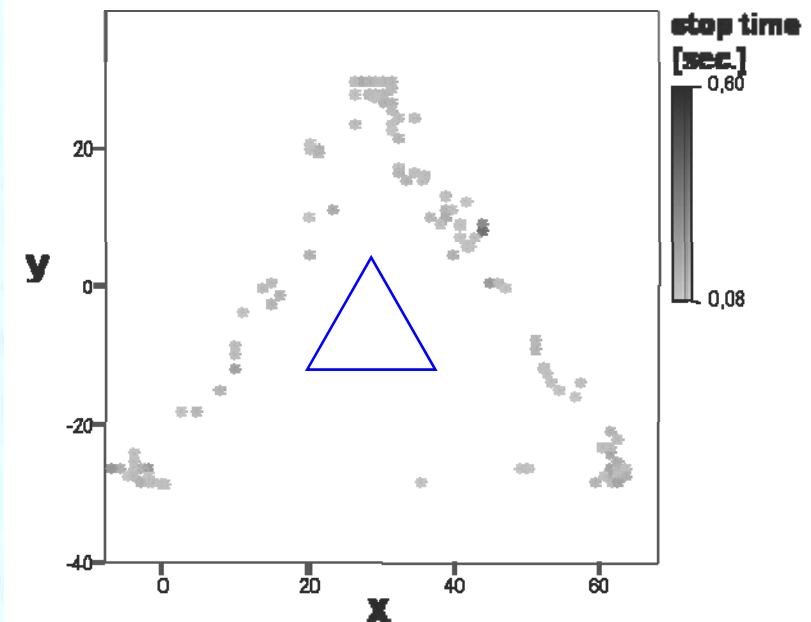


Mittlere Dauer der Bewegungspausen:

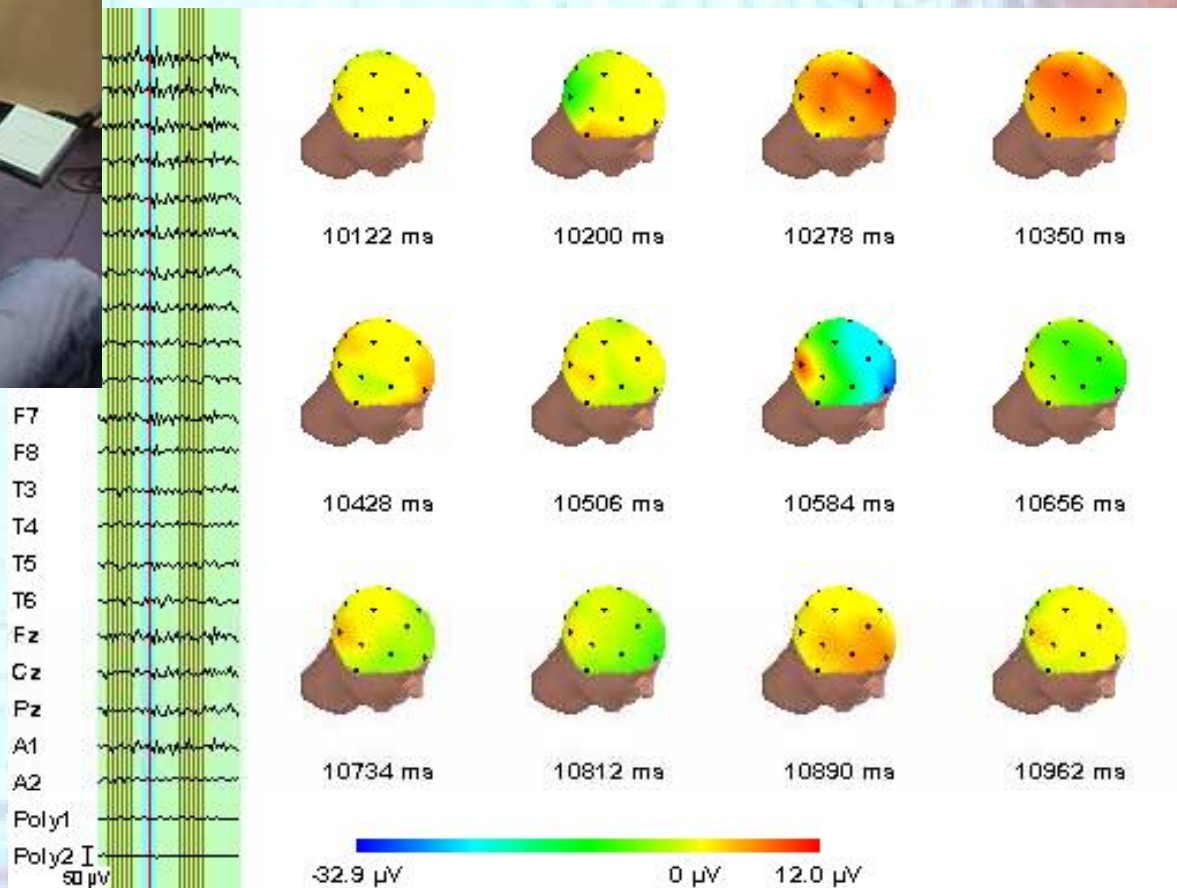
300ms
60ms
120ms

Tiefenreliefs
Alltagsgegenstände
Winkel-Paradigma

Bewegungspausen und Objektmerkmale im 3D-Raum (MIT, Touch Lab.)

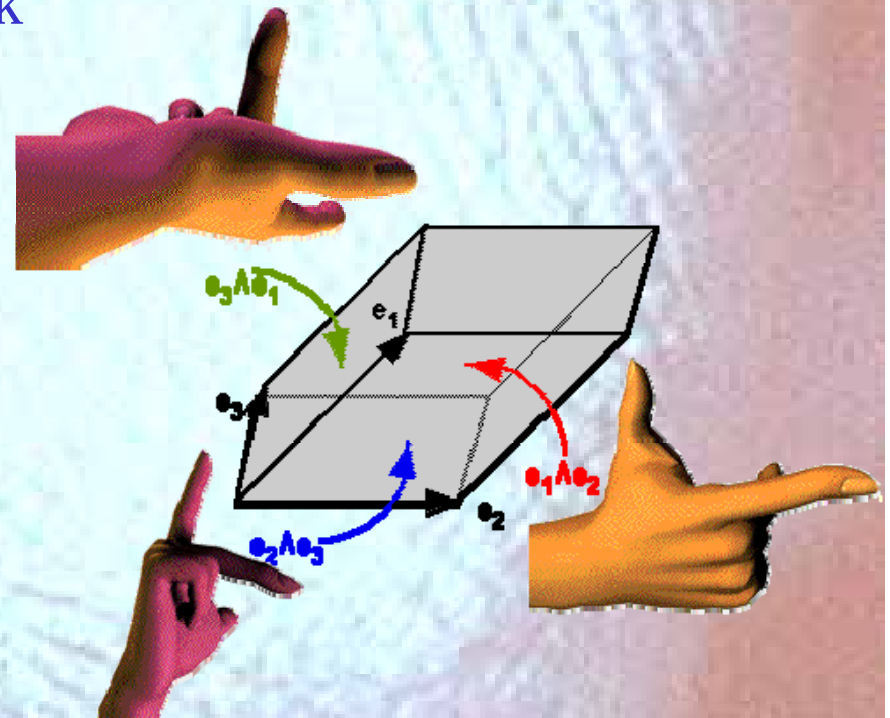


Kombination von Bewegungsdaten und hirnelektrischen Parametern



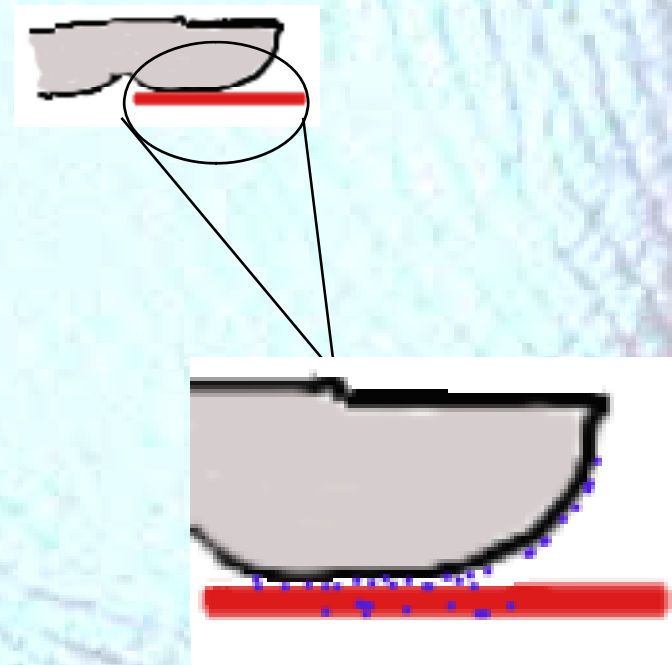
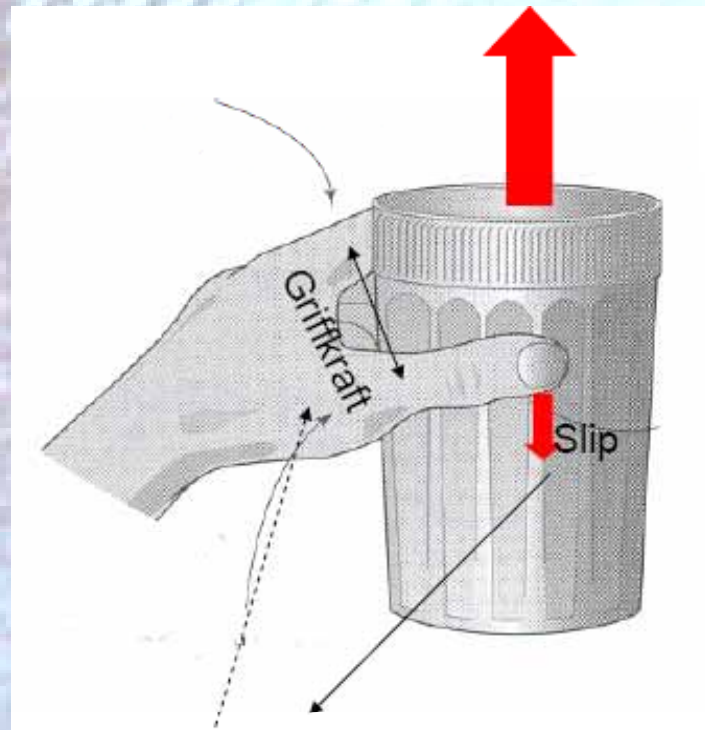
Haptikforschung in den Bio- und Humanwissenschaften ohne Sensortechnik?

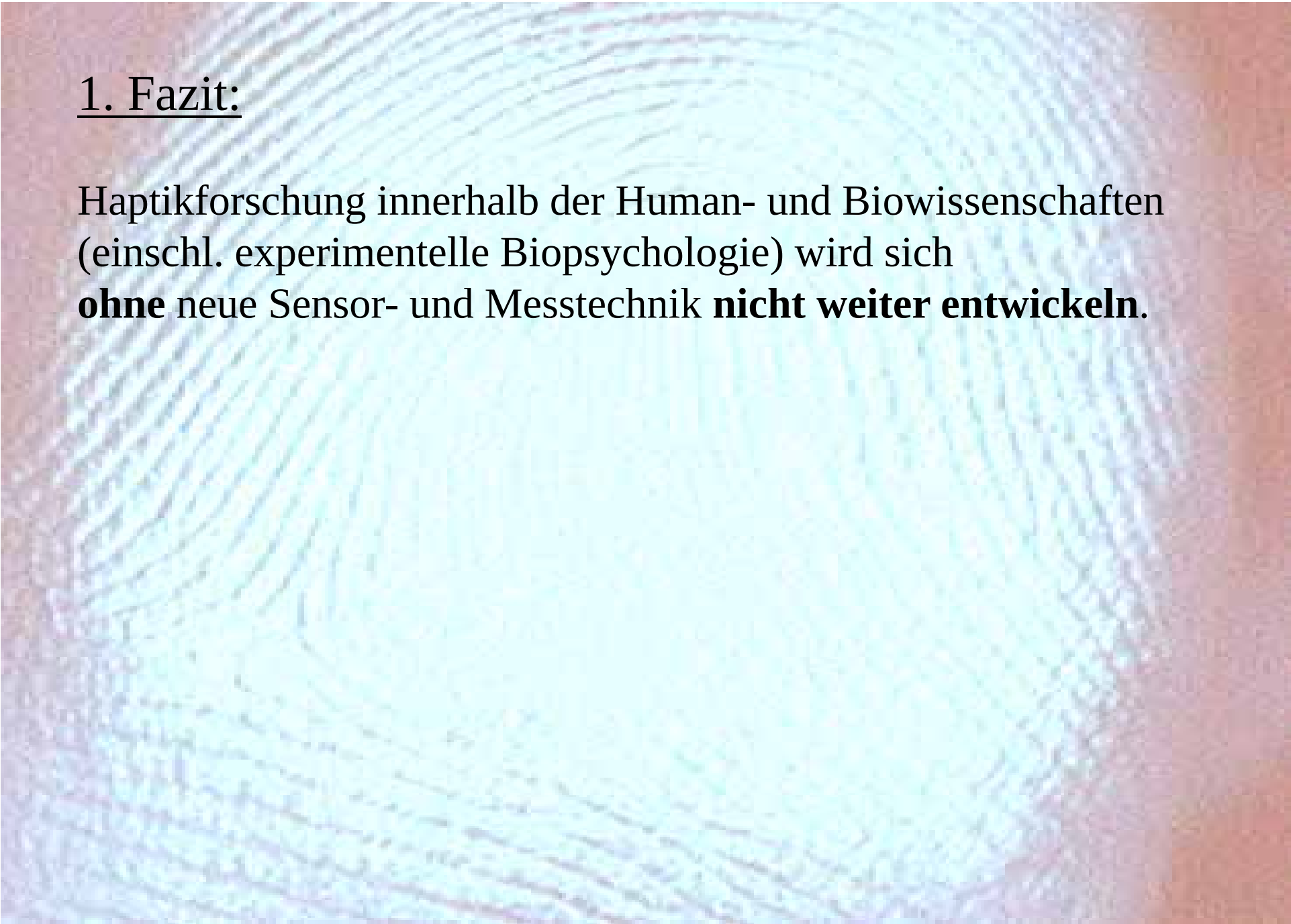
- Die Beobachtung der „explorativen stops“ wäre ohne entsprechend sensitive Meßelektronik nicht möglich gewesen!
- 3D-Rekonstruktion von haptischen Explorationsprozessen ist direkt abhängig von der weiteren Intergration/ Entwicklung der **Sensor- und Meßtechniktechnik** in die Haptik-Forschung der Human- und Biowissenschaften



Erkenntnisgrenzen oder fernes Ziel?

Zeitlich-räumliche Abbildung von Explorationsbewegungen, sowie Deformations- und Kraftmomenten an der menschlichen Extremität im Mikrometerbereich.





1. Fazit:

Haptikforschung innerhalb der Human- und Biowissenschaften (einschl. experimentelle Biopsychologie) wird sich **ohne** neue Sensor- und Messtechnik **nicht weiter entwickeln.**

Haptik im Kontext verschiedener Disziplinen

Human- und Biowissenschaften

- Experimentelle-, Kognitive-, Allgemeine-, Biologische Psychologie
- Biologie, Molekularbiologie
- Physiologie, Neurophysiologie, Neurochemie
- Medizin, Neurologie, Psychiatrie Neuropsychologie
- Anatomie, Genetik
- u.a.

Technik- und Ingenieurwissenschaften

- Robotik
- Autonome Robotik
- Künstliche Intelligenz
- Biologische Sensorik
- Materialwissenschaften
- Virtuelle Haptik
- Automobilindustrie
- Flugzeugindustrie
- Papierindustrie
- Textilindustrie
- Kosmetikindustrie
- u.a.

Haptik-Forschung in Technik- und Ingenieurwissenschaften

„Haptech“

**Prothetik/
Rehabilitation**



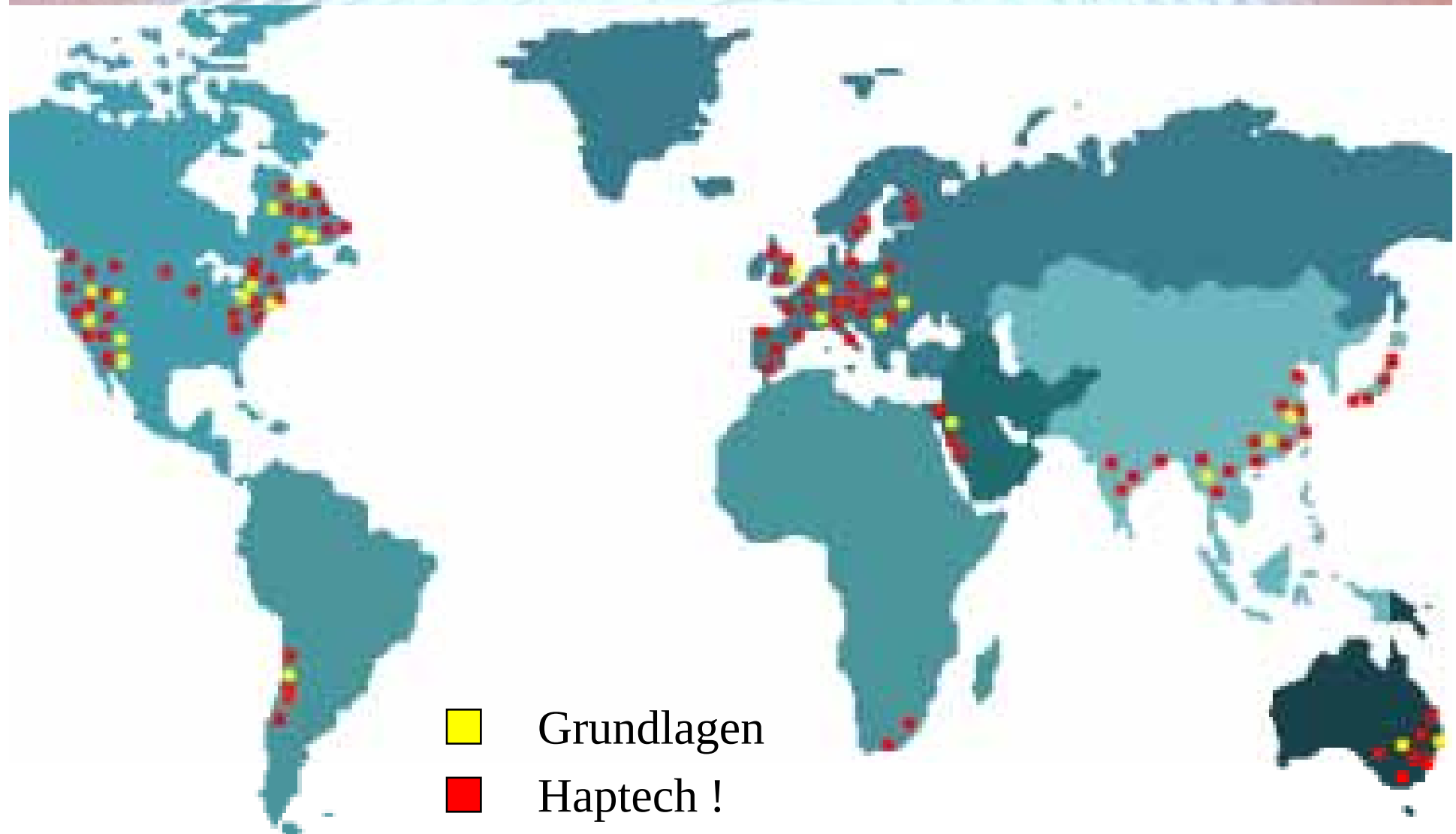
Robotik



virtuelle Haptik



Haptik-Grundlagenforschung und Hapttech



Ziele von Hapttech

- Simulation und elektro-mechanische Abbildung des Tastsinnessystems bzw. der Teilkomponenten/ Sensoren des Tastsinnessystems (Vibration, Druck, Dehnung, Temperatur usw.)

„Haptech“



Robotik



Aber wie? Humanes Modell oder Tiermodell?

EU-Projekt BIOTACT

- Schnurrhaar-Sensor als Vorbild für elektro-mechanische Simulation/ Nachbau
- Jedoch 1.: Schnurrhaarsensor ist nur eine Sensorebene – komplex – aber nur ein Teil des Gesamtsystems.
- Jedoch 2.: Schnurrhaarsensor ist nicht passiv, sondern **aktiv**



Gefahr des eindimensionalen Ansatzes!

„Ups“: Haarrezeptoren als Fluglagesensoren

Körper und Flügeloberseite der Fledermaus mit
Enthaarungscreme behandelt:

Geradeausflug möglich, **Kurvenmanöver nicht mehr.**

Körperhaare fungieren offensichtlich als Fluglagesensoren.

Bisher unbekannte perzeptive Funktion. Welche sensorischen
Informationen übertragen die Körperhaare noch?

[John Zook (Ohio Universität) 2005]



Einäugigkeit der Haptik in der Robotik

- Konzentration auf einzelne Sensortypen verstellt den Blick auf das Gesamtsystem.



- humane/tierische Sensoren mit zum Teil unbekannten Funktionsbereichen und **Doppelfunktionen** (z.B. Druck/Kraft und Schwingungssensor).

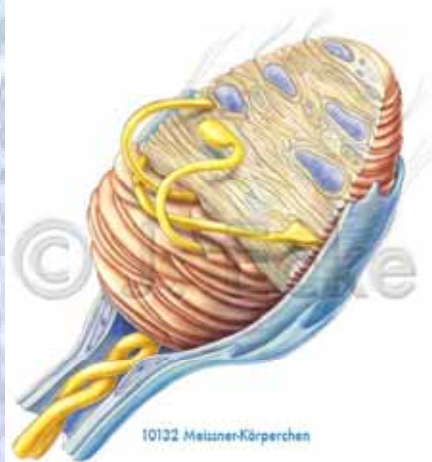
Einäugigkeit der Robotik

- Grenzen der aktuell möglichen Miniaturisierung technischer Sensoren

Meissner-Körperchen (Druck, Vibration)

40 μm breit x 100 μm lang

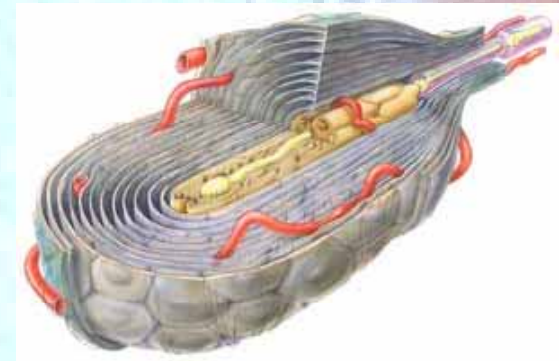
2.8 Mio Körperhaut

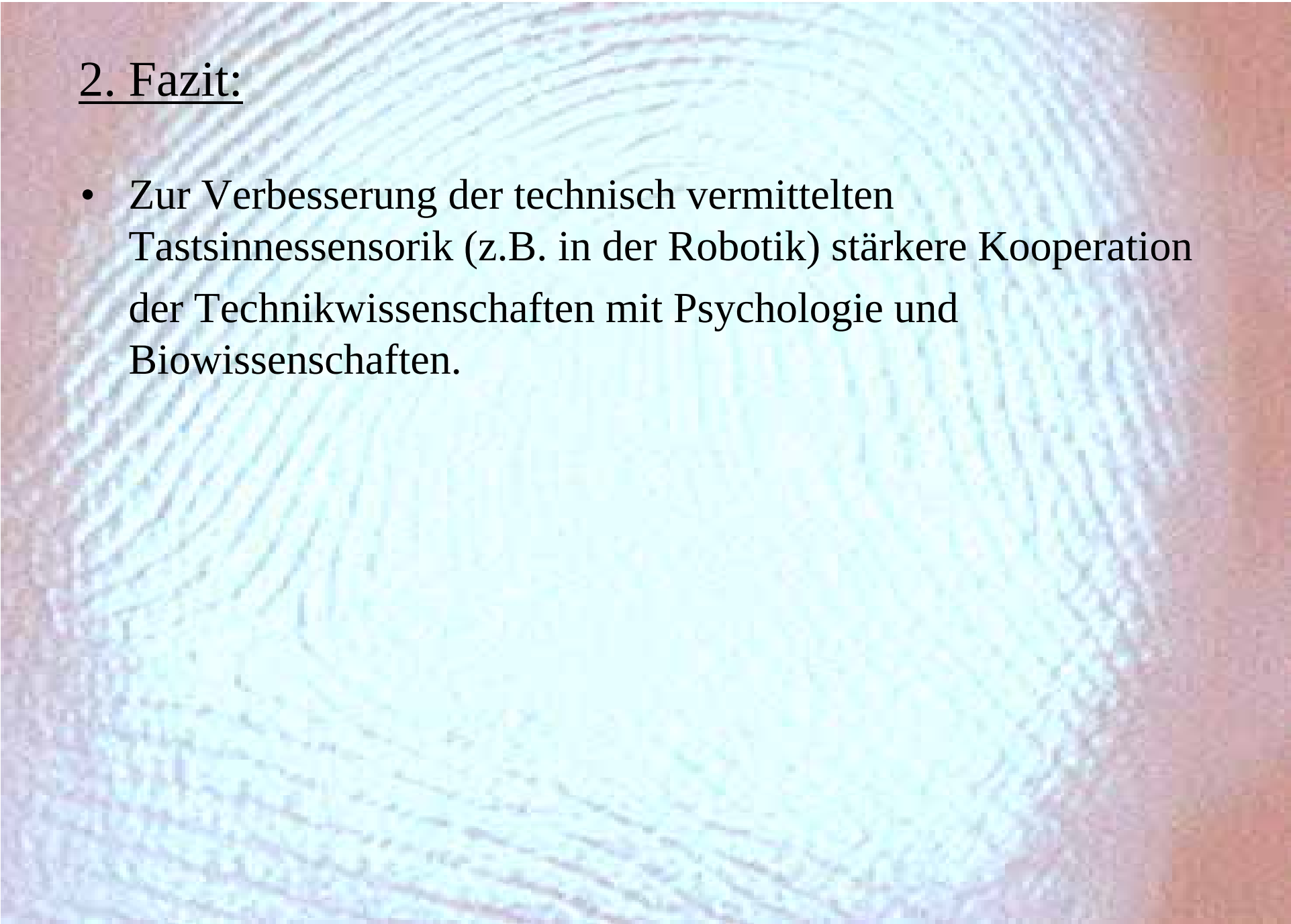


Pacini-Körperchen

Durchmesser 4 x 6 μm

200.000 Körperhaut





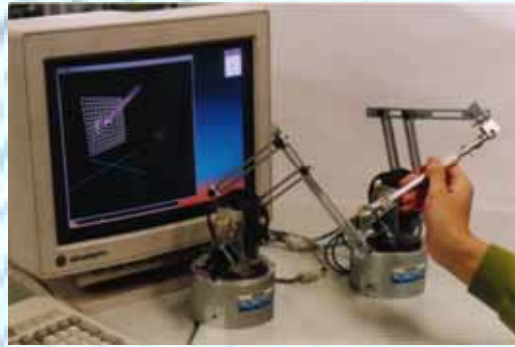
2. Fazit:

- Zur Verbesserung der technisch vermittelten Tastsinnessensorik (z.B. in der Robotik) stärkere Kooperation der Technikwissenschaften mit Psychologie und Biowissenschaften.

„Haptech“



virtuelle Haptik



Druck und Vibrationsmomente durch elektromechanische Einheiten auf Extremitäten bei aktiver Bewegung Übertragen und diese Reize werden durch kortikaler Verarbeitung als virtuelle haptische Szene empfunden → virtuelle Haptik



Virtual Haptics bisher:

Druck- und Vibrationsreize mechanisch **direkt** übertragen



Applikationsfläche Begrenzt!!

Neue Wege der virtuellen Haptic



Takayuki Iwamoto, University of Tokyo, 2008

Ultraschallapplikation (40kHz)

→ Einfluß auf zelluläre Prozesse?
Dauerapplikation?

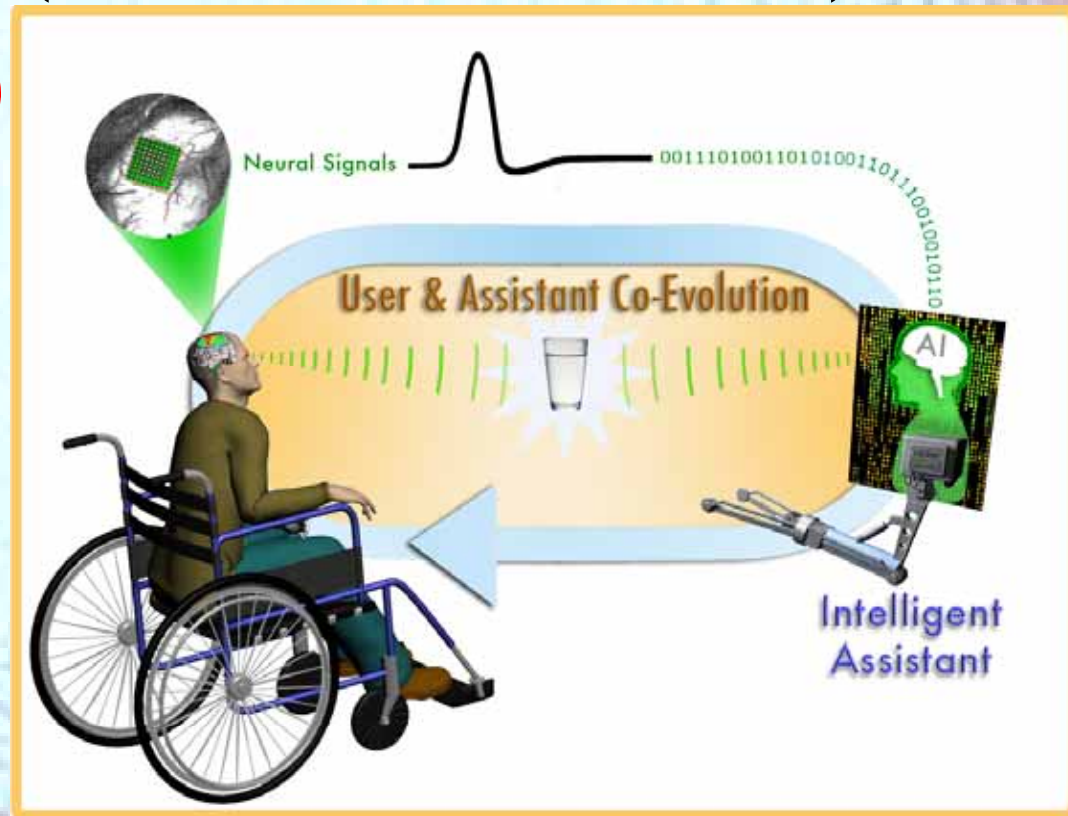
„Haptech“

Prothetik/ Rehabilitation



Weg A:

Neuronale Muster zur Ansteuerung elektro-mechanischer Komponenten (z.B. Prothesen, externe Geräte)



„Haptech“

Prothetik/ Rehabilitation

Weg B:

Externe sensorische und motorische Informationen aus elektro-mechanischen Einheiten werden in elektrische Muster umgewandelt, welche direkt an Nervenfasern ankoppeln.



„Haptech“



Prothetik/ Rehabilitation



Weg C:

Externe sensorische und motorische Informationen aus elektro-mechanischen Einheiten werden in elektrische Muster umgewandelt, welche direkt an kortikale Neurone abgegeben werden.

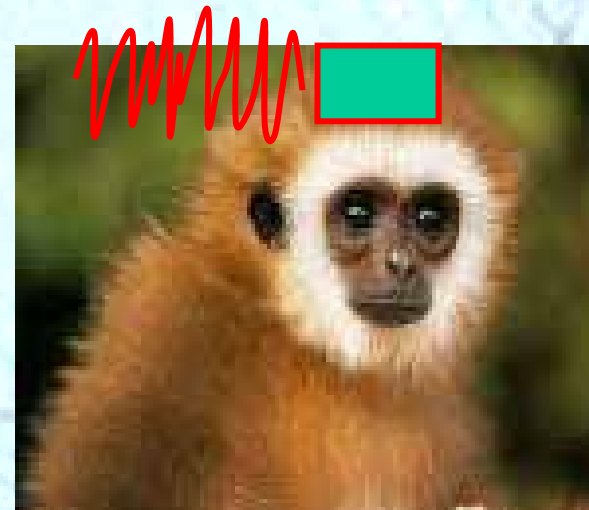
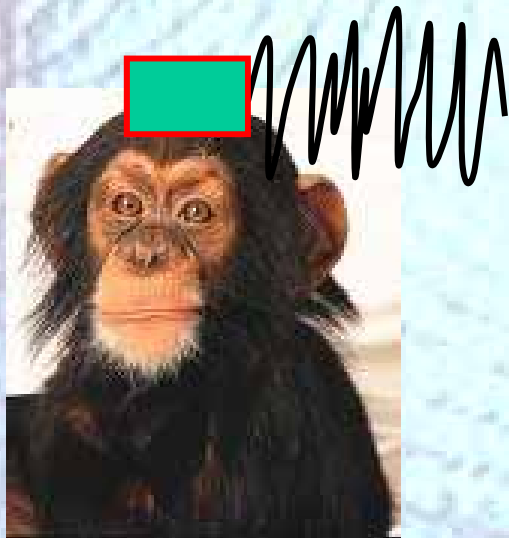
Brain-Machine Interface Robo-Animal
Control Project, Dr. Manukid Parnichkun's,
Asian Institute of Technology

„Haptech“

**Prothetik/
Rehabilitation**

Weg D:

Individuelle haptische und motorische Informationen werden in elektrische Muster umgewandelt, welche telemetrisch übertragen und direkt an kortikale Neurone eines anderen Individuums abgegeben werden.



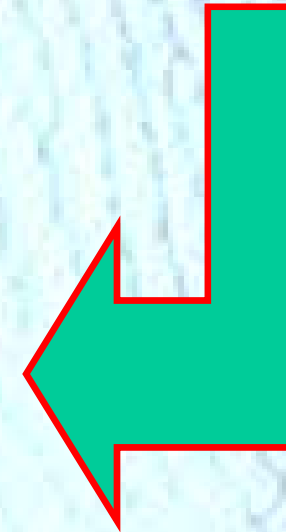
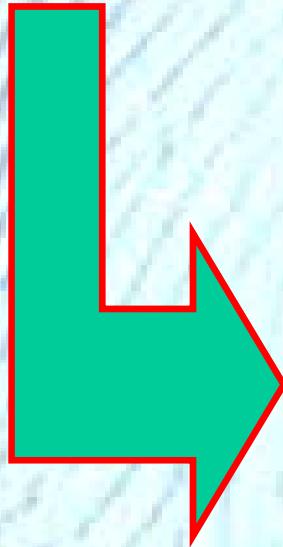
Stanford University, 2002

Haptech

Prothetik/ Rehabilitation

Robotik

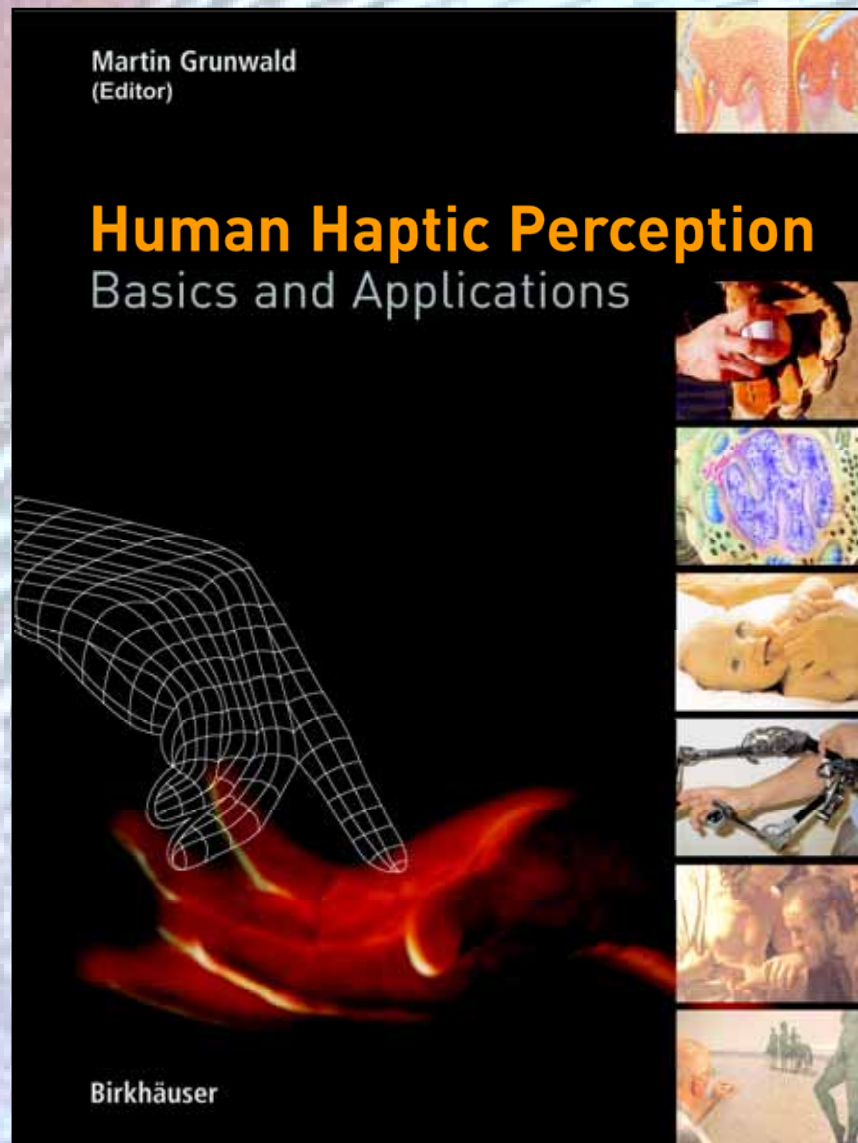
virtuelle Haptik



Neuro-Haptik-Simulation mittels Direktstimulation:
ein implizites Ziel der virtuellen Haptik? → Matrix/ MIT

Fazit:

- Human- und Biowissenschaften in der Haptik brauchen bessere Sensorik/ Meßmethoden.
 - Technikwissenschaften, insbesondere die Robotik brauchen zur Entwicklung von haptischen Sensorsystemen mehr Psychologie.
 - Anwendungsorientierte Haptik-Forschung im Bereich der Virtuellen-Interface-Haptik läuft Gefahr, sich vollständigen von den Ethischen Prinzipien der Human- und Biowissenschaften zu entkoppeln.
- Gesprächs- und Kooperationsbedarf!



2008 (46 Beiträge, 80 internationale Autoren, 680 S.)



Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit !