

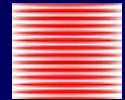
## **Die Neurobiologie des Musizierens und Konsequenzen für Übestrategien**

Referent: Prof. Dr. med. Dipl. Mus. Hans-Christian Jabusch

AG 14, Freitag, 15. Mai 2009



**Verband deutscher Musikschulen VdM  
Musikschulkongress '09  
Internationales Congress Centrum ICC Berlin  
15. bis 17. Mai 2009**



## **Die Neurobiologie des Musizierens und Konsequenzen für Übestrategien**

**Hans-Christian Jabusch**

**Institut für Musikermedizin  
Hochschule für Musik *Carl Maria von Weber* Dresden**



## Fragen:

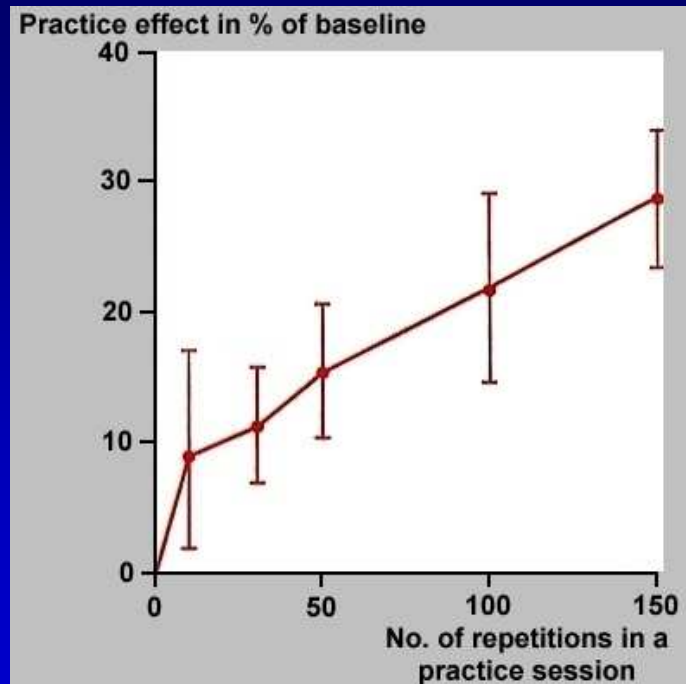
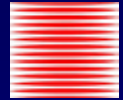
---

- 1) **Üben: Je länger je besser?**
- 2) **Wie wird das Tempo gesteigert?**
- 3) **Wie lernen wir, ökonomisch zu spielen?**
- 4) **Was ist mentales Üben und wie lernen wir es?**
- 5) **Wie fördern wir sensomotorische Präzision bei Kindern?**



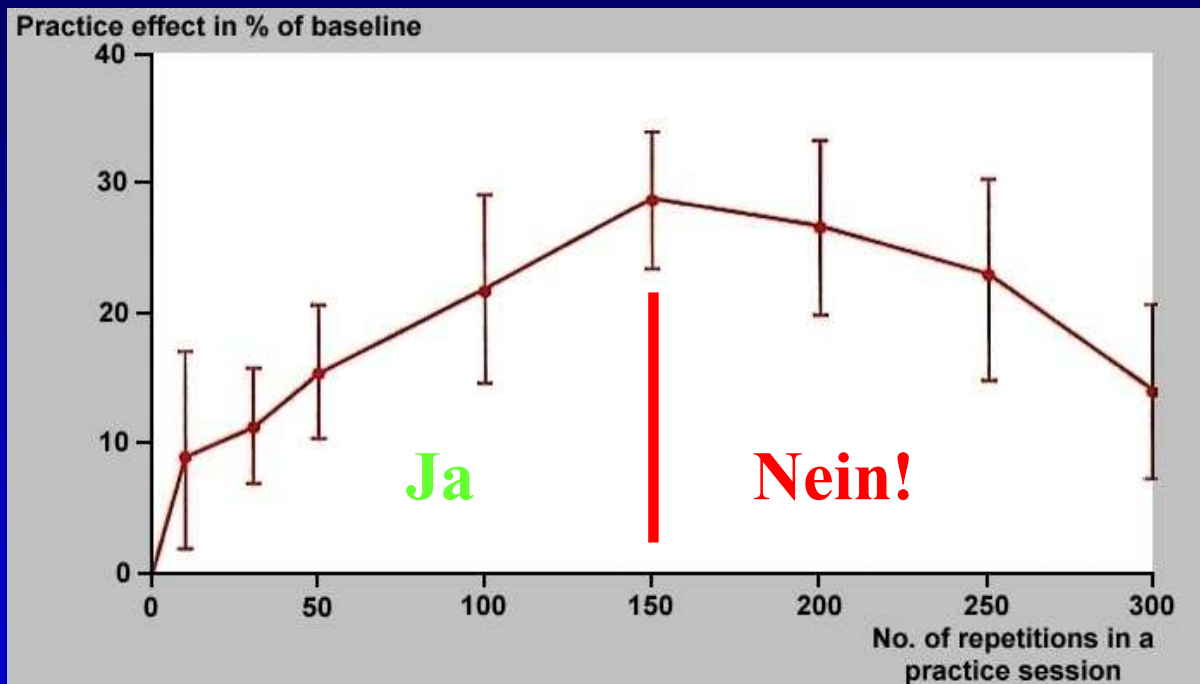
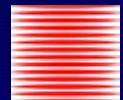
## Üben - Je länger je besser?

## Üben - Je länger je besser?



(Hettinger et al. Geschicklichkeit und deren Übbarkeit. Z. Arbeitswiss.1975)

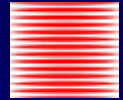
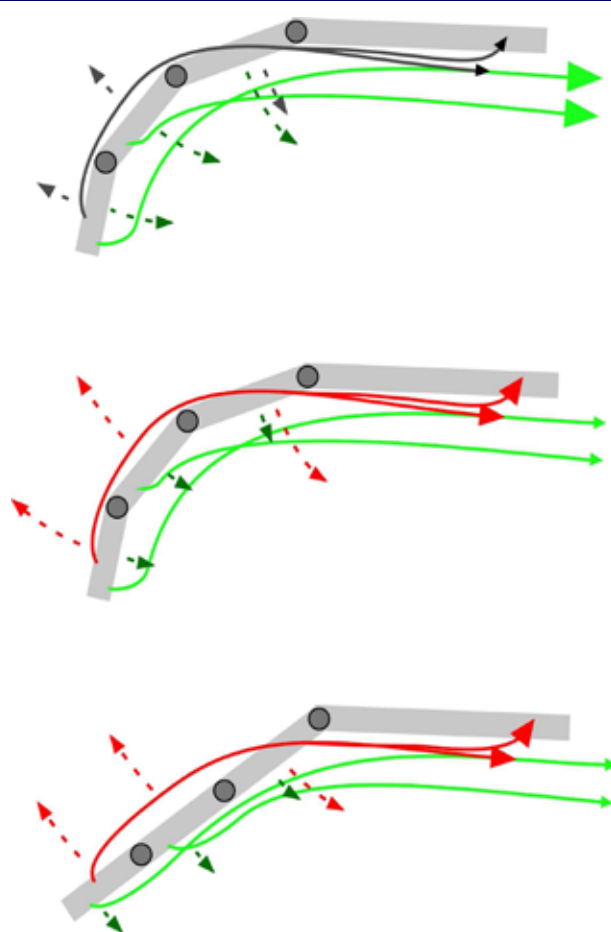
## Üben - Je länger je besser?



(Hettinger et al. Geschicklichkeit und deren Übbarkeit. Z. Arbeitswiss.1975)

**Ausgewogene  
Koordination  
zwischen zwei  
Muskelgruppen:**

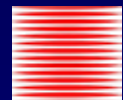
**Fehlkoordination  
durch Ermüdung:**



## **Optimierung der Übestrategien**

### **1) Übe-Einheiten fraktionieren:**

- **Jugendliche und Erwachsene:  $\approx$  45 Minuten üben, 10 - 15 Minuten Pause. Kinder: kurze Übe-Einheiten.**
- **Nicht im müden Zustand üben.**
- **Individuelle Unterschiede.**





# Wie wird das Tempo gesteigert?

## Kleine Hirnlehre

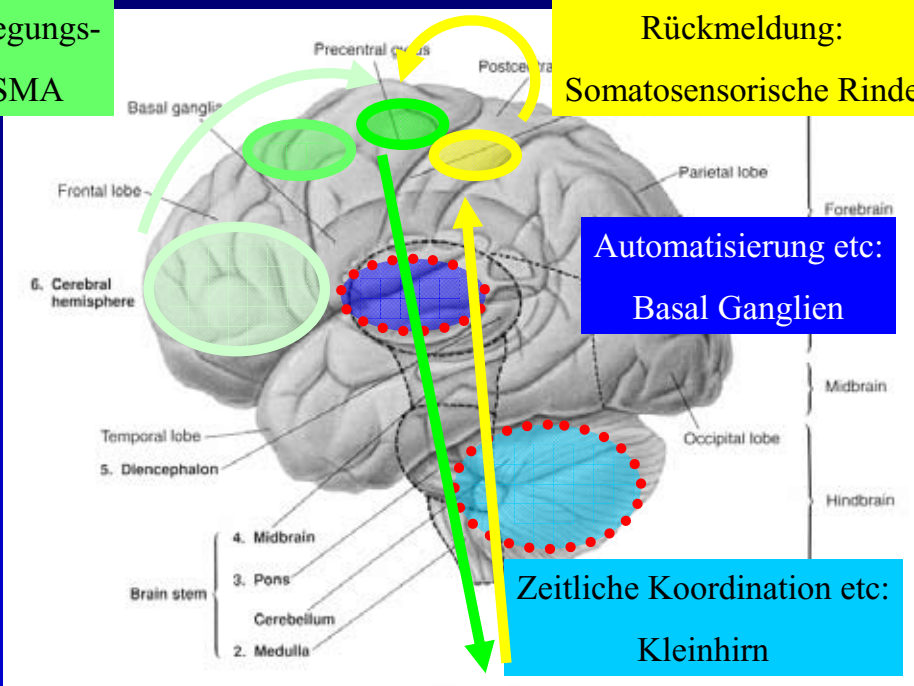
Ausführung:  
Primäre motorische Rinde

Komplexe Bewegungs-  
programme: SMA

Somatosensorische  
Rückmeldung:  
Somatosensorische Rinde

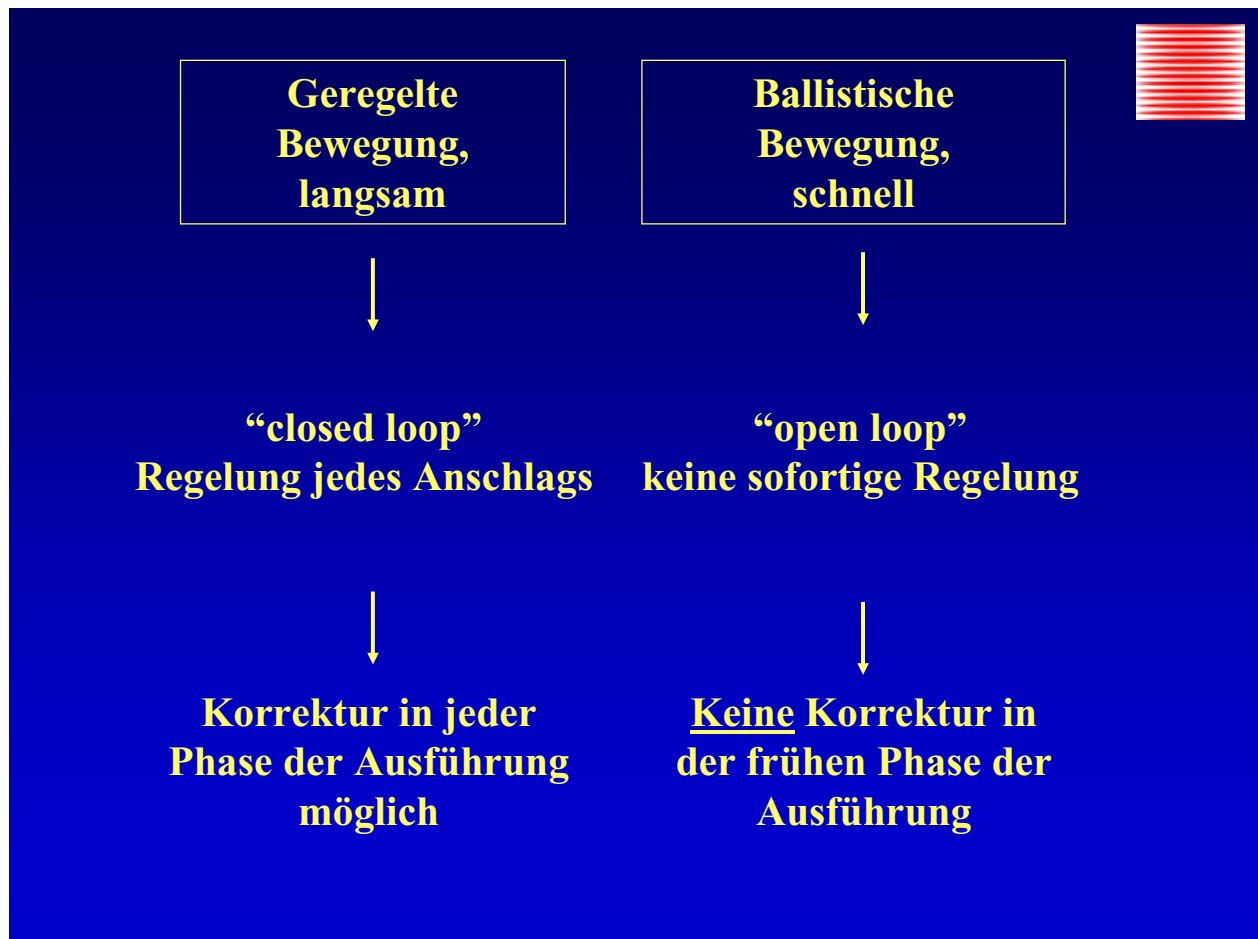
Entscheidungen:  
Frontalhirn

**120 - 180  
Milli-  
sekunden**



Automatisierung etc:  
Basal Ganglien

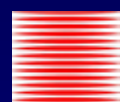
Zeitliche Koordination etc:  
Kleinhirn



## Optimierung der Übestrategien

---

- 1) Fraktionierte Übe-Einheiten**  
Jugendliche und Erwachsene: 45 min üben, 10 min Pause.  
Kinder: kurze Übe-Einheiten. Ermüdung vermeiden.
- 2) Schnelle Bewegungen: Splitten.**
  - **Fragmente von Anfang an auch im schnellen Tempo üben, nicht nur langsam.**
  - **Später zusammensetzen.**



## Wie lernen wir, ökonomisch zu spielen?

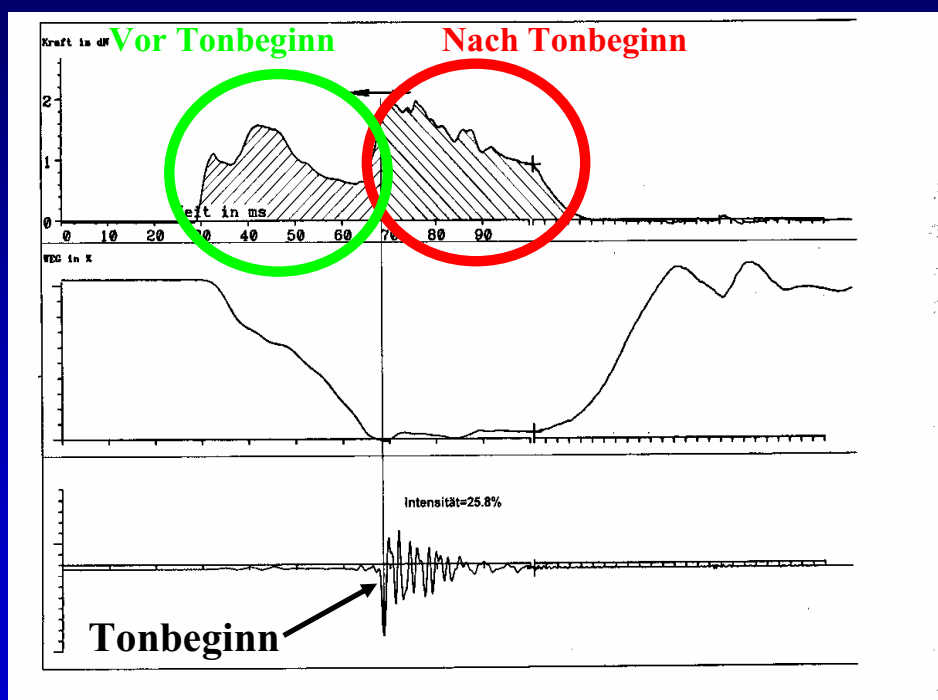
## Wie lernen / lehren wir ökonomisches Spiel?



Kraft-  
verlauf

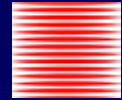
Bewegung  
der Taste

Saite

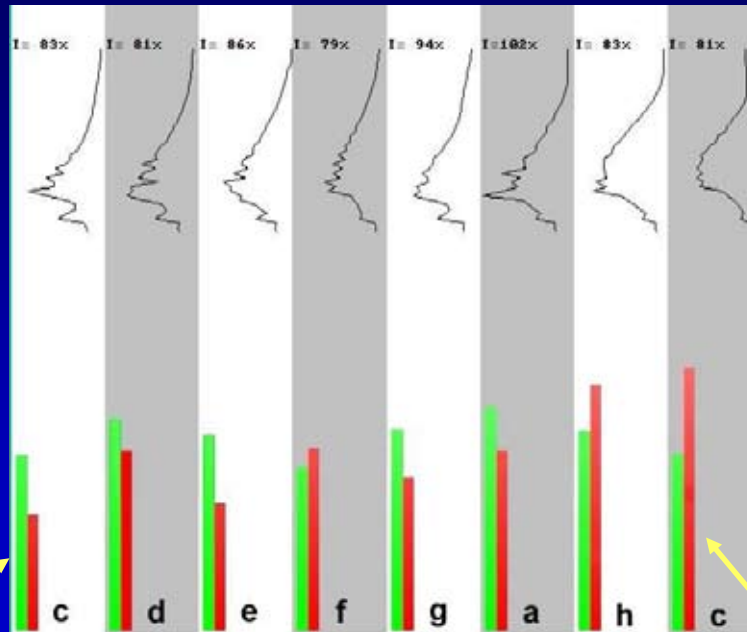


Drescher D, Perlitz D, Tiedemann J, Altenmüller E. 1999

## Visuelles Feedback der Anschlagskräfte am „präparierten Klavier“



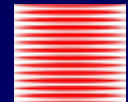
Kraft:



vor Tonbeginn: ↑  
nach Tonbeginn : ↓

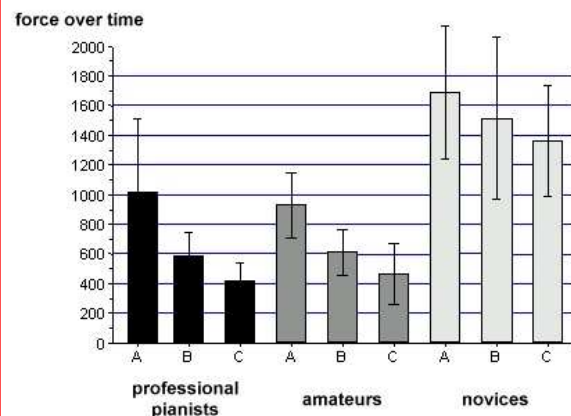
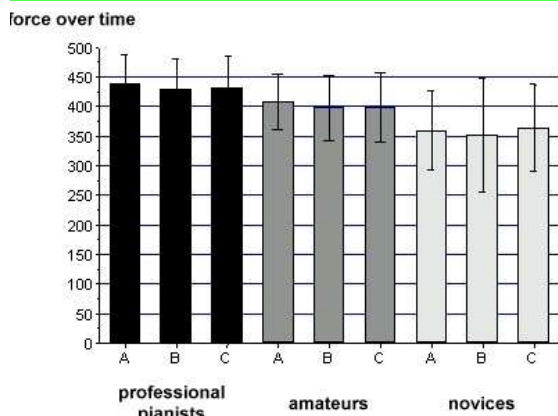
vor Tonbeginn: ↓  
nach Tonbeginn : ↑

## Kraftmessung am Klavier: C-Dur Tonleiter



vor Tonbeginn (Anschlagskraft)

nach Tonbeginn (Haltekraft)



Aufgabe A: keine Anweisung

Aufgabe B: spielen Sie „kraftsparend“...

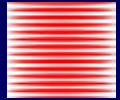
Aufgabe C: nach 5 min Üben mit visuellem Feedback am „präparierten Klavier“

Drescher D, Perlitz D, Tiedemann J, Altenmüller E. 1999



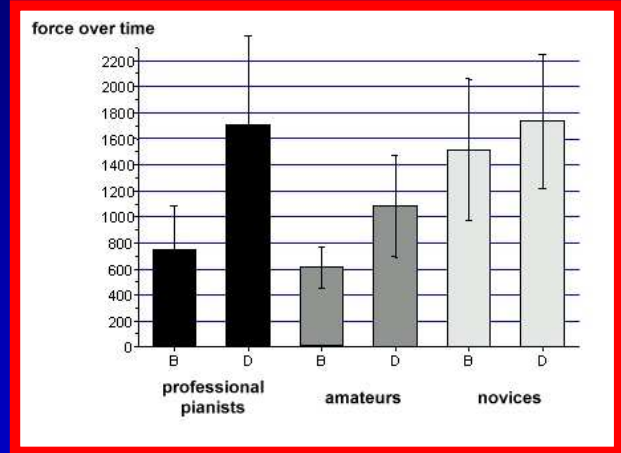
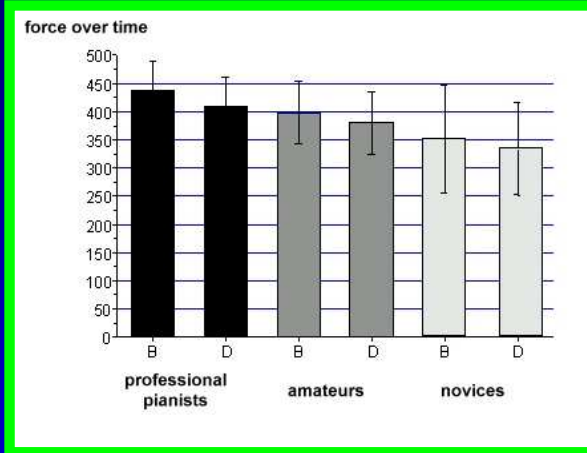
# Spiele mit Ausdruck =

# Spiele mit Nachdruck?



vor Tonbeginn (Anschlagskraft)

nach Tonbeginn (Haltekraft)



**Aufgabe B:** spielen Sie „ökonomisch“...  
**Aufgabe D:** spielen Sie „ausdrucksstark“

Drescher D, Perlitz D, Tiedemann J, Altenmüller E. 1999

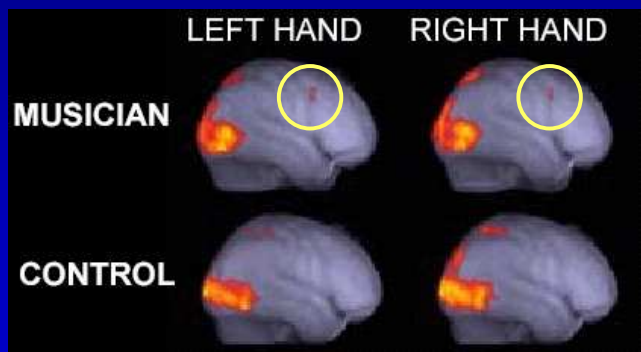
# Spiegelneurone - Lernen durch Beobachtung



Aktivierung der Spiegelneurone im Stirnhirn



Berufsgeiger beobachten relevante Bewegungsabläufe



Sluming et al. Action observation in male symphony orchestra string players using fMRI. University of Liverpool

## Optimierung der Übestrategien



- 1) **Fraktionierte Übe-Einheiten**  
Jugendliche und Erwachsene: 45 min üben, 10 min Pause.  
Kinder: kurze Übe-Einheiten. Ermüdung vermeiden.
- 2) **Schnelle Bewegungen splitten.** Fragmente von Anfang an auch im schnellen Tempo üben, nicht nur langsam.
- 3) **Lernen durch Beobachtung: komplexe, schwer zu verbalisierende Lerninhalte (z.B. Kraftökonomie).**



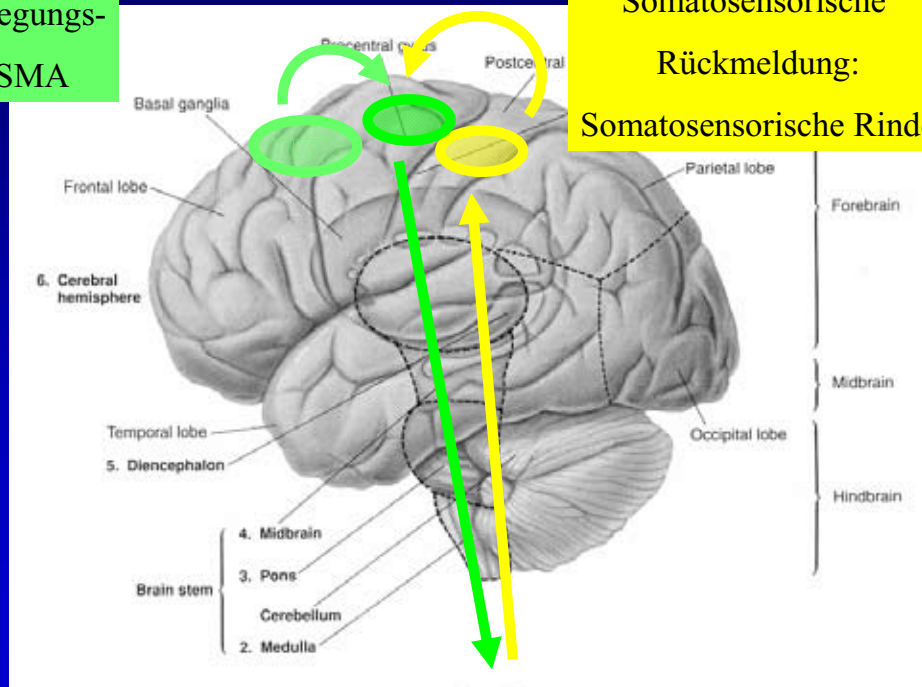
**Was ist mentales Üben und wie lernen wir es?**

Ausführung: einzelne Finger  
Primäre motorische Rinde



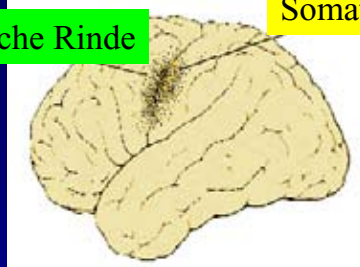
Komplexe Bewegungs-  
programme: SMA

Somatosensorische  
Rückmeldung:  
Somatosensorische Rinde



Primäre motorische Rinde

Somatosensorische Rinde

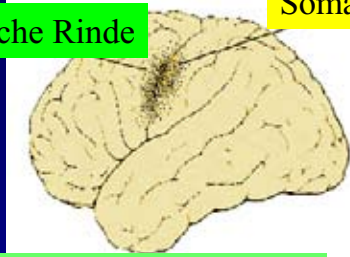


A) Einfache Fingerbeugung

Roland PE, Larsen B, Lassen NA, Skinhof E: Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. J. Neurophysiol. 1980. 43: 118-136

Primäre motorische Rinde

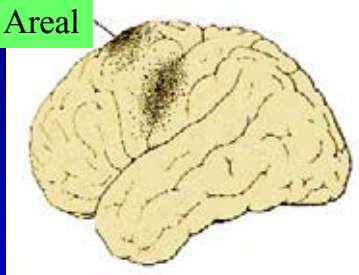
Somatosensorische Rinde



A) Einfache Fingerbeugung

Supplementär-motorisches Areal

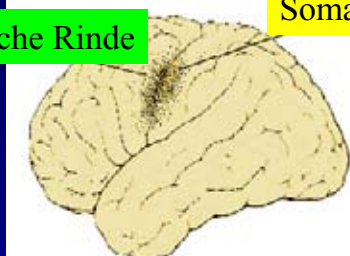
B) Komplexe Abfolge von Fingerbewegungen



Roland PE, Larsen B, Lassen NA, Skinhøj E: Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. J. Neurophysiol. 1980. 43: 118-136

Primäre motorische Rinde

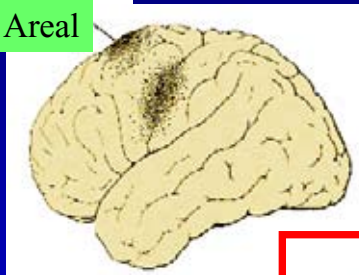
Somatosensorische Rinde



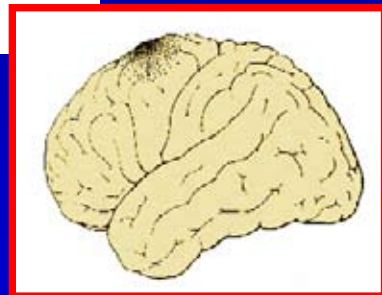
A) Einfache Fingerbeugung

Supplementär-motorisches Areal

B) Komplexe Abfolge von Fingerbewegungen



C) Mentale Vorstellung derselben Bewegungs-Sequenz wie in (B)



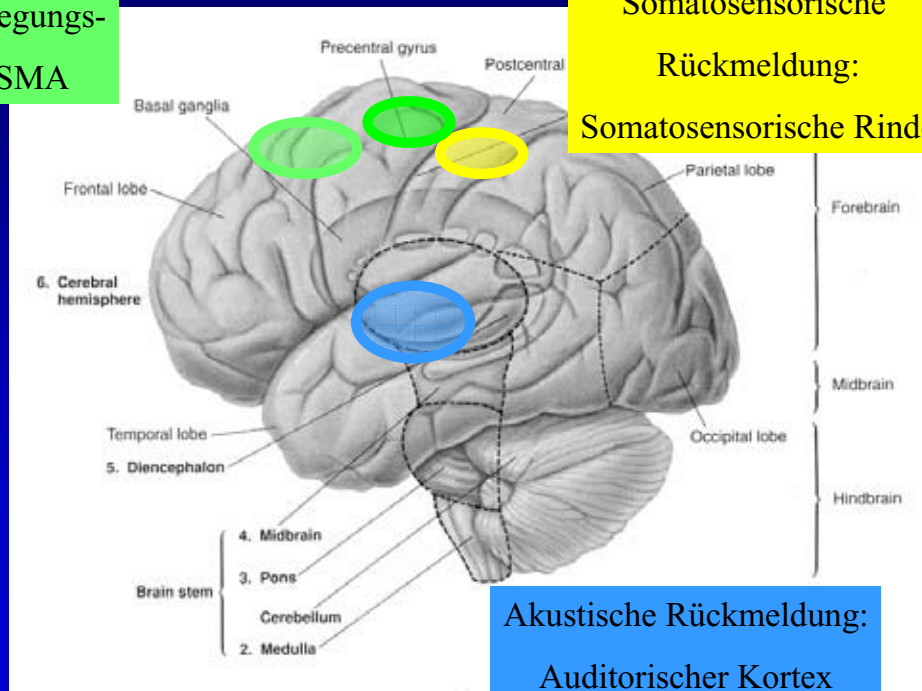
Roland PE, Larsen B, Lassen NA, Skinhøj E: Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. J. Neurophysiol. 1980. 43: 118-136

Ausführung: einzelne Finger  
Primäre motorische Rinde

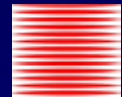


Komplexe Bewegungs-  
programme: SMA

Somatosensorische  
Rückmeldung:  
Somatosensorische Rinde

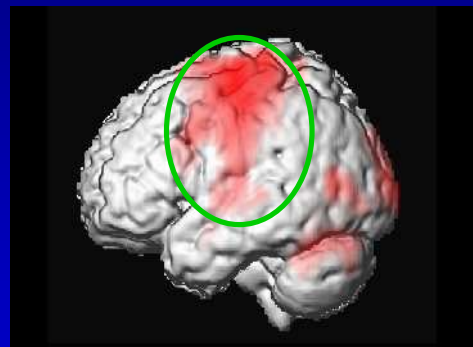


## fMRI Untersuchung: professioneller Pianist

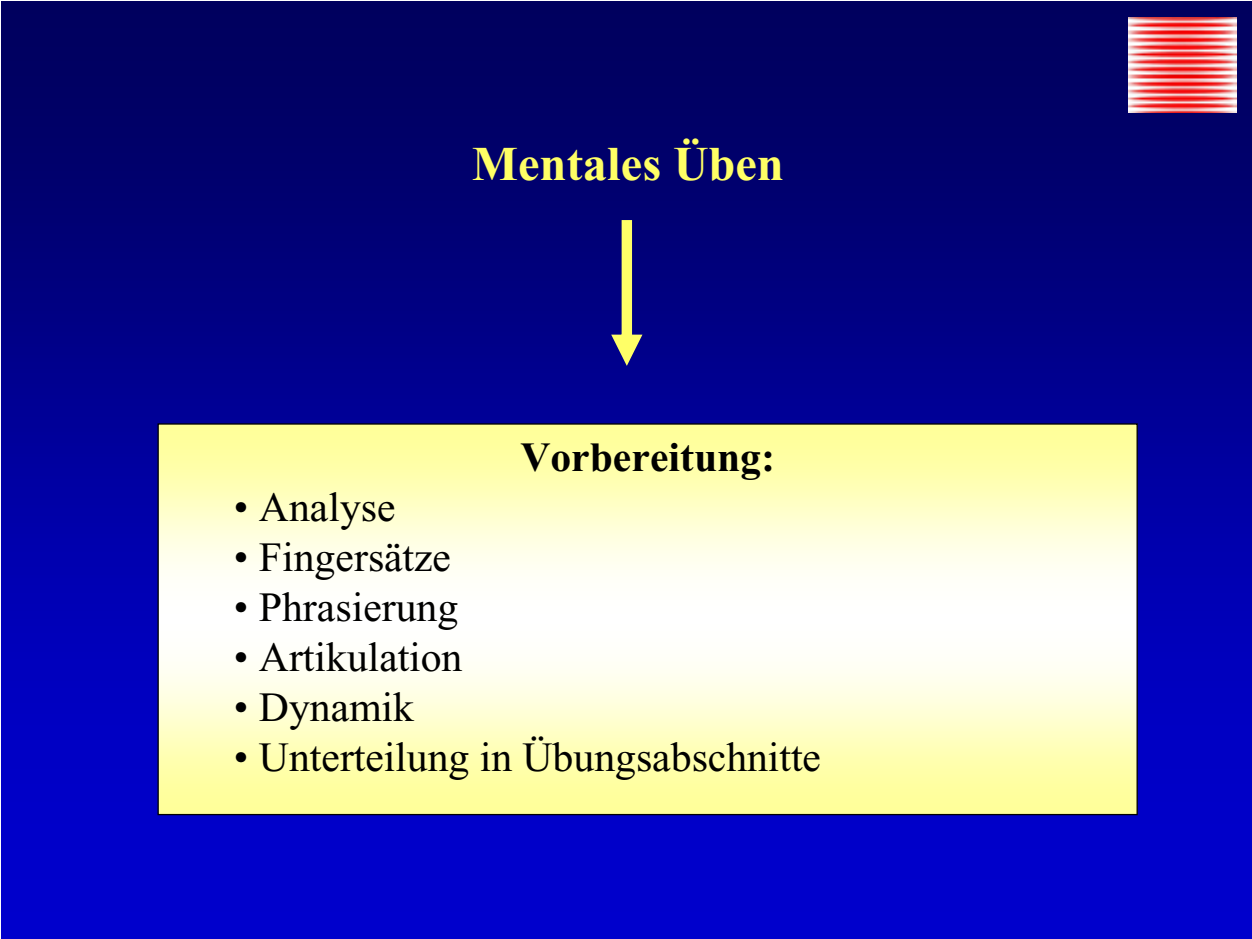
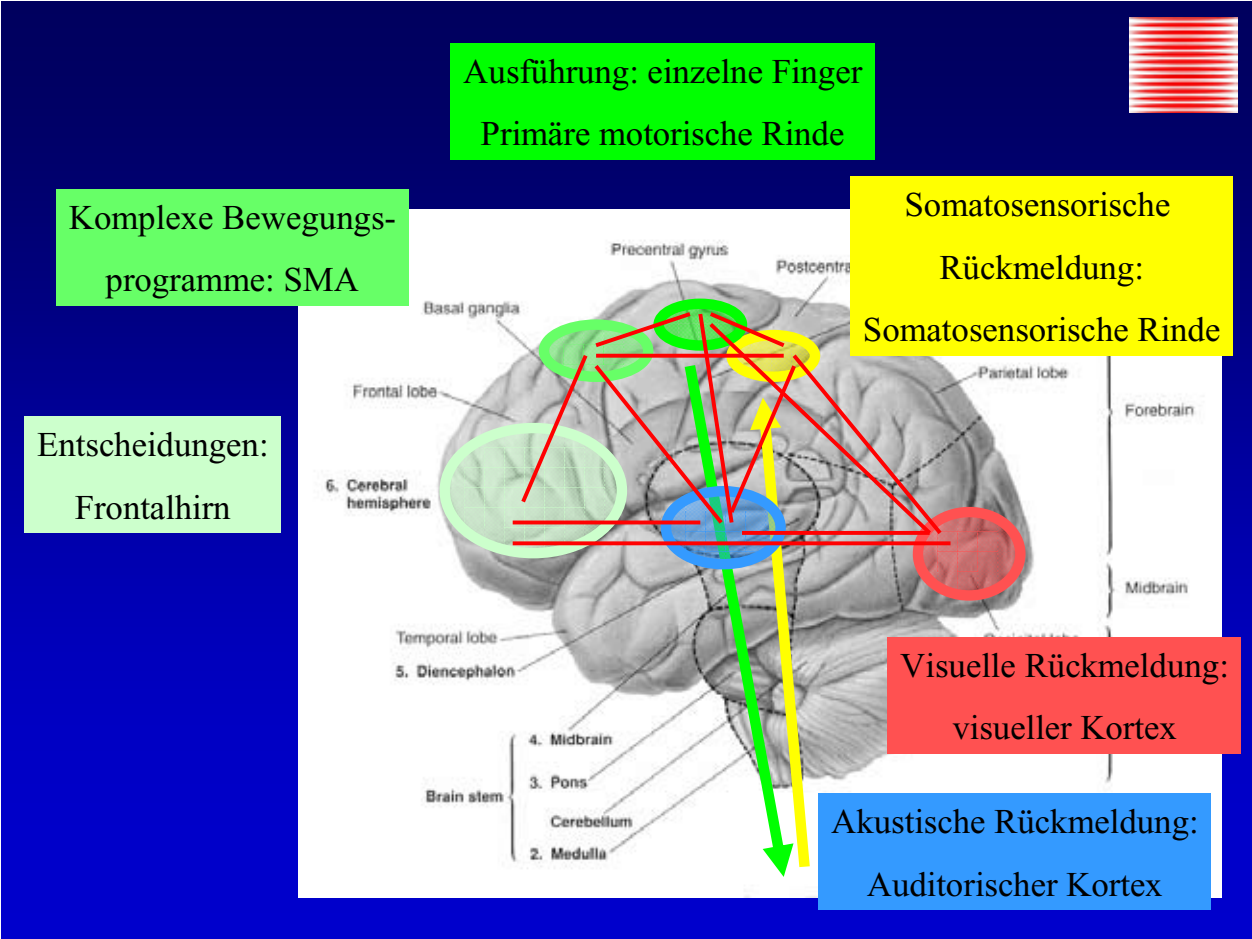


Hirnaktivierung beim Hören  
einzelner Klaviertöne

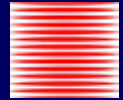
Hirnaktivierung beim Spiel  
auf der stummen Klaviatur



Bangert, Peschel, Altenmüller, et al. 2003



## Mentales Üben - der erste Schritt



### Sequenz 1:

Memorieren des Notentextes

Vorstellung des Klanges - Note für Note

Vorstellung der Bewegung - Note für Note

Gedankliches Erfühlen der Taste, Klappe, Saite, des Bogens, des Ansatzes- Note für Note

Ausführung der Sequenz 1

Fehleranalyse - Vorstellung der Korrekturen

Sequenz 2, 3, 4...

Verbinden der Sequenzen 1-2 / 3-4... , dann 1-4 / 5-8...

## Optimierung der Übestrategien



### 1) Fraktionierte Übe-Einheiten

Jugendliche und Erwachsene: 45 min üben, 10 min Pause.

Kinder: kurze Übe-Einheiten. Ermüdung vermeiden.

### 2) Schnelle Bewegungen splitten. Fragmente von Anfang an auch im schnellen Tempo üben, nicht nur langsam.

### 3) Lernen durch Beobachtung: komplexe, schwer zu verbalisierende Lerninhalte (z.B. Kraftökonomie).

### 4) Mentales Üben

- in frühen Stadien des Instrumentalunterrichts beginnen

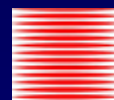
- musiktheoretische Kenntnisse erforderlich

- multimodale Vorstellung

- mit physischem Üben verbinden; max. 15 min Dauer



## Wie fördern wir sensomotorische Präzision bei Kindern?



## MIDI-basierte Analyse der sensomotorischen Präzision





# Kriterien für die sensomotorische Präzision



**Velocity (Anschlagsstärke):**

v

**Tondauer:**

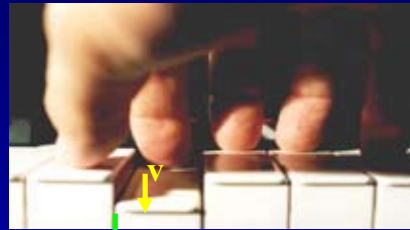
$t_1 = t \text{ note (a) off} - t \text{ note (a) on}$

**Anschlagsabstand:**

$t_2 = t \text{ note (b) on} - t \text{ note (a) on}$

**Overlap (Überschneiden):**

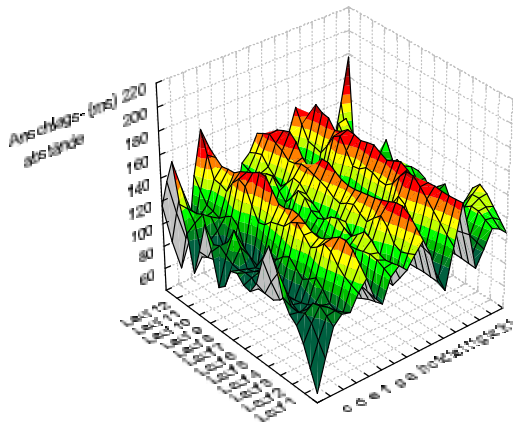
$t_3 = t \text{ note (a) off} - t \text{ note (b) on}$



note (a)    note (b)



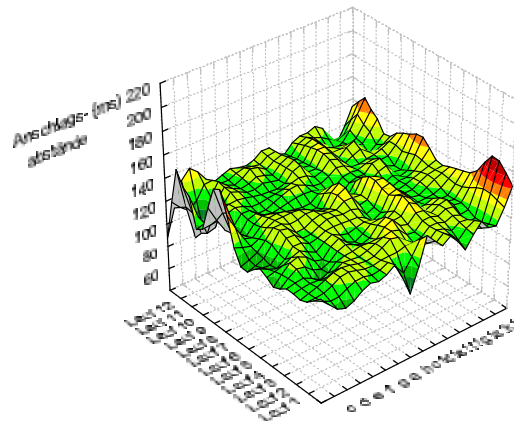
t<sub>1</sub>  
t<sub>2</sub>  
t<sub>3</sub>



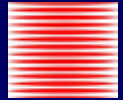
**Anschlagsabstände  
beim Amateur...**



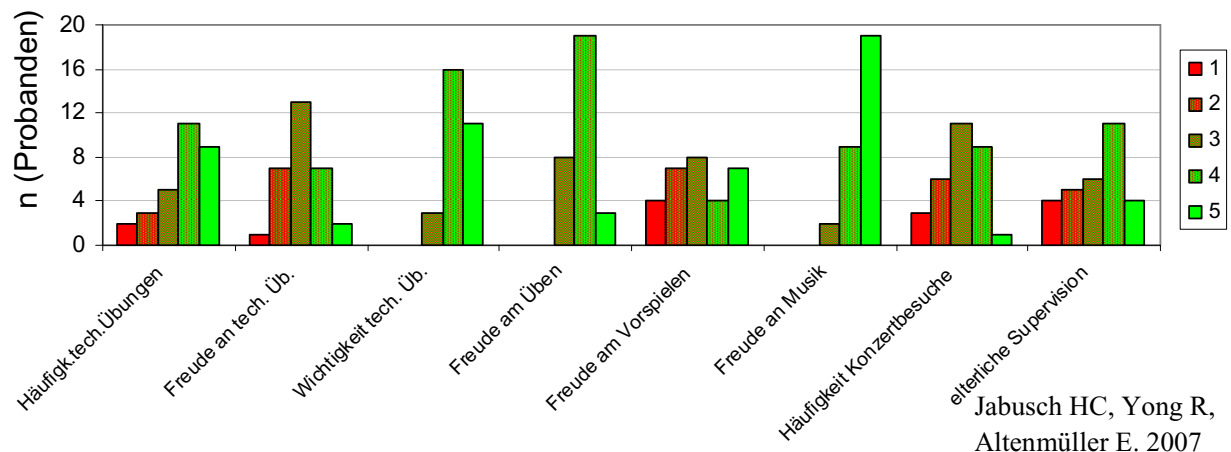
**...und beim  
Profipianisten**



## Biografische Prädiktoren für die sensomotorische Präzision bei klavierspielenden Kindern (n=30)?



Variable	Median	Min.	Max.
Alter (J)	13	8	17
Beginn Klavierspiel (Alter i. J.)	7	5	12
Jahre am Klavier	5	0,75	12
Lebensübezeit (h)	559	88	8700
Tägliche Übezeit (h)	0,5	0,2	3,5

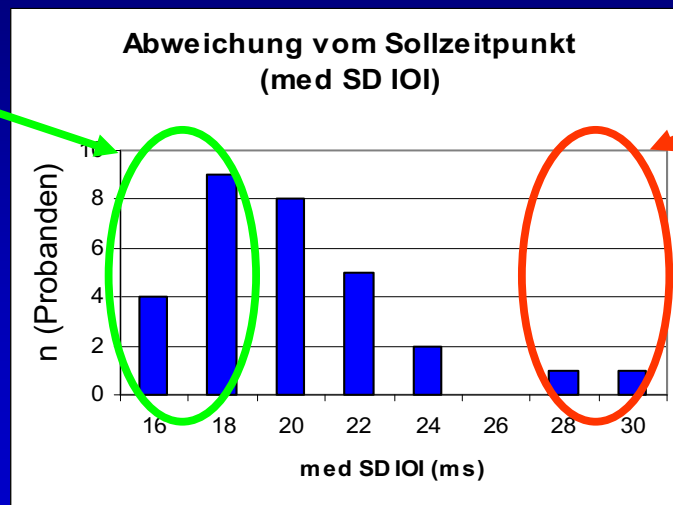


## MIDI-basierte Tonleiteranalyse bei 30 Kindern: Präzision des Anschlagszeitpunktes



hohe Präzision

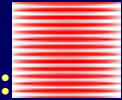
geringe Präzision



med SD IOI: Median der Standardabweichungen der Anschlagsabstände

Jabusch HC, Yong R, Altenmüller E. 2007

## Prädiktoren für die Präzision der Anschlagszeitpunkte: Schrittweise lineare Regression

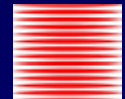


$R^2$  korr. = 0.68 → 68 % der Varianz in der Präzision des Anschlagszeitpunktes erklärbar anhand der unabhängigen Variablen (Fragebogen)



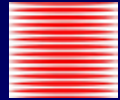
Jabusch HC, Yong R, Altenmüller E. 2007

## Optimierung der Übestrategien



- 1) **Fraktionierte Übe-Einheiten**  
Jugendliche und Erwachsene: 45 min üben, 10 min Pause.  
Kinder: kurze Übe-Einheiten. Ermüdung vermeiden.
- 2) **Schnelle Bewegungen splitten.** Fragmente von Anfang an auch im schnellen Tempo üben, nicht nur langsam.
- 3) **Lernen durch Beobachtung:** komplexe, schwer zu verbalisierende Lerninhalte (z.B. Kraftökonomie).
- 4) **Mentales Üben:** musiktheoretische Kenntnisse erforderlich, multimodale Vorstellung, mit physischem Üben verbinden.
- 5) **Die sensomotorische Präzision wird bei Kindern beeinflusst durch die Zeit am Instrument und den Inhalt des Übens, aber auch durch elterliche Supervision und besonders durch die Freude am Üben, an Musik und an anderen musischen Fächern.**

**Vielen Dank an alle beteiligten Kolleginnen und Kollegen!**



**Prof. Dr. med. Eckart Altenmüller**

Institut für Musikphysiologie und Musikermedizin,  
Hochschule für Musik und Theater, Hannover

**Dr. rer. nat. Marc Bangert**

Abteilung für Neuropsychologie,  
Max-Planck-Institut für Kognitions- und  
Neurowissenschaften, Leipzig



**Dipl.-Ing. Dieter Drescher**

Institut für Musikphysiologie und Musikermedizin,  
Hochschule für Musik und Theater, Hannover

**Dipl. Mus. cand. med. Julia Tiedemann**

Institut für Musikphysiologie und Musikermedizin,  
Hochschule für Musik und Theater, Hannover



**Dipl. Mus. Raymond Yong**

Faculty of Music, University of Melbourne,  
Melbourne, Australien