

**Grundlagen der Psychophysik**  
**Marino Menozzi & Adrian Schwaninger**  
Einleitung und Klassische Methoden

## Einleitung

### Philosophische Überlegungen

- ✓ • Phänomenales und Physikalisches
- ✓ • Das Leib-Seele Problem

### Die Anfänge der Psychophysik

- ✓ • Wichtigster Vorläufer: E.H. Weber
- Begründer der Psychophysik: G.T. Fechner
- Psychophysik und heutige Wissenschaften

### Klassische Methoden zur Messung von Empfindungsschwellen

- Grenzverfahren (method of limits)
- Konstanzverfahren (m. of constant stimuli)
- Herstellungsverfahren (m. of adjustment)

**Grundlagen der Psychophysik**  
**Einleitung**  
Die Anfänge der Psychophysik

## Gustav Theodor Fechner (1795-1878)

- 1801 in der Niederlausitz geboren
- 1817 Studienbeginn in Leipzig
- 1823 Doktor der Philosophie und Magister der freien Künste
- 1824 Habilitation *Praemissae ad theoriam organismi generalem*
- ..... Übersetzungen, Aufsätze, Lexika  
1824 - 1838 ca. 48'000 Druckseiten
- 1834 Ordentlicher Professor für Physik
- 1838-43 Augenleiden, Depression
- 1850 Einsicht am 22. Oktober (Fundamentalformel)
- 1851 *Zend Avesta* (3 Bände)
- 1858 *Das psychische Mass: „Psychophysik“*
- 1860 *Elemente der Psychophysik*
- 1887 *Büchlein vom Leben nach dem Tode*,  
Fechner stirbt im selben Jahr

# Grundlagen der Psychophysik

## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik

### Definition Psychophysik (G.T. Fechner)

“Unter **Psychophysik** verstehe ich überhaupt eine Lehre von den Beziehungen zwischen Körper und Seele, welche auf der Verbindung des physischen und psychischen Masses fusst, und sich dadurch in die Reihe exacter Lehren stellt.”

“Ich unterscheide eine **äussere** und eine **innere** Psychophysik, jenachdem es sich um die Beziehungen der Seele zu der körperlichen Aussenwelt oder der körperlichen Innenwelt handelt.”

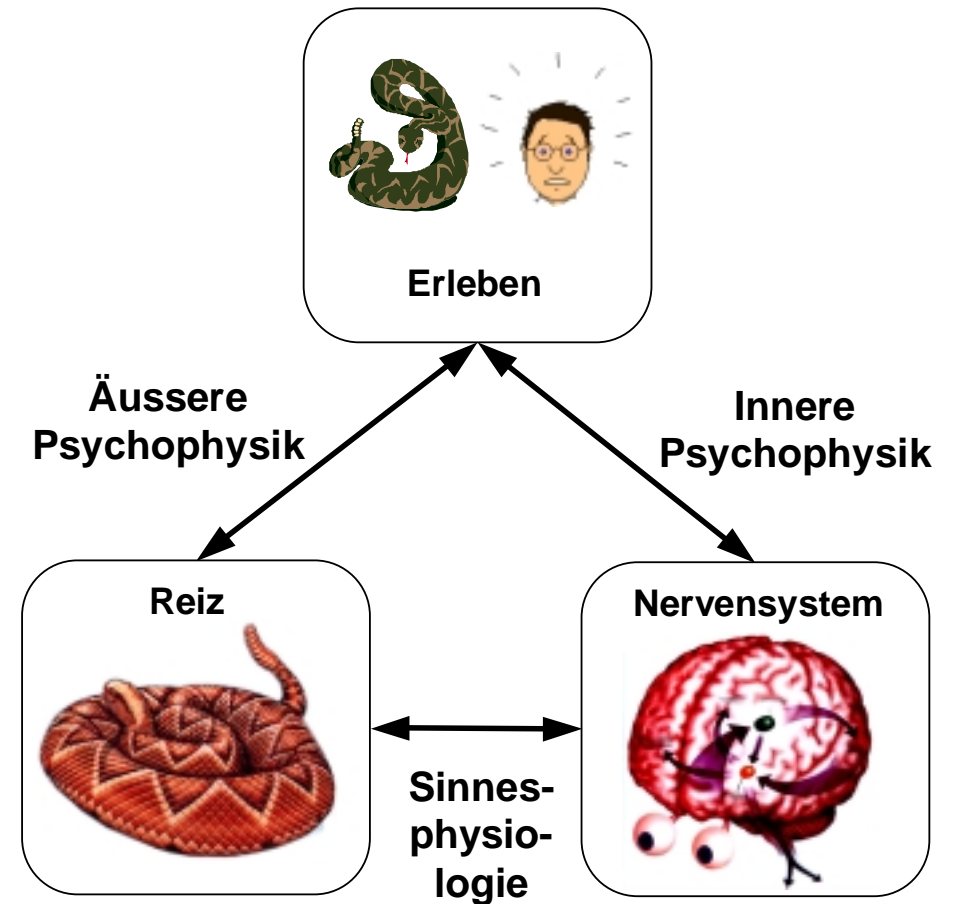
(Fechner, Das psychische Mass, 1858, S.21)

# Grundlagen der Psychophysik

## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik

### Äussere und innere Psychophysik



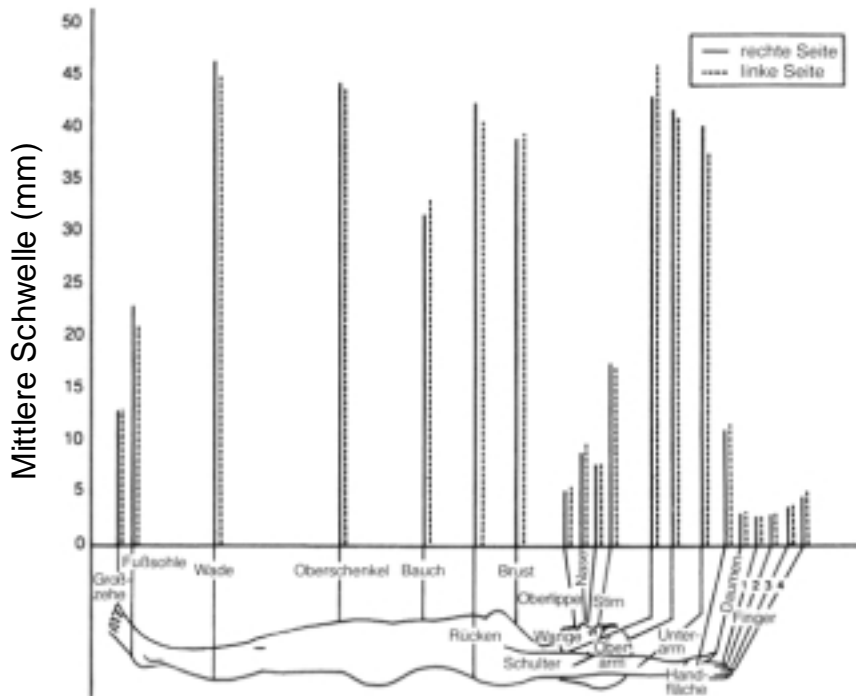
# Grundlagen der Psychophysik

## Einleitung

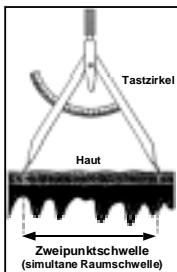
### Die Anfänge der Psychophysik

## Beispiel für äussere Psychophysik

### Verteilung der Zweipunktschwelle



Aus Goldstein (1997)



Die Messwerte gehen zurück auf E.H. Weber (1835). Über den Tastsinn. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin, 152-159.

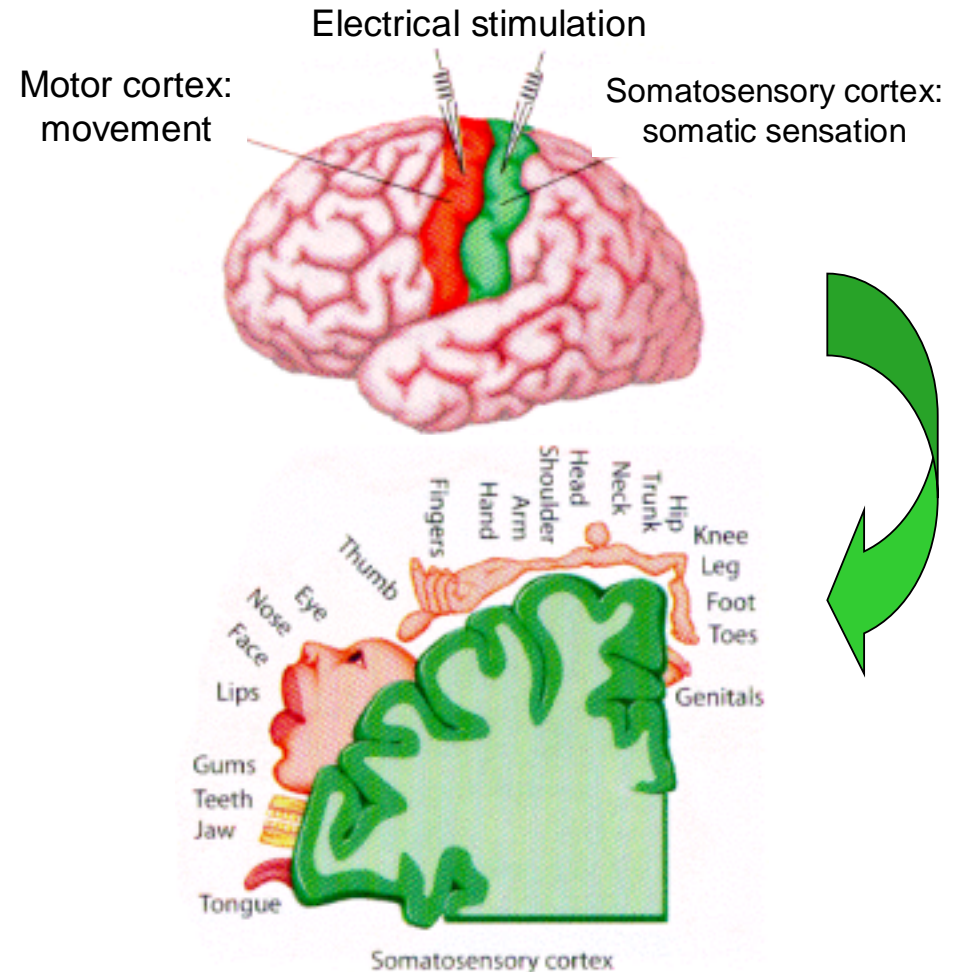
# Grundlagen der Psychophysik

## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik

## Beispiel für innere Psychophysik

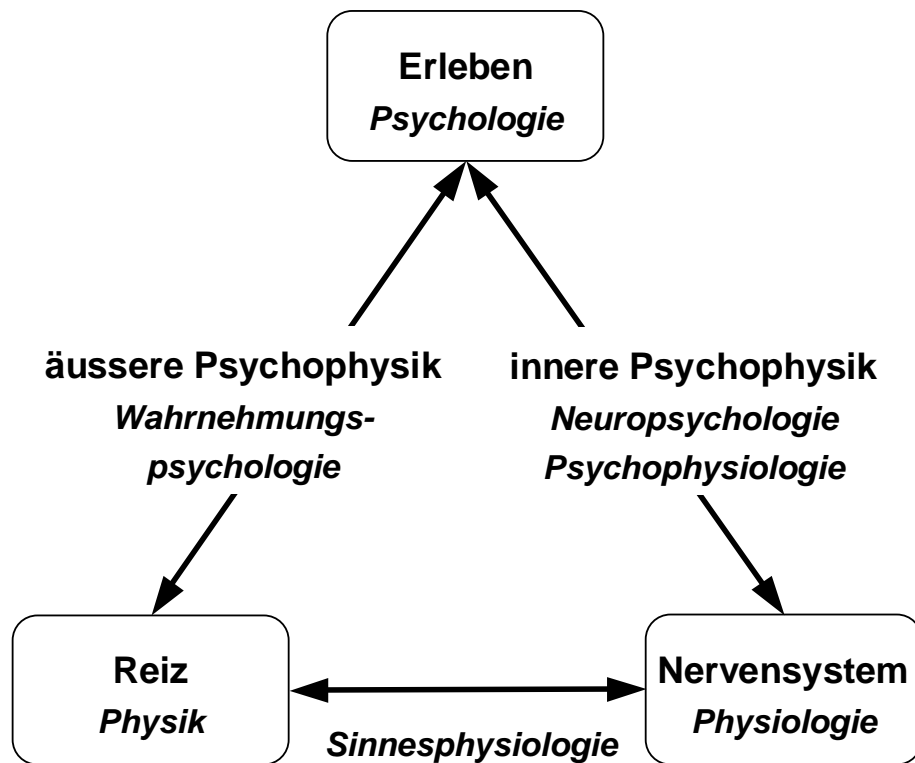
### Penfield & Jaspers (1954)



(Nach Ramachandran, 1993)

**Grundlagen der Psychophysik**  
Einleitung  
Die Anfänge der Psychophysik

**Äussere und innere Psychophysik und  
heutige Wissenschaften**



**Grundlagen der Psychophysik**  
Einleitung  
Die Anfänge der Psychophysik

Fechner schreibt rückblickend über die Zeit bevor er die Psychophysik begründet hatte:

„Die Lehre von den Beziehungen zwischen Körper und Geist oder Leib und Seele ist bis jetzt fast blos ein Feld philosophischen Streites ohne festes Fundament und ohne sichere Principien und Methoden für den Fortschritt der Untersuchung geblieben.“

Fechner (1860, I, S.1)

# Grundlagen der Psychophysik

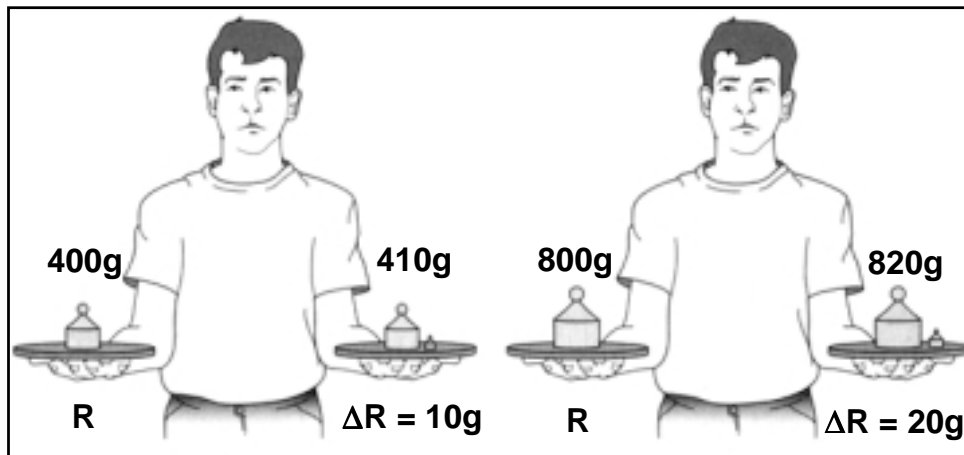
## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik

### Formulierung des Webergesetzes (Fechner, 1860)

“Das Anwachsen des kläglichen Vermögens eines **armen Teufels** um einen Thaler ist deutlich merkbar, der gleiche numerische oder objektive Zuwachs zum Vermögen eines **Millionärs** liegt unterhalb der Schwelle des Merklichen. Es muss wohl *Wert* von *Wert* unterschieden werden, und so findet man bei Laplace eine *valeur absolue* und eine *valeur relative*.”

(Fechner, 1860, S.236)



Nach Goldstein (1997)

$$\frac{\Delta R}{R} = \text{const.}$$

“Diess ist das Weber’sche Gesetz”  
(Fechner, 1860, II, S.10)

# Grundlagen der Psychophysik

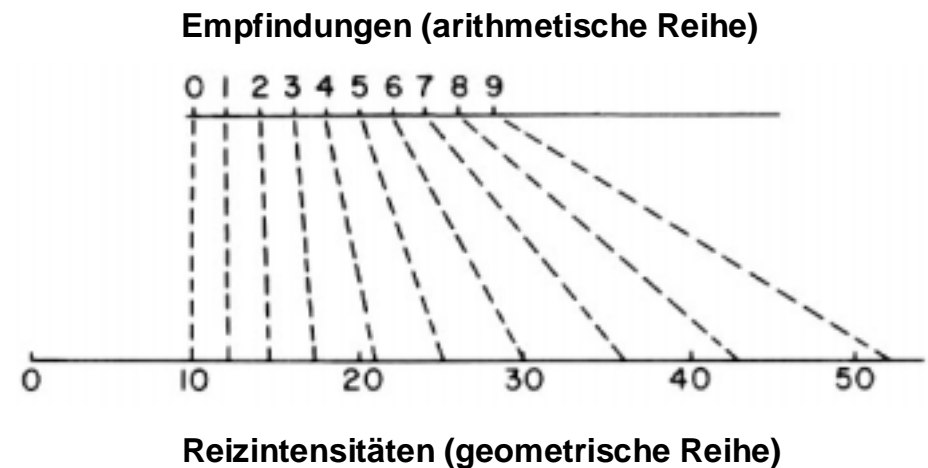
## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik

### Entwicklung des Fechnergesetzes

“Kurz, obwohl recht zu verstehen, wird man also sagen können, die psychische Intensität ist der Logarithmus der zugehörigen physischen Intensität, schreitet in arithmetischem Verhältnisse fort, wenn diese in geometrischem”

(Fechner, Zend-Avesta, 1851, II, S.375)

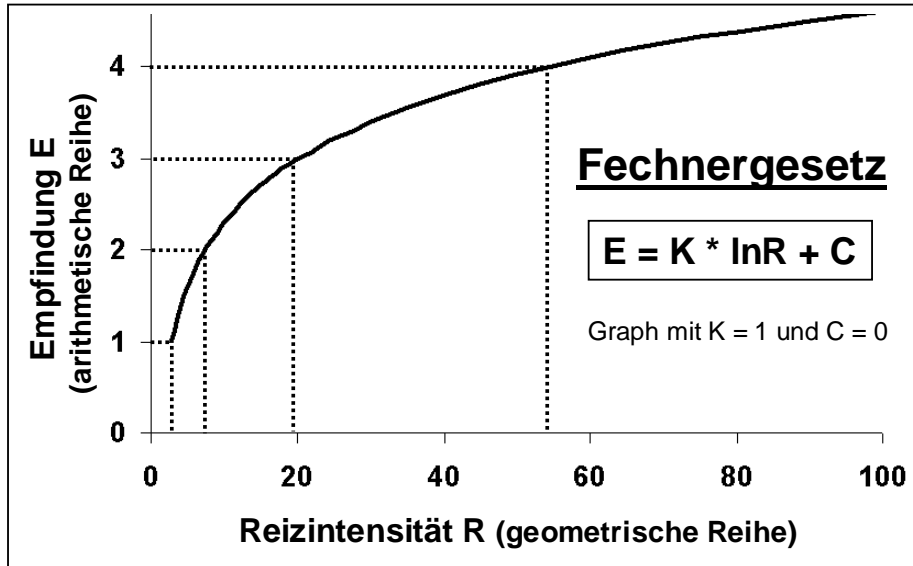


(Nach Gescheider, 1997)

# Grundlagen der Psychophysik

## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik



Herleitung des Fechnergesetzes aus dem Webergesetz (Fechner, 1860)

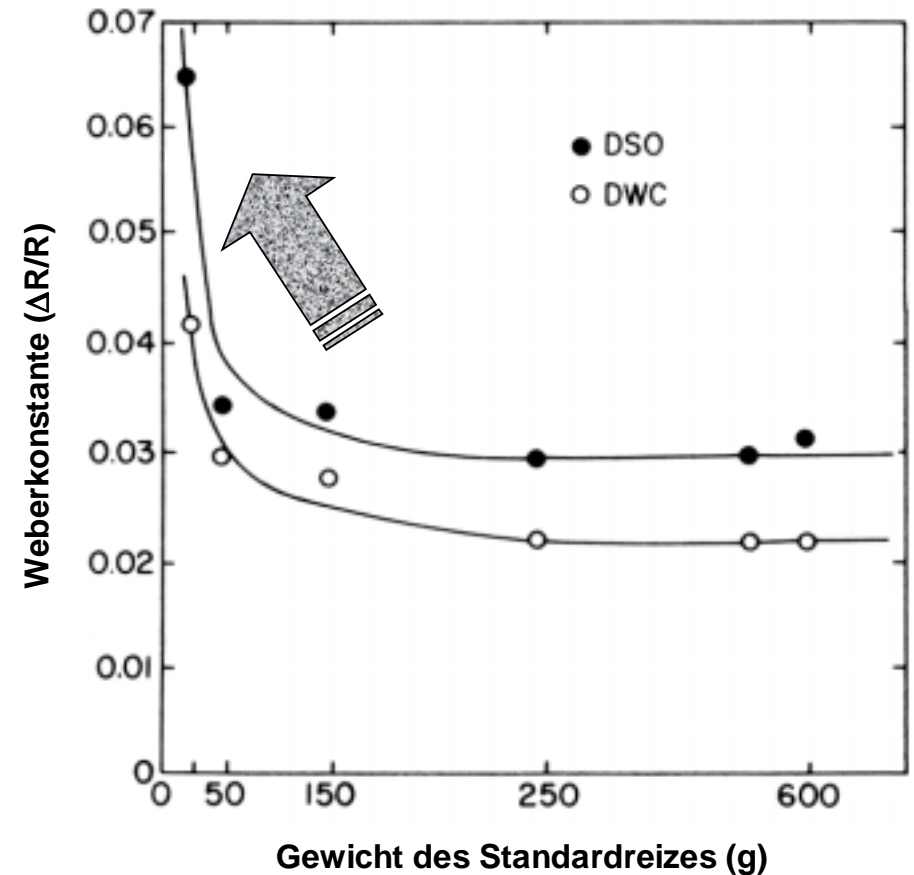
- (1) Webergesetz  
 $c = \Delta R/R$
- (2) Postulat:  $c = \Delta E$  (eben merklicher Empfindungsunterschied)  
 $\Delta E = \Delta R/R$
- (3) "Mathematische Hülfsprincip":  $\Delta \rightarrow d$   
 $dE = K * dR/R$      **Fundamentalformel (--> Fechnertag)**  
(“Am 22. Oct. 1850 Morgens im Bette”, Fechner, 1860, II, S.554)
- (4) Integration  
Aus  $dE/dR = K * 1/R$  erhält man durch Integration:  
 $E = K * \ln R + C$      **Fechnergesetz**  
Weil gilt:  $dE/dR = E' = f'(R)$ ; sowie:  $(\ln R)' = 1/R$

# Grundlagen der Psychophysik

## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik

## Eingeschränkter Gültigkeitsbereich des Webergesetzes



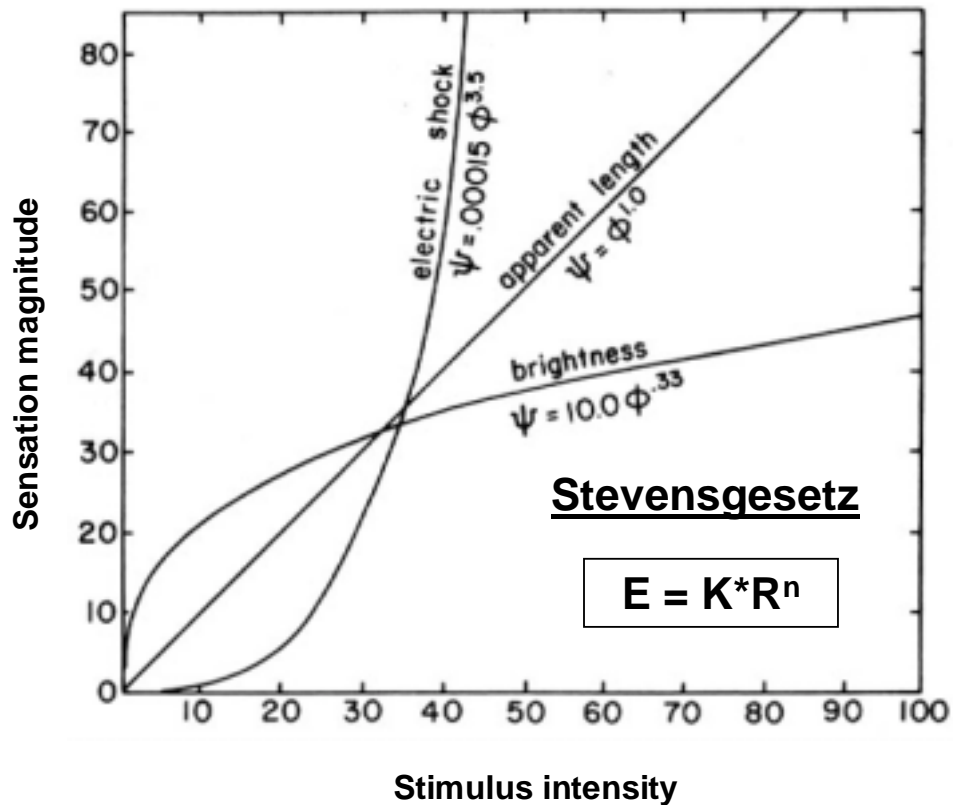
Nötiger Reizzuwachs ( $\Delta R/R$ ) für das unterscheiden gehobener Gewichte. (Nach Engen, 1971).

# Grundlagen der Psychophysik

## Einleitung

### Die Anfänge der Psychophysik

## Über 100 Jahre nach Fechner...



Nach Stevens (1962)

# Grundlagen der Psychophysik

## Klassische Methoden

### Verfahren nach Fechner (1860)

## Empfindungsschwellen

### **Absolute Schwelle (*Reizlimen, RL*)**

Kleinste feststellbare Reizintensität.

### **Unterschiedsschwelle (*Differenzlimen, DL*)**

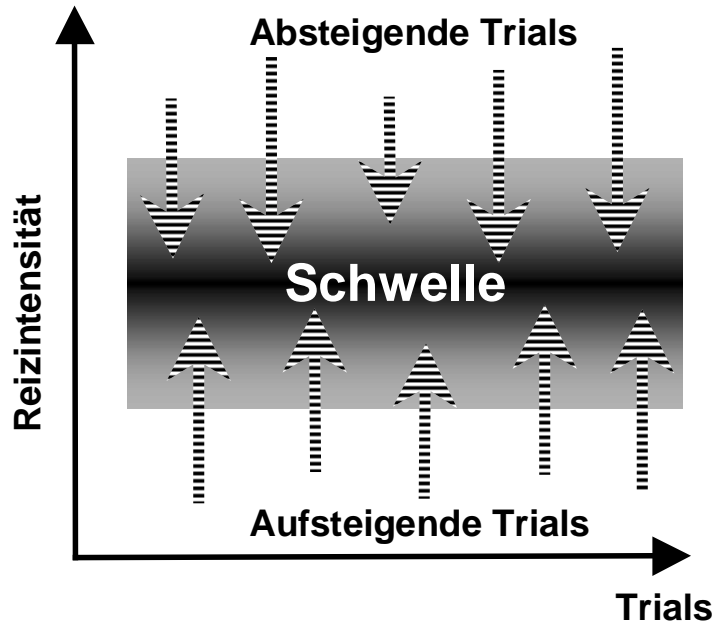
Kleinste feststellbare Differenz zwischen zwei Reizintensitäten.

## Klassische Methoden zur Messung von Empfindungsschwellen (nach Fechner, 1860)

- Grenzverfahren (method of limits)  
*Methode der eben-merklichen Unterschiede*
- Konstanzverfahren (method of constant stimuli)  
*Methode der richtigen und falschen Fälle*
- Herstellungsverfahren (method of adjustment)  
*Methode der mittleren Fehler / Reizfindung*

Grundlagen der Psychophysik  
Klassische Methoden  
Grenzverfahren

Grenzverfahren (method of limits)



Vorteil:

- Hohe Effizienz

Störgrößen:

- Adaptation, Habituation, Erwartungsfehler  
→ Kurze Trials, Startpunkt variieren
- Bei DL: Ort- bzw. Zeitfehler  
→ Counterbalancing

Grundlagen der Psychophysik  
Klassische Methoden  
Grenzverfahren

Grenzverfahren (method of limits)

Bestimmung der absoluten Schwelle (Reizlimen, RL)

Stimulus intensity (dB)	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
10						Y				
9		Y				Y				Y
8		Y				Y				Y
7		Y		Y		Y				Y
6		Y		Y	Y	Y		Y		Y
5	Y	Y		Y	N	Y		Y	Y	Y
4	N	Y	Y	N	N	N		N	Y	N
3	N	N	N	N	N	N		N	N	N
2	N	N	N	N	N	N		N	N	N
1	N	N	N	N	N	N		N	N	N
0	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-1	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-2	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-3	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-4	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-5	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-6	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-7	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-8	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-9	N	N	N	N	N	N		N	N	N
-10	N	N	N	N	N	N		N	N	N
Transition points =	4.5	3.5	3.5	4.5	5.5	4.5	4.5	2.5	3.5	4.5

"Mean threshold value = 4.1 (Aus Gescheider, 1997)

RL = Mittelwert der Übergangswerte  $L_i$

$L_i$	Übergangswert (transition point)		
A	ascending	Y	Yes
D	descending	N	No

$$L_i = \frac{RY_i + RN_i}{2} \quad RL = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

# Grundlagen der Psychophysik

## Klassische Methoden

### Grenzverfahren

## Grenzverfahren (method of limits)

### *Bestimmung der Unterschiedsschwelle (Differenzlimen, DL)*

Stimulus intensity (dB)	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
24.5						G				
24.0		G				G		G		
23.5		G				G		G		G
23.0		G		G	G	G		G		G
22.5		G	G	G	E	G	G	G		G
22.0	G	E	E	G	E	G	E	G	G	E
21.5	E	E	E	E	E	G	E	E	E	E
21.0	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
20.5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
20.0	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
19.5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
19.0	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
18.5	E	L	E	E	E	E	E	E	E	E
18.0	E		E	L	E	L	E	L	E	E
17.5	L		L		E		L		L	L
17.0	L		L		L		L		L	L
16.5	L		L		L		L		L	L
16.0	L				L				L	L
15.5	L				L				L	L
Upper limen	21.75	22.25	22.25	21.75	22.75	21.25	22.25	21.75	21.75	22.25
Lower limen	17.75	18.75	17.75	18.25	17.25	18.25	17.75	18.25	17.75	17.75

\*Interval of uncertainty = IU =  $\bar{L}_u - \bar{L}_l = 22.00 - 17.95 = 4.05$ . Difference limen = DL =  $\frac{1}{2} IU = \frac{1}{2} (4.05) = 2.025$ . Point of subjective equality = PSE =  $\frac{1}{2} (\bar{L}_u + \bar{L}_l) = \frac{1}{2} (22.00 + 17.95) = 19.97$ .  
(Aus Gescheider, 1997)

$$IU = \bar{L}_u - \bar{L}_l$$

$$DL = \frac{IU}{2}$$

$$PSE = \frac{\bar{L}_u + \bar{L}_l}{2}$$

<b>A</b> ascending	<b>G</b> greater
<b>D</b> descending	<b>E</b> equal
<b>IU</b> interval of uncertainty	<b>L</b> lower
<b>PSE</b> point of subj. equality	<b>Lu</b> upper limen
<b>DL</b> differenzlimen	<b>Li</b> lower limen

## Übung Grenzverfahren (method of limits)

### *Bestimmung der absoluten Schwelle (Reizlimen, RL)*

Ascending/Descendig	Bsp	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
Starting point													
Location / Order	L												
Stimulus Intensity													
		Y											
		Y											
		Y											
		Y											
		Y											
		Y											
		N											
Transition points Li													
RL													

RL = Mittelwert der Übergangswerte  $L_i$  (transition points)

$$L_i = \frac{RY_i + RN_i}{2} \qquad RL = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

<b>A</b> ascending	<b>Y</b> Yes
<b>D</b> descending	<b>N</b> No
<b>Li</b> Übergangswert (transition point)	

# Übung Grenzverfahren (method of limits)

## Bestimmung der Unterschiedsschwelle (Differenzlimen, DL)

Ascending/Descending	Bsp	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
Starting point													
Location / Order	L												
Stimulus Intensity													
		G											
		G											
		G											
		E											
		E											
		E											
		E											
		E											
		E											
		L											
Upper Limen Lu													
Lower Limen LI													

Mean Lu		DL	
Mean LI		PSE	
IU			

$$IU = \bar{L}_u - \bar{L}_l \quad DL = \frac{IU}{2} \quad PSE = \frac{\bar{L}_u + \bar{L}_l}{2}$$

A	ascending	G	greater
D	descending	E	equal
IU	interval of uncertainty	L	lower
PSE	point of subj. equality	Lu	upper limen
DL	differenzlimen	LI	lower limen