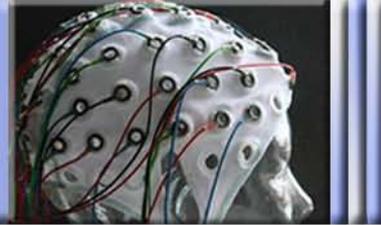




# Vorgehen beim Experimentieren



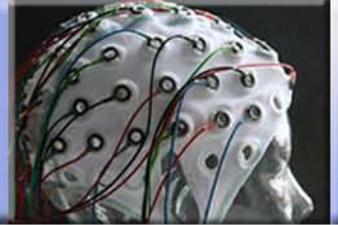
Was will ich eigentlich genau machen?

Bevor ein Experiment durchgeführt wird, sollte

1. eine klare inhaltliche Hypothese erstellt worden sein
2. diese Hypothese sauber operationalisiert worden sein
3. ein geeigneter Versuchsplan zur Prüfung der Hypothese gebildet worden sein
4. dementsprechend klar sein, wie die Daten ausgewertet werden



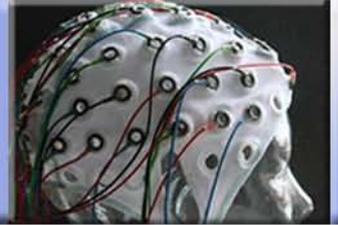
# Versuchsplanung



- Der Versuchsplan muss so gestaltet werden, dass die Prüfung der statistischen Hypothese valide möglich ist
  - wie sollen die Daten des Experimentes ausgewertet werden
  - prüfen die verschiedenen Bedingungen/Faktoren die Hypothese auch wirklich!



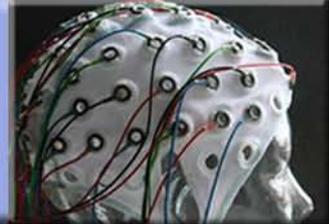
# Versuchspläne



Anzahl der  
Faktoren (UV)



# Versuchspläne



Anzahl der  
Faktoren (UV)

Einfaktoriell

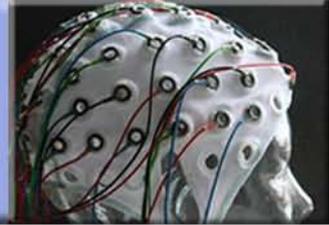
Faktorstufen 1,2,...,n

Mehrfaktoriell

$A \times B$  – Design  
Kombination der  
Faktorstufen A und  
Faktorstufen B heißt  
Bedingung



# Versuchspläne



Anzahl der  
Faktoren (UV)

Einfaktoriell

Mehrfaktoriell

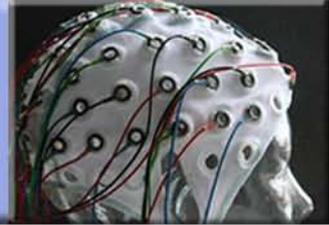
Faktorstufen 1,2,...,n

$A \times B$  – Design  
Kombination der  
Faktorstufen A und  
Faktorstufen B heißt  
Bedingung

Anzahl der AV



# Versuchspläne



Anzahl der  
Faktoren (UV)

Einfaktoriell

Mehrfaktoriell

Faktorstufen 1,2,...,n

$A \times B$  – Design  
Kombination der  
Faktorstufen A und  
Faktorstufen B heißt  
Bedingung

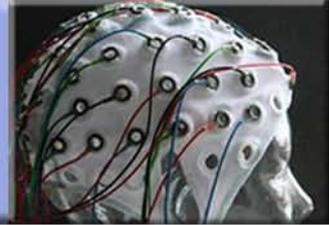
Anzahl der AV

univariat  
eine AV

multivariat  
mehrere AV



# Versuchspläne



Anzahl der  
Faktoren (UV)

Einfaktoriell

Mehrfaktoriell

Faktorstufen 1,2,...,n

$A \times B$  – Design  
Kombination der  
Faktorstufen A und  
Faktorstufen B heißt  
Bedingung

Anzahl der AV

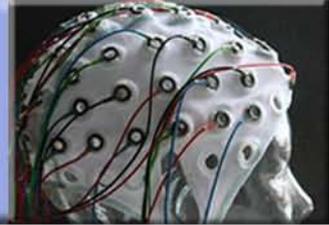
univariat  
eine AV

multivariat  
mehrere AV

Messwieder-  
holung



# Versuchspläne



Anzahl der  
Faktoren (UV)

Einfaktoriell

Mehrfaktoriell

Faktorstufen 1,2,...,n

$A \times B$  – Design  
Kombination der  
Faktorstufen A und  
Faktorstufen B heißt  
Bedingung

Anzahl der AV

univariat  
eine AV

multivariat  
mehrere AV

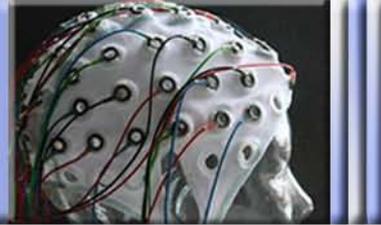
Messwieder-  
holung

between-subject

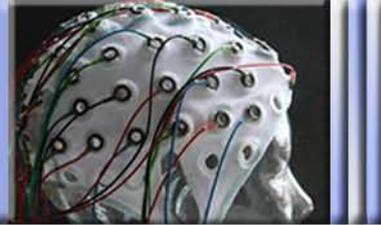
within-subject



# Within- und between subject designs



- Versuchspläne mit **Randomisierung / Blockbildung**:
  - *between-(subjects-)design*: zwei (oder mehr) experimentelle Bedingungen mit zwei (oder mehr) Probandengruppen
  
- Versuchspläne mit **Messwiederholung**:
  - *within-(subjects-)design*: zwei (oder mehr) experimentelle Bedingungen mit einer Probandengruppe



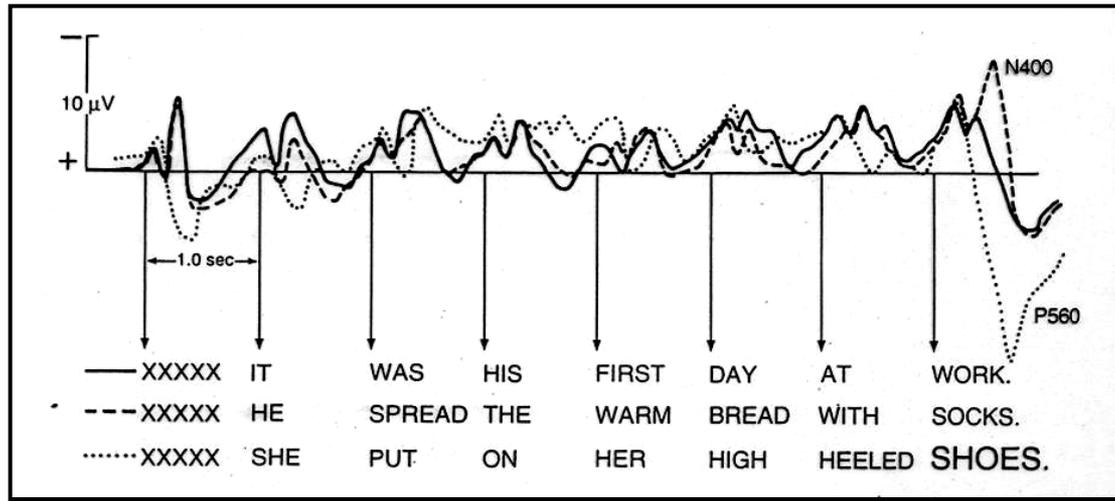
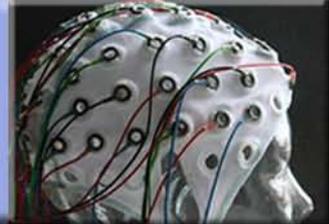
➤ Sachhypothese

*Die Aktivierung der Gedächtnisrepräsentation eines Konzeptes macht assoziierte Konzepte besser zugänglich.*

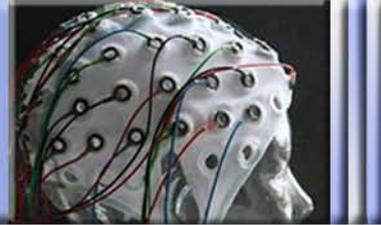
➤ Empirische Hypothese

*Die N400 Komponente auf einen Wortreiz ist verringert, wenn vor diesem Wortreiz ein semantisch passender Satz präsentiert wurde, im Vergleich zu einer Bedingung, in der dem Wortreiz ein nicht passender Satz vorausging.*

Zugänglichkeit wird abgebildet über den messbaren Indikator N400 Komponente



- **Einfaktorielles Design**
- messwiederholter Faktor mit 2 Stufen (correct vs semant.)  
= "within-subjects"- Faktor
- AV: Amplitude der N400



➤ Empirische Hypothese

*Die N400 Komponente auf einen Wortreiz ist verringert, wenn vor diesem Wortreiz ein semantisch passender Satz präsentiert wurde, im Vergleich zu einer Bedingung, in der dem Wortreiz ein nicht passender Satz vorausging.*

➤ Statistische Hypothese:

$$H1: |\mu_{N400correct}| < |\mu_{N400semant}|$$

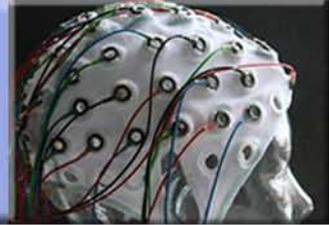
bzw  $|\mu_{N400semant}| - |\mu_{N400correct}| > 0$  (N400-Effekt)

Dieser Alternativhypothese wird die Null-Hypothese gegenübergestellt.

$$H0: |\mu_{N400correct}| \geq |\mu_{N400semant}|$$



# Hypothesen testen: Fehler 1. und 2. Art



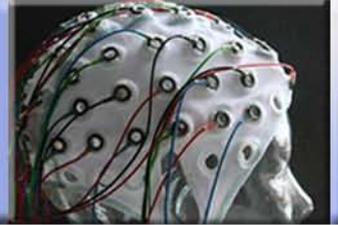
$$H_0: |\mu_{N400\text{correct}}| \geq |\mu_{N400\text{semant}}|$$

$$H_1: |\mu_{N400\text{correct}}| < |\mu_{N400\text{semant}}|$$

	Entscheidung für H0	Entscheidung für H1
H0 wahr	richtig	Falsch Fehler 1. Art Alpha Fehler
H1 wahr	Falsch Fehler 2. Art Beta Fehler	richtig



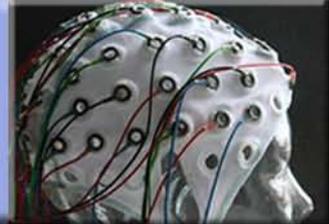
# Die inferenzstatistische Frage



- *Ist es denkbar*, dass in der Population der Mittelwert des N400-Effektes  $0 \mu\text{V}$  ist (d.h. unsere Hypothese nicht zutrifft) und trotzdem bei einer Zufallsziehung von  $n$  (z.B. 24) Personen ein bestimmter Mittelwert von (z.B.  $3.4 \mu\text{V}$ ) herauskommt?
- *Ist es denkbar* wird in der Regel übersetzt mit *Ist es wahrscheinlicher als  $p = .05$*
- *D.h.* können wir mit dem (vorab festgelegten = apriori) Risiko von 5% ( $\alpha$ -Fehler) die Alternativ-Hypothese annehmen?



# Datenauswertung



	subj	N400semant	N400correct
1	1	-1,20	0,30
2	2	-0,90	-0,10
3	3	-4,30	-0,40
4	4	-3,40	-2,10
5	5	-0,30	0,10
6	6	0,70	-0,10
7	7	-1,90	0,30
8	8	-2,60	-2,70
9	9	0,10	-0,30
10	10	-0,90	-0,10
11	11	-2,10	0,40
12	12	-1,60	1,70
13	13	-1,80	-0,60
14	14	-2,00	-1,10
15	15	-5,80	-3,40
16	16	1,20	0,20
17	17	-3,10	-1,00
18	18	-2,50	-0,60
19	19	-3,10	-0,60
20	20	-1,80	-1,80
21			

Alternative Bezeichnungen

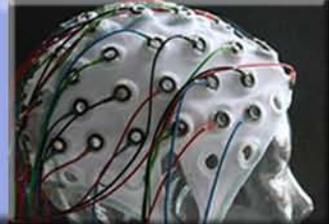
t-Test für abhängige Daten

t-Test bei Messwiederholung

t-Test für gepaarte Stichproben



# Statistik



## Deskriptive Statistik

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	N400semant	-1,8650	20	1,66236	,37172
	N400correct	-,5950	20	1,17584	,26293

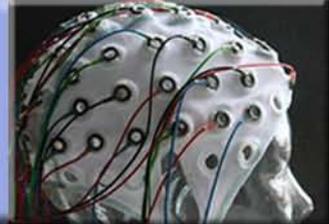
## Inferenzstatistik

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen							
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
Paaren 1 N400semant - N400correct	-1,27000	1,34560	,30088	-1,89976	-,64024	-4,221	19	,000



# Statistik



Test bei gepaarten Stichproben

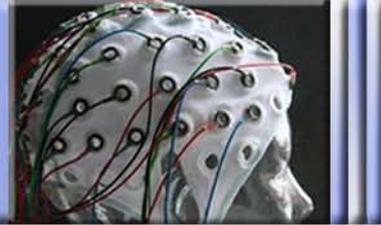
	Gepaarte Differenzen							
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
Paaren 1 N400semant - N400correct	-1,27000	1,34560	,30088	-1,89976	-,64024	-4,221	19	,000

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein solcher oder noch höherer (betragsmäßiger) t-Wert unter der Annahme der Null-Hypothese auftritt, ist bei dieser Stichprobengröße  $p < .0005$ .

Diese Wahrscheinlichkeit liegt unter der von uns gewählten  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit von .05. Daher lehnen wir die Null-Hypothese ab und nehmen unsere Hypothese, dass es den N400-Effekt gibt, an.



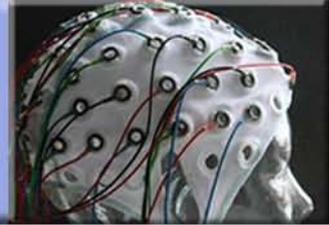
# Mehrfaktorielle Versuchspläne



- Variation mehrerer UVn ermöglicht Untersuchung der gleichzeitigen / interaktiven Wirkung der UVn auf die AV
- Within- und between subject Faktoren lassen sich beliebig kombinieren
- 2 x 2 - Versuchsplan mit „Innerhalb“ Faktoren:  
Ist die N400 auf semantische Anomalien in der Muttersprache größer als in der Fremdsprache ?
- 2 x 2 - Versuchsplan mit einem between und einem within Faktor:  
Unterscheidet sich die N400 auf semantische Anomalien zwischen Personen mit hoher und mit niedriger verbaler Intelligenz ?

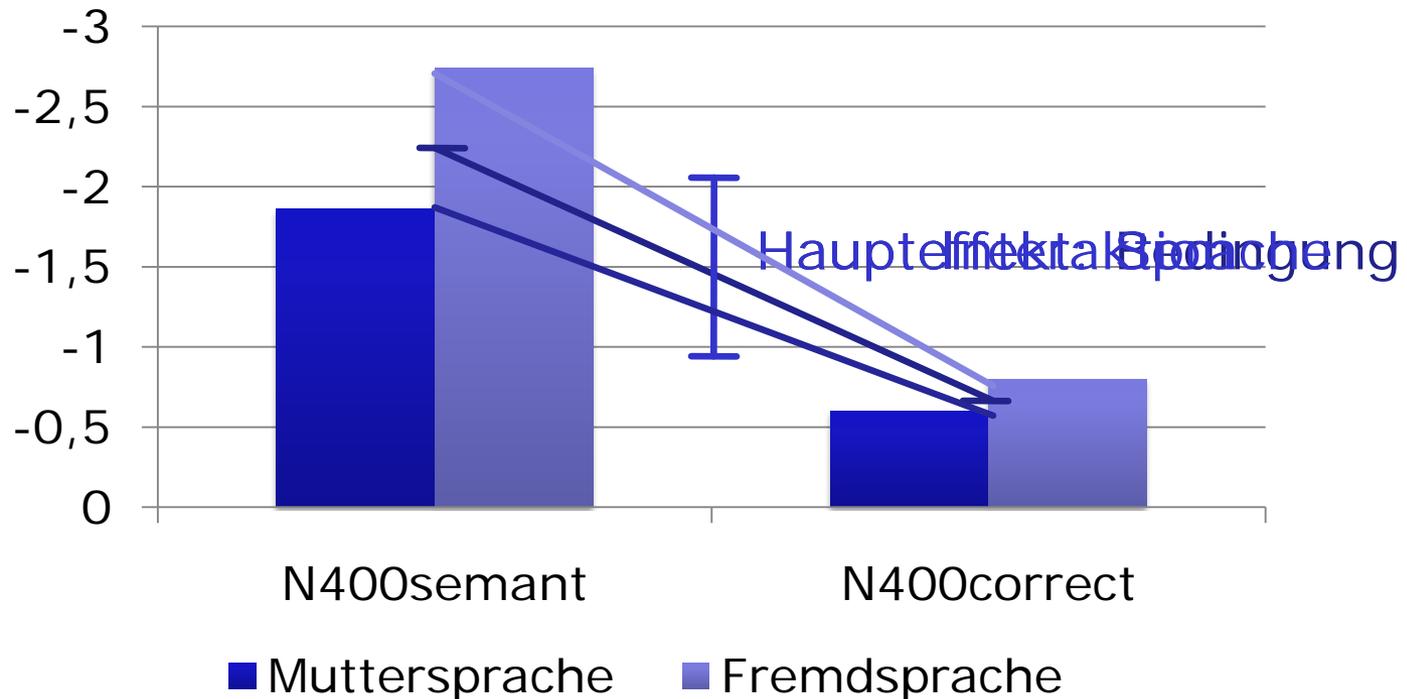


# Welche Effekte gibt es?



Haupteffekt: Wirkung einer UV

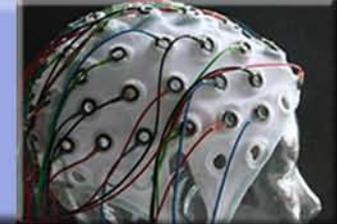
Interaktion: Abhängigkeit der Wirkung mehrerer UV



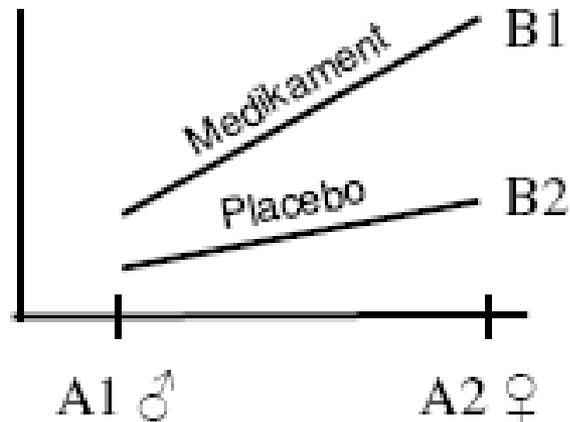


# Interaktionstypen

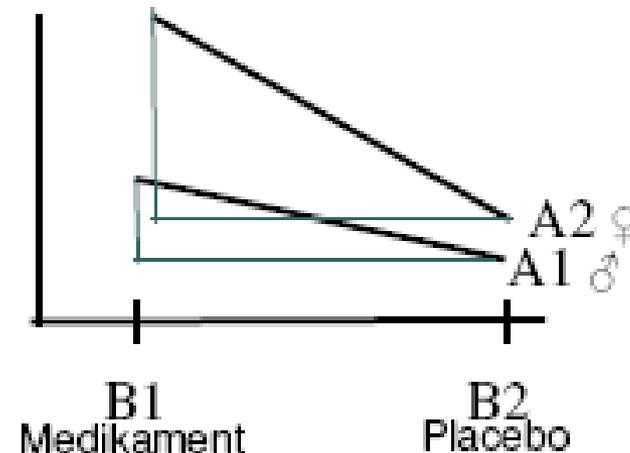
## Ordinale Interaktion



Die Linienzüge weisen jeweils den gleichen Trend auf, beide Haupteffekte können eindeutig interpretiert werden.



Ordinal für A:  
der A-Effekt ist gleichsinnig  
für B1 und B2  
(aber unterschiedlich groß)

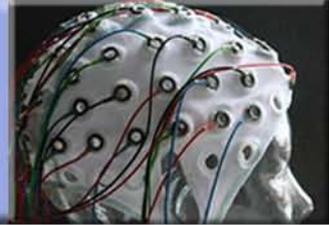


Ordinal für B:  
der B-Effekt ist gleichsinnig  
für A1 und A2  
(aber unterschiedlich groß)

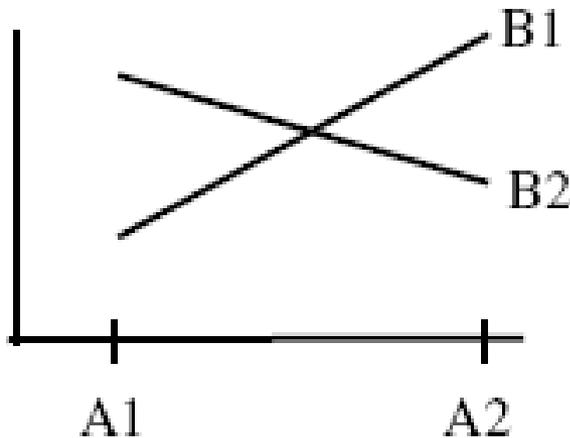


# Interaktionstypen

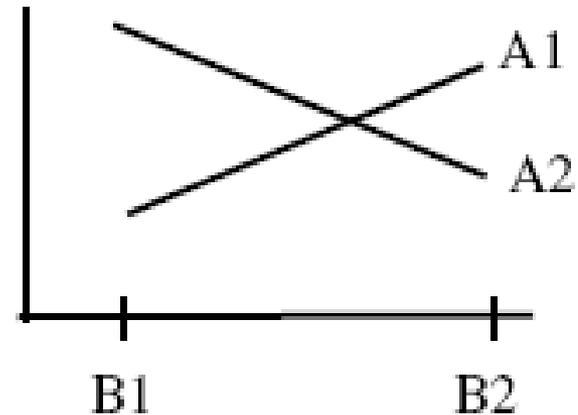
## Disordinale Interaktion



Die beiden Haupteffekte sind inhaltlich bedeutungslos.



Disordinal für A:  
der A-Effekt kehrt sich  
von B1 zu B2 um

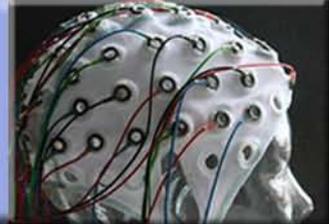


Disordinal für B:  
der B-Effekt kehrt sich  
von A1 zu A2 um

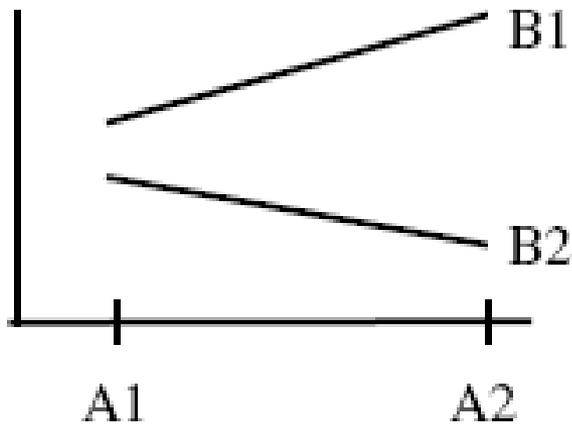


# Interaktionstypen

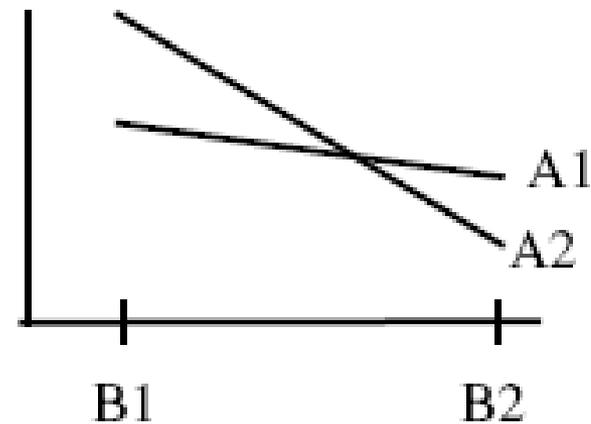
## Hybride Interaktion



HE B kann interpretiert werden, HE A sollte nicht interpretiert werden



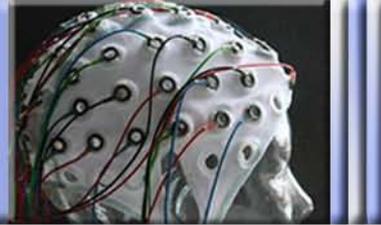
Disordinal für A:  
der A-Effekt kehrt sich  
von B1 zu B2 um



Ordinal für B:  
der B-Effekt ist gleichsinnig  
für A1 und A2



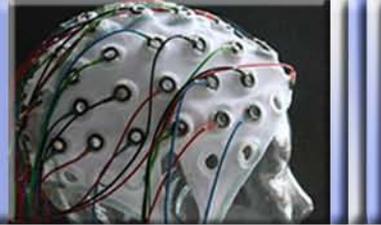
# Zusammenhangs-Hypothesen



- Wann benötigen wir Zusammenhangs-Hypothesen?
- Welche Verfahren gibt es, um Zusammenhangs-Hypothesen zu überprüfen?



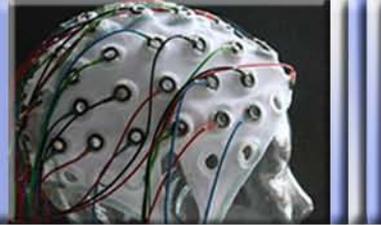
# Zusammenhangs-Hypothesen



- Wann benötigen wir Zusammenhangs-Hypothesen?
- Wenn die Beziehung zwischen zwei Variablen von Bedeutung ist (z.B. Dauer des Auslandsaufenthaltes und Sprachniveau)
- $H_0: \rho_{xy} = \rho_0$  und  $H_1: \rho_{xy} < > \rho_0$
- $\rho_{xy}$  ist durch den empirischen Korrelationsquotienten  $r_{xy}$  bestimmt  
sind zwei gemeinsam normalverteilte Variablen unkorreliert, sind sie auch unabhängig



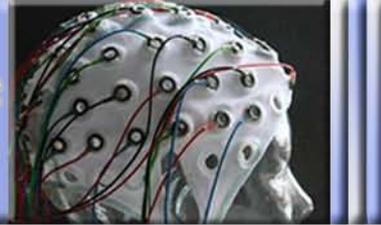
# Verfahren



- Korrelation
- lineare Regression
- Korrelation, was war das noch mal?
  - Nicht gerichtet
  - Parametrisch (Pearson) nonparametrisch (Spearman, Kendalls Tau)



# Wie lesen wir nun wissenschaftliche Berichte?



## Einleitung:

Fragestellung, empirische Vorhersage und Operationalisierung

## Methode:

Stichprobe

Apparate, Materialien und Durchführung

Versuchsplan (Design, UV, AV ...)

## Ergebnisse:

Statistische Prüfverfahren und Ergebnisse

## Diskussion:

lassen die Ergebnisse die gezogenen Schlüsse zu  
gibt es Störvariablen