



## Simulation, IBE, Realexperiment - Lerneffizienz durch „Neue Medien“?

Claus Brell, Horst Schecker, Heike Theyßen (Universität Bremen)  
Dieter Schumacher (Universität Düsseldorf)

Empirische Untersuchungen zum Einsatz von Interaktiven  
Bildschirmexperimenten (IBE) und computergestützten  
Simulationen / Animationen als Ergänzung zu und Ersatz  
von Realexperimenten im Physikunterricht.



GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

### Ziele und Rahmenbedingungen

#### Ziel:

- Empirischer Vergleich der  
Lernwirksamkeit verschiedener Lernumgebungen
- mit realen und computerbasierten Materialien
  - mit gleichen Rahmenbedingungen
  - unter Berücksichtigung der Lernervoraussetzungen

#### Fragestellung:

Bewirken virtuelle Experimente und Computeranimation  
vergleichbaren Lernzuwachs wie Realexperimente und grafische Modelle?

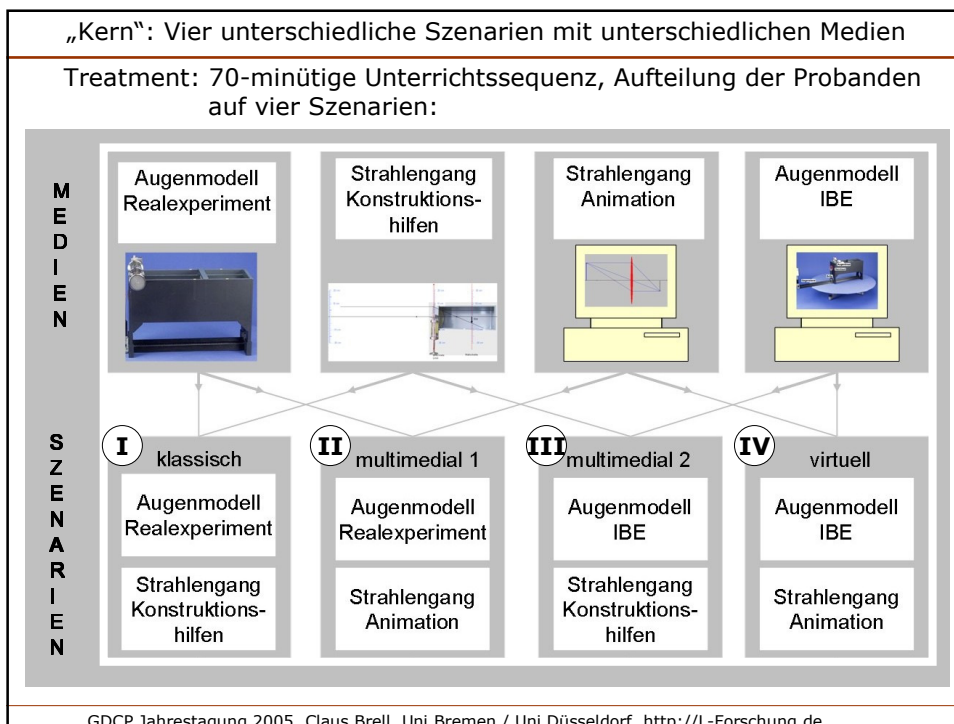
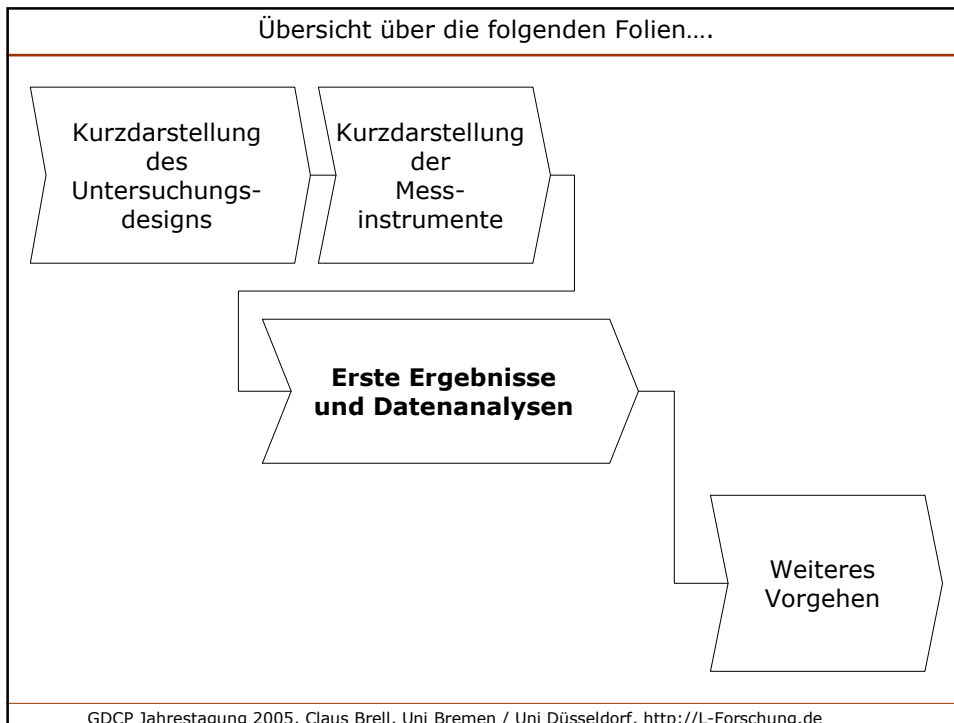
#### Inhaltliches Thema und Probanden:

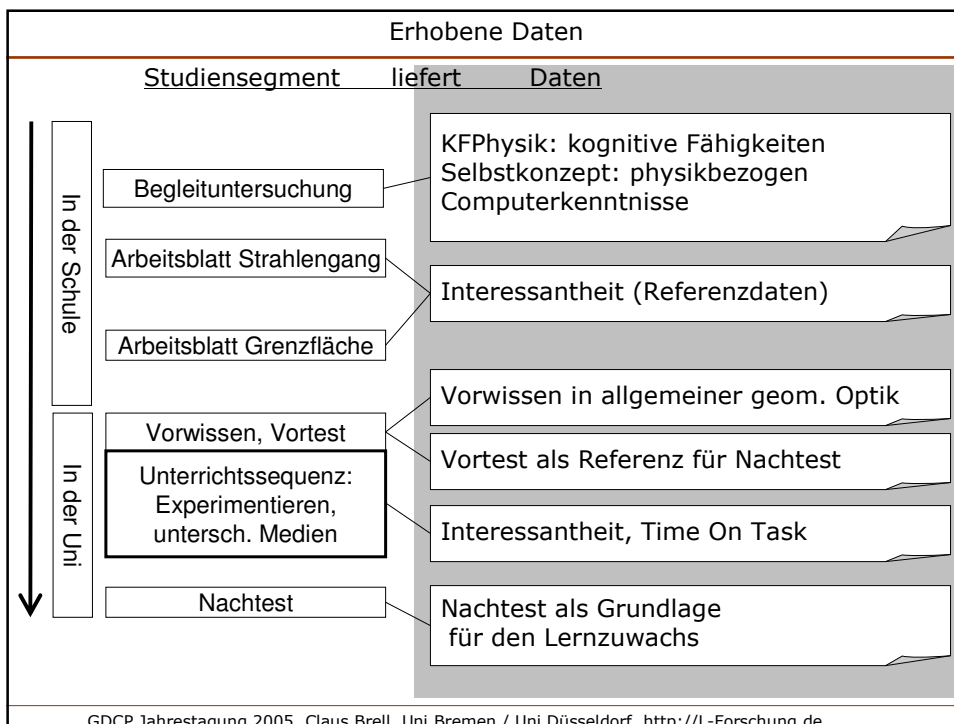
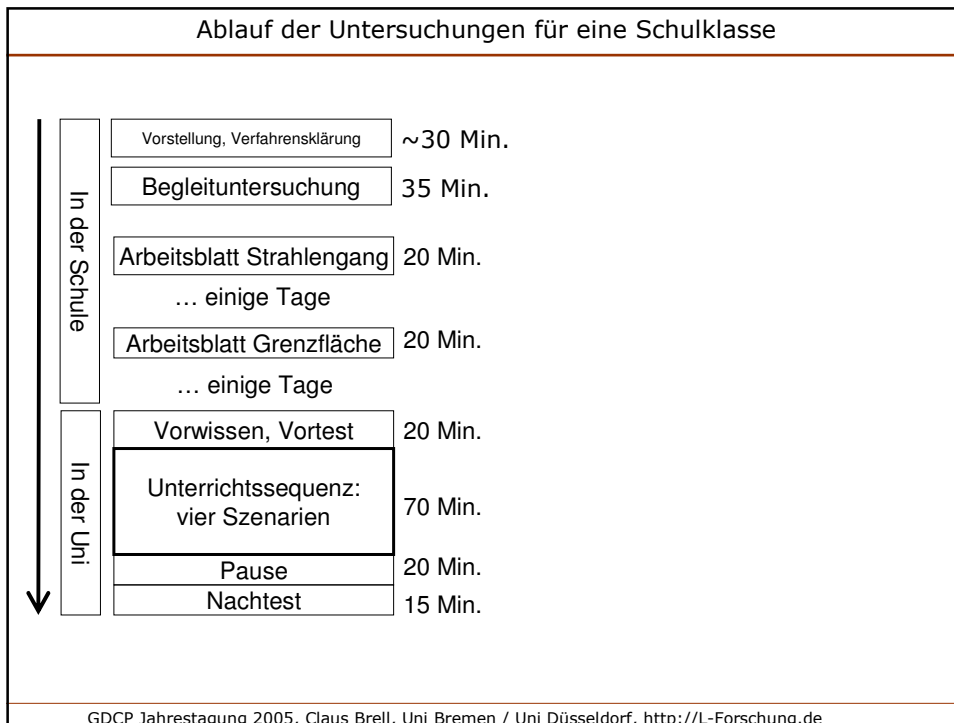
- Optik des Auges
- Untersuchungen mit Schülern der achten Klasse an Gymnasien

#### Methode:

Laborstudie, herausgelöst aus dem Schulalltag;  
Begleittests und „Training“ (Arbeitsblätter, Teamwork) in der Schule,  
Treatment in der Uni.

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>





## Tests

Leistungstests (Vorwissen, Vortest, Nachtest):

Konstrukt: Speed / Power Test, multiple Choice,  
vier Antwortmöglichkeiten mit einer richtigen  
zusätzlich Angabe der Antwortsicherheit

Itemzahl: Vorwissen: 9  
Vortest=  
Nachtest : 23

Lernvariablen:

KFPhysik:

Auszug aus KFT (Q1, N2, N3, reduzierte Itemzahl)

Selbstkonzept:

an Physik angepasster Fragebogen der Essener Arbeitsgruppe

Interessantheit:

Smiley-Skala an drei Stellen im Treatment

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Leistungstests: Beispiel für ein Item

Das Augenmodell ist scharf eingestellt.  
Jetzt schiebst du den Gegenstand weiter vom Augenmodell weg.  
**Wie stellst du das Bild wieder scharf?**


- Mit der Kurbel Öl aus der Linse herausziehen.
- Mit der Kurbel Öl in die Linse hineinpumpen.
- Die Mattscheibe weiter von der Linse weg einhängen.
- Die Mattscheibe herausnehmen.

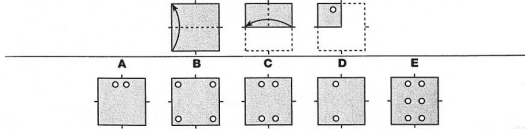
Ich bin mir ziemlich sicher.     ja     nein

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

### Begleittestet KFPhysik: Beispiele für Items

Q1	4	700 cm <sup>2</sup>	70 m <sup>2</sup>
	A (Wert im linken Feld größer)    B (Werte gleich groß)    C (Wert im rechten Feld größer)		

N2	10	
----	----	--

N3	2	
----	---	--

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

### Physikbezogenes Selbstkonzept: Beispiel für ein Item

- 3) Wenn der Physiklehrer / die Physiklehrerin eine Frage stellt, kenne ich meistens die richtige Antwort.
- ja, stimmt
  - meistens schon
  - eigentlich eher weniger
  - nein, stimmt nicht

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

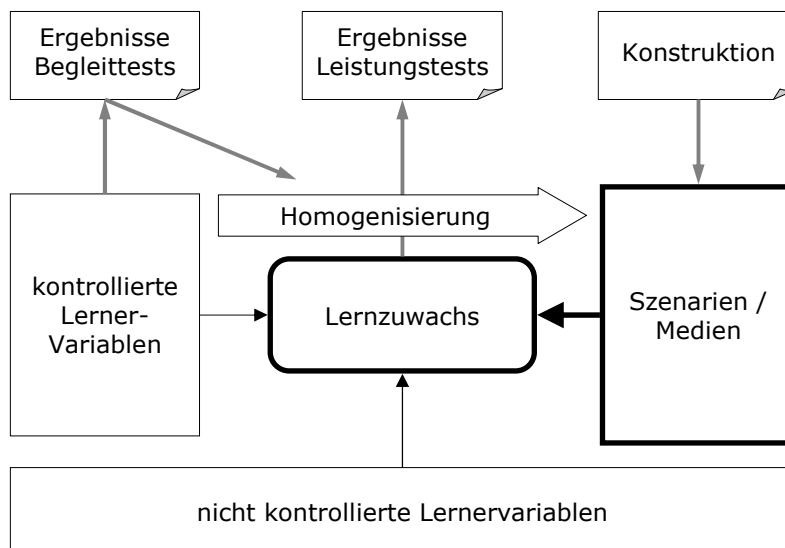
### Bisher untersucht

Itemkonstruktion Leistungstests und Skalierung der Begleittests:  
1 Schulklasse

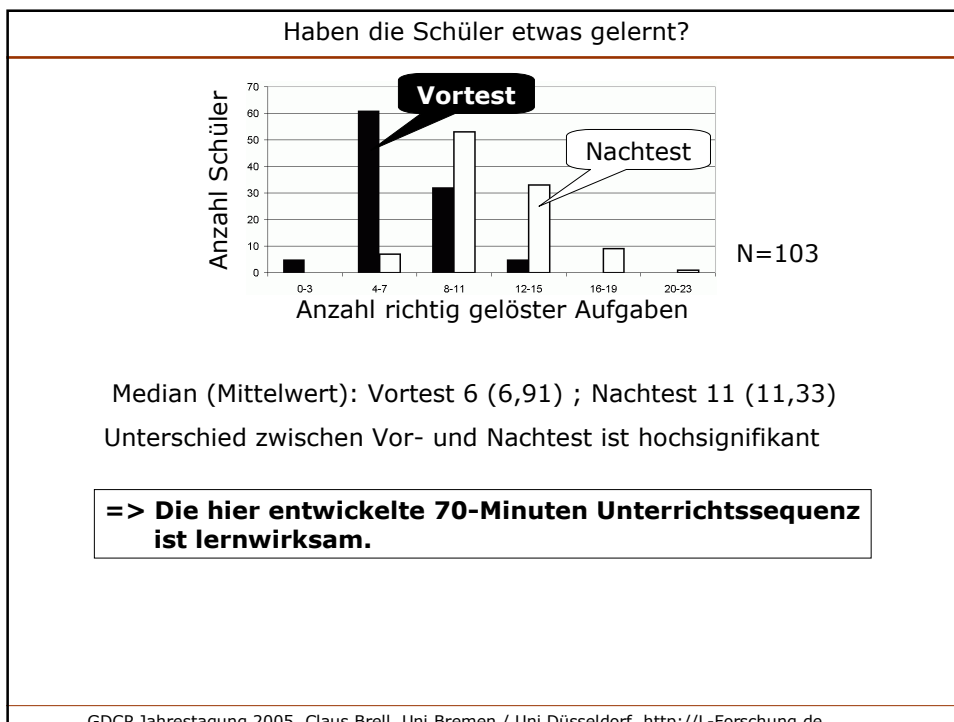
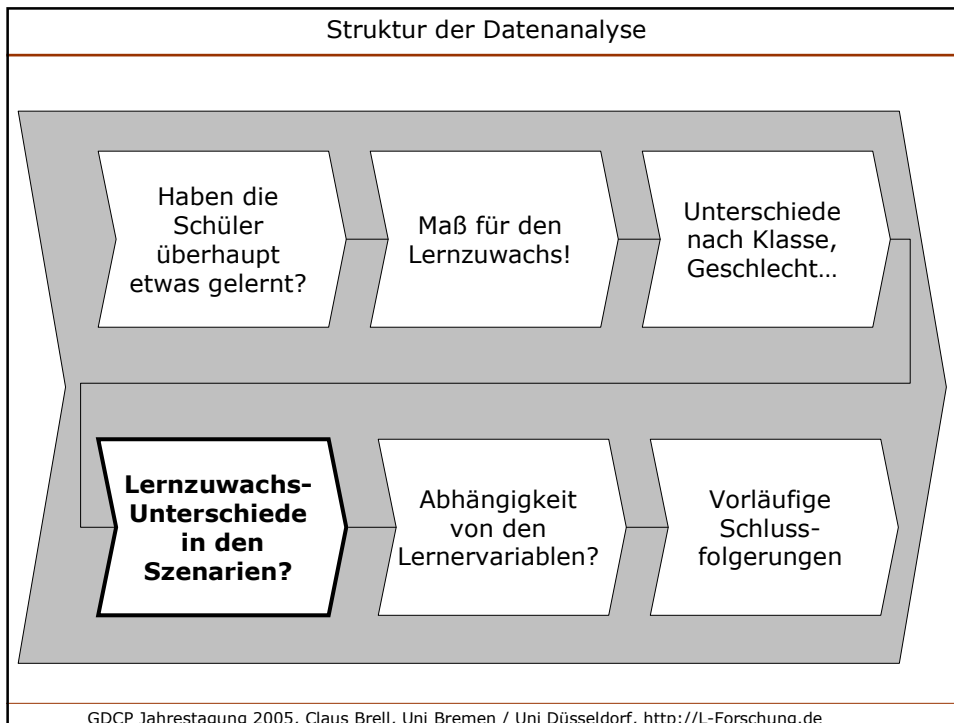
Datenerhebungen in  
4 Schulklassen,  
davon drei von einer Schule,  
eine Klasse nur Szenario I und III

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

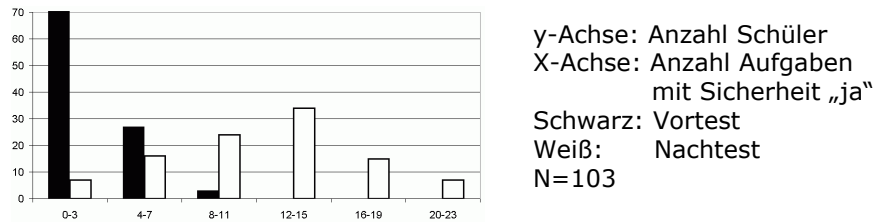
### Modell: Einflussfaktoren auf den Lernzuwachs



GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>



## Sind sich die Schüler nach dem Treatment sicherer?



Median (Mittelwert): Vortest 2 (2,49) ; Nachttest 12 (11,43)

Unterschied zwischen Vor- und Nachttest ist hochsignifikant

**=> Die Schüler sind sich bei der Beantwortung der Fragen nach der Unterrichtssequenz sicherer**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Maß für den Lernzuwachs – Minimierung des Rateeinflusses

Ratewahrscheinlichkeit (auch durch unterschiedlich attraktive Distraktoren) vermutlich größer als 25% je Item

**=> Einbeziehung der Antwortsicherheit in die Definition des Lernzuwachses**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>



## Definition des Lernzuwachses

... über die mit der Sicherheit bewerteten Antworten...

Ein Item gilt dann als richtig gelöst, wenn

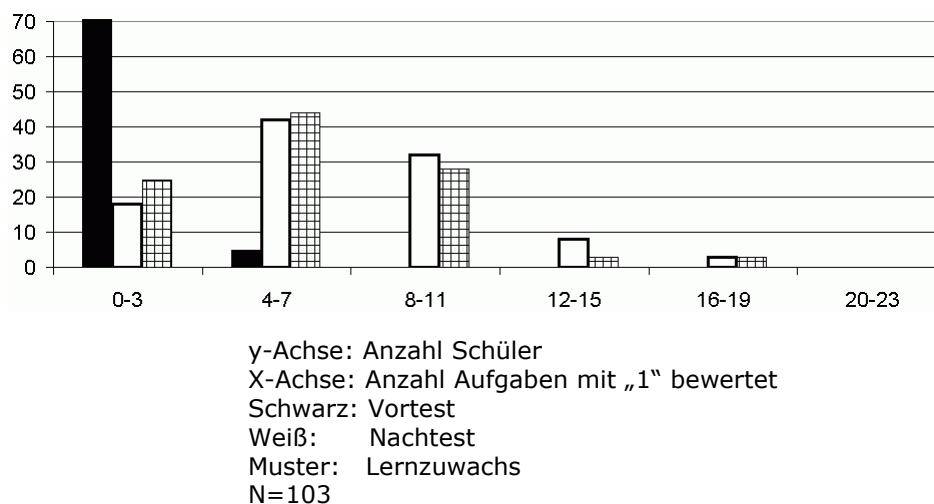
- die Antwort im Nachtest richtig ist,
- die Sicherheit mit „ja“ angegeben ist
- im Vortest die Bedingungen nicht erfüllt sind

Nachtest richtig	Nachtest sicher	Vortest richtig	Vortest sicher	Lernzuwachs
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0
Alle weiteren Fälle auch.....				0

**Lernzuwachs: Anzahl der mit „1“ bewerteten Items**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

## Vergleich des Lernzuwachses mit (bewertetem) Vor- und Nachtest



**Im Weiteren: Betrachtung des Lernzuwachses, als Vergleich manchmal das Nachtestergebnis in geschweiften Klammern { }**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

## Leistungstests: normalverteilt?

Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung  
Leistungstests, N=103

	Anz. richtige Antworten	Anz. Sicherheit „ja“	Anz. mit Sicher. bew.
Vorwissen	0,000	0,158	0,058
Vortest	0,015	0,002	0,000
Nachtest	0,105	0,457	0,330
Lernzuwachs	0,119	-	-

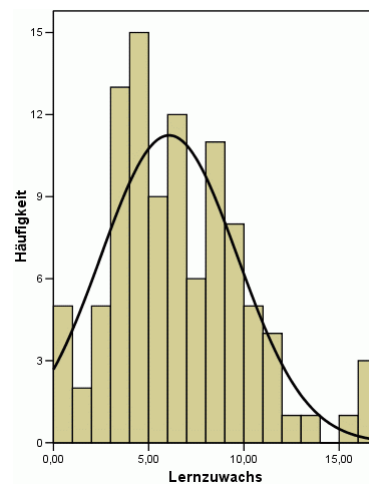
Anmerkung: wenn kleiner als 0,05, dann keine Normalverteilung

J

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Leistungstests (Lernzuwachs): normalverteilt?

...nur zur Illustration...



...eine Normalverteilung kann nicht signifikant ausgeschlossen werden,  
aber Werte sind ein bisschen bimodal, ein bisschen rechtsschief...

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Skalenniveaus und Testmethoden

Problem:  
Leistungsstest sind voraussichtlich nicht metrisch / kardinal skaliert

Annahme:  
Leistungsstests sind ordinal skaliert

Die kognitiven Fähigkeiten und die Leistungen sind nicht mit Sicherheit normal verteilt.

**=> Verwendung nichtparametrischer statistischer Verfahren**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Statistische Methoden

Hier verwendete nicht-parametrische Tests:

Test auf Normalverteilung:  
**Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest**

Unabhängige Stichproben:  
Test auf Unterschiede von mehreren Gruppen

**Kruskal-Wallis-Varianzanalyse**

Test auf Unterschied von zwei Gruppen

**Mann-Whitney-U-Test**

Abhängige Stichproben  
Test auf Unterschiede von zwei Gruppen

**Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test**

Korrelationen

**Rang-Korrelationskoeffizient nach Kendall**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Unterscheiden sich Schulklassen? Vergleich der Leistungstests

... angegeben ist der Median

	Klasse 02	Klasse 03	Klasse 04	Klasse 05
Anzahl	22	31	23	27
Vorwissen $0,254$	5	5	6	5
Nachtest $0,113$	12	10	11	11
Lernzuwachs (*) $0,016$	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

(\*) asymptotische Signifikanz gem. Kruskal-Wallis -Varianzanalyse

Man-Whitney-U-Test liefert:

Klasse 04 und 05 unterscheiden sich nicht, Klasse 03 und 04 unterscheiden sich im Lernzuwachs (\*\*) und „fast“ im Nachtest (0,067), Klasse 02 und 04 unterscheiden sich nicht.

Anmerkung: Klasse 02 hatte nur Szenarien I und II

**=> Schulklassen können unterschiedlich sein - alle Ergebnisse auch „klassenspezifisch“ überprüfen**

**=> Designentscheidung „jede Schulklasse alle Szenarien“ ist zielführend.**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

## Unterscheiden sich die Geschlechter? Vergleich der Leistungstests

... angegeben ist der Median

	m	w
Anzahl	44	59
Vorwissen (Quiz) (*) $0,014$	6	5
Nachtest $0,939$	11	11
Lernzuwachs (*) $0,034$	6,5	5

**=> Mädchen und Jungen können im Lernzuwachs unterschiedlich sein - alle Ergebnisse sind auch geschlechtsspezifisch zu prüfen**

**=> Designentscheidung „Szenarien möglichst gleich mit m/w besetzen“ ist zielführend.**

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

Unterschiede in den Szenarien				
... angegeben ist der Median				
<b>ALLE</b>	Szenario I (real)	Szenario II (Sim.)	Szenario III (IBE)	Szenario IV (virtuell)
Anzahl	30	21	30	22
Lernzuwachs {Nachttest} ** 0,001 {0,003}	8,5 {13,5}	4 {10}	5 {10}	5 {11}
<b>Nur Mädchen</b>				
Anzahl	16	10	17	15
Lernzuwachs {Nachttest}	7,5 {14}	4 {9,5}	5 {10}	5 {11}
<b>Nur Klasse 04 05</b>				
Anzahl	6 6	6 6	5 7	6 8
Lernzuwachs {Nachttest}	8,5 {12} 9 {13}	4 {9,5} 4 {9,5}	6 {11} 5 {10}	7,5 {11,5} 5 {11}
** hochsignifikant, Kruskal Wallis				
GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <a href="http://L-Forschung.de">http://L-Forschung.de</a>				

Unterschiede in den Szenarien, paarweiser Vergleich		
... angegeben ist der Alpha-Fehler für den U-Test		
Szenarien	Lernzuwachs	Nachttest
I und II	0,001	0,004
I und III	0,003	0,002
I und IV	0,002	0,029
II und III	0,500	0,678
II und IV	0,397	0,195
III und IV	0,970	0,200
<p><b>=&gt; Ein (hoch-)signifikanter Unterschied ist nur zwischen Szenario I (ganz ohne Computer) und den anderen Szenarien (mit Computer) zu beobachten. Der Lernzuwachs und das Nachttestergebnis ist nur in Szenario I höher!</b></p>		
Kann das an unterschiedlichen Lernervoraussetzungen liegen?		
GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <a href="http://L-Forschung.de">http://L-Forschung.de</a>		

## Motivationale Aspekte – Interessantheit mit der Smiley-Skala

Messung der Interessantheit mit einer „Smiley-Skala“

Jetzt im Moment finde ich den Unterricht...



Smiley-Skala korreliert hochsignifikant positiv mit zwei Items aus Interessens-Kurzfragebogen:

Die Durchführung der letzten Tätigkeit hat mir Spaß gemacht. (Tau~0,75)

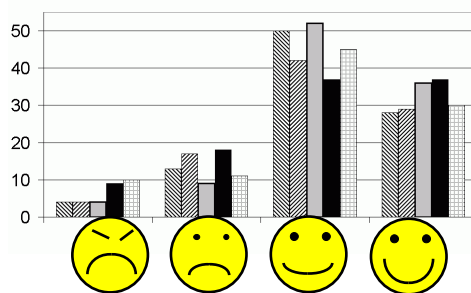
Ich fand die Durchführung der letzten Tätigkeit interessant. (Tau~0,55)

Einüben der Smiley-Skala in den Arbeitsblättern in der Schule

Dreimal Abfrage während des Treatments

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Treatment und Arbeitsblätter mit Eventcharakter



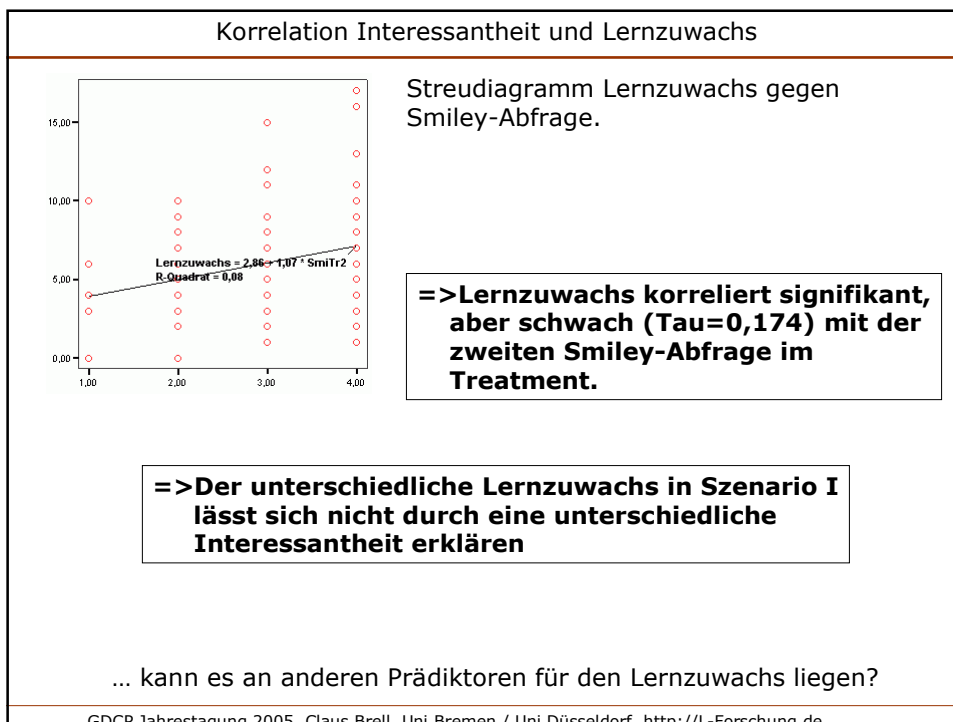
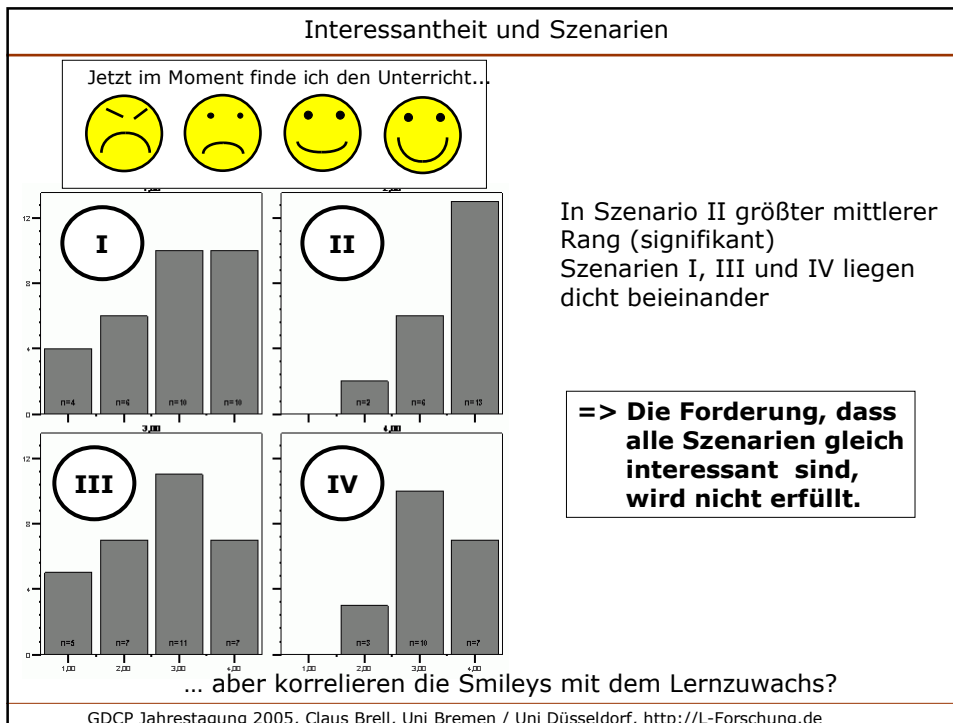
Balken von links nach rechts:  
Arbeitsblatt Strahlengang,  
Arbeitsblatt gewölbte Grenzfläche,  
erste, zweite und dritte Abfrage  
im Treatment.

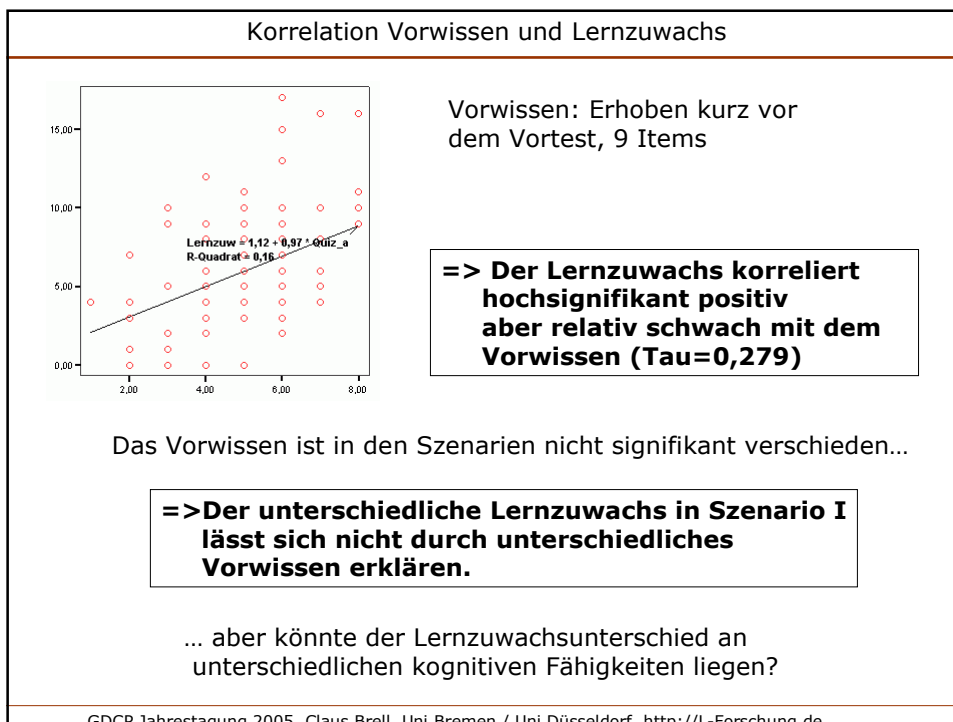
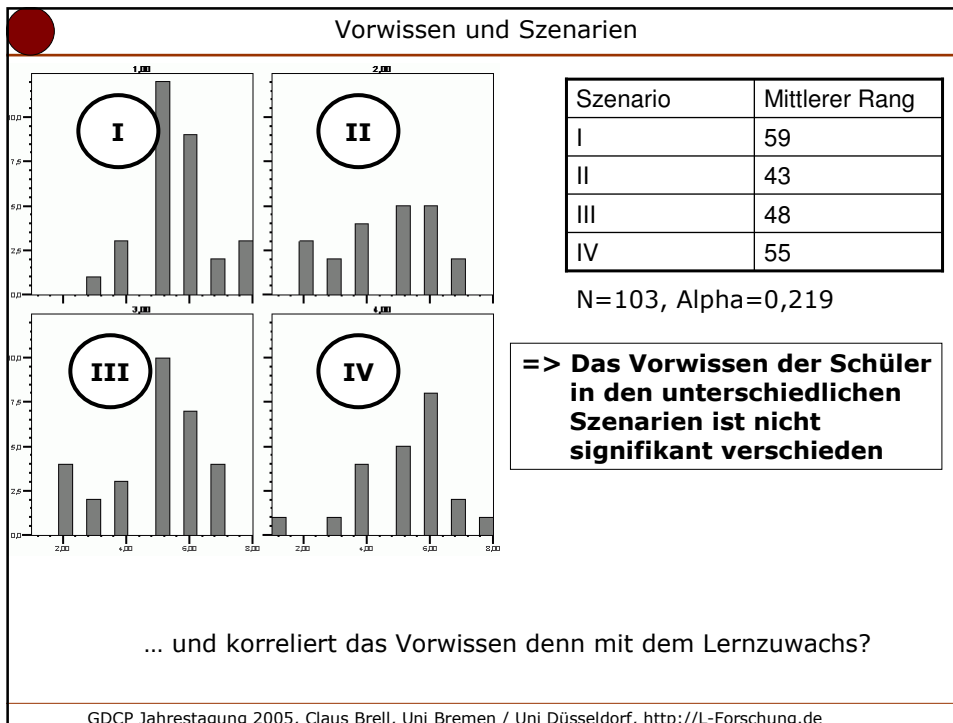
Zweite Abfrage ähnelt den  
Arbeitsblättern

**=> Sowohl Arbeitsblätter in der Schule als auch das Treatment werden in der Tendenz positiv erlebt**

...unterscheiden sich die Bewertungen der Szenarien?

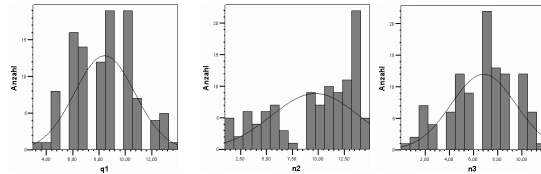
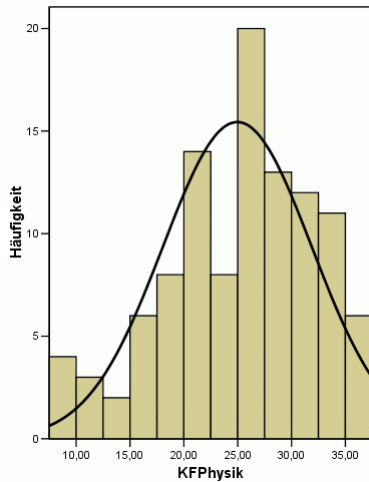
GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>







## KFPhysik – normalverteilt?



Normalverteilung kann bei KFPhysik nicht sicher ausgeschlossen werden, wohl aber bei den Teiltests n2 und n3

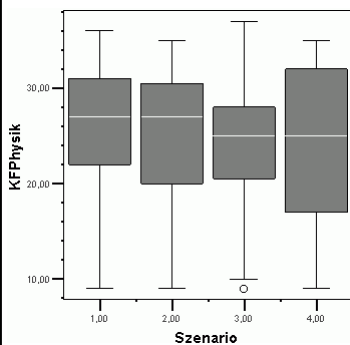
**=> Weitere Berechnungen mit nichtparametrischen Methoden**

Kein signifikanter Unterschied in den verschiedenen Klassen, Jungen liegen etwas höher als Mädchen, signifikant nur q1 (Rechnen)

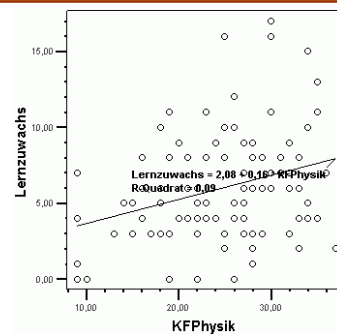
Ist KFPhysik in den Szenarien gleich verteilt?

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## KFPhysik – Unterschiede in den Szenarien



Kein Unterschied von KFPhysik in den Szenarien.



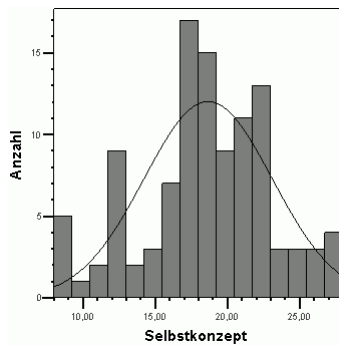
Der Lernzuwachs korreliert zwar hochsignifikant aber nur schwach positiv mit KFPhysik ( $\tau=0,188$  {0,313})

**=>Der unterschiedliche Lernzuwachs in Szenario I lässt sich nicht durch eine unterschiedliche kognitive Fähigkeiten erklären**

...könnte der Lernzuwachsunterschied an Unterschieden im Selbstkonzept liegen?

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Physikbezogenes Selbstkonzept – normalverteilt?



Normalverteilung kann beim physikbezogenem Selbstkonzept nicht sicher ausgeschlossen werden, aber aus Konsistenzgründen....

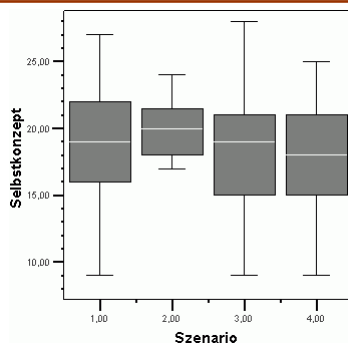
**=> Weitere Berechnungen mit nichtparametrischen Methoden**

hochsignifikanter Unterschied in den verschiedenen Klassen, Jungen liegen höher als Mädchen, so eben nicht signifikant ( $\text{Alpha}=0,082$ ).

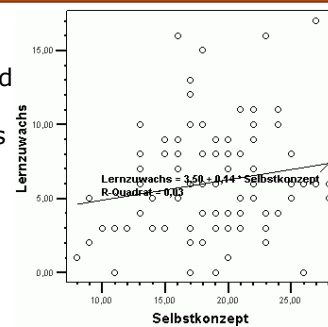
Ist das Selbstkonzept in den Szenarien gleich verteilt?

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Selbstkonzept – Unterschiede in den Szenarien



Kein Unterschied des Selbstkonzeptes in den Szenarien.



Der Lernzuwachs korreliert sehr schwach positiv und (so eben) nicht signifikant mit dem Selbstkonzept ( $\text{Tau}=0,099$  { $0,023$ })

**=> Der unterschiedliche Lernzuwachs in Szenario I lässt sich nicht durch unterschiedliches physikbezogenes Selbstkonzept erklären**

Zusammenfassung der Befunde----->

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Zusammenfassung: Unterschiedlicher Lernzuwachs in den Szenarien

1. a.) In allen Szenarien ist ein Lernzuwachs zu beobachten.  
b.) Der Lernzuwachs {und das Nachtestergebnis} ist in Szenario I („nur“ Realexperiment mit manueller Strahlengangkonstruktion) signifikant höher als in den drei computergestützten Szenarien.  
Anmerkung: Erwartet war eine Überlegenheit von Szenario II

2. Der Befund kann nicht durch Unterschiede in den kontrollierten Lernervariablen (Interessantheit, Vorwissen, physikbezogenes Selbstkonzept, kognitive Fähigkeiten, Geschlecht) erklärt werden.

=> Schluss: Die Unterschiede in den Szenarien sind die Ursache für den unterschiedlichen Lernzuwachs.

?  
=> These 1:  
Klassisch konzipierter Unterricht (so wie hier) funktioniert am besten mit klassischen Medien.

?  
=> These 2:  
Der Computer ist auch im klassischen Unterricht eine sehr gut brauchbare Alternative, wenn die klassischen Medien nicht verfügbar sind.

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Weiteres Vorgehen

Geplant:

Weitere Datenerhebungen zur Absicherung der Ergebnisse.

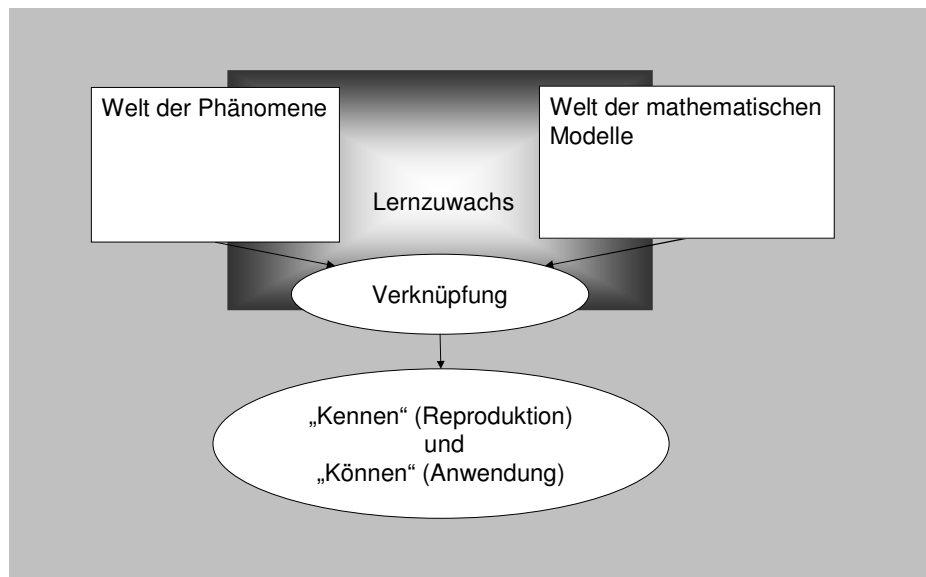
Differenziertere Auswertungen

- Leistungen bzgl. unterschiedlicher Welten
- Leistungen bzgl. der Kategorien Reproduktion und Anwendung
- Betrachtung verschiedener Schichten:
  - Lernzuwachs geschlechtsspezifisch nach hohem und niedrigem Vorwissen in den Szenarien

.....

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>

## Welten – Konzept der subjektiven Erfahrungsbereiche



GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

## Lernzuwachs differenziert nach Welten

Angegeben ist der Median...

	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Phänomene	2,5 {4}	2 {3}	2 {3}	2,5 {4}
Mathematische Modelle ** {**}	4 {5}	0 {3}	2 {4}	1 {4}
Verknüpfung {*}	1 {3}	1 {2}	0 {2}	1 {2}

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://l-forschung.de>

## Lernzuwachs differenziert nach Reproduktion / Anwendung

Angegeben ist der Median...

	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Reproduktion ** {**}	5 {7}	2 {5}	3 {5}	3 {5}
Anwendung * {}	3 {6}	2 {5}	2 {5}	2 {5,5}

GDCP Jahrestagung 2005, Claus Brell, Uni Bremen / Uni Düsseldorf, <http://L-Forschung.de>