

Science Education

Kraft



Feld



Turbine



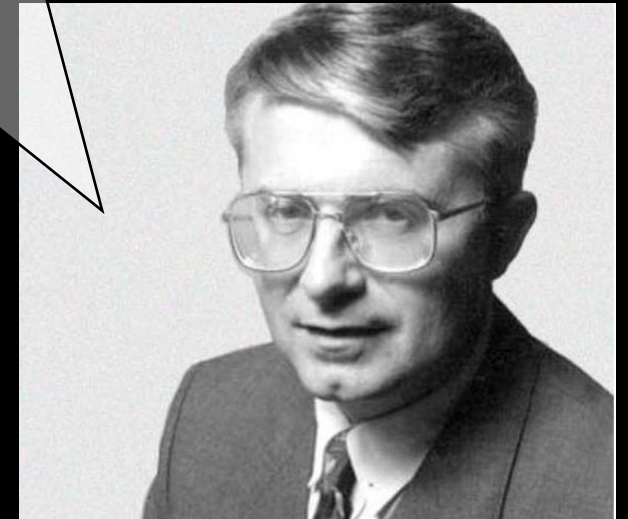
~~Fehlkonzepte~~ → Lernen



Wissenschaftliche
Konzepte



The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly!



David Ausubel¹

Schaumstoff ist dichter als ein Ziegelstein.

Kind: FALSCH Erwachsener: FALSCH

Die Sonne dreht sich um die Erde

Kind: RICHTIG Erwachsener: FALSCH

Der Mond dreht sich um die Erde

Kind: RICHTIG Erwachsener: RICHTIG

Ein Mantel produziert Wärme

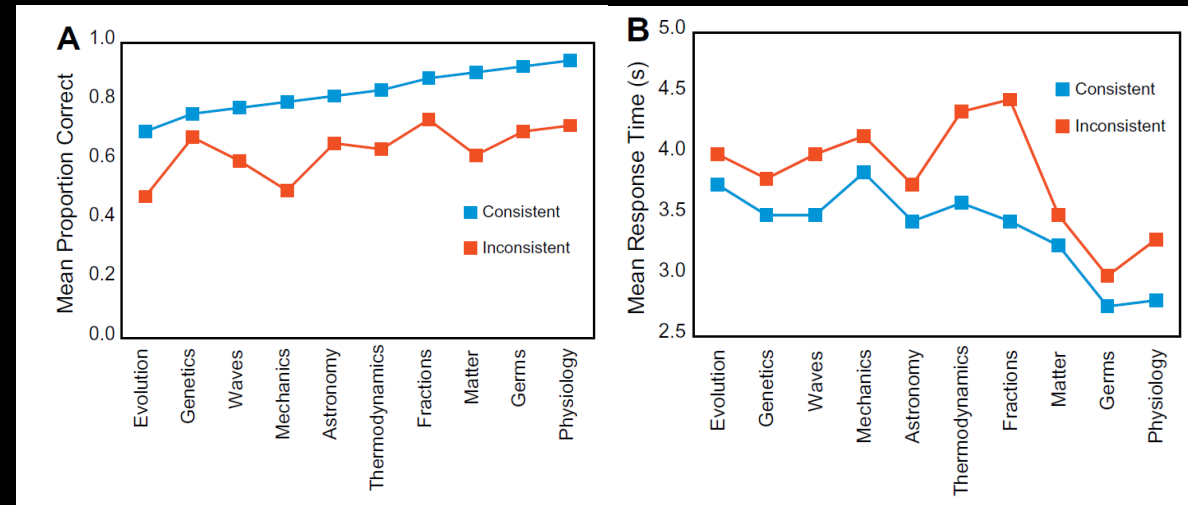
Kind: RICHTIG Erwachsener: FALSCH

Inkongruente Aussagen (RF / FR)

Kongruente Aussagen (FF / RR)

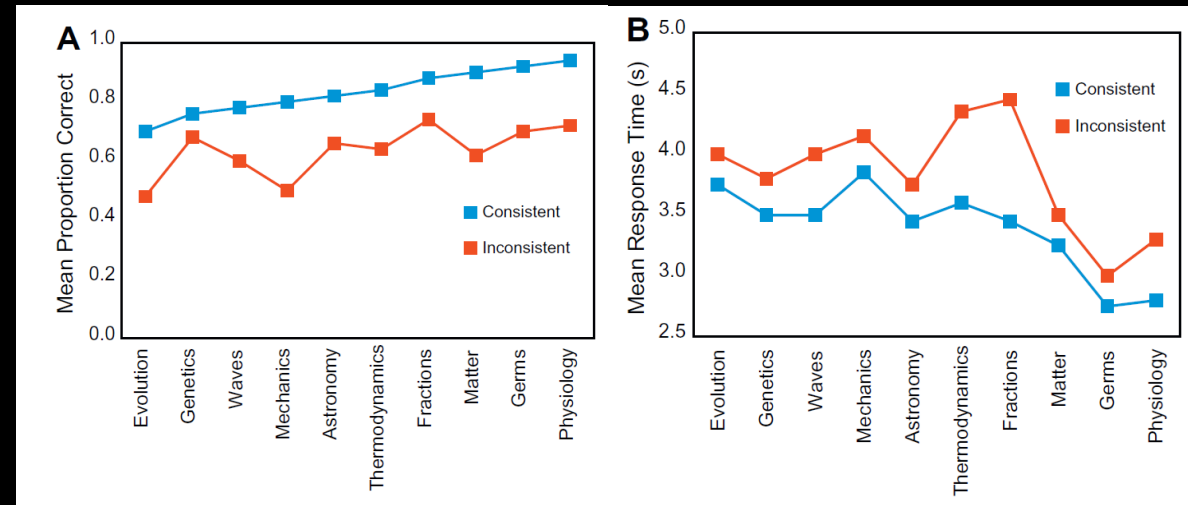
Mehr Fehler

Längere Reaktionszeiten



Intuitive und wissenschaftliche Konzepte *ko-existieren* in Lernenden

Mehr Fehler
Längere Reaktionszeiten



Die Fähigkeit, irrelevante Gedanken und Handlungen zu unterdrücken, um gegenwärtige Ziele zu erreichen.

Intuitive Konzepte müssen *inhibiert* werden, um zur korrekten Antwort zu gelangen

Die Fähigkeit, irrelevante Gedanken und Handlungen zu unterdrücken, um gegenwärtige Ziele zu erreichen.

Vosniadou et al., 2018:
Moderater Zusammenhang mit
Stroop

Babai et al., 2014: Moderater
Zusammenhang mit **digit
cancellation test**

7 6 0 1 7 33

Stricker et al., 2021: Kein
Zusammenhang mit **Picture-
Word**
Die Sonne dreht sich um die Erde
Der Mond dreht sich um die Erde



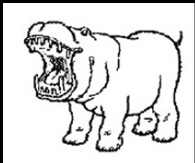
inner, 2023: ich glaub
nicht
T VS **GELB**

Vosnadiou et al. analysierten nur inkongruente Stroop-Trials (z.B. ROT) anstatt Unterschiede zwischen kongruenten und inkongruenten (Draheim, 2019).

~~Vosniadou et al., 2018:
Moderater Zusammenhang mit
Stroop~~

ROT GELB

Stricker et al., 2021: Kein
Zusammenhang mit **Picture-
Word**



= BLUME

Babai et al., 2014: Moderater
Zusammenhang mit **digit
cancellation test**

7 6 0 1 7 33

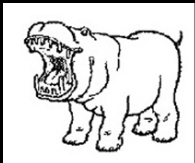
Edelsbrunner, 2023: Ich glaub
das alles nicht

*Babai et al. verwendeten einen digit cancellation Test; also ein **Aufmerksamkeitsmass.***

~~Vosniadou et al., 2018:
Moderater Zusammenhang mit
Stroop~~

~~ROT GELB~~

Stricker et al., 2021: Kein
Zusammenhang mit **Picture-
Word**




= BLUME

~~Babai et al., 2014: Moderater
Zusammenhang mit **digit
cancellation test**~~

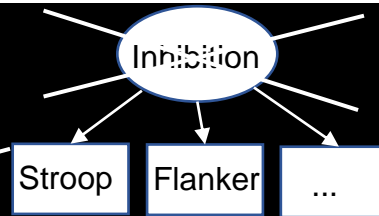
~~7 6 0 1 7 33~~

Edelsbrunner, 2023: Ich glaub
das alles nicht

Inhibition and Conceptual Learning in Science: a Review of Studies

Lucia Mason¹  • Sonia Zaccoletti¹

that the majority of the studies at each educational level reveal that inhibition contributes to topic-specific learning in science domains, or to overall academic achievement in science. Neuroscientific studies provide evidence that inhibition is recruited during the execution of tasks that require suppression of misconception interference. Comprehensive models of conceptual change should consider inhibitory control, which may also account for individual differences in this process.



Rey-Mermet et al., 2018: was genau?

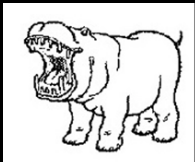
~~Vosniadou et al., 2018:
Moderater Zusammenhang mit
Stroop~~

ROT GELB

~~Babai et al., 2014: Moderater
Zusammenhang mit **digit
cancellation test**~~

~~7 6 0 1 7 33~~

~~Stricker et al., 2021: Kein
Zusammenhang mit **Picture-
Word**~~



= BLUME

~~Neuronale Evidenz (z.B. Potvin
et al., 2017): Kein passendes
Paradigma~~

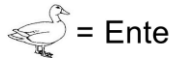
Meine Idee:

Unterschiedliche Hypothesen: Die Interferenz im Shtulman-Task wird gelöst durch...

...die Unterdrückung automatisch aktivierter semantischer Assoziationen

...Unterdrückung automatisch aktivierten Antwortprozesses

...präpotente Aufrechterhaltung der relevanten Informationsquelle



Meine Idee wurde umfassender II: Eine State-Trait Dekomposition

Design: $N = 175$ Studierende

Disentangling unterschiedlicher kognitiver Prozesse/Fähigkeiten im Statement-Verification Task. Da man kognitive Fähigkeiten schwer manipulieren kann:

Ein repeated measures-Design - Eine State-Trait Dekomposition

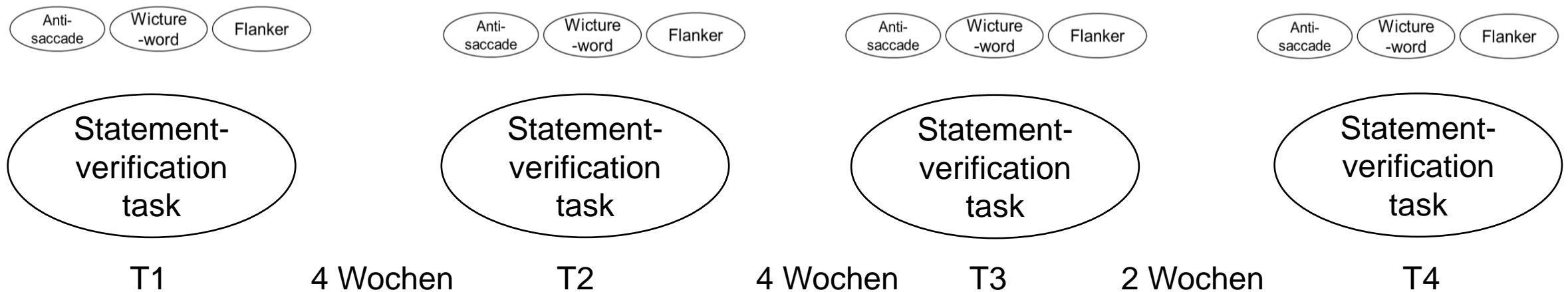


Bild-Wort

Anti-
Sakkade

Flankier-
reiz

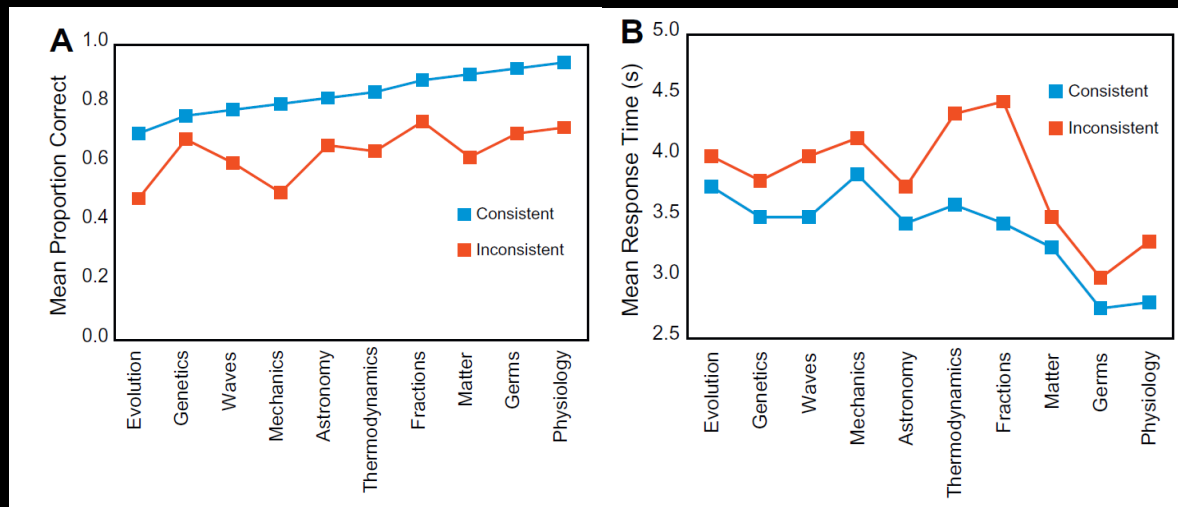
Binding

Arbeitsgedächtnistasks sind oft sehr unreliabel

Crisis of Reliability (Enkavi et al., 2019; Rouder et al., 2023): Tasks produzieren wenig Varianz zwischen Personen, viel zwischen Items

Lösungsvorschlag (Rouder et al., 2023):

Separation von Personen- und Itemvarianz durch Skalierung mittels Bayesianischem Multilevel-Modell in brms



Wir brauchen also ein:

- bivariates Modell
 - adäquate Verteilungsfunktionen (Reaktionszeiten, Antworten)
 - Multilevel-Struktur (inter- vs. intra, Personen- vs. Itemvarianz)
- Personen-
varianz
- Itemvarianz

Wiener Diffusion Model

Shtulman-
Task

Non-decision time: Lesen und motorische Reaktion

Drift rate: Entscheidungsprozess - wohin und wie schnell?

Boundary separation: Individuelle Unterschiede in Sicherheit (speed-accuracy trade off)

Bias: Mittlere Tendenz eher zu *richtig* oder *falsch* Antwort

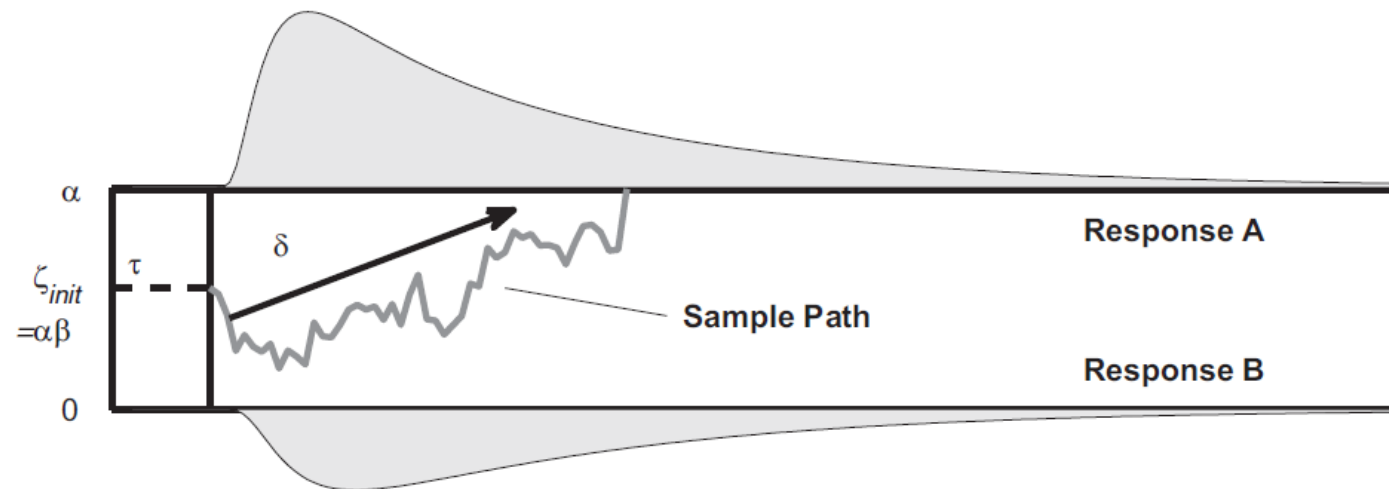
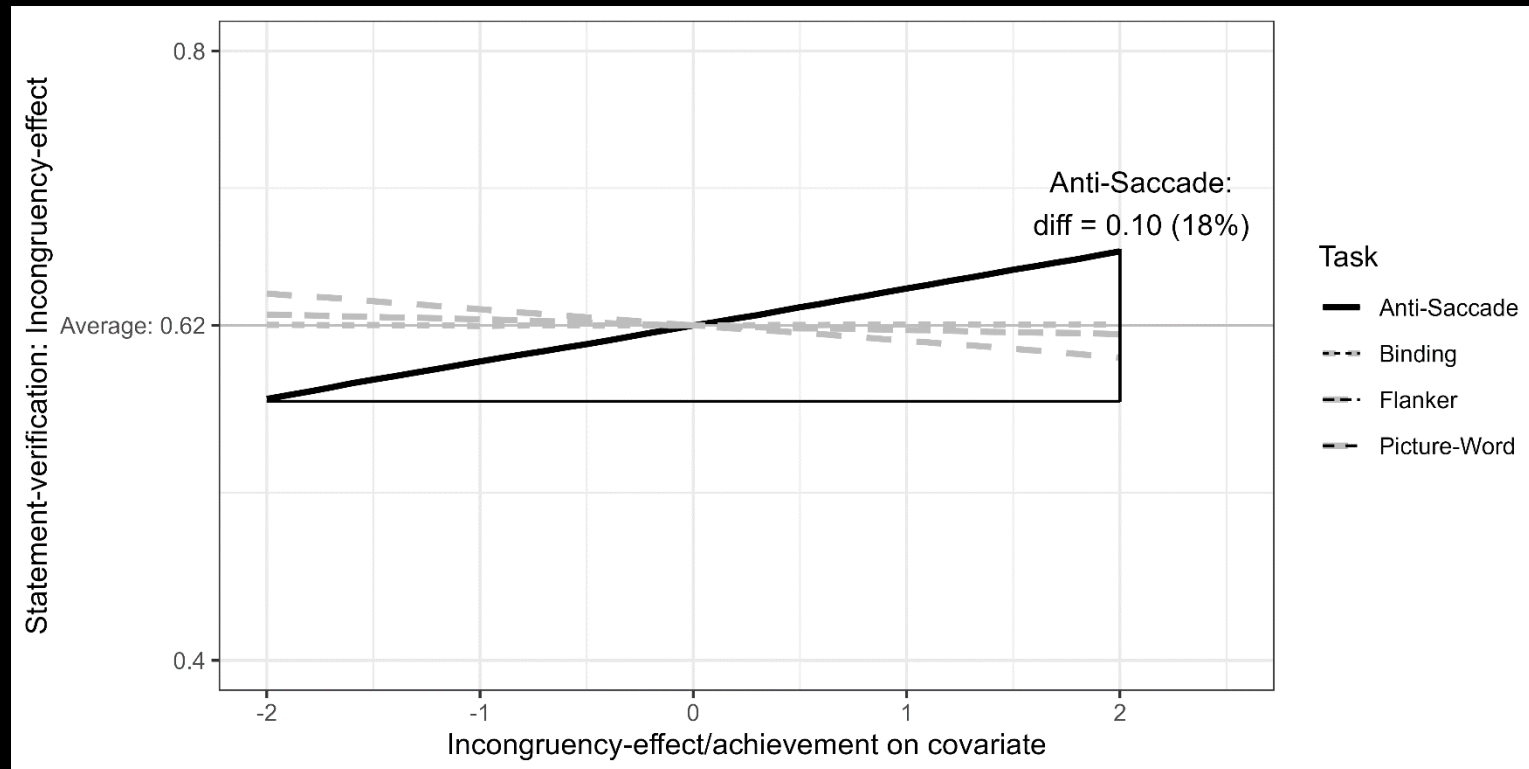


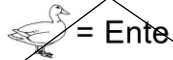
Figure 1. A graphical illustration of the Wiener diffusion model. α = boundary separation indicating the evidence required to make a response; β = initial bias indicating the a priori status of the evidence counter as a proportion of α ; ζ_{init} = absolute value of the starting position; δ = average rate of information uptake; τ = time used for everything except making a decision.

Der Anti-Sakkaden Task geht mit dem Interferenzeffekt einher



Erster Messzeitpunkt (Querschnitt): *Der Anti-Sakkaden Task geht mit dem Interferenzeffekt einher*

Picture-Word

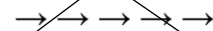


Replikation von Stricker et al. (2021)

Anti-Sakkade

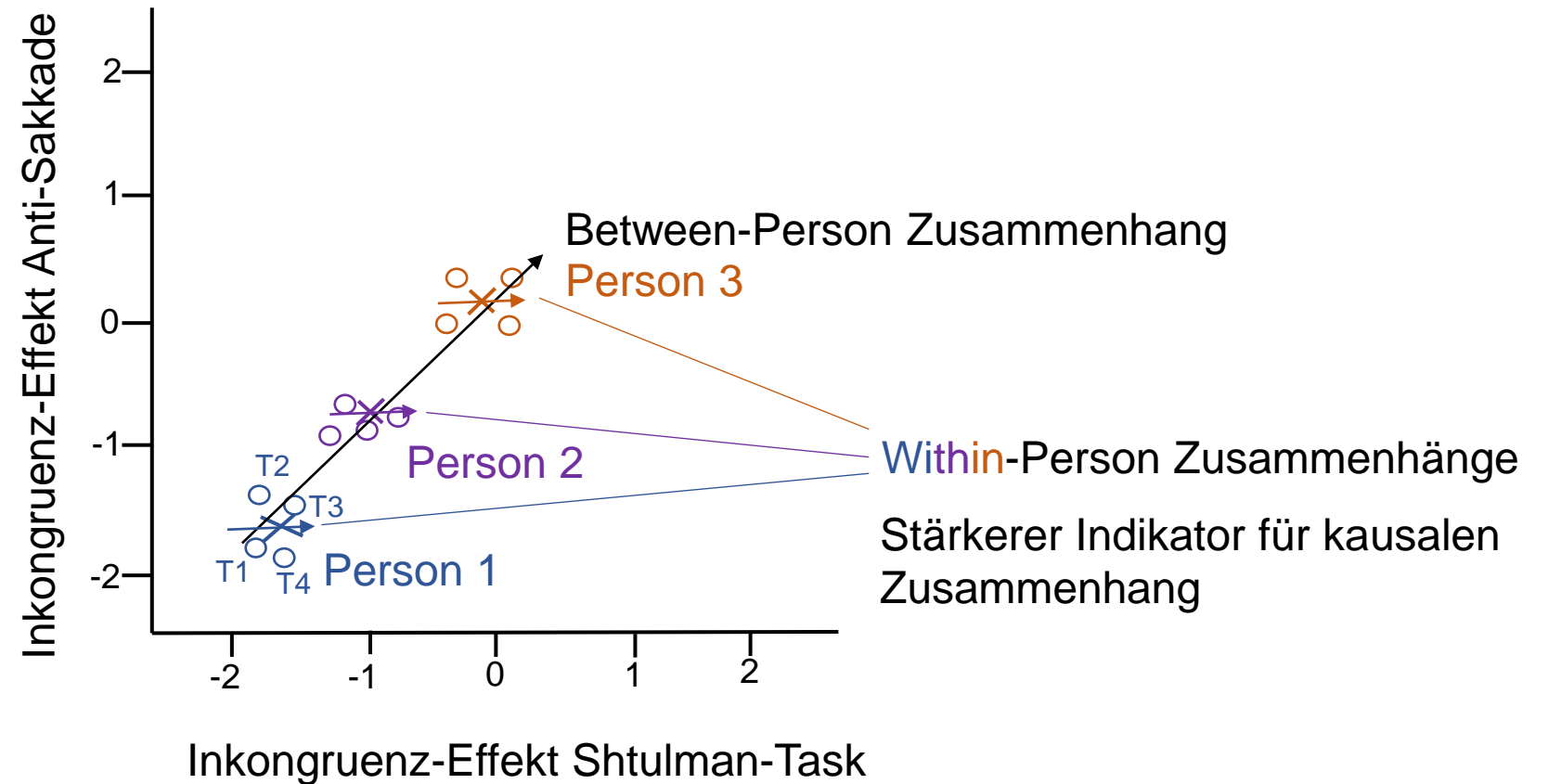
Hypothese: *Unterdrückung
automatisch aktivierter Reaktion*

Flanker



Neues Ergebnis

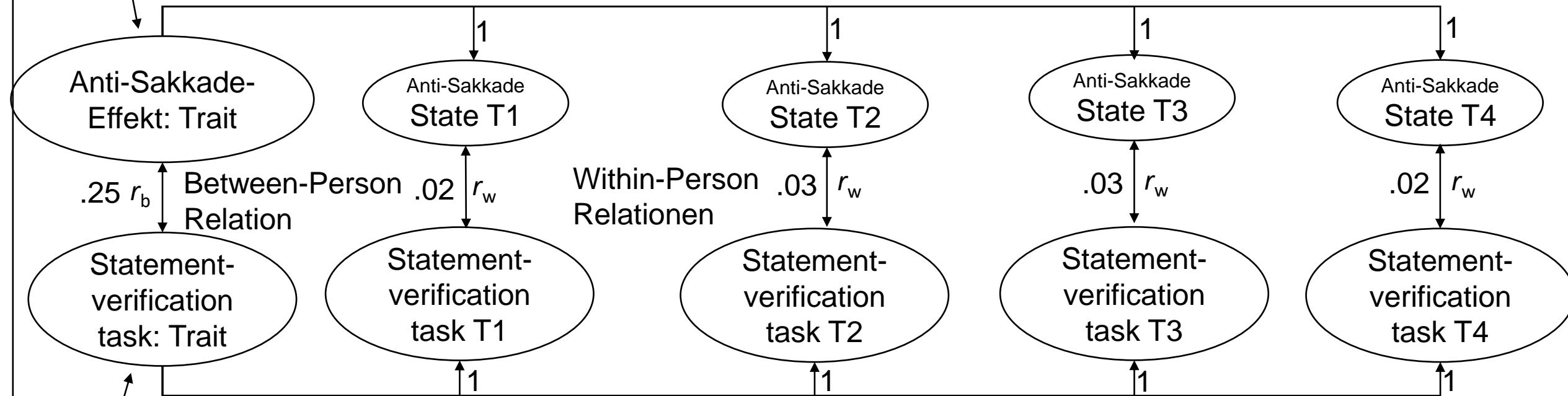
Längsschnitt (T1-T4): State-Trait Dekomposition



Längsschnitt (T1-T4): State-Trait Dekomposition

Mittlerer Anti-Sakkade Inkongruenz-Effekt über Erhebungen

Ergebnis: Anti-Sakkadeneffekt ist Artefakt zeitstabiler (between-Level) Konfundierungen



Schätzung von first order **Random Intercept-Modellen** in Mplus

Mittlerer Shtulman Inkongruenz-Effekt über Erhebungen

Fazit:

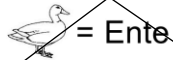
Inhibition spielt bei der Auflösung von Interferenz zwischen intuitiven und wissenschaftlichen Konzeptionen keine Rolle

Alternativhypothesen:

1) Shtulman-Task löst keine Interferenz aus 2) Expertise spielt grössere Rolle.

Pädagogische Implikation: Kontext-spezifische Relevanz unterschiedlicher Konzepte unterrichten.

Picture-Word



Replikation von Stricker et al. (2021)

Anti-Sakkade

Hypothese: *Unterdrückung
automatisch aktivierter Reaktion*

Flanker



Neues Ergebnis



Stefan Wehrli + Team

Patricia Wäger, Lea Weber, Manuel Widmer

ETH Zürich

Decision Science Lab

Danke



Denis Dumas

University of Georgia

Relationales Schlussfolgern

Gidon Frischkorn

Universität Zürich

Inhibition & Arbeitsgedächtnis



Henrik Singmann

University College London

Bayes. Diffusionsmodell

Hamaker, E. L., Kuiper, R. M., & Grasman, R. P. (2015). A critique of the cross-lagged panel model. *Psychological methods*, 20(1), 102.

Steyer, R., Mayer, A., Geiser, C., & Cole, D. A. (2015). A theory of states and traits—Revised. *Annual review of clinical psychology*, 11, 71-98.

Vandekerckhove et al., 2011

Rouder, J. N., Kumar, A., & Haaf, J. M. (2023). Why many studies of individual differences with inhibition tasks may not localize correlations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1-18.

Molenaar, P. C. (2004). A manifesto on psychology as idiographic science: Bringing the person back into scientific psychology, this time forever. *Measurement*, 2(4), 201-218.

Krettenauer, T. (2005). Die Erfassung des Entwicklungsniveaus epistemologischer Überzeugungen und das Problem der Übertragbarkeit von Interviewverfahren in standardisierte Fragebogenmethoden. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*,

Diskussion - was sagt den Interferenz-Effekt auf dem Shtulman-Task am besten vorher?

Sowohl aus Sicht des Diffusionsmodells als auch der State-Trait Modellierung könnte die **Unterdrückung einer automatischen präpotenten Reaktion** dem Auflösungsprozess von Interferenz zwischen intuitiven und wissenschaftlichen Konzeptionen nahekomen

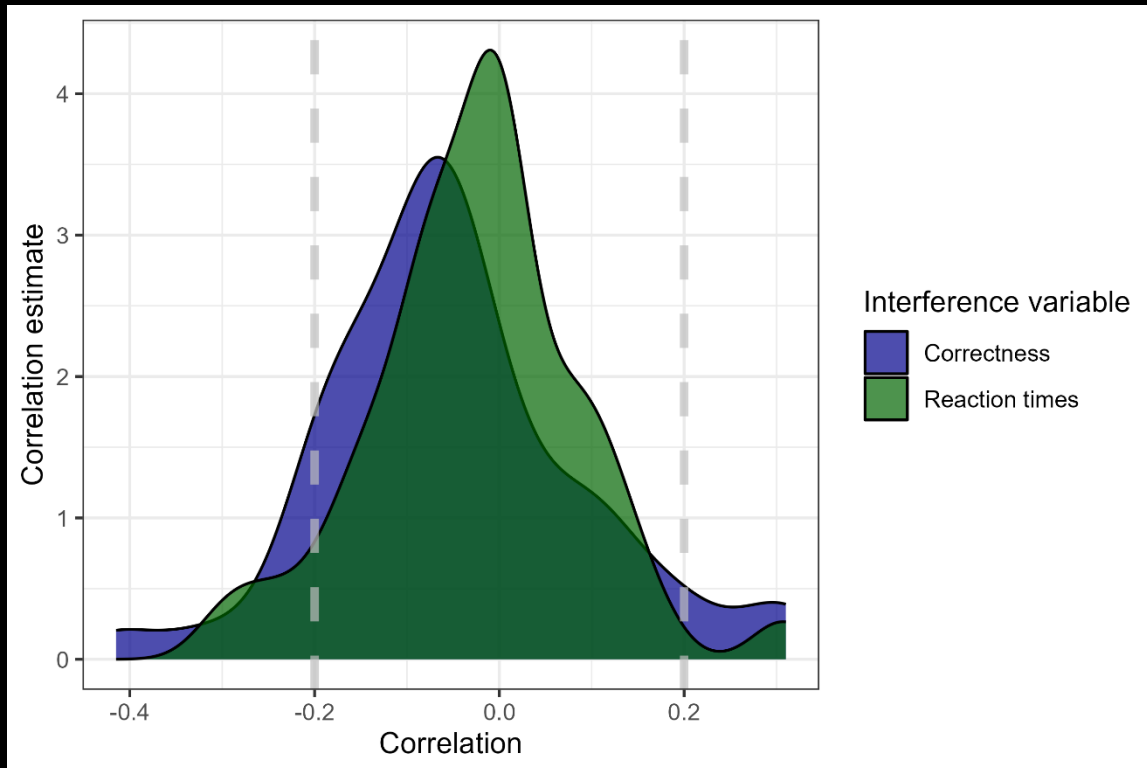
Inhibition ist es sehr diverses Konstrukt das in keinem Kontext verallgemeinert werden sollte

Wir benötigen genaue theoretische Modelle darüber, welche spezifischen Inhibitionsprozesse bei welchen spezifischen Lernprozessen bei Lernenden ablaufen

Entscheidungstasks haben mit Reliabilitätsproblemen zu kämpfen – mixed models/SEM können dabei helfen (viele Skalierungsfragen offen; z.B. ein- vs. mehrdimensionale und -schrittige Skalierung; Bayesian SEM?)

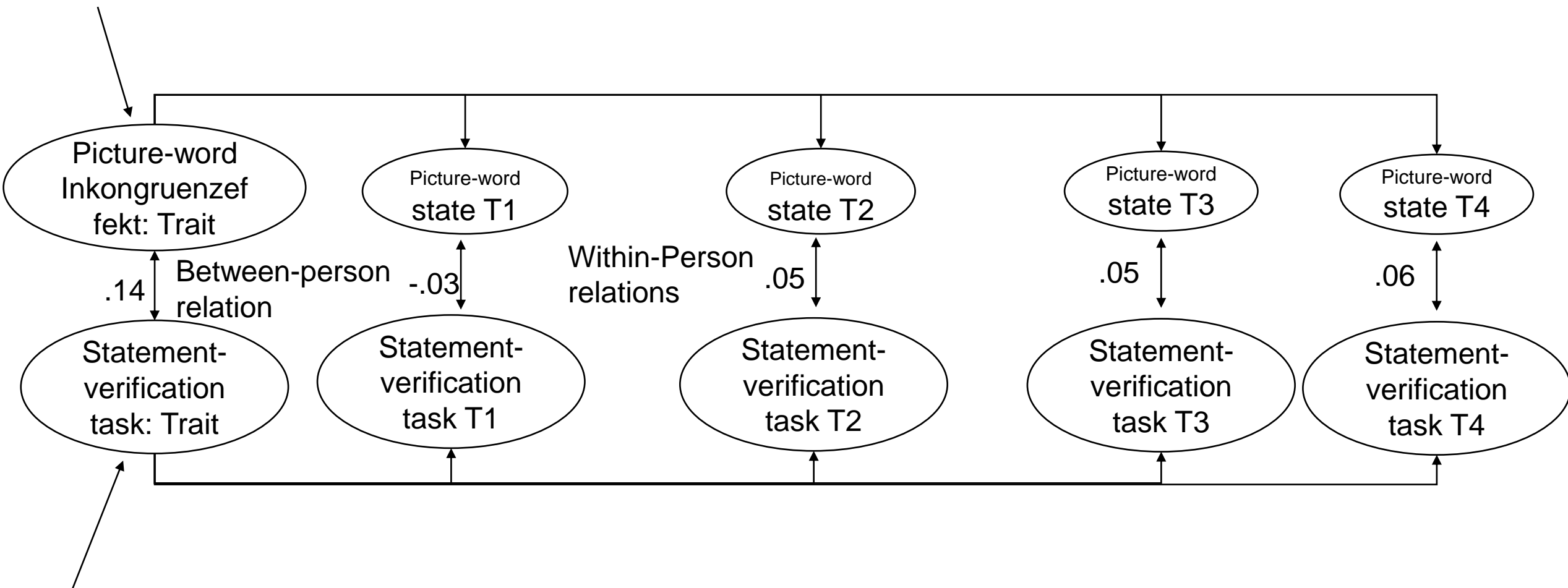
Prädiktive Modellierung gibt Hinweise auf weitere zentrale Variablen im nomothetischen Netz konzeptueller Interferenz (z.B. NaWi-Expertise, Selbstwirksamkeit, epistemische Überzeugungen,)

Bivariate Korrelationen



Multiple Regression

Mittlerer Picture-Word Inkongruenz-Effekt über Erhebungen: Reaktionszeiten



Mittlerer Shtulman Inkongruenz-Effekt über Erhebungen: Reaktionszeiten

Ansatz 3:

Prädiktive Modellierung

...wir ballern mal alles rein was da ist!

Bayesianisches hierarchisches Diffusionsmodell mit multipler Regression auf Drift Rate-Parameter

Konvergenz: Rhat, trace plot, posterior

Fit: Global, über Personen, über Items: Posterior predictive checks (Singmann, 2019)

Personen parameter:
Posterior Mode aus
Bayesianischen
Multilevel-Modellen

```
brm(correct ~ congruency + stimLoc +
  (congruency + stimLoc|Code) +
  (congruency + stimLoc|Item),
  family = bernoulli())
```

Personen parameter:
Posterior Mode aus
Bayesianischem
Multilevel-
Diffusionsmodell

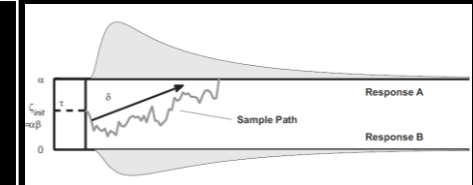
Anti-
Sakkade

Flankier-
reiz

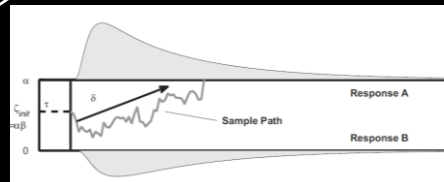
Binding

Bild-Wort

Shtulman-
Task

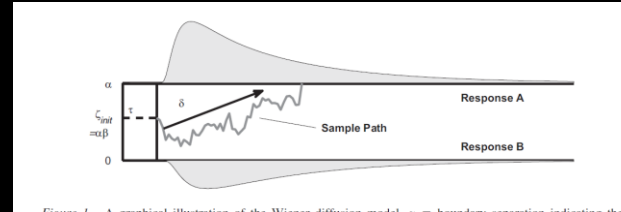


```
bf(RT | dec(response) ~ 0 + theory +
  theory:AntiSaccade_mode_z +
  theory:PictureWord_mode_z +
  theory:Flanker_mode_z
  theory:Binding_mode_z +
  (0 + theory|Domain:SubTopic) +
  (0 + theory|p|Code),
  bs ~ (1|p|Code),
  ndt ~ (1|p|Code),
  bias ~ (1|p|Code))
```

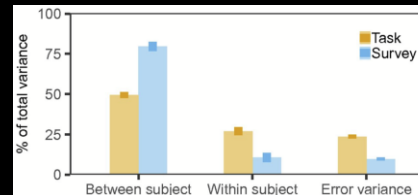


Diskussion - was lernen wir daraus methodisch?

Antwort + Reaktionszeit
verfügbar: **Kognitive Modelle**
erwägen

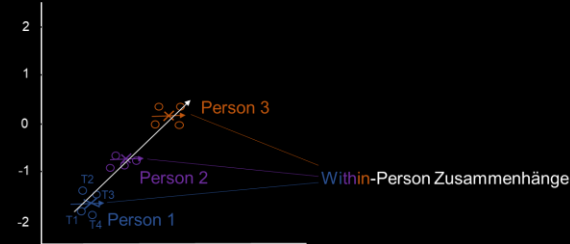


Immer Messfehler
berücksichtigen: Gemischte
Modelle oder SEM

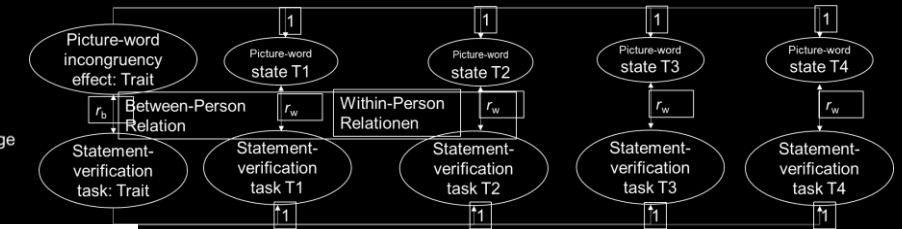
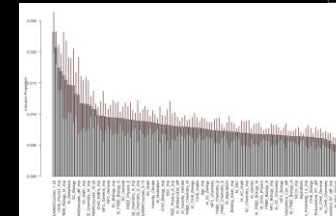
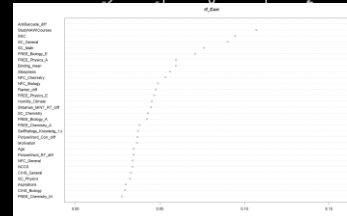


Anti-Sakkade
brm(correct ~ congruency + stimLoc +
(congruency + stimLoc|Code) +
(congruency + stimLoc|Item),
family = bernoulli())

Design-Triangulation zur
Erweiterung der erhaltenen
Einsichten

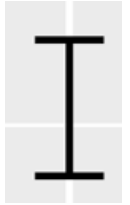


**Statistische
Methodentriangulation** zur
Aufbringung neuer
Hypothesen

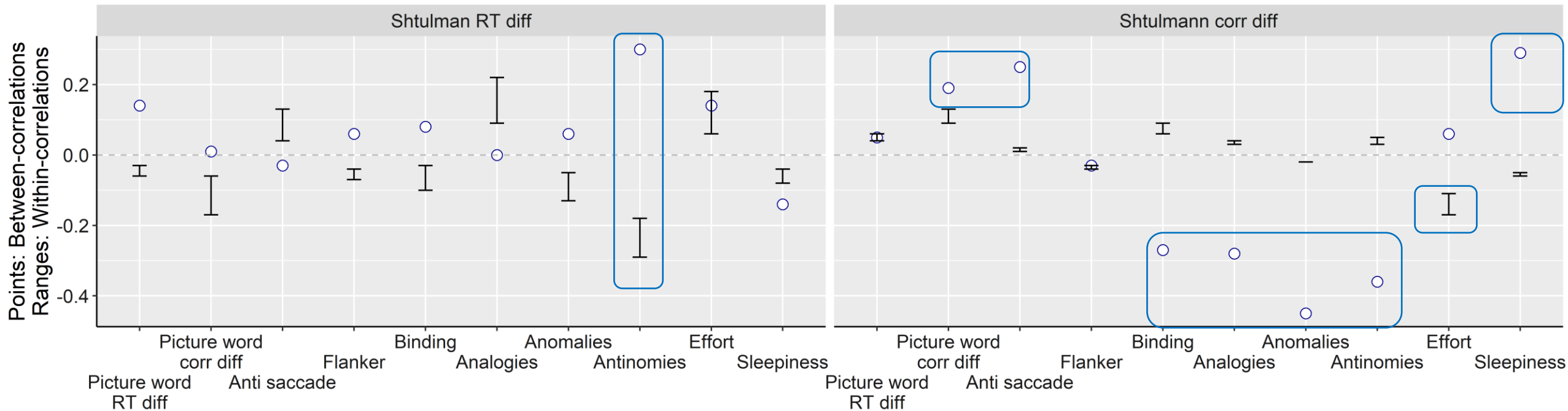




= Between-Korrelationen (Punktschätzer; zu ignorieren unter .20)

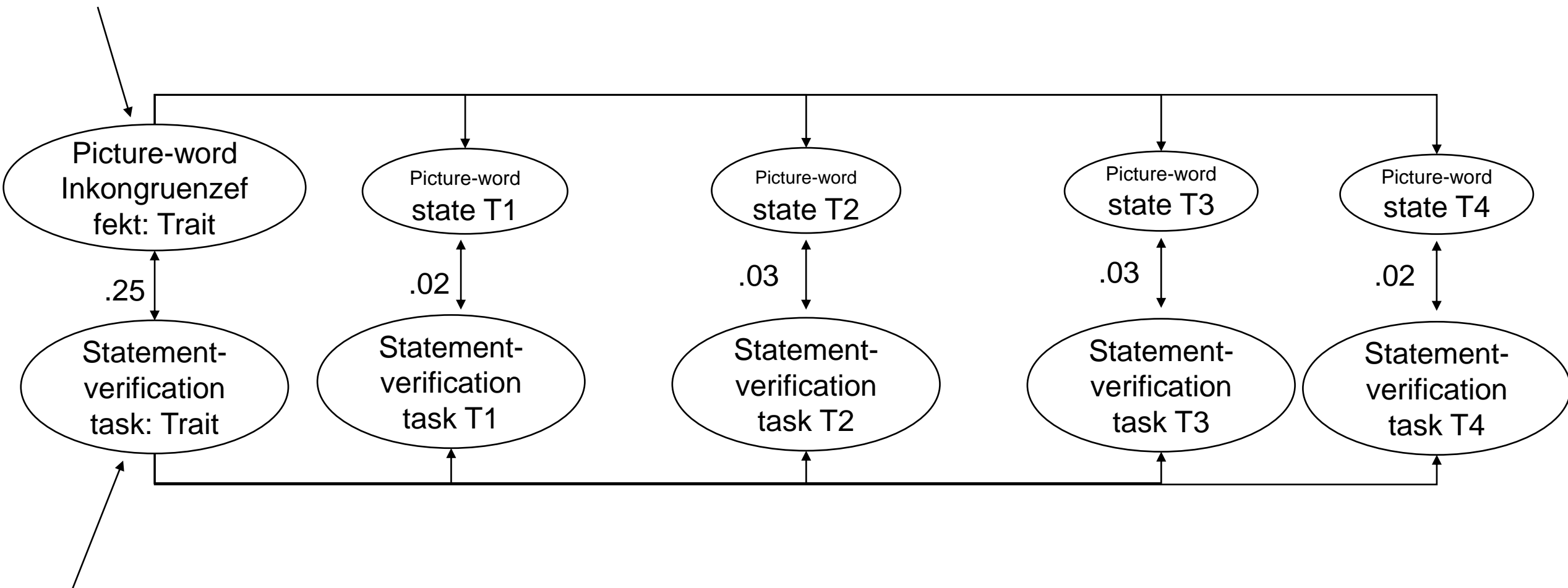


= Within-Korrelationen (Ranges über Wellen)



Univariate Zusammenhänge mit Inkongruenz-Effekt auf Shtulman-Task:
Reaktionszeiten **fast keine**, Korrektheit (inkl. Anti-Sakkade) **vorwiegend Between-Person**.

Mittlerer Picture Word Inkongruenz-Effekt über Erhebungen: Korrektheit



Mittlerer Shtulman Inkongruenz-Effekt über Erhebungen: Korrektheit