

Erklären im Physikunterricht

Christoph Kulgemeyer

Universität Bremen



**Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Physikdidaktik**

Themen

- Was macht „gutes Erklären“ eigentlich aus - und ist das eine effektive Art, zu unterrichten?
- Welche Fähigkeiten braucht ein guter Erklärer (z.B. Fachwissen, fachdidaktisches Wissen)?
 - ➔ Tests mit 427 Schülern, dazu u.a. 16 h Videobeobachtungen, 23 h Interviewmitschnitte
 - ➔ Tests mit 864 Studierenden LA Physik, dazu u.a. 50 h Videobeobachtungen,...
- Kann man erklären lernen? Führt die Lehramtsausbildung dazu, dass man ein guter Erklärer wird?
 - ➔ Tests mit 186 Studierenden LA Physik und 222 VF Physik, dazu u.a. 50 h Videobeobachtungen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

**Was macht „gutes Erklären“
eigentlich aus - und sollte man im
Unterricht erklären?**

Was ist Erklären?

Wissenschaftliche Erklärung (Treagust & Harrison, 1999)

- „An explanation should make sense of a phenomenon based on other scientific facts“ (Osborne & Patterson, 2011)
- „[...] how and why a phenomenon occurs“ (Berland & McNeill, 2011)
- Logische Verbindung zwischen einem Phänomen und einem zugrundeliegenden Prinzip

Unterrichtserklärung (Treagust & Harrison, 1999)

- „Explaining is the skill of engendering comprehension“ (Gage, 1984)
- Eine Unterrichtssituation
- Kommunikativer Kern: Gutes Erklären kann die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass jemand aus den Worten Bedeutung konstruiert
- Erklären: ein Prozess, im Laufe dessen beständig Erklärungen angeboten und adressatengemäß adaptiert werden müssen

Einige Eigenschaften guter Erklärungen...

Oberflächenstruktur

- Verwenden Sie Beispiele! ✓
- Verzichten Sie auf Fachbegriffe, die Sie nicht benötigen! ✓
- Stellen Sie zunächst das Prinzip vor und zeigen Sie dann dessen Anwendung! ✓
- Verwenden Sie verschiedene Darstellungsformen und beziehen Sie diese aufeinander! ✓
- Überprüfen Sie, ob verstanden wurde, was Sie sagen wollten! ✗
- Verwenden Sie Beispiele, die das *Vorwissen* aufgreifen! ✗

Tiefenstruktur

- Kognitive Aktivierung: „Zum Mitdenken bringen“
- Konstruktive Unterstützung beim Bilden mentaler Modelle: „Vorstellung ermöglichen“

Ist der „schlechte Ruf“ des Erklärens berechtigt?

- Sind Lehrerklärungen eine effektive Unterrichtsstrategie?
 - Nicht automatisch! Anschließend müssen Beispiele selbst bearbeitet werden - z.B. gute Aufgaben (Wittwer & Renkl, 2008)
 - „Direkte Instruktion“ ist für fachliches Lernen die effizienteste Unterrichtsform (Hattie, 2009): Kognitive Aktivierung ungleich physische Aktivität
 - Bei hohem Vorwissen der Schüler ist Erklären dem Selbsterarbeiten deutlich unterlegen (Wittwer & Renkl, 2008)
- Sollte eine Erklärung immer möglichst einfach sein?
 - Nein! Für Personen mit hohem Vorwissen stellen z.B. Wiederholungen und Zusammenfassungen sogar „Cognitive Load“ dar (Chi et al., 2001)

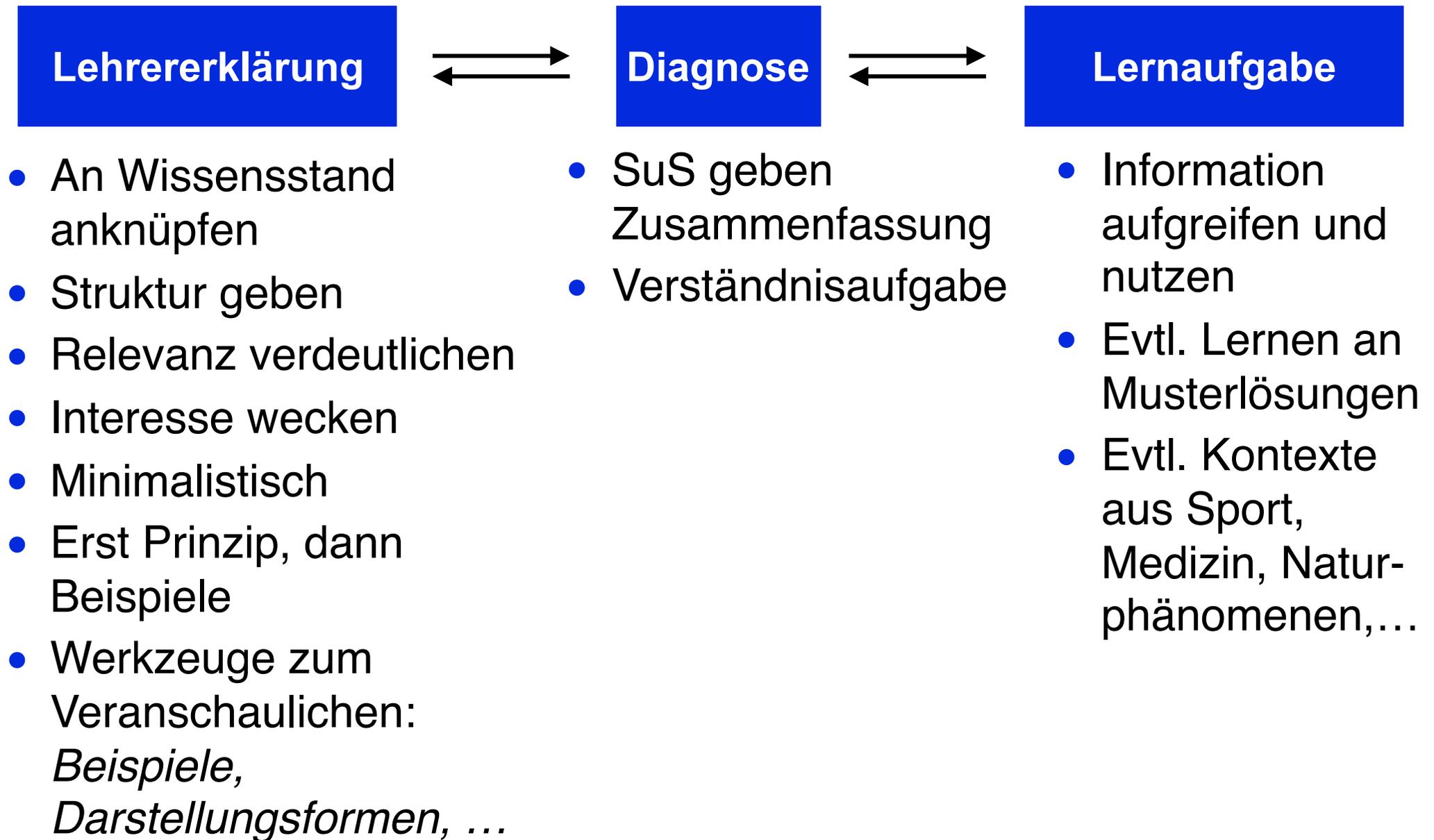
Ist der „schlechte Ruf“ des Erklärens berechtigt?

- In welcher Situation sollte eine Lehrkraft erklären?
 - Erklären ist dann sinnvoll, wenn ein neues Thema eröffnet wird, das zu komplex für Selbsterklärungen ist (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).
 - Gefahr: „Verstehensillusion“ (vgl. auch Eingangsvideo) (Chi et al., 1989)

Konsequenzen für den Physikunterricht

- Worauf sollte man achten?

Startbedingung: Ein neues Prinzip soll eingeführt werden, zu dem wenig Vorwissen besteht - bspw. drittes Newtonsches Axiom

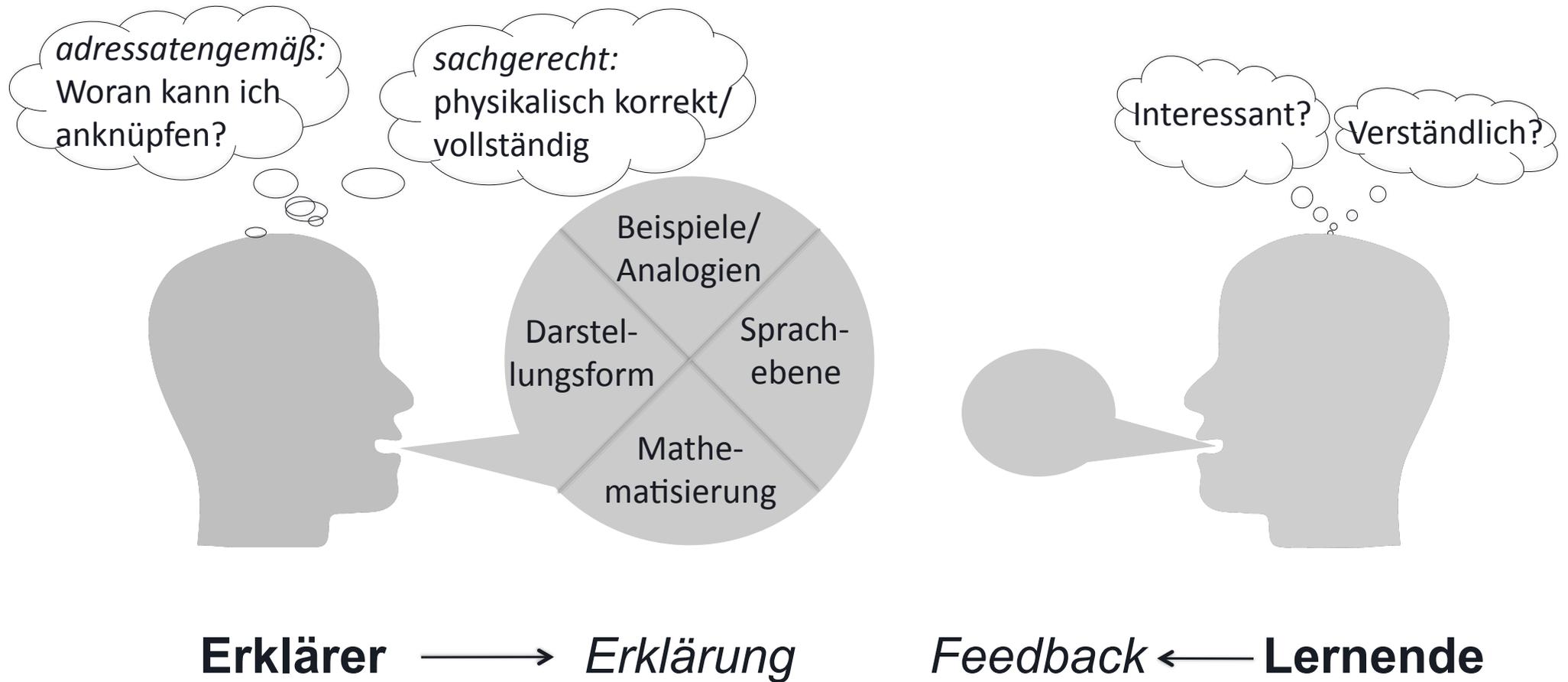


Ergebnisse

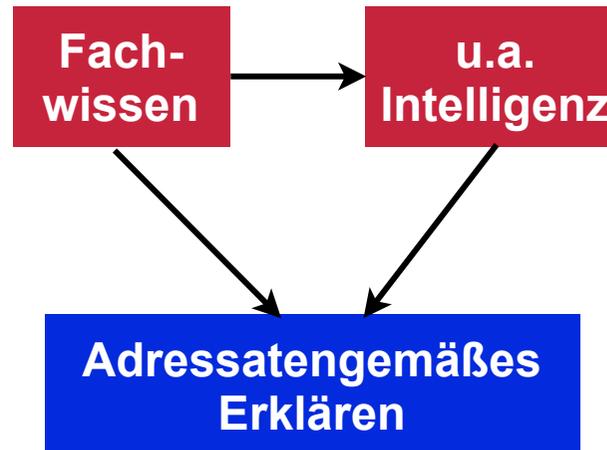
- Was macht „gutes Erklären“ aus - und ist das eine effektive Art, zu unterrichten?
 - »Wesentliches für gutes Erklären ist kognitive Aktivierung und konstruktive Unterstützung beim Bilden mentaler Modelle
 - »Effektives Erklären: wenn das Vorwissen der Lerner gering ist und in Verbindung mit anschließenden Lernaufgaben.
- Welche Fähigkeiten braucht ein guter Erklärer?
- Kann man erklären lernen? Führt die Lehramtsausbildung dazu, dass man ein guter Erklärer wird?

Eine Studie bei Schülern: viel Fachwissen = guter Erklärer?

Ein Modell des Erklärprozesses



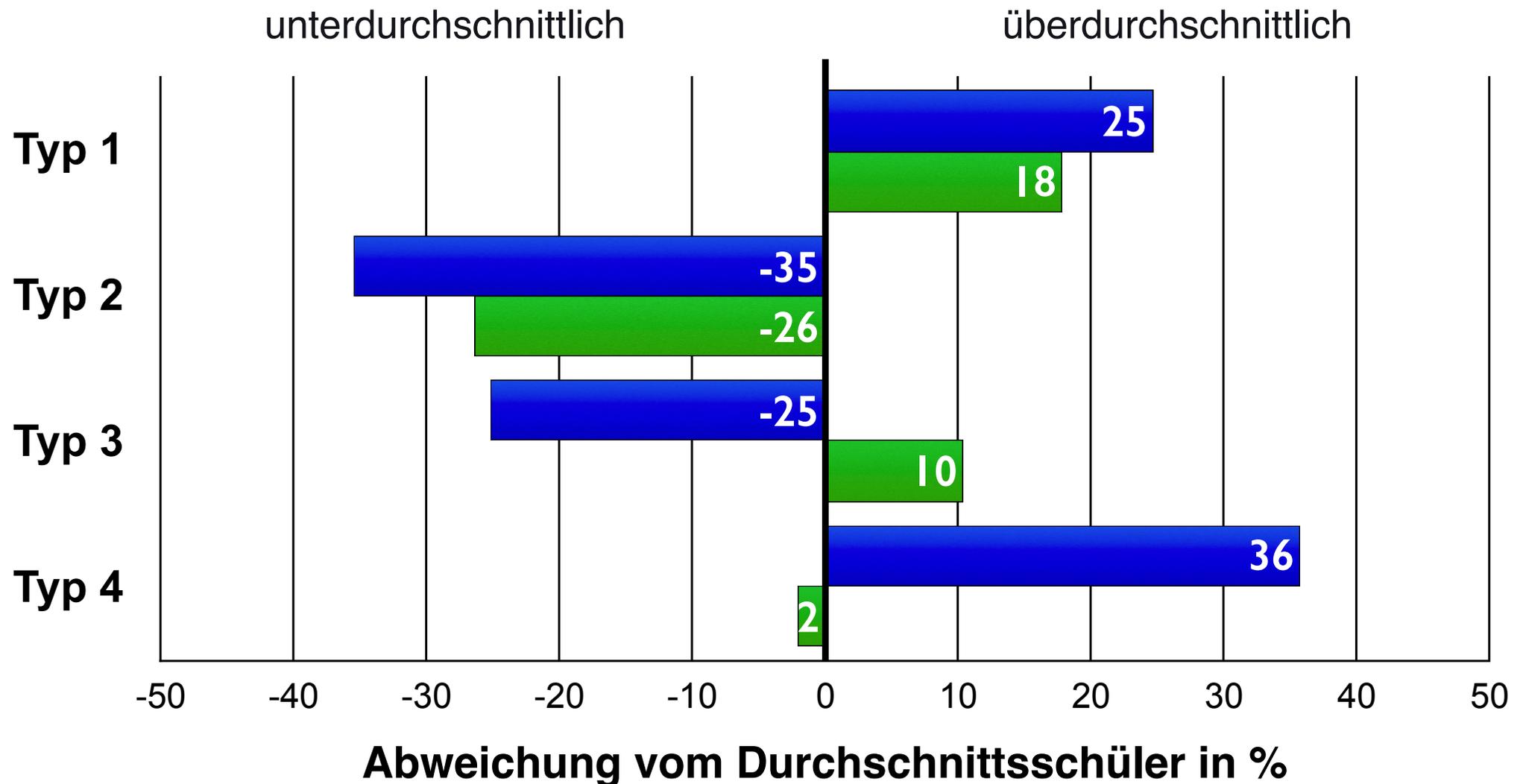
Design der Studie



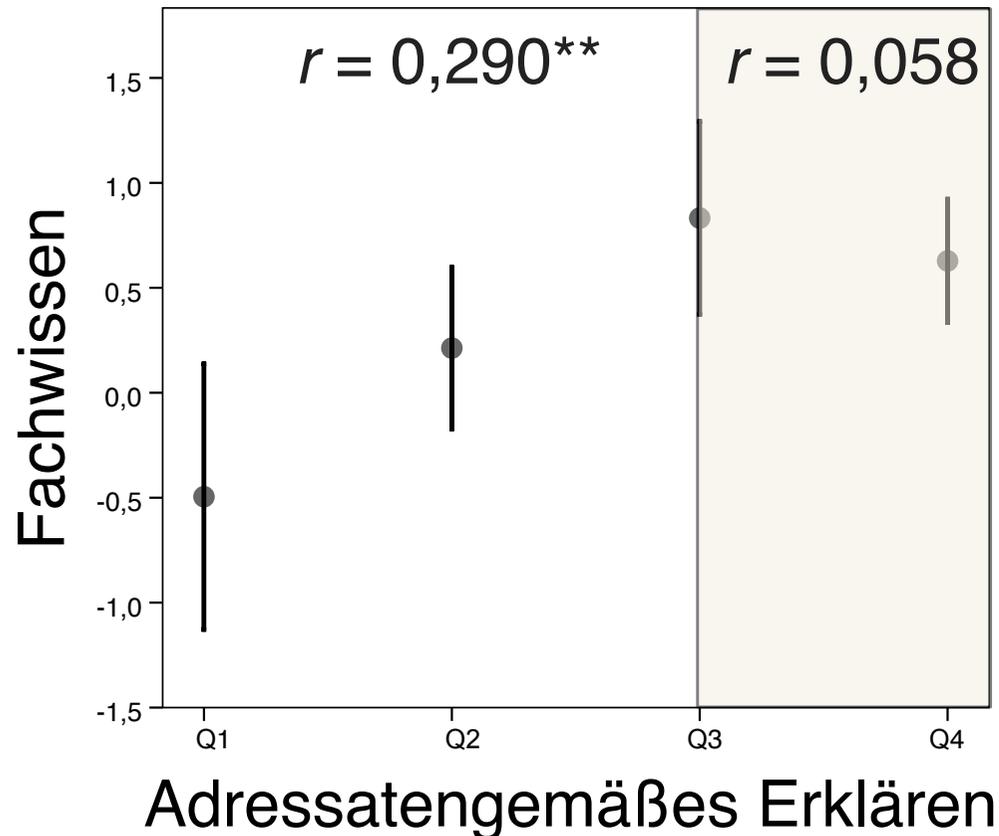
- Ziel: Zusammenhänge und Typen finden (Pfadanalyse, Latente Klassenanalyse)
- Insgesamt N = 399 Schülerinnen und Schüler aus 10. Klassen

Latent Class Analysis (Schülertypen)

- Fachwissen
- adressatengemäßes Erklären („Eingehen auf das Gegenüber“)



Wie kann man das verstehen?



- „**Expert Blind Spot**“: Manche Fachexperten neigen beim Erklären dazu, ihr komplexes Fachwissen als Modell zu verwenden - und nicht die Lernervoraussetzungen (scientific explanation versus science teaching explanation!)
- Offene Frage: Gibt es bei Lehrkräften ähnliche Befunde?

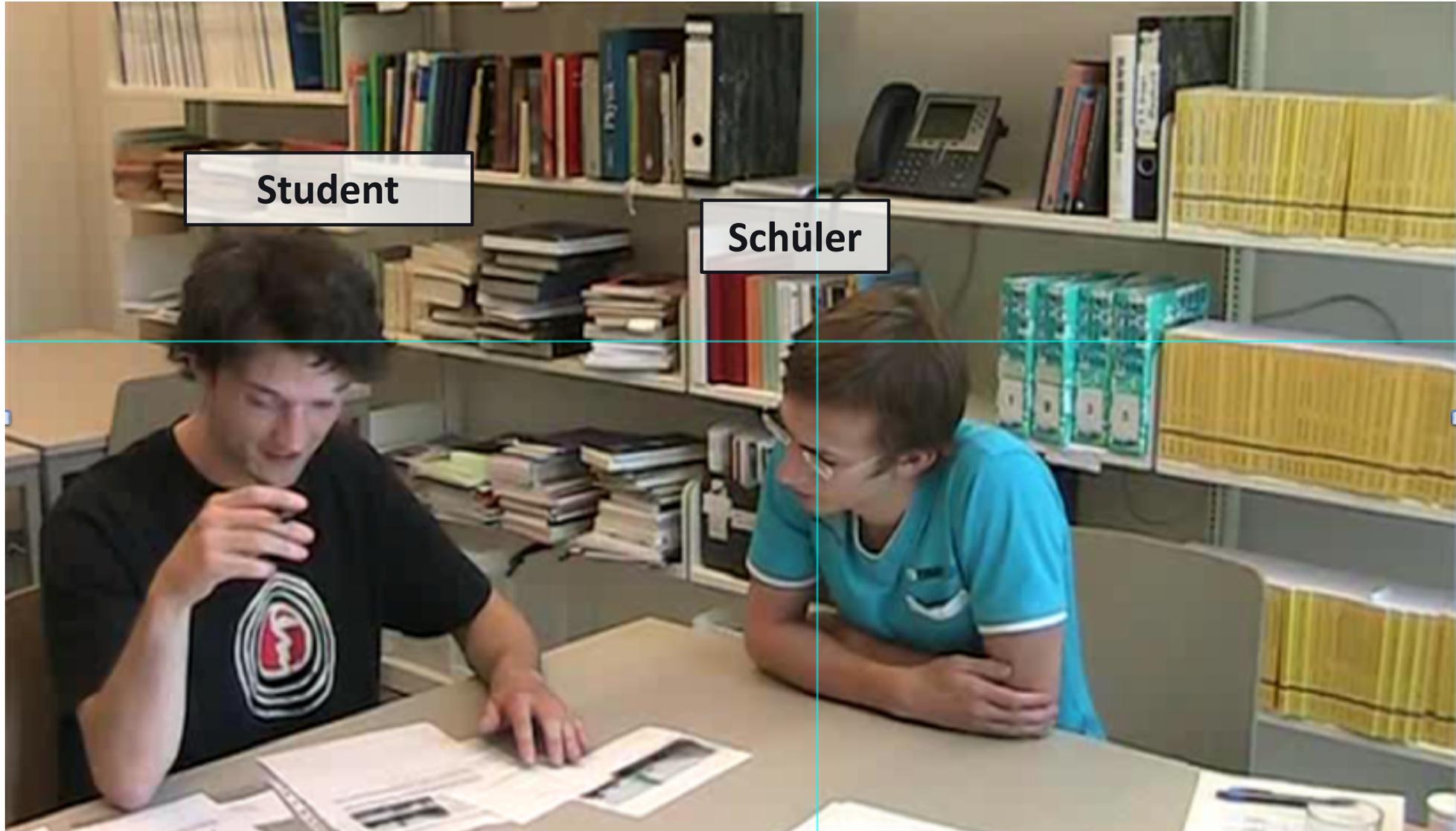
Ergebnisse

- Was macht „gutes Erklären“ aus - und ist das eine effektive Art, zu unterrichten?
 - »Wesentliches für gutes Erklären ist kognitive Aktivierung und konstruktive Unterstützung beim Bilden mentaler Modelle
 - »Effektives Erklären: wenn das Vorwissen der Lerner gering ist und in Verbindung mit anschließenden Lernaufgaben.
- Welche Fähigkeiten braucht ein guter Erklärer?
 - »Hohes Fachwissen ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für gutes Erklären. Besonders hohes Fachwissen kann sich sogar negativ auswirken.
- Kann man erklären lernen? Führt die Lehramtsausbildung dazu, dass man ein guter Erklärer wird?

Eine Studie bei angehenden Physiklehrkräften:

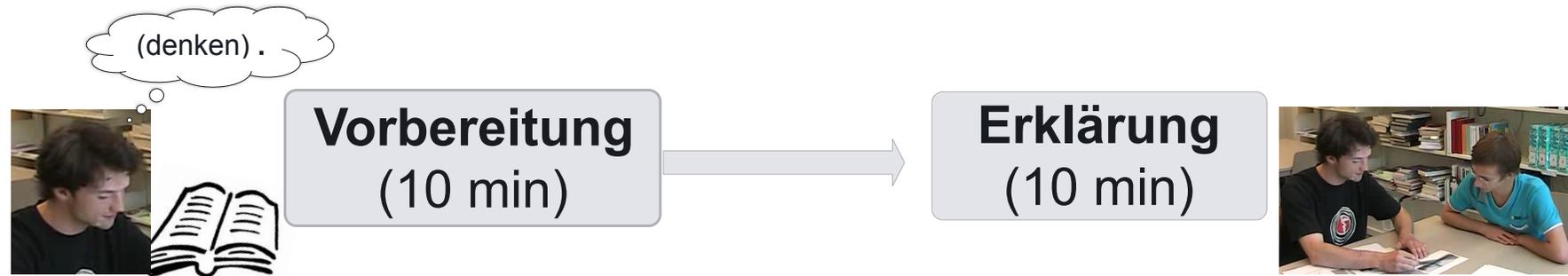
- „An welchen Schrauben kann man drehen?“
Welches Wissen muss man lernen, um gute
Erklärer auszubilden?
- Führt das Lehramtsstudium zu guten Erklärern?

Ein handlungsnahes Testinstrument

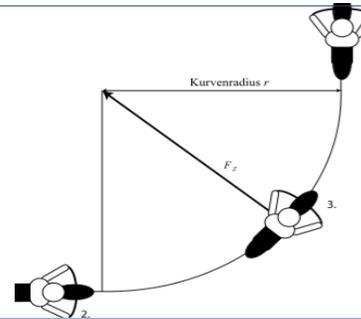


Simulieren einer Unterrichtssituation

Ziel: Messung möglichst nah an unterrichtlichem Handeln, dennoch standardisiertes Testen



„Warum fühlt man sich in dieser Achterbahn schwerelos?“



„Warum gleitet man auf einer Pfütze eher aus einer Kurve?“

Trainierte Schüler

- Video-Feedback Training (2 bis 3 Stunden)
- In allen Situationen werden ähnliche Fragen gestellt
- Erklärungen sollen leichter oder komplexer werden

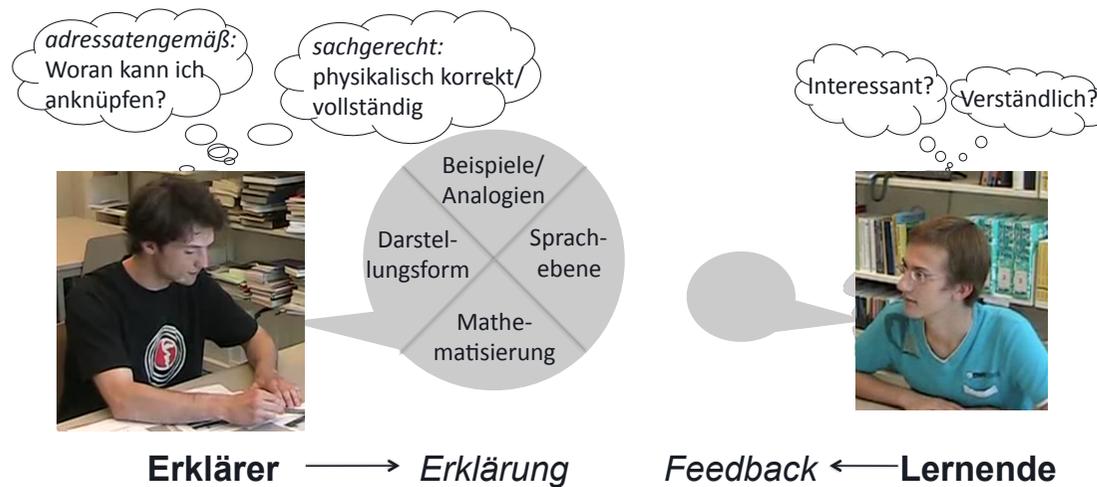
Das habe ich noch nicht ganz verstanden. Kannst du das noch mal einfacher erklären?

Gibt's dafür ein Beispiel?

Ok, das habe ich verstanden. Kann man die Bahn auch berechnen?

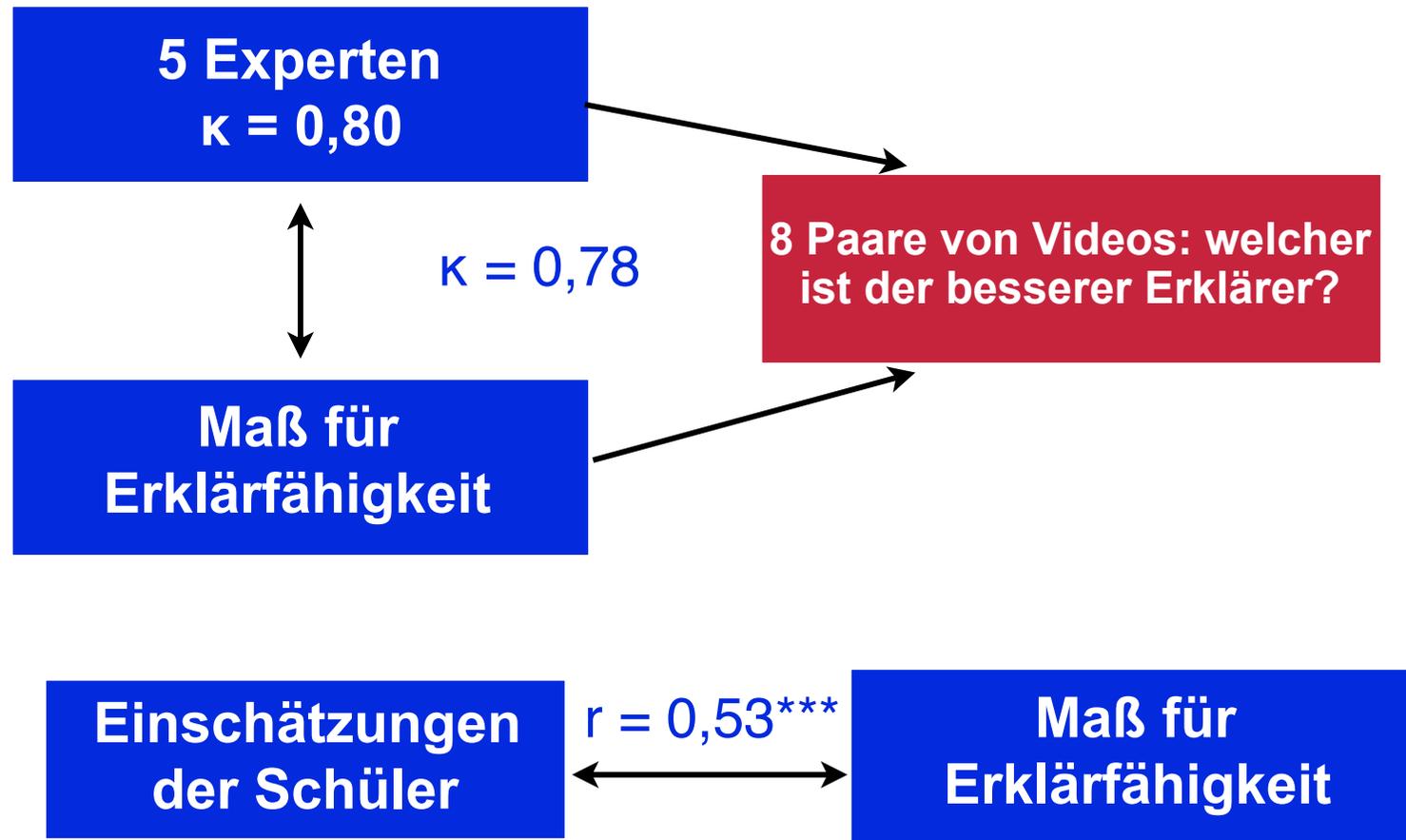


Wie werden die Daten analysiert?



- Kategorien gewinnen (Qualitative Inhaltsanalyse)
 - adressatengemäßes Erklären
 - Charakteristika guter Erklärungen (aus der Literatur)
 - Variationen nach Schülerfragen (modellbasiert)
 - sachgerechtes Erklären: Korrektheit und Vollständigkeit der Erklärung
- Ein Maß bilden: Summe der erklärungsförderlichen Kategorien
 - Interviewstudien und Expertenratings
 - Analyse nomologischer Netzwerke (Konstruktvalidität)

Ein Beispiel für Validitätsstudien



Das Projekt ProfiLe-P

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken



Fachwissen

Fachdidak-
tisches
Wissen



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

Erklär-
fähigkeit



Universität Bremen

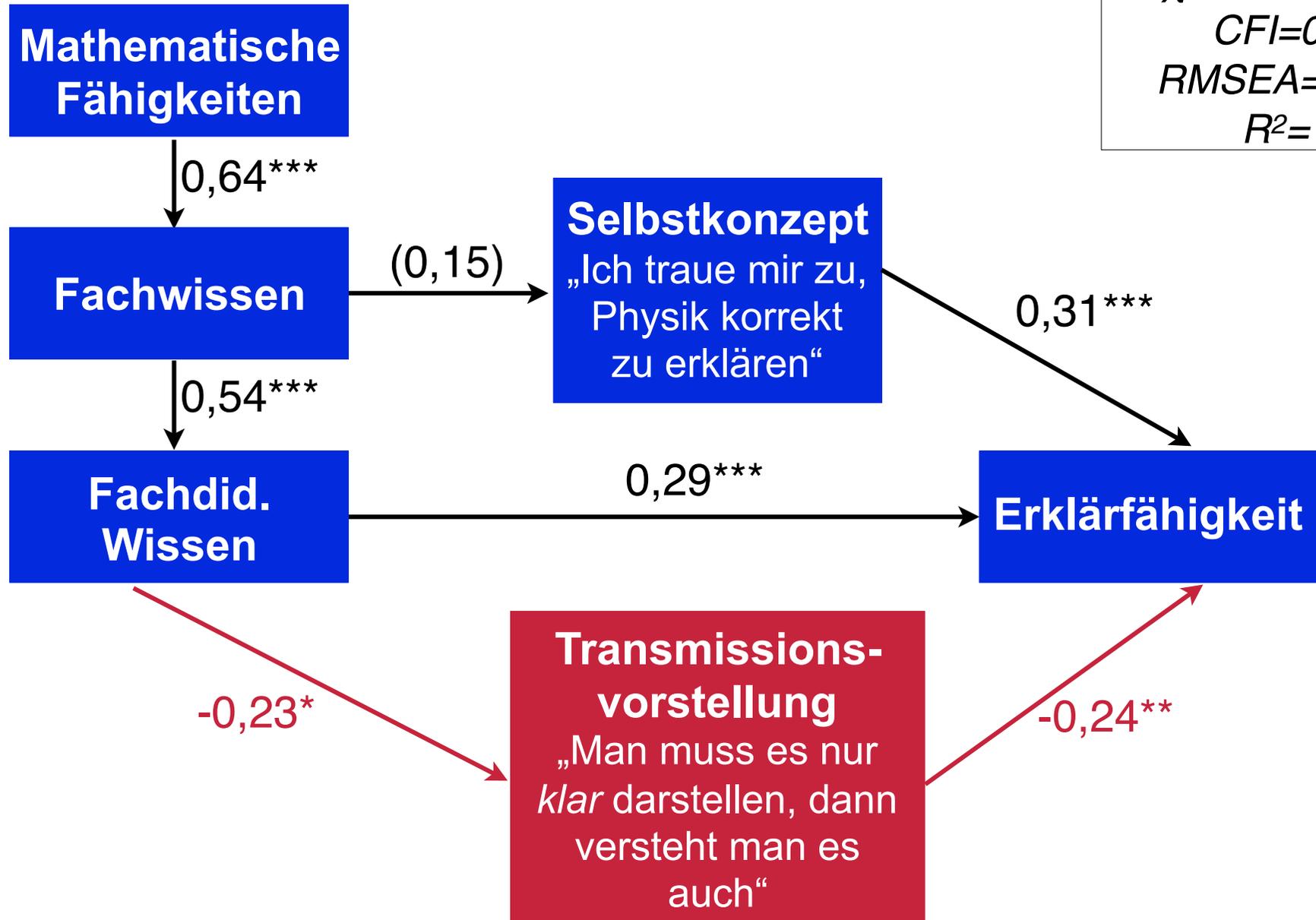
Kontrollvariablen: Intelligenz, Selbstkonzept, Motivation, epistemologische Überzeugungen

- $N = 864$ Studierende aller Semester, davon 198 inkl. Erklärtest
- 5 lehrerbildende Universitären
- Vollfachstudierende als Kontrollgruppe

Was muss man lernen, um gut erklären zu können?

Structural equation model (Maximum Likelihood Estimation)

$\chi^2/df=1.1 (ns)$
 $CFI=0,994$
 $RMSEA=0,03$
 $R^2= 29\%$



Was muss man konkret lernen?

	Erklärfähigkeit
Wissen über Schülervorstellungen	$r = 0,33^{**}$
Dauer der Schulpraktika	$r = 0,18$
Rein universitäres Fachwissen	$r = 0,17$
Schulwissen/ vertieftes Schulwissen	$r = 0,38^{**}$

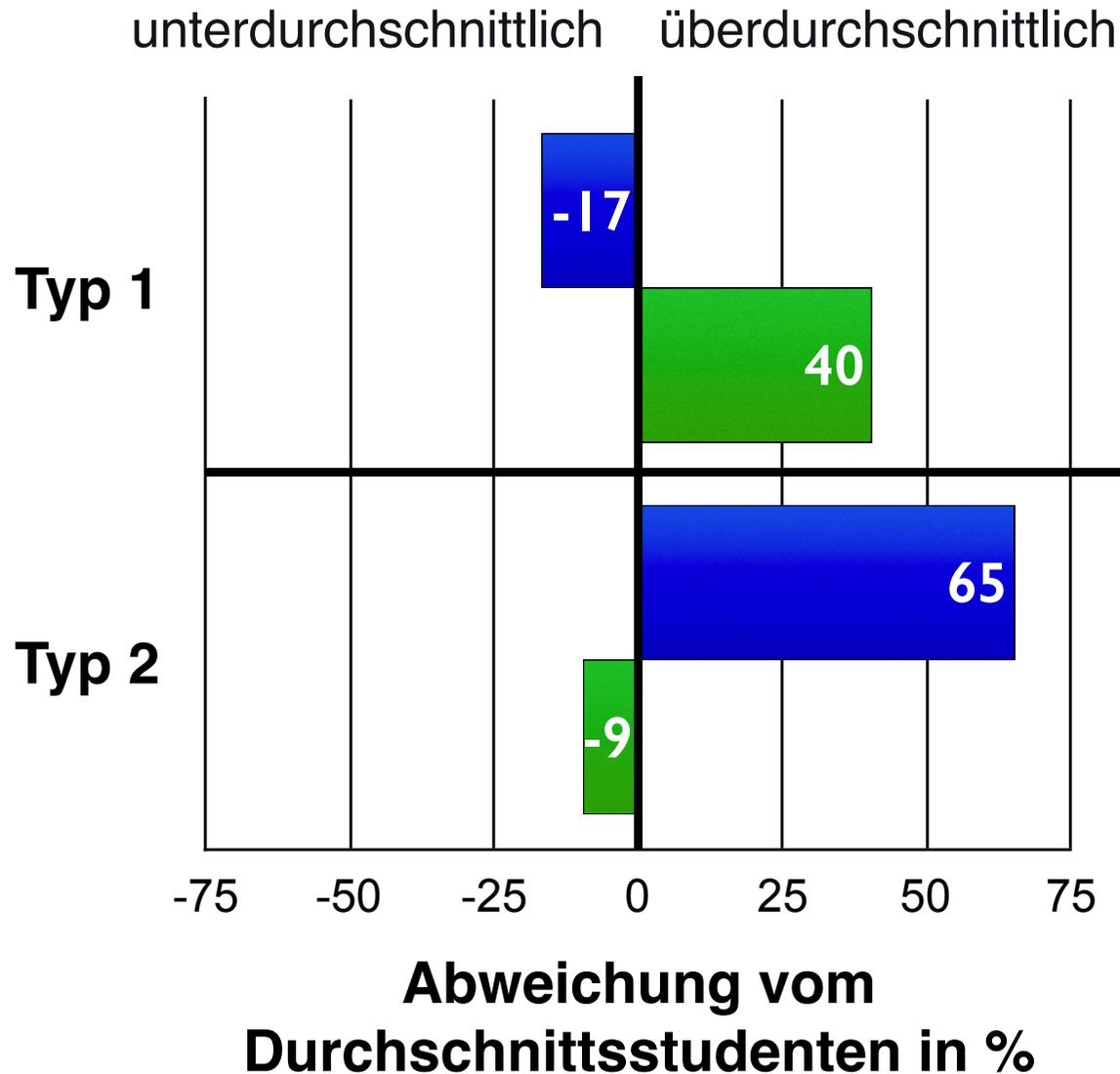
- Im Bereich des fachdidaktischen Wissens ist das Wissen über Schülervorstellungen der entscheidende Bereich.
- Praxisphasen könnten in ihrer Bedeutung überschätzt werden.
- Im Bereich des Fachwissens ist vertieftes Wissen der Schulphysik besonders wichtig. Es gelingt Studierenden nicht, das abstraktere universitäre Fachwissen *direkt* für den konkreten Gegenstand zu nutzen.

Entwickelt sich Erklärfähigkeit im Studium?

	CPs LA Studierende (N=57)
Erklärfähigkeit	$r = 0,539^{**}$
Fachwissen	$r = 0,327^*$
Fachdidaktisches Wissen	$r = 0,412^{**}$

Zwei Extremgruppen im Vergleich

■ Fachwissen ■ Erklärfähigkeit



- Höhere Erklärfähigkeit ($T(48) = 2,03^*$)
- zu 71 % LA-Studierende

- Mehr Interesse an Physik ($T(48) = 2,94^{**}$)
- Höheres Fachwissen ($T(48) = 10,43^{**}$)
- zu 66 % Vollfach-Studierende

Ergebnisse

- Was macht „gutes Erklären“ aus - und ist das eine effektive Art, zu unterrichten?
 - »Wesentliches für gutes Erklären ist kognitive Aktivierung und konstruktive Unterstützung beim Bilden mentaler Modelle
 - »Effektives Erklären: wenn das Vorwissen der Lerner gering ist und in Verbindung mit anschließenden Lernaufgaben.
- Welche Fähigkeiten braucht ein guter Erklärer?
 - »Hohes Fachwissen ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für gutes Erklären. Besonders hohes Fachwissen kann sich sogar negativ auswirken.
 - »Fachwissen wirkt über fachdidaktisches Wissen auf gutes Erklären.
- Kann man erklären lernen? Führt die Lehramtsausbildung dazu, dass man ein guter Erklärer wird?
 - »Im Laufe eines LA-Studiums entwickelt sich Erklärfähigkeit. Besonders wichtig sind das Wissen über Schülervorstellungen und ein fachlich vertiefter Blick auf die Schulphysik.