

# Evaluationsergebnisse zu den Effekten des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien an einem Beispiel aus der gewerblich-technischen Berufsbildung

Forum Ausbildung 4.0: digital - vernetzt - zukunftsfähig

# Forschungsproblem und Thema

- **Wie können Lehrerinnen und Lehrer in computerbasierten Lehr-Lern-Umgebungen effektiv Feedback geben?**
- **Ansprüche an Antwort**
  - **Praktikabilität**
  - **Einlösung des Forschungsstands**
- **Feedbackvarianten: Lehrerfeedback und computerbasiertes Feedback**
- **Domäne**
  - **elektrotechnische Messtechnik: Entwerfen und analysieren von Schaltungen**
  - **Gewerblich-technische Ausbildung: Elektro- und Metallberufe, 1 AJ**
- **Digitale Lehr-Lern-Umgebung: Four-component-instructional-design (4C/ID)**  
(z.B. van Merriënboer & Kester, 2005)

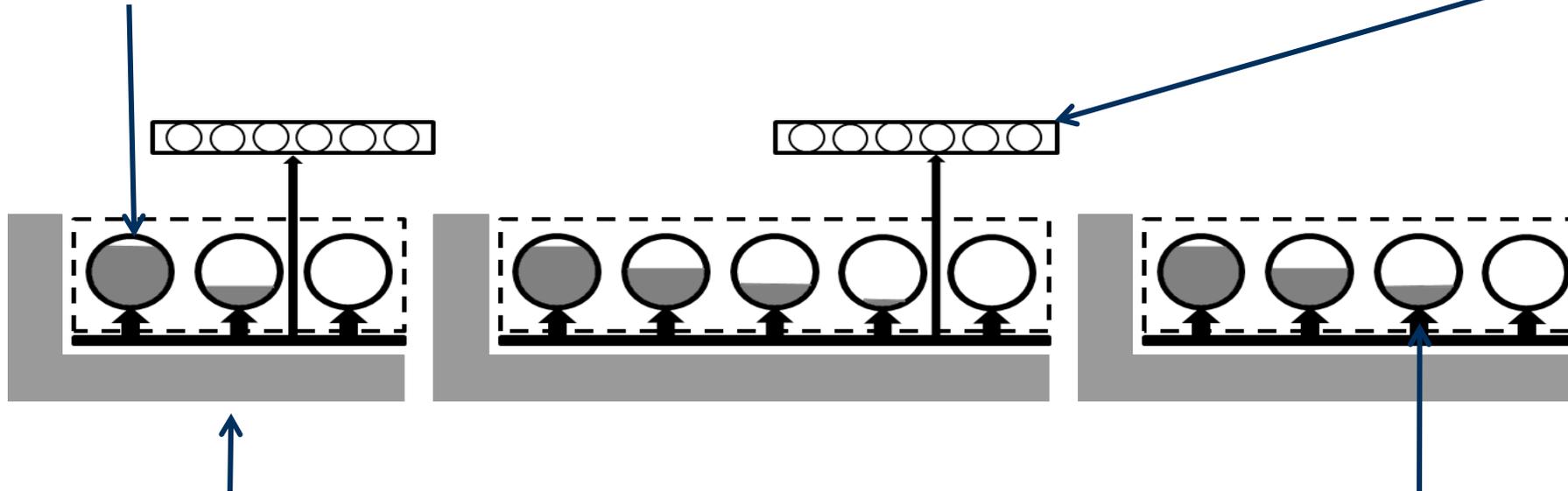
# Digitale Lehr-Lern-Umgebung (van Merriënboer & Kester, 2005)

## Learning tasks

- 12 berufsspezifische Lernprobleme, 3 Lernklassen
- ähnliche Komplexität innerhalb Lernklasse
- Steigende Komplexität über die Lernklassen hinweg

## Part-task-practice

- Fertigkeitserwerb/Routinen
- Übungsaufgaben (z.B. Einheiten umrechnen)



## Supportive information

- dauerhaft verfügbar
- verlinkte Erklärvideos/Lösungsbeispiele (Strategien)
- Verlinkte Fachtexte, Tabellenbuch (mentale Modellbildung)
- erklärendes Feedback

## Just-in-time Informationen

- verfügbar bei Bedarf
- z.B. spezifische Tabellenbuchauszüge

# Lernproblem

MLS Aufgabenübersicht Zeit bis zum Logout: 19:59 ?? leon

Schrittmnü ein/ausblenden

## ED2.2\_Taschenlampe

(6-2Custom-Custom-Custom)

**1** **Arbeitsauftrag**

**2** **Auswertung ...**

**Beschreibung**  
Sie bekommen den Arbeitsauftrag, den Schaltkreis einer Taschenlampe zu entwerfen und zu testen.

Für die Taschenlampe steht eine Batteriespannung von 9V (in der Simulation einstellbar) zur Verfügung. Sie wird mit Hilfe eines Schalters betätigt. Um die LED nicht zu überlasten setzen Sie zwischen Batterie und Verbraucher einen Vorwiderstand.



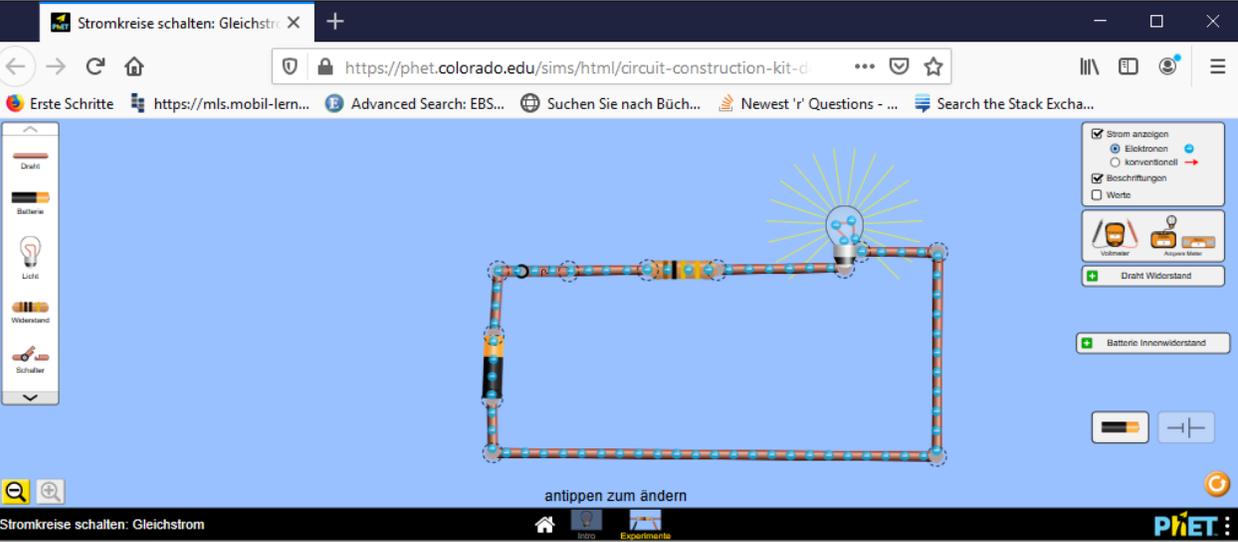
finden Sie bei den

Seitenmenü ein/ausblenden

- Protokollbögen  
Zu diesem Schritt zugeordnet: ---  
Alle angezeigten Protokollbögen in diesem Schritt: ---
- Protokollvorlagen  
Zu diesem Schritt zugeordnet: ---  
Alle angezeigten Vorlagen in diesem Schritt: ---
- Aufgabendokumente
- Verfügbare Hilfethemen  
[Hilfe: Vorwiderstand](#)  
[Simulation](#)  
**Europathek**  
[Kennzeichnungen in Schaltplänen](#)

Stromkreise schalten: Gleichstr...

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-d...

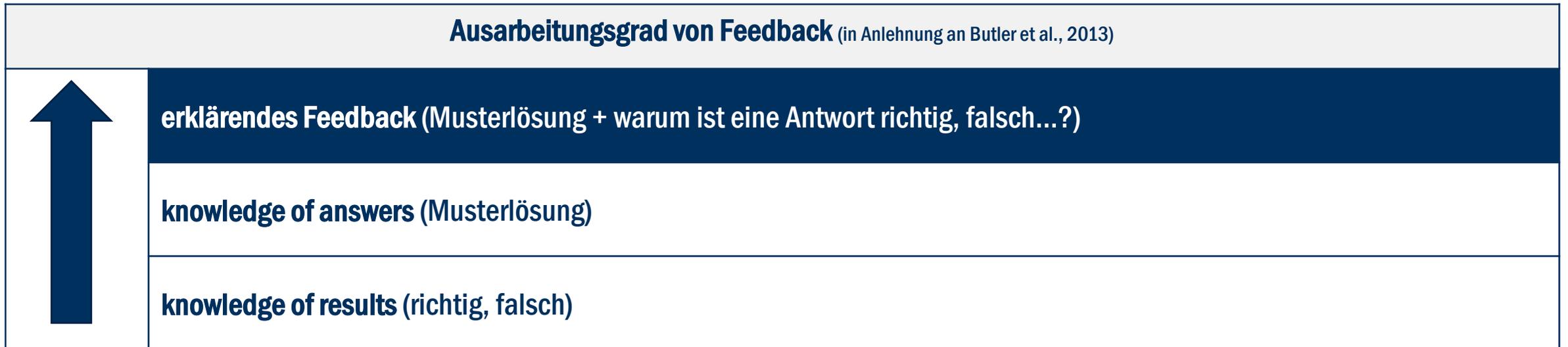


antippen zum ändern

Stromkreise schalten. Gleichstrom

# Feedback

- **Sehr lernwirksam: digitale Lehr-Lern-Umgebungen** (Kopp & Mandl, 2014, Hattie & Wollenschläger, 2014), **4C/ID** (van Merriënboer et al., 2002)
- **Feedbackinhalt ist sehr relevant** (Butler et al., 2013)



# Feedbackvarianten

| <b>Merkmale</b>   | <b>Lehrerfeedback</b> | <b>Computerbasiertes Feedback</b> |
|---|-----------------------|-----------------------------------|
| <b>Medium</b>   | Lehrkraft vermittelt  | Computer (Tablet) vermittelt      |
| <b>Strukturierungsgrad</b><br>(Sweller, 1985)                                       | relativ hoch          | relativ gering                    |
| <b>Selbstregulierungsgrad</b><br>(Deci und Ryan, 1985)                              | relativ gering        | relativ hoch                      |
| <b>Zeitpunkt</b> (Shute, 2008)  | verzögert             | unmittelbar                       |
| <b>Sozialform</b><br>(Deci und Ryan, 1985; Mayer, Fennell, Farmer & Campbell, 2004) | Gruppe                | Individuell                       |
| <b>Individualisierungsgrad</b>  | Relativ gering        | Relativ hoch                      |
| <b>Adaptivität</b> (Sales, 1993)  | potentiell adaptiver  | Wenig adaptiv                     |

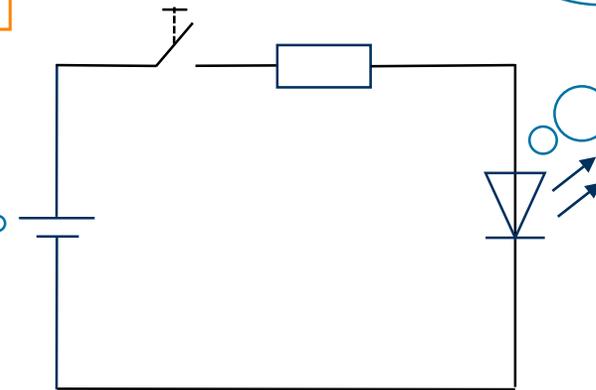
# Feedback-Beispiel

## E2.2 - Taschenlampe

2 Erstellung des Schaltplans

Schaltymbol:  
Batterie,  
Akkumulator...

4 Auswertung der Schaltung



Das Schaltsymbol „Leuchtdiode“ besteht aus einer Diode mit Pfeilen. Die von der Diode wegzeigenden Pfeile stehen für die Abgabe von Licht.

| Kennzeichen |    |  |
|-------------|----|--|
| a)          | b) | Durchbruch-Effekt:<br>a) in einer Richtung,<br>b) in beiden Richtungen |
| a)          | b) | a) Schottky-Effekt,<br>b) Tunnel-Effekt                                |
| a)          | b) | Strahlung<br>a) Licht,<br>b) ionisierend                               |

Sollten Sie noch Fragen haben, werfen Sie nochmals einen Blick auf das [Erklärvideo](#)

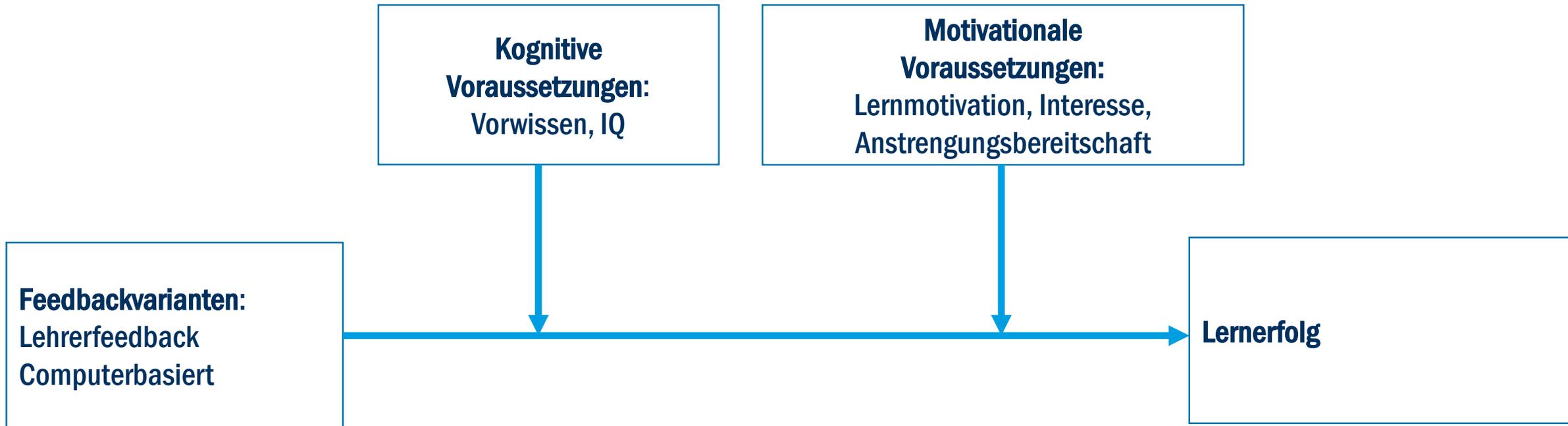
Die Schaltung ist korrekt aufgebaut, wenn die Leuchtdiode (bzw. Glühlampe) bei betätigtem Schalter leuchtet und ansonsten aus ist.

# Explorative Untersuchungsfrage und Untersuchungshypothese

**Lehrerfeedback und computerbasiertes Feedback:** Unterscheiden sich die Feedbackvarianten hinsichtlich ihres Effekts auf den Erwerb elektrotechnischen Fachwissens und elektrotechnischer Problemlösekompetenz? Welche Variante ist effektiver?

**Differenzielle Effekte der Feedbackvarianten:** Der Effekt der Feedbackvarianten hängt von den Lernendenvoraussetzungen ab. Bei „Lernschwachen“ (kognitive, motivationale Voraussetzungen & Leistungsverhalten) sollte das Lehrerfeedback und bei „Lernstarken“ das computerbasierte Feedback effektiver sein als jeweils die andere Feedbackvariante.

# Untersuchung der differenziellen Effekte

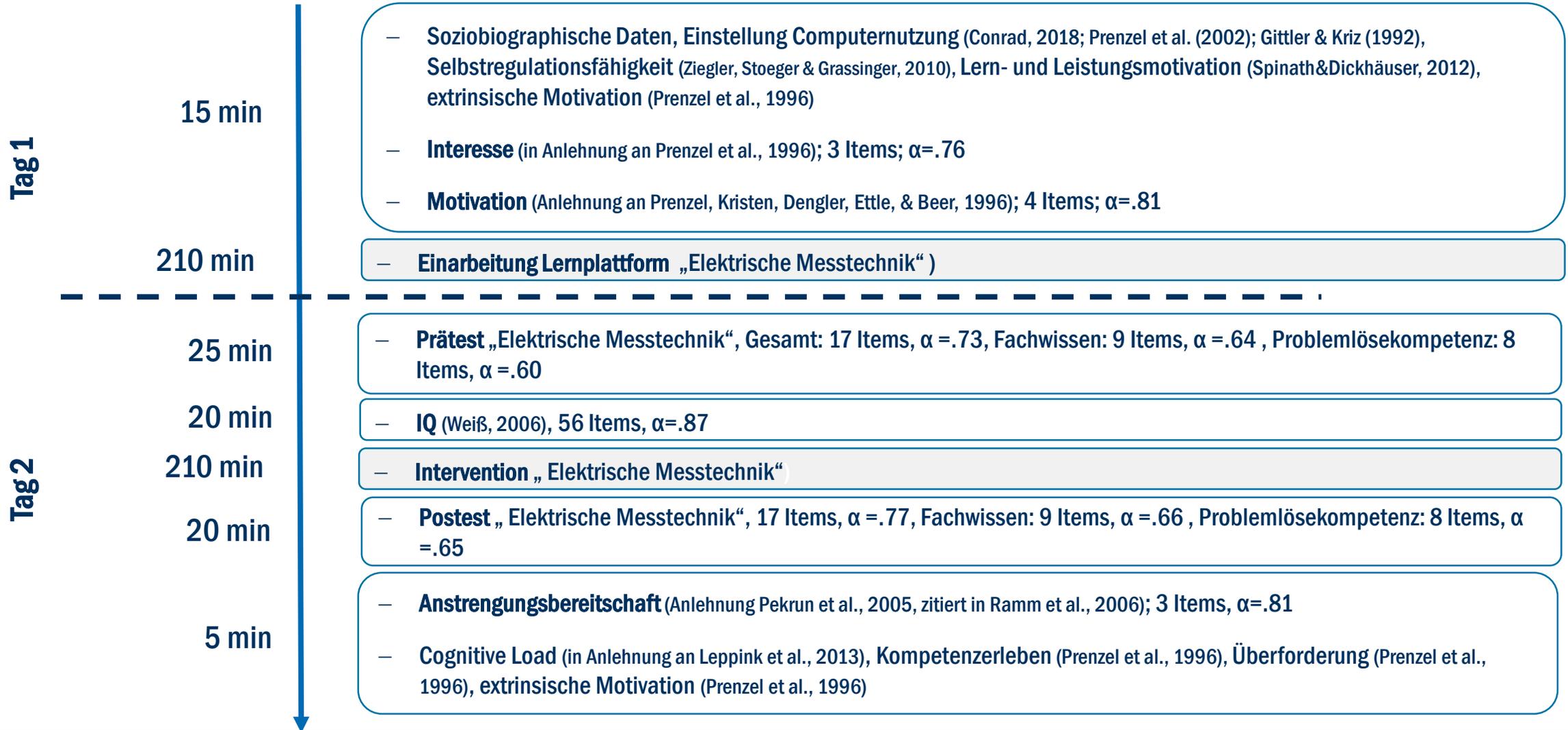


## Methode: Stichprobe

|                            | <i>n</i> | Geschlecht (%) |          | Alter    |           |
|----------------------------|----------|----------------|----------|----------|-----------|
|                            |          | weiblich       | männlich | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Lehrkraftfeedback          | 133      | 6.6            | 93.4     | 18.57    | 2.95      |
| Computerbasiertes Feedback | 166      | 9.9            | 90.1     | 18.62    | 3.46      |
| Gesamt                     | 299      | 8.5            | 91.5     | 18.60    | 3.24      |

- Gelegenheits- und Klumpenstichprobe
- 1. Ausbildungsjahr
- 11 Schulklassen (Elektro- und Metallberufe), 3 berufsbildende Schulen

# Methode: Erhebungsdesign



# Vergleich beider Interventionsgruppen

|   | Lehrkraftgestützt | Computerbasiert | Test auf Mittelwertunterschiede |          |          |
|---|-------------------|-----------------|---------------------------------|----------|----------|
|   | <i>M(SD)</i>      | <i>M(SD)</i>    | <i>F(df)</i>                    | <i>p</i> | <i>d</i> |
| <b><i>Kognitive Voraussetzungen</i></b>     |                   |                 |                                 |          |          |
| Outcome Prätest                             | 24.74 (10.29)     | 26.36 (12.64)   | 1.46 (1, 290)                   | .228     | .14      |
| Problemlösekomp.                            | 12.78 (7.21)      | 14.17 (7.43)    | 2.52 (1, 276)                   | .114     | .19      |
| Fachwissen                                  | 12.24 (4.57)      | 12.81 (5.70)    | .90 (1, 290)                    | .343     | .11      |
| IQ  | 39.66 (7.67)      | 39.74 (6.90)    | .00 (1, 263)                    | .973     | .01      |
| <b><i>Motivationale Voraussetzungen</i></b> |                   |                 |                                 |          |          |
| Interesse (Lernfeld)                        | 2.97 (0.82)       | 3.14 (0.83)     | 2.79 (1, 260)                   | .597     | .20      |
| Interesse (Lerneinheit)                     | 2.86 (1.19)       | 3.45 (1.19)     | 17.16 (1, 272)                  | ≤.001    | .49      |
| Intr. Motivation                            | 2.76 (0.99)       | 3.04 (0.92)     | 1.15 (1, 203)                   | ≤.05     | .30      |
| Extr. Motivation                            | 1.71 (1.12)       | 1.27 (1.04)     | 11.21 (1, 242)                  | ≤.001    | .41      |
| Anstrengungsbereitschaft                    | 3.14 (1.12)       | 3.58 (0.89)     | .37 (1, 206)                    | .543     | .43      |

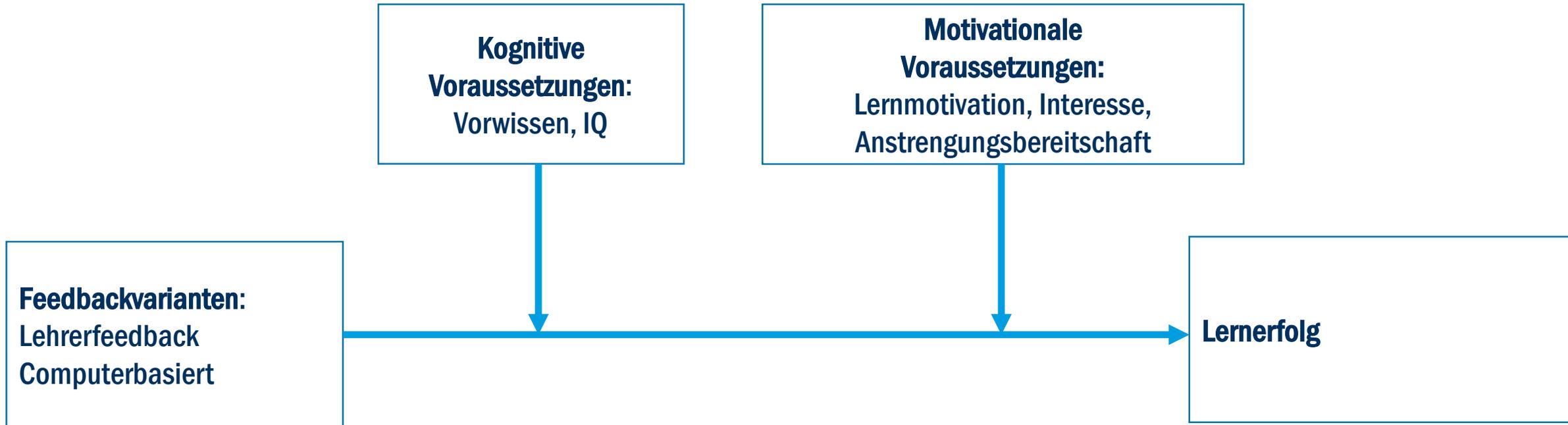
# Ergebnisse: Lernzuwachs

|  | Prätest       |  | Posttest      | Test auf Mittelwertunterschiede |          |
|--|---------------|--|---------------|---------------------------------|----------|
|  | <i>M(SD)</i>  |  | <i>M(SD)</i>  | <i>p</i>                        | <i>d</i> |
| <b><i>Lehrkraftgestütztes Feedback</i></b> |               |  |               |                                 |          |
| Outcome Gesamt                             | 24.92 (10.26) |  | 33.06 (10.95) | ≤.001                           | 2.12     |
| Problemlösekomp.                           | 12.91 (7.21)  |  | 18.83 (6.73)  | ≤.001                           | 1.85     |
| Fachwissen                                 | 12.30 (4.48)  |  | 14.65 (5.30)  | ≤.001                           | 1.13     |
| <b><i>Computergestütztes Feedback</i></b>  |               |  |               |                                 |          |
| Outcome Gesamt                             | 26.95 (12.36) |  | 33.84 (9.65)  | ≤.001                           | 1.84     |
| Problemlösekomp.                           | 14.52 (7.24)  |  | 18.32 (5.57)  | ≤.001                           | 1.35     |
| Fachwissen                                 | 13.00 (5.65)  |  | 15.92 (4.82)  | ≤.001                           | 1.67     |

# Ergebnisse: Welche Feedbackvariante ist effektiver?

|                      |          | Lehrkraftgestützt | Computerbasiert | Test auf Mittelwertunterschiede |          |          |
|----------------------|----------|-------------------|-----------------|---------------------------------|----------|----------|
|                      |          | <i>M(SD)</i>      | <i>M(SD)</i>    | <i>F(df)</i>                    | <i>p</i> | <i>d</i> |
| Outcome ges.         | Prätest  | 24.74 (10.29)     | 26.36 (12.64)   | 0.04 (1, 277)                   | .168     | .17      |
|                      | Posttest | 33.06 (10.95)     | 33.31 (10.09)   |                                 |          |          |
| Problemlösekompetenz | Prätest  | 12.78 (7.21)      | 14.17 (7.43)    | 1.65 (1, 265)                   | .004     | .36      |
|                      | Posttest | 18.55 (6.94)      | 17.54 (6.34)    |                                 |          |          |
| Fachwissen           | Prätest  | 12.24 (4.57)      | 12.81 (5.70)    | 3.44 (1, 267)                   | .212     | .16      |
|                      | Posttest | 14.65 (5.30)      | 15.77 (4.86)    |                                 |          |          |

# Untersuchungsmodell



# Ergebnisse: Differenzielle Effekte (motivationale Voraussetzungen)

| Moderatoren                     | $\beta_{\text{predictor}}$ | $\beta_{\text{moderator}}$ | $\beta_{\text{interaction}}$ | $F$                  |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|
| <i>Intrinsische Motivation</i>  |                            |                            |                              |                      |
| $R^2 = .15$                     | -.17                       | 1.25                       | .20                          | 2.05                 |
| $R^2 \text{ change} = .00$      |                            |                            |                              | .02                  |
| <i>Interesse LF</i>             |                            |                            |                              |                      |
| $R^2 = .06^{**}$                | 3.74                       | 4.31                       | -1.00                        | 5.26 <sup>**</sup>   |
| $R^2 \text{ change} = .00$      |                            |                            |                              | .46                  |
| <i>Anstrengungsbereitschaft</i> |                            |                            |                              |                      |
| $R^2 = .10^{***}$               | -.09                       | 3.78 <sup>*</sup>          | -.32                         | 10.33 <sup>***</sup> |
| $R^2 \text{ change} = .00$      |                            |                            |                              | .07                  |

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

# Ergebnisse: Differenzielle Effekte (kognitive Voraussetzungen)

| Moderatoren                           | $\beta_{\text{predictor}}$ | $\beta_{\text{moderator}}$ | $\beta_{\text{interaction}}$ | $F$                   |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| <i>Vorwissen (Eingangstest, ges.)</i> |                            |                            |                              |                       |
| $R^2 = .59^{***}$                     | 3.72                       | .96 <sup>***</sup>         | -.17*                        | 104.86 <sup>***</sup> |
| $R^2 \text{ change} = .01^*$          |                            |                            |                              | 4.83*                 |
| <i>IQ</i>                             |                            |                            |                              |                       |
| $R^2 = .14^{***}$                     | -1.75                      | .47                        | .04                          | 14.90 <sup>***</sup>  |
| $R^2 \text{ change} = .00$            |                            |                            |                              | .07                   |

**AV: Outcome**

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

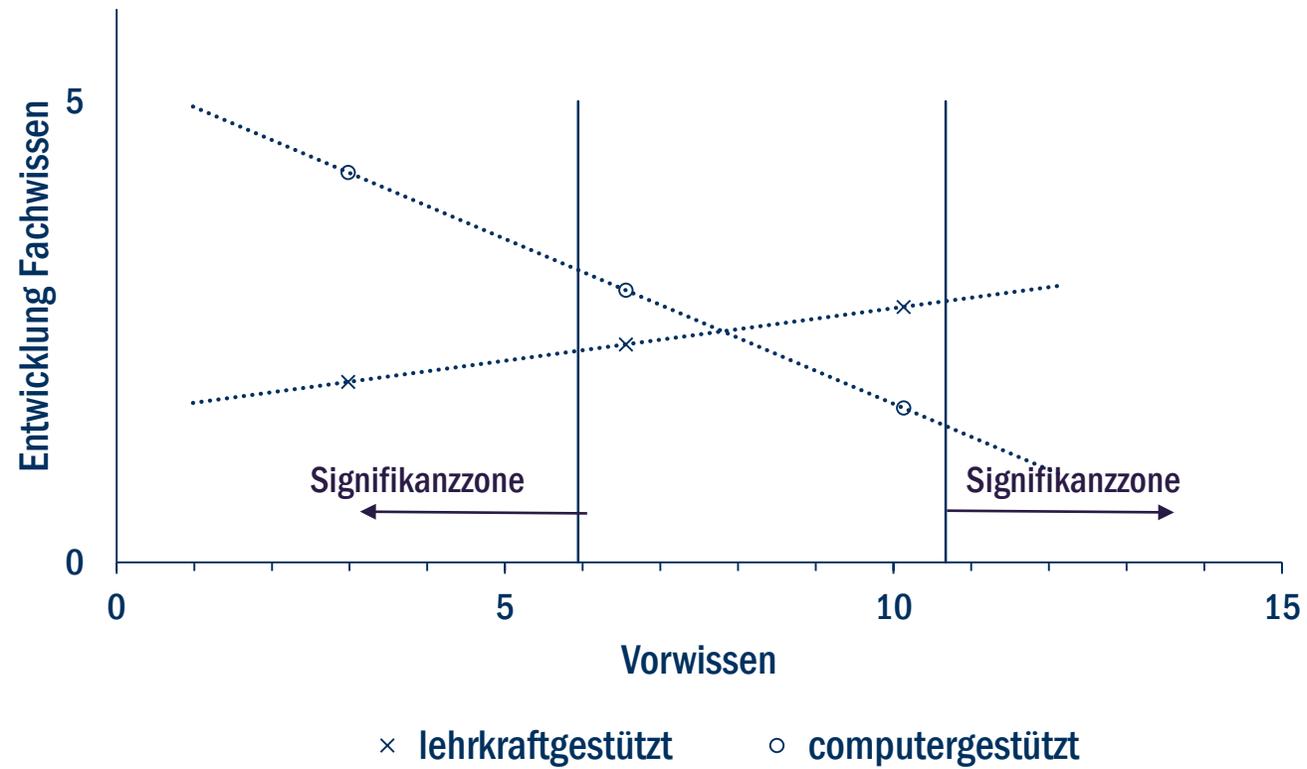
# Ergebnisse: Differenzielle Effekte (kognitive Voraussetzungen)

| Moderatoren                           | $\beta_{\text{predictor}}$ | $\beta_{\text{moderator}}$ | $\beta_{\text{interaction}}$ | $F$      |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------|
| <i>Vorwissen (Eingangstest, ges.)</i> |                            |                            |                              |          |
| $R^2 = .08^{***}$                     | 3.69**                     | .59***                     | -.47**                       | 8.00***  |
| $R^2 \text{ change} = .05^{***}$      |                            |                            |                              | 13.75*** |
| <i>IQ</i>                             |                            |                            |                              |          |
| $R^2 = .00$                           | 1.48                       | .05                        | .03                          | .38      |
| $R^2 \text{ change} = .00$            |                            |                            |                              | .17      |

AV: Fachwissen

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

# Ergebnisse: Differenzielle Effekte (Vorwissen)



# Diskussion: Zusammenfassung

- Digitale Lehr-Lern-Umgebung zum Entwerfen und Analysieren von Schaltungen
  - Theoretisch fundiert: 4C/ID
  - Direkt nutzbar im Unterricht
- Unabhängig von Feedbackform starke positive Effekte, vermutlich durch digitale Lehr-Lern-Umgebung
- Insbesondere für die Problemlösekompetenz deutete sich ein Vorteil für das lehrkraftgestützte Feedback an (trotz geringerer Motivation)
- Erwartungswidrige (!) differentielle Effekte mit Blick auf Vorwissen

# Diskussion: Grenzen, offene Fragen und Ausblick

- Effekt der digitalen Lehr-Lern-Umgebung sollte anhand Kontrollgruppe überprüft werden  
→ Replikationsstudie
- Motivat. Unterschiede zwischen den Stichproben beider Bedingungen:  
Wie aussagekräftig sind die (differentiellen) Effekte?  
→ Weitere Analysen und Replikationsstudie
- Digitale Lernumgebung kann Lehren und Lernen effektiv unterstützen
- Lehrperson kommt auch bei digitalem Lehren und Lernen wichtige Rolle zu
- Computergestützte Lehr-Lern-Umgebung ermöglicht und schafft Freiraum für individuelle Förderung
- Einsatz der Umgebung in der Ausbildung

**Vielen Dank für Ihr Interesse!**

**Professur für Berufspädagogik  
Technische Universität Dresden**

**Prof. Dr. S. Abele und Andreas Leon**

# Ergebnisse: Interkorrelationen

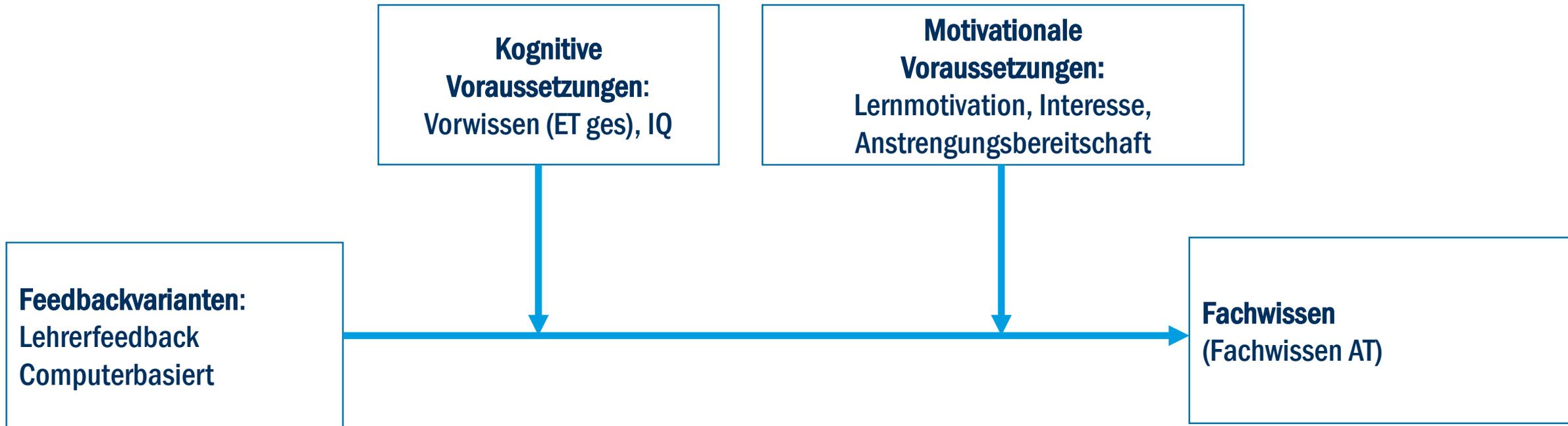
|                        | <i>kognitive Merkmale</i> |        |                 |           |        |        | <i>motivationale Merkmale</i> |            |                |
|------------------------|---------------------------|--------|-----------------|-----------|--------|--------|-------------------------------|------------|----------------|
|                        | <i>Pretest</i>            |        | <i>Posttest</i> |           |        |        | Interesse                     | Motivation | Anstrengungsb. |
|                        | Probleml.                 | Fachw. | outcome         | Probleml. | Fachw. | IQ     |                               |            |                |
| <b><i>Pretest</i></b>  |                           |        |                 |           |        |        |                               |            |                |
| outcome                | .931**                    | .860** | .761**          | .649**    | .714** | .381** | .125*                         | .062       | .239**         |
| Probleml.              |                           | .585** | .658**          | .597**    | .571** | .334** | .433**                        | .051       | .210**         |
| Fachw.                 |                           |        | .691**          | .525**    | .721** | .359** | .437**                        | .039       | .162**         |
| <b><i>Posttest</i></b> |                           |        |                 |           |        |        |                               |            |                |
| outcome                |                           |        |                 | .915**    | .851** | .370** | .459**                        | .150*      | .314**         |
| Probleml.              |                           |        |                 |           | .563** | .284** | .360**                        | .143*      | .276**         |
| Fachw.                 |                           |        |                 |           |        | .387** | .052                          | .166**     | .249**         |
| IQ                     |                           |        |                 |           |        |        | .062                          | -.008      | .064           |
| Interesse              |                           |        |                 |           |        |        |                               | .284**     | .524**         |
| Motivation             |                           |        |                 |           |        |        |                               |            | .378**         |

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

# Stichprobenvergleich

|   | Lehrkraftgestützt |  | Computerbasiert | Test auf Mittelwertunterschiede |          |          |
|---|-------------------|--|-----------------|---------------------------------|----------|----------|
|   | <i>M(SD)</i>      |  | <i>M(SD)</i>    | <i>F(df)</i>                    | <i>p</i> | <i>d</i> |
| <b><i>Leistungsverhalten</i></b>                |                   |  |                 |                                 |          |          |
| Selbstregulation                                | 1.18 (0.55)       |  | 1.27 (0.48)     | 1.93 (1, 240)                   | .166     | .18      |
| Lernzielorientierung                            | 3.49 (0.87)       |  | 3.73 (0.76)     | 6.02(1, 235)                    | ≤.05     | .30      |
| Leistungszielorientierung                       | 2.62 (0.97)       |  | 2.69 (0.97)     | 0.37(1, 257)                    | .545     | .07      |
| <b><i>Einstellungen zur Computernutzung</i></b> |                   |  |                 |                                 |          |          |
| Grundhaltung                                    | 3.37 (1.11)       |  | 3.49 (1.13)     | 0.78 (1, 256)                   | .378     | .11      |
| Nützlichkeit                                    | 3.26 (1.11)       |  | 3.21 (1.20)     | 0.13 (1, 265)                   | .721     | .04      |
| Selbstkonzept                                   | 2.60 (1.21)       |  | 2.71 (1.28)     | 0.47 (1, 262)                   | .495     | .08      |

# Untersuchungsmodell



# Ergebnisse: Untersuchungshypothese-kognitive Voraussetzungen

| Moderatoren                           | $\beta_{\text{predictor}}$ | $\beta_{\text{moderator}}$ | $\beta_{\text{interaction}}$ | $F$                   |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| <i>Vorwissen (Eingangstest, ges.)</i> |                            |                            |                              |                       |
| $R^2 = .53^{***}$                     | 1.83                       | .84 <sup>***</sup>         | .08                          | 104.02 <sup>***</sup> |
| $R^2 \text{ change} = .00$            |                            |                            |                              | .99                   |
| <i>IQ</i>                             |                            |                            |                              |                       |
| $R^2 = .17^{***}$                     | -4.29                      | .07                        | .13                          | 18.79 <sup>***</sup>  |
| $R^2 \text{ change} = .01$            |                            |                            |                              | 2.98                  |

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

# Ergebnisse: Untersuchungshypothese-motivationale Voraussetzungen

| Moderatoren                     | $\beta_{\text{predictor}}$ | $\beta_{\text{moderator}}$ | $\beta_{\text{interaction}}$ | $F$     |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|---------|
| <i>Intrinsische Motivation</i>  |                            |                            |                              |         |
| $R^2 = .03$                     | -.38                       | 1.33                       | -.19                         | 2.30    |
| $R^2 \text{ change} = .00$      |                            |                            |                              | .05     |
| <i>Interesse LF</i>             |                            |                            |                              |         |
| $R^2 = .05^{**}$                | 1.24*                      | 2.73                       | -.67                         | 4.56**  |
| $R^2 \text{ change} = .00$      |                            |                            |                              | .49     |
| <i>Anstrengungsbereitschaft</i> |                            |                            |                              |         |
| $R^2 = .01^{***}$               | -2.77                      | 1.61                       | -.27                         | 9.59*** |
| $R^2 \text{ change} = .00$      |                            |                            |                              | 2.12    |

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .