

## REFERIERTE BEITRÄGE

ZEITSCHRIFT FÜR BERUFS- UND WIRTSCHAFTSPÄDAGOGIK 117, 2021/3, 322–350

DOI 10.25162/ZBW-2021-0015

STEPHAN ABELE / JENNIFER SCHAUER / MARTIN KENNER /  
ANDREAS LEON

## Feedbackreflexion mit Scaffolding oder selbstreguliert?

Effektunterschied zweier Feedbackvarianten bei der computerbasierten Förderung  
beruflicher Problemlösekompetenz

### Feedback reflection with scaffolding or self-regulated?

Effect difference of two feedback variants in computer-based promotion  
of vocational problem-solving competence

**KURZFASSUNG:** Auszubildende sollen in der Ausbildung lernen, berufliche Probleme zu lösen. Studien belegen allerdings, dass ein beachtlicher Anteil Auszubildender dieses Ziel nicht erreicht. Dieses Problem aufgreifend wurde in der Studie untersucht, wie die berufliche Problemlösekompetenz effektiv gefördert werden kann. Untersucht wurde der Effektunterschied zweier Feedbackvarianten, die Teil eines computerbasierten komplexen Lehr-Lern-Arrangements zur Förderung beruflicher Problemlösekompetenz waren. Die Arrangements wurden im Sinne des Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modells (4C/ID) gestaltet und enthielten jeweils kognitives Feedback, das eine spezifische Form elaborierten Feedbacks darstellt und auf Feedbackreflexion zielt. In einer Feedbackbedingung regulierten die Auszubildenden die Feedbackreflexion selbst, in der anderen wurden sie mithilfe eines Scaffoldings unterstützt. Im Anschluss an einschlägige Forschung wurde angenommen, dass die Scaffolding-Bedingung bei Lernnovizen wirksamer ist als die Selbstregulations-Bedingung. Die Effekte wurden in elektro- und metalltechnischen Berufen mit einem Prä-Post-Test-Design quasi-experimentell bei Auszubildenden des ersten Ausbildungsjahrs ( $N=299$ ), also Lernnovizen untersucht. In Übereinstimmung mit der Forschungshypothese lernten die Auszubildenden der Scaffolding-Bedingung mehr als diejenigen der Selbstregulations-Bedingung; der Effektunterschied war allerdings klein (*hedges*  $g=0.24$ ). Wird also kognitives Feedback bei Lernnovizen um ein Scaffolding ergänzt, sollte dies die Effektivität der Förderung beruflicher Problemlösekompetenz etwas erhöhen. Implikationen der Studie für die Unterrichtspraxis, 4C/ID und die berufliche Lehr-Lern-Forschung werden diskutiert. Ferner wird ein Wirkmechanismus skizziert, der für den höheren Effekt der Scaffolding-Bedingung verantwortlich sein könnte.

**Schlagworte:** Feedback – Scaffolding – Lehr-Lern-Arrangement – 4C/ID – Problemlösekompetenz – Kompetenzförderung – computerbasiertes Lernen

**ABSTRACT:** Apprentices are supposed to learn how to solve professional problems during their apprenticeship. However, studies show that a considerable proportion of apprentices do not achieve this goal. Taking up this problem, the study investigated how vocational problem-solving competence can be effectively promoted. The study examined the effects of two feedback variants that were part of a computer-based complex teaching-learning arrangement to promote vocational problem-solving competence. The arrangements were designed in line with the four-component instructional design model (4C/ID) and contained cognitive feedback, which represents a specific form of elaborated feedback and aims at feedback reflection. In one feedback condition, the apprentices regulated the feedback reflection themselves while they were supported by scaffolding in the other condition. Following relevant research, it was hypothesized that the scaffolding condition would be more effective than the self-regulation condition for learning novices. The effects were examined quasi-experimentally in electrical and metal-technical occupations with a pre-post-test design in first-year apprentices (N=299), i. e. learning novices. Consistent with the research hypothesis, the apprentices in the scaffolding condition learned more than those in the self-regulation condition; however, the effect difference was small (hedges  $g=0.24$ ). Thus, adding scaffolding to cognitive feedback for novice learners should somewhat increase the effectiveness of promoting vocational problem-solving competence. Implications of the study for teaching practice, 4C/ID and professional teaching-learning research are discussed. Furthermore, a potential mechanism is outlined that could be responsible for the higher effect of the scaffolding condition.

**Keywords:** Feedback – scaffolding – teaching-learning arrangement – 4C/ID – problem-solving competence – competence development – computer-based learning

## 1 Einleitung

Die effektive Förderung der beruflichen Problemlösekompetenz ist ein zentrales Ziel der beruflichen Ausbildung, das häufig nicht erreicht wird: Noch am Ende der Ausbildung ist ein beachtlicher Anteil von Auszubildenden nicht in der Lage, berufliche Probleme zu lösen, die curricular abgedeckt und für den Beruf typisch sind, den sie später einmal verantwortungsvoll und kundig ausüben sollen (NICKOLAUS/ABELE/GSCHWENDTNER/NITZSCHKE/GREIFF, 2012; SEEBER/SEIFRIED, 2019; SIEGFRIED ET AL., 2019). (Inter-)Nationale bildungspolitische Digitalisierungsinitiativen (z. B. EUROPEAN COMMISSION, 2020; KULTUSMINISTERKONFERENZ, 2017) verdeutlichen, wie wichtig es ist, bei der Bearbeitung dieses Kompetenzdefizits computerbasierte Fördermaßnahmen zu berücksichtigen. Dass es sich bei der computerbasierten Kompetenzförderung nicht nur um ein gesellschaftlich, sondern auch wissenschaftlich relevantes Forschungsthema handelt, zeigt der Bildungsbericht, in dem auf den großen einschlägigen Forschungsbedarf hingewiesen wird (AUTORENGRUPPE BILDUNGSBERICHTERSTATTUNG, 2020, S. 301). Wie effektiv Auszubildende bei solchen Fördermaßnahmen lernen, dürfte neben vielen Faktoren besonders von Feedback abhängen (z. B. HATTIE, 2009, S. 173 ff., 297). Feedback erwies sich in Computerlernumgebungen generell als effektiv (VAN DER KLEIJ/FESKENS/EGGEN, 2015). Zu wenig erforscht ist

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted.

This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2021

allerdings sein Effekt unter Berücksichtigung der Lernaufgaben und des Lernkontextes (VAN DER KLEIJ ET AL., 2015, S. 505) und damit des Lehr-Lern-Arrangements, das in der beruflichen Bildung meist komplex und zentral ist.

Zur Gestaltung komplexer Lehr-Lern-Arrangements gibt es viele Ansätze. Das Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell (4C/ID: *four-component instructional design*) ist ein lehr-lern-theoretisch und empirisch solide fundierter Ansatz (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018), der u. a. kognitives Feedback vorsieht. Kognitives Feedback wird Lernenden nach der Bearbeitung eines möglichst komplexen authentischen Problems gegeben. Es enthält lösungsrelevante und epistemische Hinweise. Die epistemischen Hinweise sollen eine tiefe Reflexion der eigenen Problemlösung anregen und die Weiterentwicklung von Wissen bewirken (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 158 ff.). Diese Feedbackreflexion und das damit verbundene Lernen erfolgen selbstreguliert. Befunde legen jedoch nahe, dass Lernende beim selbstregulierten Lernen oftmals Schwierigkeiten haben (z. B. KIRSCHNER/VAN MERRIËNBOER, 2013, S. 176 ff.) und die Effektivität von Feedback bei bestimmten Lernvoraussetzungen zunimmt, wenn es um ein Scaffolding ergänzt wird (SHUTE, 2008, S. 180).

Ob kognitives Feedback mit selbstregulierter Feedbackreflexion anders wirkt als kognitives Feedback mit Feedbackreflexion inklusive Scaffolding, wurde im Kontext von 4C/ID bisher nicht untersucht. Dies ist aber nicht nur dort, sondern auch für die berufliche Lehr-Lern-Forschung relevant. Unklar ist, ob die Wirkung komplexer Lehr-Lern-Arrangements überhaupt von solch kleinen Interventionsunterschieden abhängt. Klein sind die Unterschiede, weil die erwähnten Feedbackvarianten nur ein Teil komplexer Lehr-Lern-Arrangements sind. Ferner mangelt es für generalisierbare Erkenntnisse an Forschung zur Wirkung von Feedback im Kontext computerbasierter komplexer Lehr-Lern-Arrangements (VAN DER KLEIJ ET AL., 2015, S. 505). Schließlich ist das Thema für die Feedbackforschung bedeutsam, und zwar, weil kognitives Feedback eine spezifische Form elaborierten Feedbacks darstellt, das sich generell als wirksam erwies (SHUTE, 2008; VAN DER KLEIJ ET AL., 2015), jedoch eine breite Kategorie unterscheidbarer Feedbackvarianten repräsentiert. Offen ist, inwieweit Varianten elaborierten Feedbacks unterschiedlich effektiv sind.

Vor diesem Hintergrund präsentieren wir hier die Ergebnisse einer Studie<sup>1</sup>, in der wir die Effekte zweier Feedbackvarianten untersuchten, die Teil komplexer computerbasierter Lehr-Lern-Arrangements zur Förderung der beruflichen Problemlösekompetenz waren. Beide Arrangements enthielten kognitives Feedback und unterschieden sich hinsichtlich der Feedbackreflexion (selbstreguliert vs. Scaffolding). In der Studie entwickelten wir zunächst die computerbasierten Lehr-Lern-Arrangements und Feedbackvarianten. Anschließend evaluierten wir deren Effekt in 11 Schulklassen berufsbildender Schulen ( $N=299$ ). Dabei stand die Frage im Zentrum, ob die Feedbackvarianten unterschiedlich effektiv sind. Das kognitive Feedback, die Lehr-Lern-Arrangements und die berufliche Problemlösekompetenz konzeptualisierten wir mit 4C/ID.

1 „DigiLern“ wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg gefördert.

## 1.1 Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell (4C/ID)

### 1.1.1 Berufliche Problemlösekompetenz

Aus Sicht des 4C/ID umfasst berufliche Problemlösekompetenz (BPLK) mehrere kognitive Kompetenzfacetten (z. B. VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 14). Diese Facetten sind mit einem tiefen Problemverständnis sowie einer flexiblen und zugleich routinierten Problembearbeitung verbunden.

Das tiefe Problemverständnis basiert auf einem *mentalen Modell*, d. h. der funktionalen Repräsentation des beruflichen Problems im Bewusstsein (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 180 ff.). Funktional bedeutet im 4C/ID, dass die BPLK-Facetten zur Problemlösung beitragen. Funktionale mentale Modelle repräsentieren i. d. R. nicht nur das Offensichtliche (z. B. Farbe und Design einer Schreibtischlampe), sondern auch Tiefenmerkmale (z. B. Funktionsweise einer Schreibtischlampe), was entsprechendes *Fachwissen* voraussetzt.

Die flexible Bearbeitung eines Problems (z. B. Aufbau einer Schreibtischlampe) erfolgt auf Basis des mentalen Modells und erfordert die Anwendung einer *kognitiven Strategie* (z. B. Schreibtischlampenschaltung gemäß Anforderung entwerfen, entsprechende Schaltung entwerfen und bauen, Prüfstrategie entwickeln etc.) (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 170 ff.). Kognitive Strategien ermöglichen eine systematische Problemlösung und haben heuristischen Charakter, bedürfen also einer situationsspezifischen Konkretisierung (z. B. klären, welche Anforderung die Schaltung erfüllen muss, welche Schaltung diese Anforderung erfüllt etc.). Kognitive Strategien sind bei vielen hinreichend ähnlichen beruflichen Problemen anwendbar. Berufliche Probleme können meist auf unterschiedliche Weise gelöst werden, weshalb es i. d. R. nicht eine, sondern mehrere funktionale kognitive Strategien gibt.

Die routinierte Problembearbeitung beruht auf *Fertigkeiten* (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 226 ff.). Fertigkeiten beziehen sich im Unterschied zu kognitiven Strategien auf die Bearbeitung oft wiederkehrender identischer Problemanforderungen (z. B. Funktionsprüfung von Schreibtischlampen mit einem spezifischen Messgerät), die sich anhand eines Algorithmus bearbeiten lassen. Algorithmen geben die Schrittfolge und -inhalte eindeutig vor und bedürfen keiner bzw. einer geringfügigen situationspezifischen Anpassung (z. B. Spannungsmessung mit Multimeter: Messbereich einstellen, Messspitzen anlegen, Spannungswert ablesen). Eine Fertigkeit entspricht einem verinnerlichten Algorithmus, wird durch Übung erworben, kann in „Fleisch und Blut“ übergehen und wird dann automatisch, also ohne bewusstes Nachdenken („im Schlaf“) angewandt. Fertigkeiten sind nur bei spezifischen Anforderungen anwendbar und wenig flexibel. Angenommen wird, dass das Lösen beruflicher Probleme den koordinierten Einsatz mentaler Modelle, kognitiver Strategien und von Fertigkeiten erfordert.

### 1.1.2 Gestaltung komplexer Lehr-Lern-Arrangements

Den Ausgangspunkt der Kompetenzförderung mit 4C/ID bilden im vorliegenden Kontext berufliche Probleme, deren Bearbeitung die Nutzung aller BPLK-Facetten erfordern sollte, da eine isolierte Förderung der Facetten den Lerntransfer erschwert (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 5 ff.). *Lernprobleme* sollten berufliche Anforderungen vollständig und realistisch abbilden und werden in Klassen eingeteilt. Lernprobleme einer Klasse weisen dieselbe Komplexität auf, Lernprobleme einer nachfolgenden Klasse sind komplexer als Lernprobleme der vorangegangenen. Auch weniger komplexe Lernprobleme bilden im Sinne des Transfers alle relevanten Teilanforderungen ab (z. B. Schreibtischlampe planen, aufbauen und prüfen). Im Unterschied zu den komplexeren Lernproblemen sind die Teilanforderungen aber weniger ausdifferenziert. So kann sich der Prüfschritt beim Aufbau einer Schreibtischlampe z. B. auf den Einsatz eines einzelnen Messgeräts (z. B. Multimeter) beschränken oder eine Entscheidung zwischen mehreren Messgeräten erfordern. Komplexität wird in 4C/ID als objektives Merkmal einer Anforderung bzw. Lernproblems aufgefasst und bezieht sich auf den Umfang an Teilschritten und Informationen, die bei der Bewältigung eines Problems benötigt werden. Der Informationsumfang ergibt sich u. a. aus der Anzahl relevanter Konzepte und darauf bezogener Verbindungen (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 358). Die Schwierigkeit eines Problems wird dagegen als subjektives Merkmal verstanden. Sie ist umso geringer, je mehr dieser Konzepte und Verbindungen schon bekannt sind bzw. erlernt wurden und je geringer der instruktionale Unterstützungsgrad, also das Scaffolding ist.

Die Aufgabe der Lernenden besteht darin, die Lernprobleme in der vorgegebenen Reihenfolge zu bearbeiten. Dabei werden sie so unterstützt, dass effektives Lernen begünstigt wird: Um Überforderung zu vermeiden und den Erwerb funktionaler mentaler Modelle, kognitiver Strategien und Fertigkeiten zu unterstützen, ist das Scaffolding zu Beginn einer Lernklasse hoch (z. B. reflektiertes Durcharbeiten einer Musterlösung anstatt selbständiges Lösen eines Lernproblems). Um das eigenständige Problemlösen zu fördern, nimmt das Scaffolding anschließend bis zur vollkommen autonomen Problembearbeitung innerhalb einer Klasse allmählich ab (*Fading*). Die Lernprobleme sollten einerseits hinreichend ähnliche und andererseits unterschiedliche Anforderungen stellen, um eine flexible Problemlösung und damit den Transfer zu fördern.

*Unterstützende Informationsangebote* zielen auf den Erwerb mentaler Modelle und kognitiver Strategien, fokussieren Nicht-Routineaspekte der Lernprobleme, regen Elaboration an und dienen somit ebenfalls der flexiblen Problemlösung. Die unterstützenden Informationsangebote umfassen Informationsmaterialien, aus denen Informationen generiert werden können, die bei der Bearbeitung der Lernprobleme benötigt werden (z. B. Aufbau einer Schreibtischlampe erfordert Wissen über deren Bauteile). Sie fördern ein tiefes Problemverständnis (mentale Modelle) und geben Hinweise, wie die Lernprobleme systematisch bearbeitet werden können (kognitive Strategien).

*Prozedurale Informationen* zielen auf den Fertigkeitserwerb, d. h. auf Routineaspekte der Lernprobleme. Sie enthalten Algorithmen und werden am besten genau dann gegeben, wenn die Lernenden diese Informationen benötigen, also just-in-time.

Nachdem eine ausreichend hohe Anzahl an Lernproblemen bearbeitet und damit die Gesamtanforderung der Lernprobleme verstanden wurde, werden Teilaufgaben solange geübt, bis eine automatisierte Bearbeitung erfolgt, d. h. Fertigkeiten erworben wurden. Beim *Üben von Teilaufgaben* erhalten die Lernenden Teilaufgaben, die kritische routinisierbare Teilanforderungen der Lernprobleme stellen. Da die Lernenden die Gesamtanforderung der Probleme kennen, sollten sie die Teilaufgaben in einen größeren Kontext einordnen, den Sinn des Übens verstehen und das Erlernte transferieren können.

### 1.1.3 Feedback

Im 4C/ID werden zwei Feedbackarten unterschieden. Hier ist das *kognitive Feedback* relevant. Kognitives Feedback ist Teil des unterstützenden Informationsangebots und stellt den Lernenden Hinweise zur Verfügung, anhand derer vorhandene mentale Modelle und kognitive Strategien weiterentwickelt (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 158 ff.), d. h. bestätigt, ergänzt, ausdifferenziert oder umstrukturiert werden können (BUTLER/WINNE, 1995, S. 275). Kognitives Feedback wird nach der Bearbeitung eines oder mehrerer Lernprobleme gegeben, da die Funktionalität einer kognitiven Strategie nicht in der Situation, sondern nur vom Ergebnis her evaluiert werden kann, denn berufliche Probleme können meist auf unterschiedliche Weise bearbeitet werden. Demzufolge ist kognitives Feedback erst im Nachhinein sinnvoll, also wenn alle Schritte vollzogen wurden und das Problem selbst gelöst wurde.

Kognitives Feedback hat eine informative und eine epistemische Komponente. Die informative Komponente enthält lösungsrelevante Hinweise. Die epistemische Komponente umfasst Hinweise, die eine Feedbackreflexion auslösen sollen. Epistemische Hinweise sollen dazu führen, dass die eigene Problemlösung sowie die zugrundeliegenden mentalen Modelle und kognitiven Strategien im Licht der lösungsrelevanten Hinweise reflektiert und weiterentwickelt werden. Epistemische Hinweise können in Form von Prompts, Fragen oder auf andere Weise gegeben werden (COLLINS/FERGUSON, 1993).

Bei einer typischen Form kognitiven Feedbacks umfasst die informative Komponente eine Musterlösung und Hinweise zum Problemlöseprozess, die epistemische Komponente einen Prompt (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 159). Die Hinweise zum Problemlöseprozess können in Form eines funktionalen systematischen Problemlöseansatzes präsentiert werden – z. B. mit einem Kurzvideo, in dem eine Expertin ihr Vorgehen und lernrelevante psychische Vorgänge schrittweise expliziert. Die Musterlösung repräsentiert typischerweise ein vorbildliches Problemlöseresultat – z. B. eine fertige Schreibtischlampe inklusive eines Schaltplans und Angaben zu deren Prüfung. Mit dem Prompt werden die Lernenden aufgefordert, die eigene Problemlösung mit

der Musterlösung und ggf. dem Mustervorgehen zu vergleichen. Bei dieser Reflexion kann z. B. auffallen, dass das Mustervorgehen Schritte enthält und Zusammenhänge expliziert, die bislang nicht „gesehen“ wurden. Dies wiederum kann zur Ergänzung der kognitiven Strategie führen. Falls bei der Feedbackreflexion Fragen entstehen, die sich nicht mit den beiden „Mustern“ beantworten lassen, können zusätzlich die anderen Elemente des unterstützenden Informationsangebots der Lernklasse zu Rate gezogen werden.

## 1.2 Effekt kognitiven Feedbacks

Kognitives Feedback lässt sich in einen größeren Kontext der Feedbackforschung einordnen. Kognitives Feedback umfasst eine informative und epistemische Komponente und fällt damit in die breite Kategorie des elaborierten Feedbacks, dessen substantieller Effekt breit belegt ist (SHUTE, 2008). Elaboriertes Feedback wiederum ist sehr eng mit dem verwandt, was in der Metaanalyse von WISNIEWSKI/ZIERER/HATTIE (2020) hoch-informatives Feedback genannt wird, und sich dort als sehr effektiv erwies ( $d=0.99$ , 435 Studien, 994 einbezogene Effektgrößen,  $N > 61.000$ ). Zum elaborierten Feedback liegt ferner eine Metaanalyse vor, die computerbasiertes Lernen fokussiert (VAN DER KLEIJ ET AL., 2015, 40 Studien, 70 einbezogene Effektgrößen). Auch hier wurden mit Blick auf elaboriertes Feedback beachtliche Effekte gefunden, die generell (deutlich) höher waren als bei anderen Feedbackformen (Effektunterschied gegenüber anderen Feedbackvarianten:  $>0.24$ , VAN DER KLEIJ ET AL., 2015, S. 496). Bei der Förderung komplexer Lernresultate – wie z. B. beruflicher Problemlösekompetenz – fiel der Effekt besonders hoch aus (Effektunterschied gegenüber anderen Feedbackvarianten:  $>0.63$ , VAN DER KLEIJ ET AL., 2015, S. 496). Außerdem dokumentiert diese Metaanalyse mehrere Forschungsdesiderata, wovon hier folgende relevant sind: (1) Studien zum elaborierten Feedback beim computerbasierten Lernen weisen oft geringe Fallzahlen auf, was ihre Belastbarkeit und Generalisierbarkeit infrage stellt. (2) In vielen einschlägigen Studien bleiben die individuellen Voraussetzungen der Lernenden unberücksichtigt. (3) Zur Wirkung elaborierten Feedbacks auf komplexe Lernresultate liegen zu wenige Studien vor. (4) Einschlägige Primärstudien enthalten oft keine Angaben zur psychometrischen Güte der Lernerfolgsdiagnostik (z. B. Reliabilität). (5) Der Effekt elaborierten Feedbacks scheint von der Lerndomäne abzuhängen; Studien in technischen Domänen fehlen. (6) Das Lehr-Lern-Arrangement wird meist nicht berücksichtigt, obwohl es gemeinhin als effektrelevant gilt (NARCISS, 2020, S. 389). (7) Studien zu den Effekten verschiedener Varianten elaborierten Feedbacks liegen für belastbare Generalisierungen in zu geringer Zahl vor.

Kognitives Feedback repräsentiert eine spezifische Variante elaborierten Feedbacks mit epistemischen Hinweisen. Befunde zur Wirkung von Feedback mit epistemischen Hinweisen sprechen dafür, dass Lernende Settings mit solchen Hinweisen gegenüber solchen ohne epistemische Anregung bevorzugen (POPOVA/KIRSCHNER/JOINER, 2014). Empirisch belegt ist ferner, dass Feedback mit epistemischen Hinweisen lern-

wirksamer ist als korrekatives Feedback (Richtig-falsch-Rückmeldung oder Rückmeldung der korrekten Problemlösung) sowie Feedback, das konkrete Empfehlungen zu nächsten Schritten gibt (GUASCH/ESPASA/ALVAREZ/KIRSCHNER, 2013). In beiden Studien wurde der generelle Effekt epistemischer Hinweise bei Studierenden untersucht. Nicht untersucht wurde, wie epistemische Hinweise bei Auszubildenden wirken und welche Schwierigkeiten dabei ggf. auftreten.

Die epistemischen Hinweise des kognitiven Feedbacks zielen auf eine lernwirksame Feedbackreflexion. Lernwirksames Reflektieren scheint allerdings einem erheblichen Anteil Lernender schwerzufallen (DAVIS, 2003; GRAESSER/MCNAMARA/VANLEHN, 2005). Lernwirksam dürfte die Feedbackreflexion sein, wenn sie zu Elaboration, also einer tiefen Verarbeitung der eigenen Problemlösung unter korrekativer Berücksichtigung lösungsrelevanter Hinweise führt (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 159). Die Feedbackreflexion kann, wie oben beschrieben, einen Vergleich der eigenen Lösung mit einer Musterlösung und einem Mustervorgehen beinhalten und im Falle der Übereinstimmung zur Wissensfestigung führen. Im anderen Fall ist eine weiterführende Feedbackreflexion erforderlich. Hierbei sind die beiden „Muster“ gedanklich „dorzuarbeiten“, ggf. weitere Informationsmaterialien zu suchen, zugänglich zu machen sowie verständlich zu lesen und alles zusammen für die Modifikation des eigenen mentalen Modells und/oder der eigenen kognitiven Strategie zu nutzen. Die Reflexionsteilziele sind selbstständig zu setzen; der Reflexionsprozess ist selbstständig zu planen, zu überwachen und ggf. anzupassen. Der Reflexionsprozess und das damit verbundene Lernen erfolgen selbstreguliert und damit abhängig von der Motivation (z. B. Fachinteresse, intrinsische Motivation, Anstrengungsbereitschaft) und den kognitiven Voraussetzungen (z. B. kognitive Grundfähigkeit) der Lernenden (BUTLER/WINNE, 1995, S. 248). Forschung zum computerbasierten Lernen belegt, dass Lernende oft nicht im erforderlichen Ausmaß über diese Voraussetzungen verfügen (GERJETS/SCHWEITER, 2019, S. 880). Im Speziellen hat sich z. B. gezeigt, dass Lernende Feedbackangebote in computerbasierten Lehr-Lern-Umgebungen oft „überblättern“ (VAN DER KLEIJ ET AL., 2015, S. 482), was u. a. Motivationsprobleme dokumentiert und den Wissenserwerb behindert. Aus den genannten Gründen und mit Blick auf SHUTE (2008, S. 180) empfiehlt sich bei Lernenden mit ungünstigen Lernvoraussetzungen, also auch Lernnovizen, eine Feedbackreflexion mit Scaffolding.

Scaffolding bezieht sich generell auf eine externe Unterstützung der Lernenden. Scaffolding kann verschiedene Formen annehmen, z. B. Hinweise, Prompts (Aufforderungen), Fragen (SHUTE, 2008, S. 163), und die Regulation eines anspruchsvollen Lernprozesses unterstützen (REISER/TABAK, 2014, S. 49). Eine Möglichkeit, die Feedbackreflexion zu unterstützen, besteht darin, im Reflexionsprozess fokussiert und strukturiert Hinweise zu geben bzw. zu informieren und Fragen „einzubauen“, um die Reflexion zu lenken und zielorientierte Elaboration anzuregen. Im Sinne der Cognitive-Load-Theorie sollten fokussiertes und strukturiertes Informieren sowie „lenkende“ Fragen lernförderlich wirken, da sie die extrinsische, d. h. lernhinderliche kognitive Belastung reduzieren (PAAS/RENKL/SWELLER, 2003) – z. B., weil aus mehreren Informationsdokumenten nicht selbstständig das nützliche Dokument auszuwählen ist. Damit



dürfte das Risiko einer kognitiven Überlastung sinken und zugleich einer Überforderung entgegengewirkt werden, was sich vermutlich motivational günstig auswirkt (z. B. KNÖLL/ GSCHWENDTNER/NICKOLAUS/ZIEGLER, 2007). Mit Blick auf motivationale Schwierigkeiten ist gut bekannt, dass Lernen im sozialen Kontext ein Scaffolding-Element sein kann, und zwar allein deshalb, weil es das motivationsförderliche Gefühl der sozialen Einbindung ermöglicht (DECI/RYAN, 2000). Weiterhin deuten Befunde darauf hin, dass es lernförderlich sein kann, Lernende beim Reflektieren bedarfsbezogen, also adaptiv zu unterstützen (DAVIS, 2003, S. 97). Problematisch könnte jedoch sein, dass die Feedbackreflexion dann nicht mehr an das eigene Lerntempo angepasst werden kann, also nicht mehr adaptierbar ist (NARCISS, 2020, S. 387). Ferner läuft eine Feedbackreflexion mit Scaffolding Gefahr, kleinschrittiges und oberflächliches Denken anzuregen. In diesem Fall wird nicht die notwendige und dieselbe Elaborationstiefe erreicht wie bei der selbstregulierten Feedbackreflexion, die darüber hinaus das Autonomieerleben stärkt und darüber potentiell motivierend wirkt (DECI/RYAN, 2000). Schließlich liegen Erkenntnisse vor, dass Reflexionshilfen für Lernende irritierend und somit lernhinderlich sein können (DAVIS, 2003, S. 137).

### 1.3 Forschungsfragen und Hypothesen

In der vorliegenden Studie wurde bei einer Stichprobe von 299 Auszubildenden des ersten Ausbildungsjahrs unter Kontrolle der psychometrischen Güte der eingesetzten Tests sowie eines größeren Spektrums individueller Voraussetzungen in der Elektrotechnik untersucht, ob kognitives Feedback mit selbstregulierter Feedbackreflexion bei der computerbasierten Förderung der beruflichen Problemlösekompetenz anders wirkt als eine Feedbackreflexion mit Scaffolding. Die Feedbackvarianten wurden in komplexe Lehr-Lern-Arrangements implementiert, die im Sinne des 4C/ID gestaltet wurden. Im Fokus stand folgende Frage: Welche der beiden Varianten kognitiven Feedbacks (selbstregulierte Feedbackreflexion vs. Feedbackreflexion mit Scaffolding) ist effektiver? Da die Studie zu Ausbildungsbeginn durchgeführt wurde, sich mit Blick auf die betreffende Lerndomäne also eher auf Lernnovizen bezog, wurde in Anlehnung an SHUTE (2008, S. 180) unterstellt, dass die Feedbackvariante mit Scaffolding effektiver ist.

## 2 Methoden

### 2.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 11 Schulklassen des ersten Ausbildungsjahrs mehrerer elektro- und metalltechnischer Berufe teil. Von den insgesamt 299 Proband:innen stammten 71.6 % aus zwei baden-württembergischen, die anderen aus einer sächsischen Berufsschule. 133 Teilnehmende waren in der Scaffolding-Bedingung (44.5 %), die anderen in der Selbstregulations-Bedingung. Die Mitglieder der Gruppen waren im Mittel jeweils

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted.

This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2021

18,6 Jahre ( $SD = 3,0$  bzw.  $3,5$ ). Daten zu weiteren Stichprobenmerkmalen enthält Tabelle 1. Wie die letzte Spalte zeigt, basieren die Berechnungen aufgrund fehlender Werte nicht auf der gesamten Stichprobe.

Tabelle 1: Ausgewählte Merkmale der Feedbackgruppen

Merkmale	Scaffolding-Bedingung		Selbstregulations-Bedingung		Gesamt	
	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>N</i>
Männlich	93,4	113	90,1	136	91,5	249
Deutsche Staatsbürgerschaft	95,1	116	83,4	131	88,5	247
Kein Schulabschluss	0,8	1	2,0	3	1,5	4
Hauptschulabschluss	9,9	12	14,9	23	12,7	35
Mittlerer Schulabschluss	69,5	84	66,2	102	67,6	186
Hochschulzugangsberechtigung	19,8	24	16,9	26	18,2	50

## 2.2 Studiendesign und Instrumente

Die Hypothese wurde mit einem quasi-experimentellen Design untersucht. Einbezogen wurden alle Klassen, die von den drei Partnerschulen zur Verfügung gestellt worden waren. Intendiert war, die Klassen zufällig den Feedbackbedingungen zuzuteilen, was aus organisatorischen Gründen allerdings nur teilweise gelang. Der Effekt der Feedbackvarianten wurde mit einem Prä-Post-Test-Design untersucht. Es wurde eine Intervention für die elektrische Messtechnik und eine für die mechanische Messtechnik entwickelt. Hier konzentrieren wir uns auf die Ergebnisse der Intervention in der elektrischen Messtechnik und auf den entsprechenden Papier-Bleistift-Test. Im Bereich der mechanischen Messtechnik steht die Datenauswertung noch aus.

Der Elektrotechnik-Fachtest wurde im Projekt entwickelt, mit 95 Proband:innen pilotiert, darauf aufbauend optimiert und umfasst zwei Subskalen: eine zum Fachwissen und eine zum Problemlösen bzw. zur Erfassung der Problemlösekompetenz. Itembeispiele finden sich in Abbildung 1.



**Subskala: Fachwissen**

In den folgenden Schaltungen soll die Spannung an der Spannungsquelle und der Strom, welcher durch die Lampe fließt, gemessen werden.  
Kreuzen Sie die richtige Messschaltung an.

**Subskala: Problemlösekompetenz**

Sie bekommen den Auftrag, mit einer Batteriespannung von 9V drei Glühlampen zu betreiben. Um die Stromstärke zu begrenzen, wird vor jeder Glühlampe jeweils ein Vorwiderstand eingesetzt. Glühlampe 1 und 2 sollen unabhängig voneinander geschaltet werden können. Glühlampe 3 soll bei Schaltung von Glühlampe 1 und auch bei Glühlampe 2 leuchten. Erstellen Sie hierfür den Schaltplan.

Abbildung 1: Beispielimens des Elektrotechnik-Fachtests

Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, beinhaltet die Subskala zum Fachwissen neun, die Subskala zur beruflichen Problemlösekompetenz acht, teils dichotome, teils polytome Items. Die Reliabilität der Gesamtskala betrug im Prä- und Post-Test jeweils  $\alpha=.84$ . Ebenfalls befriedigend waren die Reliabilitäten der Problemlöseskala. Dagegen lagen sie bei der Fachwissensskala (etwas) unterhalb des Wünschenswerten. Die vier Items, deren Trennschärfen kleiner als .30 gewesen waren, wurden nicht ausgeschlossen, da dies die Reliabilität und inhaltliche Validität stark gemindert hätte. Die Schwierigkeiten (Lösungsquoten) der Items lagen in einem akzeptablen Bereich ( $P=21.0-93.8$ ), verteilten sich ausgewogen über das Schwierigkeitsspektrum und deuteten weder auf Decken- noch Bodeneffekte hin.

Außerdem wurden folgende Konstrukte gemessen bzw. Instrumente eingesetzt<sup>2</sup>:

- (1) *Kognitive Grundfähigkeit* (56 Items,  $\alpha=.87$ , CFT 20-R, WEISS, 2006)
  - (2) *Intrinsische Motivation* (vier Items, sechsstufige Likertskalen,  $\alpha=.81$ , nach PRENZEL/KRISTEN/DENGLER/ETTLER/BEER, 1996; z. B.: „Im Lernfeldunterricht macht das Lernen meistens Spaß“)
2. Außerdem wurden folgende Merkmale gemessen, bislang aber noch nicht analysiert: Einstellung zur Computernutzung (CONRAD, 2020), Selbstregulationsfähigkeit (ZIEGLER/STÖGER/GRASSINGER, 2010), Lern- und Leistungsmotivation (SPINATH/STIENSMEIER-PELSTER/SCHÖNE/DICKHÄUSER, 2012), Cognitive Load (nach LEPPINK/ PAAS/VAN DER VLEUTEN/VAN GOG/VAN MERRIËNBOER, 2013), extrinsische Motivation, Kompetenzerleben und Überforderung (nach PRENZEL/DRECHSEL, 1996) sowie kognitive Aktivierung (nach KUNTER/KLUSMANN/BAUMERT, 2009).

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted.

This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2021

Tabelle 2: Angaben zur psychometrischen Güte des Fachtests

Item <sup>1)</sup>	Item-schwierigkeit <sup>2)</sup>				Skala: Fachtest				Subskala: Fachwissen				Subskala: Problemlösen			
	Prä-Test		Post-Test		Prä-Test		Post-Test		Prä-Test		Post-Test		Prä-Test		Post-Test	
	Trennschärfe	$\alpha^2$	Trennschärfe	$\alpha^2$	Trennschärfe	$\alpha^2$	Trennschärfe	$\alpha^2$	Trennschärfe	$\alpha^2$	Trennschärfe	$\alpha^2$	Trennschärfe	$\alpha^2$	Trennschärfe	$\alpha^2$
01_d	46.05	.839	.470	.843	.484	.688	.440	.740	.460	.805	.698	.756	.584	.654	.394	.496
02_p	54.17	.635	.696	.531	.661	.500	.187	.372	.519	.501	.427	.215	.168	.357	.299	.535
03_p	45.38	.52.74	.534	.242	.267	.363	.564	.488	.488	.489	.271	.332	.430	.308	.607	.280
04_p	24.57	.35.33	.242	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00
05_p	51.71	.50.40	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
06_p	63.99	.77.53	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
07_p	53.70	.66.24	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
08_p	47.19	.57.74	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
09_p	32.71	.51.71	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
10_p	47.61	.60.28	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
11_p	78.26	.92.64	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
12_p	51.80	.65.55	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
13_d	44.00	.48.00	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
14_d	57.00	.55.00	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
15_p	25.00	.54.04	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
16_p	21.00	.55.25	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00
17_d	29.00	.29.00	.532	.597	.597	.429	.480	.451	.232	.147	.380	.308	.529	.525	.29.00	.29.00

Anmerkungen: <sup>1)</sup> Kennzeichnung für polytome Items: \_p; Kennzeichnung für dichotome Items: \_d. <sup>2)</sup> Da die Skalen aus dichotomen und polytomen Items bestehen, wird Cronbachs Alpha für standardisierte Items berichtet. <sup>3)</sup> Quotient aus Itemmittelwert  $x_{(\text{mean})}$  und Itemmaximum  $x_{(\text{max})}$ .

- (3) *Anstrengungsbereitschaft* (drei Items, sechsstufige Likertskalen,  $\alpha=.81$ , nach RAMM ET AL., 2006, z. B.: „In der Lerneinheit ‚elektrisches Messen‘ habe ich versucht, alle Aufgaben so gut wie möglich zu erledigen.“)
- (4) *Themenspezifisches Interesse* der Schüler:innen (fünf Items, sechsstufige Likertskalen,  $\alpha=.90$ , nach CONRAD, 2020, z. B.: „Das Thema ‚elektrisches Messen‘ interessiert mich“)

### 2.3 Computerbasiertes komplexes Lehr-Lern-Arrangement

Das computerbasierte Lehr-Lern-Arrangement wurde entsprechend dem 4C/ID-Ansatz gestaltet und in der Computerplattform „MLS“ (Mobile Learning in Smart Factories, WILKE/MAGENHEIM, 2017) umgesetzt. In MLS können Lernprobleme sowie unterstützende Informationsmaterialien systematisch und übersichtlich dargeboten und Simulationen eingebunden werden. Nicht genutzt haben wir aus organisatorischen Gründen die MLS-Möglichkeiten der mobilen Endgerätnutzung sowie Logdatenerhebung.<sup>3</sup>

*Lernprobleme:* Es kamen Lernprobleme zum Einsatz, bei denen eine elektrische Schaltung zu entwerfen und prüfen war. Die Lernenden konnten die handschriftlich entworfene Schaltung in einer Computersimulation (WIEMAN/ADAMS/PERKINS, 2008) aufbauen und auf Funktionsfähigkeit testen. Die erste Lernklasse umfasste vier Lernprobleme (Schaltungsgegenstand: Schreibtischlampe, Taschenlampe, Lichterkette, Positionsanzeige bei Pneumatikzylinder), die zweite drei Lernprobleme (Parallel- und Reihenschaltung, Parallelschaltung, Netzwerkschaltung). Am Ende der Lernklassen gab es jeweils eine besonders anspruchsvolle „Profiaufgabe“ (PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS, 2014, S. 87), um sehr Leistungsstarke nicht zu „verlieren“. Bevor die Lernenden mit den Lernproblemen begannen, bearbeiteten sie drei Aufgaben (Inhalt: zweimal Durchgangsprüfer, Flip-Flop-Schaltung), um sich mit dem Thema vertraut zu machen.

Das Scaffolding bei den Lernproblemen realisierten wir in beiden Lernklassen mit einem *modeling example* und *process worksheet* (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 75 ff.). Beim *modeling example* wurde ein Video präsentiert, in dem ein Experte zeigte, wie er das betreffende Problem löst. Dabei verbalisierte er lösungsrelevante Gedanken und lernrelevante Hintergrundinformationen. Als *process worksheet* wurde den Lernenden ein heuristisches Bearbeitungsschema gegeben, das durch die Problembearbeitung führte und relevante Phasen sowie einen sinnvollen Ablauf der Problembearbeitung wiedergab. Beim ersten Lernproblem erhielten die Lernenden das *modeling example* und *process worksheet*, bei den weiteren Lernproblemen nur das *process worksheet* (Fading).

3 Weiterführende Informationen zu MLS finden sich unter: <https://mls.mobil-lernen.com>.

Für die Lernprobleme der ersten Lernproblemklasse war ein physikalisches Verständnis von Reihenschaltungen ausreichend, die zweite Klasse erforderte zusätzlich Informationen zu Parallelschaltungen und stellte damit komplexere Anforderungen. Die Anforderungen innerhalb einer Klasse wurden an der Oberfläche (z. B. Schreibtischlampe vs. Taschenlampe) und in der Tiefe (z. B. Schaltung ohne vs. mit Vorwiderstand) variiert.

*Unterstützendes Informationsangebot:* In der ersten Lernklasse wurde eine funktionale mentale Modellbildung durch einen Link zu fünf relevanten Seiten eines Fachbuchs (HÄBERLE ET AL., 2018, S. 81–85) unterstützt, denen Hinweise zu Schaltzeichen und zur Kennzeichnung von elektrischen Schaltungen sowie weitere lösungsrelevante Hinweise zu entnehmen waren. Die Entwicklung funktionaler kognitiver Strategien wurde über das oben erwähnte *process worksheet* unterstützt. Auch die zweite Lernklasse enthielt ein *process worksheet* und den erwähnten Fachbuch-Link. Ergänzend wurden dort Links zu Lehrfilmen mit den Themen „Stromrichtung“, „Strom- und Spannungsmessung“ sowie „Reihen- und Parallelschaltung“ angeboten.

*Prozedurale Informationen und Üben von Teilaufgaben:* Der Fertigkeitserwerb wurde in geringem Umfang unterstützt. Am Ende der ersten Lernklasse gab es Übungsaufgaben zu elektrotechnischen Schaltplansymbolen und realen Bauteile. Die zweite Lernklasse enthielt neun computerbasierte Übungsaufgaben zum Umrechnen elektrischer Einheiten. Bei den Teilaufgaben erhielten die Lernenden jeweils just-in-time die Rückmeldung, ob sie richtig antworteten.

## 2.4 Feedbackbedingungen

In beiden Bedingungen wurde ein kognitives Feedback gegeben, das sich hinsichtlich der Feedbackreflexion unterschied. Bei der *selbstregulierten Feedbackreflexion* (Selbstregulations-Bedingung) enthielt das kognitive Feedback folgende lösungsrelevante Hinweise (siehe Abbildung 2 oben): (1) korrekte Schaltung, (2) Hinweise zur korrekten Prüfung der Schaltung und korrektes Prüfergebnis, (3) weitere lernrelevante Hinweise sowie (4) den allgemeinen Hinweis, bei Fragen den Link zum Lernvideo (*modeling example*) zu nutzen. Die Lernenden waren aufgefordert (epistemische Feedbackkomponente, Abschnitt 1.1.3), die eigene Lösung selbstreguliert mit den lösungsrelevanten Hinweisen zu vergleichen und ggf. eigenständig zusätzliche unterstützende Informationsquellen zu nutzen. Das Feedback war unmittelbar nach der Bearbeitung eines Lernproblems verfügbar.



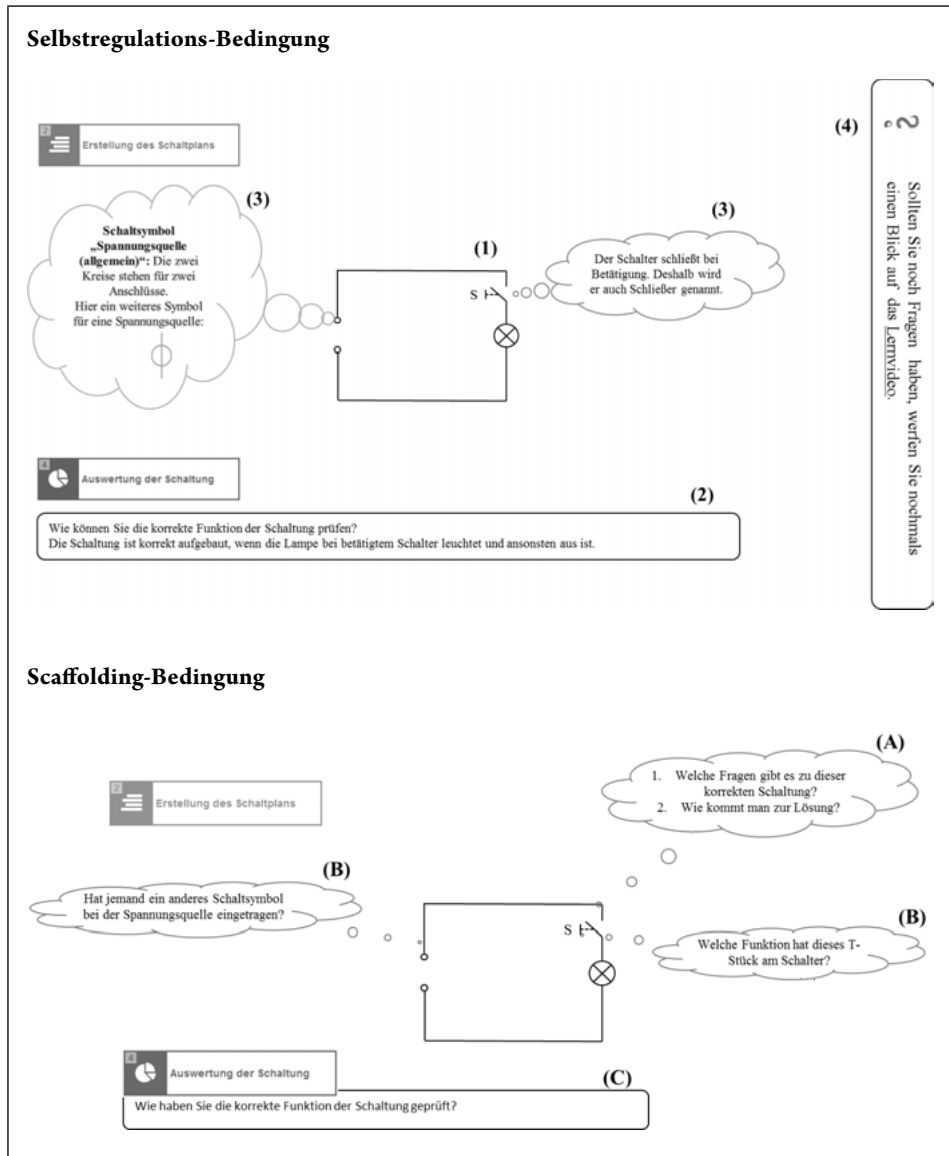


Abbildung 2: Angaben zu den Feedbackbedingungen

Bei der *Feedbackreflexion mit Scaffolding* (Scaffolding-Bedingung) wurde das kognitive Feedback durchweg vom selben Untersuchungsleiter mit einem Skript und Power-Point-Folien in mehreren Schritten gegeben (siehe Abbildung 2 unten). Der Untersuchungsleiter gab das Feedback im Klassenverband (soziale Einbindung) und aus organisatorischen Gründen zu definierten Zeitpunkten und jeweils für eine komplette Lernklasse. (A) Dabei blendete er im ersten Schritt den korrekten Schaltplan ein und fragte die Lernenden, welche Fragen sie dazu haben. Zudem fragte er in diesem Schritt,

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted.

This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2021

wie man zur Lösung kommt. (B) Im nächsten Schritt regte er die Reflexion mit weiteren lernrelevanten Fragen an. (C) Schließlich fragte er, wie die Lernenden die Funktion des Schaltplans mit der Simulation prüften. Falls die Lernenden keine Antwort(en) gaben, beantwortete er die Fragen selbst, und zwar entsprechend dem Skript, das dieselben Antworten enthielt wie die Selbstregulations-Bedingung. Andernfalls ergänzte er die Antworten der Schüler:innen entsprechend dem Skript. Im Falle falscher Aussagen korrigierte er, wobei er sich ebenfalls ans Skript bzw. an die in der Selbstregulations-Bedingung gegebenen Hinweise hielt. Das Scaffolding der Feedbackreflexion bestand also darin, dass die Lernenden die lösungsrelevanten Hinweise fokussiert, strukturiert und adaptiv (bedarfsbezogen) erhielten und ihre Aufmerksamkeit sowie der Gang der Reflexion durch Fragen „gelenkt“ wurden. Außerdem umfasste die epistemische Komponente der Scaffolding-Bedingung mehrere Fragen, die die Elaboration gezielt anregen sollten. Wichtig ist, dass in beiden Feedbackbedingungen prinzipiell alle lösungsrelevanten Hinweise zur Verfügung standen. Der Unterschied zwischen den Bedingungen bestand darin, dass diese Hinweise in der Selbstregulations-Bedingung ggf. eigenständig recherchiert werden mussten, während sie in der Scaffolding-Bedingung direkt erfragt werden konnten bzw. vom Untersuchungsleiter gegeben wurden. In beiden Feedbackbedingungen erhielten die Lernenden eine Rückmeldung zu den drei Aufgaben, die sie vor den Lernproblemen bearbeiteten.

## 2.5 Ablauf

Die Datenerhebung fand im Zeitraum von Oktober 2018 bis Mai 2019 an zwei Schultagen je Klasse statt. Das Interesse und die intrinsische Motivation sowie einige in Fußnote 1 genannte Merkmale wurden zu Beginn des ersten Tags erfasst (Erhebungszeit: 15 min). Anschließend fanden die Einführung in die Lernumgebung (20 min) und die Fördermaßnahme zur mechanischen Messtechnik inklusive des Prä- und Post-Tests statt (max. 210 min). Zur Erinnerung sei erwähnt, dass die Daten zur Mechanik-Intervention noch nicht ausgewertet wurden. Am zweiten Tag bearbeiteten die Lernenden den Fachttest zur elektrischen Messtechnik (25 min) sowie zur kognitiven Grundfähigkeit (20 min). Anschließend wurde in beiden Bedingungen mit dem entsprechenden computerbasierten Lehr-Lern-Arrangement individuell gelernt (max. 210 min). Beide Bedingungen unterschieden sich ausschließlich hinsichtlich der Feedbackreflexion. In der Scaffolding-Bedingung dauerte die Feedbackphase 20 Minuten, in der Selbstregulations-Bedingung wurde die Zeit für diese Phase selbst festgelegt. Einige Klassen lernten an Computern in einem Computerraum ihrer Schule ( $n=85$ ), andere an Tablets ( $n=66$ ) oder Notebooks ( $n=148$ ) in ihrem Klassenzimmer, wobei sich die Endgeräte unsystematisch auf die beiden Bedingungen verteilten. Nach der Intervention absolvierten die Lernenden den Fachttest nochmals (20 min). Abschließend bearbeiteten sie die drei Fragen zur Anstrengungsbereitschaft sowie drei Kurzskaalen (max. 10 min, siehe Fußnote 1). Alle Daten wurden Papier-basiert erhoben.



## 2.6 Statistische Analyse

Bei der statistischen Analyse folgten wir in Anlehnung an die Interventionsstudie von Schiefer et al. (2020) dem Standard des *What Works Clearinghouse* für die Auswertung quasi-experimenteller Studien (WHAT WORKS CLEARINGHOUSE, 2020, S. 13 ff.): Zunächst prüften wir die *baseline equivalence* der Merkmale, die mit der Intervention gefördert werden sollten. Getestet wurde also, ob es zwischen den Fachtestergebnissen (Gesamtskala und Subskalen) beider Gruppen relevante Unterschiede gegeben hatte. Der Standard schlägt eine Prüfung auf Basis des Effektstärkemaßes *Hedges g* vor und empfiehlt bei Gruppenunterschieden zwischen  $g=0.05$  und  $g=0.25$  eine statistische Adjustierung. Bei Unterschieden von  $g>0.25$  wird empfohlen, Studienergebnisse nicht zu interpretieren. Für die statistische Adjustierung wählten wir das ebenfalls dort vorgeschlagene Verfahren der Differenzwertanalyse. Fachliche Unterschiede vor der Intervention wurden also dadurch kontrolliert, dass das individuelle Prätestergebnis vom Posttestergebnis subtrahiert und nur der individuelle Zuwachs betrachtet wurde. Differenzwertanalysen wurden aus Reliabilitätsgründen lange Zeit als problematisch betrachtet (GOLLWITZER/JÄGER, 2009, S. 73), entsprechen mittlerweile aber dem *state of the art*, sofern die Korrelation von Prä- und Posttestergebnissen  $r\geq.60$  ist (WHAT WORKS CLEARINGHOUSE, 2020, S. 15). Die Gruppenunterschiede wurden entsprechend der Empfehlung von Kubinger, Rasch und Moder (2009) mit einem Welch-Test (GLASS/HOPKINS, 1996) geprüft. Um den Einfluss anderer lernrelevanter Merkmale auf den Effekt zu kontrollieren, führten wir zudem Kovarianzanalysen (ANCOVAs) durch.

Bei den statistischen Analysen wurde ein Signifikanzniveau von  $p\leq.05$  zugrunde gelegt. Bei den Welch-Tests wurde das Effektstärkemaß *Hedges g*, bei den ANCOVAs das partielle Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ) berechnet. Für die Interpretation der Effekte wurden folgende Konventionen verwendet (COHEN, 1988):  $g$  von 0.20 bis  $<0.50$  (kleiner Effekt),  $g$  von 0.50 bis  $<0.80$  (mittlerer Effekt),  $g\geq 0.80$  (starker Effekt);  $\eta^2=.01$  (kleiner Effekt),  $\eta^2=.06$  (mittlerer Effekt),  $\eta^2=.14$  (großer Effekt). Die Analysen wurden mit SPSS 27 (Korrelationen, ANCOVA) und R (Welch-Test,  $g$ ) durchgeführt, wobei das R-Package „effect-size“ (BEN-SHACHAR/LÜDECKE/MAKOWSKI, 2020) verwendet wurde.

## 3 Ergebnisse

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, liegen die Korrelationen zwischen allen erhobenen Merkmalen weitgehend im erwartbaren Bereich. Überraschend sind lediglich die geringen bzw. nicht signifikanten Korrelationen der intrinsischen Motivation mit den Fachtestergebnissen. Alle weiteren Maße korrelierten mit den Fachtestergebnissen dagegen substantiell. Besonders wichtig für die weiteren Analysen sind die Korrelationen zwischen den korrespondierenden Prä- und Post-Testergebnissen im Fachtest (Gesamtwerte und Subskalen): Sie lagen durchweg über .60 und erfüllten damit die Voraussetzung für Differenzwertanalysen.

Tabelle 3: Interkorrelationen der Fachtestmaße und lernrelevanten Merkmale (zweiseitig getestet)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
(1) Prä-Fachtest: Gesamtskala	-	.94***	.86***	.76***	.65***	.71***	.38***	.24***	.06 <i>p</i> = .31	.49***
(2) Prä-Fachtest: BPLK		-	.63***	.68***	.62***	.60***	.33	.25***	.07 <i>p</i> = .27	.45***
(3) Prä-Fachtest: Wissen			-	.68***	.53***	.71***	.36***	.16**	.04 <i>p</i> = .53	.44***
(4) Post-Fachtest: Gesamt				-	.92***	.86***	.37	.33	.17**	.46***
(5) Post-Fachtest: BPLK					-	.59***	.29***	.32***	.17**	.38***
(6) Post-Fachtest: Wissen						-	.39***	.27***	.11 <i>p</i> = .07	.46***
(7) Kognitive Grundfähigkeit							-	.06 <i>p</i> = .29	-.01	.06 <i>p</i> = .30
(8) Anstrengungsbereitschaft								-	.38***	.53***
(9) Intrinsische Motivation									-	.28***
(10) Themenspezifisches Interesse										-

Anmerkungen: Kennzeichnung der Signifikanzniveaus \*  $p \leq .05$ , \*\*  $p \leq .01$ , \*\*\*  $p \leq .001$ , bei nicht-signifikanten Korrelationen ist der p-Wert in Klammern angegeben.

Tabelle 4 stellt die Fachtestergebnisse beider Gruppen im Prä-Test dar. Die Lösungsquoten der Gruppen im Prä-Test lagen bei 44.2 % bzw. 47.1 % (Maximalpunktzahl Gesamtskala: 56). Mit Blick auf den fachlichen Bereich und die kognitiven Grundfähigkeiten gab es zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Die Effektstärken in den Fachtestmaßen zeigen an, dass eine statistische Adjustierung nötig ist. Signifikant und gering waren die Unterschiede bei den anderen Merkmalen (Tabelle 4).

Tabelle 4: Prä-Test: Mittelwerte (Standardabweichungen in Klammern) der Feedbackgruppen inklusive entsprechender Stichprobengröße, Testergebnis (Welch-Test) und Effektstärken (Hedges  $g$ )

	Scaffolding-Bedingung	Selbstregulations-Bedingung	Welch-Test (einseitiger Test)	$g$
Gesamtskala	24.74 (10.30) $n=133$	26.36 (12.64) $n=159$	$t(289.81)=1.21$ , $p=.23$	-0.14
Subskala: BPLK	12.50 (7.38) $n=130$	13.55 (7.83) $n=158$	$t(285.84)=1.18$ , $p=.24$	-0.11
Subskala: Wissen	12.24 (4.57) $n=133$	12.81 (5.70) $n=159$	$t(289.51)=0.95$ , $p=.34$	-0.14
Kognitive Grundfähigkeit	39.66 (7.67) $n=130$	39.74 (6.90) $n=158$	$t(262.54)=0.09$ , $p=.93$	0.01
Intrinsische Motivation	2.76 (0.99) $n=121$	3.04 (0.92) $n=149$	$t(248.80)=2.43$ , $p=.016$	0.30*
Anstrengungsbereitschaft	3.14 (1.12) $n=130$	3.58 (0.89) $n=150$	$t(245.45)=3.59$ , $p<.001$	0.44***
Themeninteresse	2.86 (1.19) $n=128$	3.45 (1.19) $n=159$	$t(271.60)=4.14$ , $p<.001$	0.49***

Anmerkungen: Kennzeichnung der Signifikanzniveaus: \*  $p \leq .05$ , \*\*  $p \leq .01$ , \*\*\*  $p \leq .001$

Tabelle 5 stellt die Differenzwertanalysen beider Gruppen dar. Hier trat beim Problemlösen zwischen den Gruppen ein kleiner Effektunterschied zugunsten der Scaffolding-Bedingung auf ( $g=0.24$ ), ansonsten waren keine Unterschiede feststellbar.



Tabelle 5: Mittlere Differenzwerte (Standardabweichungen in Klammern) der Feedbackgruppen inklusive entsprechender Stichprobengröße, Testergebnis (Welch-Test) und Effektstärken (Hedges  $g$ )

	Scaffolding-Bedingung	Selbstregulations-Bedingung	Welch-Test (einseitiger Test)	$g$
Gesamtskala	7.83 (8.04) $n=133$	6.89 (7.50) $n=159$	$t(272.10)=-1.02$ , $p=.16$	0.08
Subskala: BPLK	5.64 (6.68) $n=133$	3.97 (5.74) $n=159$	$t(262.13)=-2.25$ , $p=.013$	0.24*
Subskala: Wissen	2.19 (4.35) $n=133$	2.92 (3.51) $n=159$	$t(253.13)=1.55$ , $p=.94$	-0.15

Anmerkungen: Kennzeichnung der Signifikanzniveaus: \*  $p \leq .05$

Ergänzend wurde eine ANCOVA mit der kognitiven Grundfähigkeit als Kovariate gerechnet. Die motivationalen Merkmale wurden nicht einbezogen, da es hier signifikante Gruppenunterschiede gab (siehe Tabelle 4) und damit eine wichtige Voraussetzung für ANCOVAs nicht erfüllt war (FIELD, 2009, S. 397 f.). Auch bei Kontrolle der kognitiven Grundfähigkeit hatten die Feedbackbedingungen keinen Effekt auf das Gesamtergebnis (kognitive Grundfähigkeit:  $F(1, 278)=1.12$ ,  $p=.29$ ,  $\eta^2=.004$ ) und das Fachwissen (kognitive Grundfähigkeit:  $F(1, 278)=1.68$ ,  $p=.20$ ,  $\eta^2=.006$ ). Beim Problemlösen gab es dagegen wie bereits beim Welch-Test einen signifikanten Effekt (kognitive Grundfähigkeit:  $F(1, 278)=4.74$ ,  $p=.03$ ,  $\eta^2=.017$ ). Auch hier war der Effekt klein.

## 4 Diskussion

### 4.1 Zusammenfassung

In der Studie wurde der Effektunterschied zweier Feedbackvarianten untersucht, die Teil eines computerbasierten komplexen Lehr-Lern-Arrangements zur Förderung der beruflichen Problemlösekompetenz waren. Die Arrangements wurden im Sinne des Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modells (4C/ID) (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018) gestaltet und enthielten jeweils kognitives Feedback, das eine spezifische Form elaborierten Feedbacks darstellt und auf Feedbackreflexion zielt. In einer Feedbackbedingung regulierten die Auszubildenden die Feedbackreflexion selbst, in der anderen unterstützt durch ein Scaffolding. Im Anschluss an einschlägige Forschung wurde angenommen (SHUTE, 2008, S. 180), dass die Scaffolding-Bedingung bei Lernnovizen wirksamer ist als die Selbstregulations-Bedingung. Die Effekte beider Bedingungen wurden in elektro- und metalltechnischen Berufen mit einem Prä-Post-Test-Design quasi-experimentell bei Auszubildenden des ersten Ausbildungsjahrs, also Lernnovizen untersucht und verglichen. Beide Arrangements erwiesen sich als unterschiedlich effek-

tiv. Die Auszubildenden der Scaffolding-Bedingung lernten in Übereinstimmung mit der Forschungshypothese mehr als diejenigen der Selbstregulations-Bedingung. Dieser Effektunterschied war klein, nur im Bereich des Problemlösens beobachtbar, dort aber auch bei Kontrolle der kognitiven Grundfähigkeit festzustellen.

#### 4.2 Überlegungen zum Wirkmechanismus der Scaffolding-Bedingung

Der gefundene Effektunterschied wird auf die Unterstützung der Feedbackreflexion mit einem Scaffolding zurückgeführt. Scaffolding ist ein weiter Begriff, der unterschiedliche Maßnahmen bezeichnet (REISER/TABAK, 2014; VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 52 ff.). Hier umfasste das Scaffolding mehrere Schritte: In jedem Schritt stellte ein Testleiter ein oder zwei lernrelevante Fragen. Er wartete eventuelle Antworten der Lernenden ab und informierte bedarfsbezogen, wobei bedarfsbezogenes Informieren bedeutete, dass er Antworten der Lernenden entsprechend dem Feedbackskript ggf. ergänzte, diese ggf. korrigierte und im Falle ausbleibender Antworten die Antwort vollständig selbst gab. Danach ging er zum nächsten Schritt über etc.

Wie lässt sich der Effektvorteil dieser Scaffolding-Bedingung bzw. das Zustandekommen des Effektunterschieds theoretisch erklären? In der Selbstregulations-Bedingung kann die Feedbackreflexion als selbstregulierter Lernprozess aufgefasst werden. In der Studie wurde dieser Lernprozess von außen mit einem Prompt angeregt, der einforderte, dass die Lernenden die eigene Problemlösung mit der Musterlösung vergleichen. Ob bzw. in welcher Form der Prompt genutzt wurde und wie ggf. der anschließende Prozess aussah, konnte in der Studie nicht untersucht werden, weil dazu keine Daten vorlagen. Insofern kann hier im Rückgriff auf Theorien und einschlägige Befunde nur darüber spekuliert werden, wie der mit der Selbstregulations-Bedingung verbundene selbstregulierte Lernprozess abläuft und welcher Wirkmechanismus den Effektunterschied verursacht.

Im Falle der Übereinstimmung von eigener Lösung und Musterlösung könnte der Prozess zu einer Festigung der eigenen Lösung, d. h. des zugrundeliegenden mentalen Modells bzw. der angewandten kognitiven Strategie, führen. Im anderen Fall ist gut vorstellbar, dass Lernende zunächst die Unterschiede zwischen ihrer Lösung und der Musterlösung identifizieren und dann die Gründe der Abweichungen klären. Dabei greifen sie auf das Lernvideo bzw. *modeling example* zurück (siehe Abbildung 2 oben, Punkt 4). Sie studieren das Mustervorgehen und entdecken Unzulänglichkeiten ihrer kognitiven Strategie bzw. ihres mentalen Modells. Natürlich können hier Fragen offenbleiben oder neue Fragen entstehen. Zur Klärung dieser Fragen sind die weiteren lösungsrelevanten Hinweise des Feedbacks (siehe Abbildung 2 oben, Punkt 3), aber auch andere unterstützende Informationsmaterialien relevant (Tabellenbuch und Lehrfilme, siehe Abschnitt 2.3). Nach der Klärung der Fragen werden die generierten Informationen bewertet und ggf. elaboriert. Die Elaboration erfolgt mit dem Ziel, die neuen Informationen auf die eigene Strategie und das eigene mentale Modell zu beziehen und diese ggf. zu ergänzen, ausdifferenzieren und/oder umzustrukturieren (BUTLER/WINNE,

1995, S. 275). Auf diese Weise trägt die selbstregulierte Feedbackreflexion zur Verbesserung der Problemlösekompetenz bei. Bei Lernnovizen, d.h. Personen mit wenig einschlägigem Vorwissen lauern im skizzierten Prozess einige Gefahren: (1) Im Licht der Cognitive-Load-Theorie (SWELLER, 2011) kann eine hohe lernhinderliche kognitive Belastung (*extraneous load*) auftreten und dazu führen, dass wenig Arbeitsgedächtniskapazität für Lernen (*germane load*), d.h. das Generieren neuer Informationen und Elaborieren übrigbleibt. Eine lernhinderliche Belastung resultiert z. B. aus dem kognitiven Aufwand, der mit der Suche und Auswahl geeigneter Informationsmaterialien verbunden ist. (2) Aus Sicht der Theorie der fokussierten Informationsverarbeitung (RENKL/ATKINSON, 2007) riskiert die Offenheit der Selbstregulations-Bedingung, dass Nebensächlichkeiten und nicht die lernrelevanten Inhalte fokussiert werden. Interaktive Lernumgebungen mit verführerischen Details verleiten Lernende mitunter dazu, den Aufmerksamkeitsfokus unangemessen zu setzen und Konzepte falsch zu priorisieren (ebd.). (3) Aus der Perspektive der Forschung zum selbstregulierten Lernen (BUTLER/WINNE, 1995) schließlich kann der Prozess u. a. aus motivationalen Gründen nicht in Gang kommen, suboptimal verlaufen oder aus volitionalen Gründen vorzeitig abgebrochen werden. Gut möglich ist, dass die verfügbaren Informationsmaterialien, denen in dieser Studie prinzipiell alle lernrelevanten Informationen zu entnehmen waren, in der Selbstregulations-Bedingung nicht ausreichend genutzt oder das computerbasierte Feedbackangebot teilweise übergangen wird (VAN DER KLEIJ ET AL., 2015, S. 482). Die zitierten Studien liefern mehrere Rationale und Befunde, dass die genannten Punkte Lernen (erheblich) behindern können. Die hier untersuchte Scaffolding-Bedingung beinhaltet mehrere Fragen, um die Reflexion in Gang zu bringen, Elaboration anzuregen und die Aufmerksamkeit der Lernenden auf lernrelevante Inhalte zu lenken. Durch das bedarfsbezogene Informieren begünstigt sie außerdem das fokussierte, d.h. lehrzieladäquate Generieren neuer Informationen. Schließlich ermöglicht sie soziale Interaktionen und darüber das motivationsförderliche Gefühl der sozialen Eingebundenheit (DECI/RYAN, 2000).

Die genannten Punkte und deren Zusammenspiel könnten erklären, warum und auf welche Weise der Effektivvorteil der Scaffolding-Bedingung zustande kam. Sie umreißen einen Wirkmechanismus, der auf den folgenden Wirkprinzipien beruht: lernförderliche Informationsverarbeitung (hohe lernbezogene, geringe lernirrelevante kognitive Belastung), fokussierte Informationsverarbeitung, Elaboration und soziale Einbindung. Ob bzw. inwiefern diese theoretisch gut fundierten Prinzipien tatsächlich für den Effektunterschied verantwortlich sind, lässt sich mit den Daten der Studie nicht seriös prüfen. Hier sind zweifellos (viele) weitere Studien nötig, in denen der skizzierte Wirkmechanismus und die Wirkprinzipien theoretisch weiter zu elaborieren und sorgfältig empirisch zu prüfen wären.



### 4.3 Implikationen

#### 4.3.1 *Unterrichts- und Ausbildungspraxis*

Die Studie trägt zur Klärung der Frage bei, ob instruktionale Variationen im Bereich der Feedbackreflexion des kognitiven Feedbacks einen Einfluss auf die Effektivität komplexer Lehr-Lern-Arrangements zur Förderung beruflicher Problemlösekompetenz haben. Gezeigt hat sich, dass eine solche Variation effektrelevant sein kann. Dies ist sowohl für die Unterrichts- als auch die Ausbildungspraxis bedeutsam. Falls die berufliche Problemlösekompetenz bei Lernnovizen mit einem kognitiven Feedback gefördert werden soll, spricht das Studienergebnis für eine Feedbackreflexion mit Scaffolding. Alternativ bzw. ergänzend kann das Ergebnis so gedeutet werden, dass vor einem kognitiven Feedback ohne Scaffolding die selbstregulierte Feedbackreflexion gefördert werden sollte.

#### 4.3.2 *Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell (4C/ID)*

Im Rahmen des 4C/ID wird empfohlen, die Feedbackreflexion beim kognitiven Feedback durch spezifische Maßnahmen (z. B. Prompts) anzuregen, den Reflexionsprozess aber von den Lernenden selbst regulieren zu lassen (VAN MERRIËNBOER/KIRSCHNER, 2018, S. 159). Das Ergebnis dieser Studie weist darauf hin, dass das kognitive Feedback bei Lernnovizen an Effektivität gewinnen kann, wenn sein Reflexionsteil um ein Scaffolding ergänzt wird. Vor diesem Hintergrund kann gefragt werden, ob die Empfehlung von 4C/ID zum kognitiven Feedback zu ergänzen wäre, und zwar um die hier untersuchte Scaffolding-Variante sowie die Bedingung, unter denen sie effektiv ist (bei Lernnovizen). Dafür ist weitere Forschung nötig, in der zu untersuchen wäre, ob sich der gefundene Effektunterschied replizieren und generalisieren lässt. Das wären zentrale Voraussetzungen einer Modifikation von 4C/ID.

#### 4.3.3 *Berufliche Lehr-Lern-Forschung*

Beide Feedbackbedingungen waren in der vorliegenden Studie nur Teil des kognitiven Feedbacks. Das kognitive Feedback wiederum repräsentierte nur ein einzelnes Element eines komplexen Lehr-Lern-Arrangements zur Förderung der beruflichen Problemlösekompetenz. Das Arrangement umfasste mehrere Elemente (einige Lernprobleme, Zugang zu einer Computersimulation, unterstützende Informationsmaterialien und prozedurale Hinweise sowie Teilaufgaben zum Üben). Die Lernenden konnten bis zu 210 Minuten mit diesem Arrangement lernen, weniger als 10% der Interventionszeit (20 min) entfiel in der Scaffolding-Bedingung auf das kognitive Feedback. Vor diesem Hintergrund kann es durchaus überraschen, dass in der Studie überhaupt ein Effektunterschied gefunden wurde. Denn sowohl zeitlich als auch strukturell waren die bei-

den Feedbackbedingungen nur ein relativ kleiner Ausschnitt eines komplexen Arrangements. Möglicherweise ist das auch ein Grund für den kleinen Effektunterschied.

Für eine berufliche Lehr-Lern-Forschung, die an der Veränderung der Ausbildungspraxis interessiert ist, ist dieser Befund in folgender Hinsicht bedeutsam: Bereits relativ kleine instruktionale Variationen komplexer Lehr-Lern-Arrangements können offensichtlich effektrelevant sein. Studien, die sich darauf konzentrieren, den Effektunterschied von Lehr-Lern-Arrangements zu ermitteln (z. B. PETSCH ET AL., 2014), oder in denen Fördermaßnahmen auf einen spezifischen Kontext hin optimiert werden – wie z. B. im Ansatz des Design-Based Research (APREA, 2013, S. 11 ff.) – können für eine spezifische Praxis außerordentlich wertvoll sein. Sie sind aber mit einem praxisrelevanten Problem verbunden: Aufgrund spezifischer Gegebenheiten können die entwickelten und evaluierten Fördermaßnahmen in der Praxis oft nicht originalgetreu umgesetzt werden. Vor dem Hintergrund des erwähnten Befunds dieser Studie ist dann fraglich, welche Veränderungen vorgenommen werden können, ohne die gefundenen Effekte zu gefährden. Unter dem Effektivitätskriterium lässt sich diese Frage rational nur mit Wissen zu zugrundeliegenden Wirkmechanismen und -prinzipien beantworten. Solches Wissen wird in den erwähnten Studien nicht zur Verfügung gestellt. Es ist auch überhaupt nicht das Ziel dieser Studien. Dort werden andere wertvolle Ziele verfolgt! In der hier vorgelegten Studie wurde versucht, den Wirkmechanismus der Scaffolding-Bedingung auf Basis etablierter Theorien und empirischer Befunde zu modellieren. Allerdings konnte diese Modellierung mit den erhobenen Daten nicht geprüft werden. Um einen Wirkmechanismus seriös zu prüfen, werden Studien benötigt, in denen der Mechanismus zunächst theoretisch modelliert und anschließend mit einem intern validen Studiendesign empirisch geprüft wird. Da sich Wirkmechanismen auf Prozesse beziehen, werden dafür nicht nur Daten zum Lernerfolg, sondern auch Prozessdaten benötigt. Eine besondere Herausforderung der beruflichen Lehr-Lern-Forschung dürfte sein, in solchen Studien auch eine zufriedenstellende externe Validität zu erreichen.

#### 4.4 Grenzen der Studie und offene Fragen

Überraschend war, dass der Effektunterschied nur beim Problemlösen und nicht beim Fachwissen auftrat. Dies könnte an der vergleichsweise geringen Reliabilität der Fachwissensdiagnostik liegen, also ein methodisches Artefakt sein. Bekannt ist, dass Interventionseffekte v. a. in dem Bereich feststellbar sind, auf den eine Intervention besonders abzielt (z. B. PETSCH ET AL., 2014). Die hier untersuchte Intervention wurde mithilfe von 4C/ID entwickelt. 4C/ID fokussiert die Förderung komplexer Lernresultate wie berufliche Problemlösekompetenz. Auch das könnte ein Grund sein, warum der Effekt nur beim Problemlösen gefunden wurde.

Eine Grenze der Studie könnte darin gesehen werden, dass es zwischen den Lernenden beider Bedingungen im Bereich der intrinsischen Motivation, Anstrengungsbereitschaft und Themeninteresse signifikante Unterschiede gab. Zu beachten ist allerdings, dass die Scaffolding-Bedingung effektiver war, obwohl die Lernenden dort die ungüns-



tigeren Lernvoraussetzungen aufwiesen, was den gefundenen Effektunterschied eher stützt als fraglich erscheinen lässt.

Bei genauer Betrachtung unterschieden sich beide Feedback-Bedingungen nicht nur hinsichtlich des Scaffoldings, sondern auch mit Blick auf den Feedbackkanal. Lernende der Selbstregulations-Bedingung lernten ausschließlich computerbasiert, Lernende der Scaffolding-Bedingung in der Phase des kognitiven Feedbacks auch über den mündlichen Kanal. Angesichts des Befunds der Metaanalyse von WISNIEWSKI ET AL. (2020, S. 12), wonach der Feedbackkanal für den Feedbackeffekt bedeutungslos ist, scheint die Annahme gerechtfertigt, dass dieser Kanalunterschied hier unbedeutend ist. Natürlich wäre auch das im Zweifelsfall empirisch zu prüfen. Ergänzt sei, dass die potentiell motivierende Wirkung der sozialen Interaktion bzw. sozialen Eingebundenheit in der Scaffolding-Bedingung als Scaffolding-Effekt gedeutet wird; soziale Einbindung wird als externe Unterstützung der Lernenden betrachtet. Der Einfluss der sozialen Scaffolding-Komponente ließe sich mit einer intelligenten computerbasierten Feedbackumgebung untersuchen, die auf demselben Level wie Menschen bedarfsbezogen informiert. Solche intelligenten Computerumgebungen sind uns für komplexe Lernresultate wie berufliche Problemlösekompetenz nicht bekannt und wohl erst noch zu entwickeln.

In der Selbstregulations-Bedingung war das kognitive Feedback unmittelbar nach der Problemlösung verfügbar, in der Scaffolding-Bedingung wurde es aus organisatorischen Gründen zu definierten Zeitpunkten für eine Lernklasse summarisch gegeben. Unter der Annahme, berufliche Problemen stellen eher schwierige als leichte Anforderungen, ist im Anschluss an SHUTE (2008, S. 179) anzunehmen, dass ein unmittelbares Feedback in diesem Fall wirkungsvoller ist als ein zeitverzögertes. Dementsprechend hätte die Selbstregulations-Bedingung effektiver sein müssen als die Scaffolding-Bedingung, was aber nicht der Fall war. Der Timingunterschied scheint also keine plausible Alternativerklärung für den Effektunterschied, könnte ihn aber verringert haben. Betont sei ferner, dass sich der Effektunterschied auch durch Informationsunterschiede nicht plausibel erklären lässt. Denn sowohl in der Scaffolding-Bedingung als auch in der Selbstregulations-Bedingung konnten prinzipiell alle lernrelevanten Informationen generiert werden. Der Unterschied bestand lediglich darin, dass der Informierungsvorgang in der einen Bedingung selbstreguliert erfolgte bzw. erfolgen sollte, wogegen er in der anderen Bedingung vom Testleiter übernommen wurde. Offen ist dagegen, ob der Befund damit zusammenhängt, dass das Feedback in einem Fall summarisch für eine ganze Lernklasse gegeben wurde und im anderen Fall direkt nach einem Lernproblem verfügbar war.

Schließlich wäre eine Studie erkenntnisreich, in der die differenziellen Effekte beider Bedingungen untersucht werden. Im Sinne des beschriebenen Wirkmechanismus müssten Lernende mit günstigen kognitiven und motivationalen Voraussetzungen in der Selbstregulations-Bedingung mehr lernen als Lernende mit entsprechenden ungünstigen Voraussetzungen.

#### 4.5 Fazit

Auszubildende sollen in der Ausbildung lernen, berufliche Probleme zu lösen. Studien belegen allerdings, dass ein beachtlicher Anteil von Auszubildenden dieses Ziel nicht erreicht (NICKOLAUS ET AL., 2012; SEEBER/SEIFRIED, 2019; SIEGFRIED ET AL., 2019). Die berufliche Problemlösekompetenz wird in der beruflichen Ausbildung also nicht ausreichend effektiv gefördert.

Die präsentierte Studie leistet einen (sehr) kleinen Beitrag zur Lösung dieses komplexen Problems: Ihre Ergebnisse sprechen dafür, dass sich die berufliche Problemlösekompetenz bei Lernnovizen mit einem kognitiven Feedback etwas effektiver fördern lässt, wenn die Feedbackreflexion nicht – wie in 4C/ID vorgeschlagen – selbstreguliert erfolgt, sondern um das hier beschriebene Scaffolding ergänzt wird, und zwar auch dann, wenn das Feedback Teil eines komplexen Lehr-Lern-Arrangements ist.

Für die praktische Nutzung dieses Befunds wäre es außerordentlich wichtig, den zugrundeliegenden Wirkmechanismus und die -prinzipien zu kennen; daraus ließen sich Prinzipien zur Gestaltung des Scaffoldings gewinnen. Die Studienergebnisse wurden in Verbindung mit Theorien und empirischen Befunden genutzt, den Mechanismus und die Prinzipien zu modellieren. Die empirische Belastbarkeit dieser Modellierung konnte in der Studie nicht untersucht werden, ist also in Folgestudien zu klären. Ob resultierende Befunde oder, allgemeiner gesprochen, Befunde zur effektiven Förderung beruflicher Problemlösekompetenz allerdings praktisch Wirkung entfalten, hängt freilich nicht nur von den entsprechenden Forschungsbemühungen, sondern auch davon ab, ob und auf welche Weise einschlägige Erkenntnisse Eingang in die Lehrkräftebildung und Ausbildungspraxis finden.

#### 5 Literatur

- APREA, C. (2013). Lehr-Lernforschung als Grundlage der Didaktik beruflicher Bildung. *Berufs- und Wirtschaftspädagogik Online: bwp@*, 24, 1–25.
- AUTORENGRUPPE BILDUNGSBERICHTERSTATTUNG. (2020). *Bildung in Deutschland 2020*. wbv.
- BEN-SHACHAR, M. / LÜDECKE, D. / MAKOWSKI, D. (2020). Effectsize: Estimation of Effect Size Indices and Standardized Parameters. *Journal of Open Source Software*, 5(56), 2815. <https://doi.org/10.21105/joss.02815>.
- BUTLER, D. L. / WINNE, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of educational research*, 65(3), 245–281.
- COHEN, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Erlbaum.
- COLLINS, A. / FERGUSON, W. (1993). Epistemic forms and epistemic games: Structures and strategies to guide inquiry. *Educational psychologist*, 28(1), 25–42.
- CONRAD, M. (2020). *Emotionales Erleben und Wissenserwerb im computergestützten Wirtschaftsunterricht*. Springer.
- DAVIS, E. A. (2003). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 91–142.

- DECI, E. L. / RYAN, R. M. (2000). The „What“ and „Why“ of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. [https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104\\_01](https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01).
- EUROPEAN COMMISSION (2020). *Digital education action plan 2021–2027*. [https://ec.europa.eu/education/sites/default/files/document-library-docs/deap-communication-sept2020\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/education/sites/default/files/document-library-docs/deap-communication-sept2020_en.pdf) [28.06.2021].
- FIELD, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS (and sex and drugs and rock'n'roll)*. Sage.
- GERJETS, P. / SCHEITER, K. (2019). Digitale Medien in Unterrichtskontexten. In O. KÖLLER / M. HASSELHORN / F. W. HESSE / K. MAAZ / J. SCHRADER / H. SOLGA / C. K. SPIESS / K. ZIMMER (Hrsg.), *Das Bildungswesen in Deutschland: Bestand und Potenziale* (S. 865–894). utb.
- GLASS, G. / HOPKINS, K. (1996). Statistical methods in education and psychology. *PsycCRITIQUES*, 41(12).
- GOLLWITZER, M. / JÄGER, R. S. (2009). *Evaluation kompakt: Workbook*. Beltz.
- GRAESSER, A. C. / MCNAMARA, D. S. / VANLEHN, K. (2005). Scaffolding deep comprehension strategies through Point&Query, AutoTutor, and iSTART. *Educational psychologist*, 40(4), 225–234.
- GUASCH, T. / ESPASA, A. / ALVAREZ, I. M. / KIRSCHNER, P. A. (2013). Effects of feedback on collaborative writing in an online learning environment. *Distance Education*, 34(3), 324–338. <https://doi.org/10.1080/01587919.2013.835772>.
- HÄBERLE, G. D. / HÄBERLE, H. O. / ISELE, D. / JÖCKEL, H. W. / KRALL, R. / SCHIEMANN, B., SCHMID, D. / SCHMITT, S. / TKOTZ, K. (2018). *Tabellenbuch Elektrotechnik: Tabellen, Formeln, Normenanwendungen*. Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Company KG.
- HATTIE, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- KIRSCHNER, P. A. / VAN MERRIËNBOER, J. J. G. (2013). Do Learners Really Know Best? Urban Legends in Education. *Educational Psychologist*, 48(3), 169–183. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.804395>.
- KNÖLL, B. / GSCHWENDTNER, T. / NICKOLAUS, R. / ZIEGLER, B. (2007). Motivation in der elektrotechnischen Grundbildung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 103(3), 397–415.
- KUBINGER, K. D. / RASCH, D. / MODER, K. (2009). Zur Legende der Voraussetzungen des t-Tests für unabhängige Stichproben. *Psychologische Rundschau*, 60(1), 26–27. <https://doi.org/10.1026/0033-3042.60.1.26>.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (2017). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie\\_2017\\_mit\\_Weiterbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf) [28.06.2021].
- KUNTER, M. / KLUSMANN, U. / BAUMERT, J. (2009). Professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Das COACTIV-Modell. In O. ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA / K. BECK / D. SEMBILL / R. NICKOLAUS / R. MULDER (Hrsg.), *Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 153–165). Beltz.
- LEPPINK, J. / PAAS, F. / VAN DER VLEUTEN, C. P. M. / VAN GOG, T. / VAN MERRIËNBOER, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>.
- NARCISS, S. (2020). Feedbackstrategien für interaktive Lernaufgaben. In H. M. NIEGEMANN / A. WEINBERGER (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 369–392). Springer.
- NICKOLAUS, R. / ABELE, S. / GSCHWENDTNER, T. / NITZSCHKE, A. / GREIFF, S. (2012). Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen. Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 108(2), 243–277.
- PAAS, F. / RENKL, A. / SWELLER, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational psychologist*, 38(1), 1–4. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_1](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1).

- PETSCH, C. / NORWIG, K. / NICKOLAUS, R. (2014). Kompetenzförderung leistungsschwächerer Jugendlicher in der beruflichen Bildung – Förderansätze und ihre Effekte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17(1), 81–101. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0457-2>.
- POPOVA, A. / KIRSCHNER, P. A. / JOINER, R. (2014). Effects of primer podcasts on stimulating learning from lectures: How do students engage? *British Journal of Educational Technology*, 45(2), 330–339. <https://doi.org/10.1111/bjet.12023>
- PRENZEL, M. / DRECHSEL, B. (1996). Ein Jahr kaufmännische Erstausbildung: Veränderungen in Lernmotivation und Interesse. *Unterrichtswissenschaft*, 24(3), 217–234.
- PRENZEL, M. / KRISTEN, A. / DENGLER, P. / ETTLE, R. / BEER, T. (1996). Selbstbestimmt motiviertes und interessiertes Lernen in der kaufmännischen Erstausbildung. In K. BECK / H. HEID (Hrsg.), *Lehr-Lern-Prozesse in der kaufmännischen Erstausbildung. Wissenserwerb, Motivierungsgeschehen und Handlungskompetenzen (Beiheft 13 der Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik)* (S. 108–127). Steiner.
- RAMM, G. / PRENZEL, M. / BAUMERT, J. / BLUM, W. / LEHMANN, R. / LEUTNER, D. / NEUBRAND, M. / PEKRUN, R. / ROLFF, H.-G. / ROST, J. (2006). *PISA 2003: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann.
- REISER, B. J. / TABAK, I. (2014). Scaffolding. In R. K. SAWYER (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Second Edition* (S. 44–62). Cambridge University Press.
- RENKL, A. / ATKINSON, R. K. (2007). *Interactive learning environments: Contemporary issues and trends. An introduction to the special issue*. Springer.
- SCHIEFER, J. / STARK, L. / GASPARD, H. / WILLE, E. / TRAUTWEIN, U. / GOLLE, J. (2020). Scaling up an extracurricular science intervention for elementary school students: It works, and girls benefit more from it than boys. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 784–807. <https://doi.org/10.1037/edu0000630>.
- SEEBER, S. / SEIFRIED, J. (2019). Herausforderungen und Entwicklungsperspektiven der beruflichen Bildung unter veränderten Rahmenbedingungen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22(3), 485–508. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00876-2>.
- SHUTE, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/003465430731795>.
- SIEGFRIED, C. / KÖGLER, K. / RAUSCH, A. / SEIFRIED, J. / WUTTKE, E. / EIGENMANN, R. (2019). Individuelle und kontextuelle Einflussfaktoren domänenspezifischer Problemlösekompetenz in der kaufmännischen Ausbildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22(4), 989–1017. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00892-2>.
- SPINATH, B. / STIENSMEIER-PELSTER, J. / SCHÖNE, C. / DICKHÄUSER, O. (2012). *Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation-SELLMO 2*. Göttingen: Hogrefe.
- SWELLER, J. (2011). Cognitive load theory. In J. P. MESTRE / B. H. ROSS (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation: Cognition in education* (S. 37–76). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>.
- VAN DER KLEIJ, F. M. / FESKENS, R. C. W. / EGGEN, T. J. H. M. (2015). Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students' Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 85(4), 475–511. <https://doi.org/10.3102/0034654314564881>.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. / KIRSCHNER, P. A. (2018). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design*. Routledge.
- WHAT WORKS CLEARINGHOUSE (2020). *Standards Handbook, Version 4.1*. U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance. <https://ies.ed.gov/ncee/wwc/Docs/referenceresources/WWC-Standards-Handbook-v4-1-508.pdf> [28.06.2021].
- WIEMAN, C. E. / ADAMS, W. K. / PERKINS, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683.

- WISNIEWSKI, B. / ZIERER, K. / HATTIE, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology, 10*, 3087. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>.
- ZIEGLER, A. / STÖGER, H. / GRASSINGER, R. (2010). Diagnostik selbstregulierten Lernens mit dem FSL-7. *Journal für Begabtenförderung, 10*(1), 24–33.

STEPHAN ABELE

Technische Universität Dresden, Fakultät Erziehungswissenschaften,  
Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Professur für Berufspädagogik,  
01062 Dresden, stephan.abele@tu-dresden.de

JENNIFER SCHAUER

Technische Universität Dresden, Fakultät Erziehungswissenschaften,  
Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Professur für Berufspädagogik,  
01062 Dresden, jennifer.schauer@tu-dresden.de

MARTIN KENNER

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und  
Technikpädagogik, Stellv. Abteilungsleiter, Geschwister-Scholl-Straße 24 D  
70174 Stuttgart, kenner@bwt.uni-stuttgart.de

ANDREAS LEON

Technische Universität Dresden, Fakultät Erziehungswissenschaften,  
Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Professur für Berufspädagogik,  
01062 Dresden, andreas.leon@tu-dresden.de

