

Hannes Schray (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg)

Bernd Geißel (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg)

**Cognitive Apprenticeship als Gestaltungsansatz für die
Fehlersuche im allgemein bildenden
Elektrotechnikunterricht**

Herausgeber

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Daniel Pittich

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

Hannes Schray & Bernd Geißel (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg)

Cognitive Apprenticeship als Gestaltungsansatz für die Fehlersuche im allgemein bildenden Elektrotechnikunterricht

Zusammenfassung

Techniklehrer/innen der Sekundarstufe 1 präferieren in ihrer Methodenwahl inhaltsun-spezifisch die Fertigungsaufgabe. Im Themenbereich der Elektrotechnik bedeutet dies meist, dass Lernenden im technikbezogenen Unterricht vor die Aufgabe gestellt werden, anhand eines Schaltplans die jeweiligen Bauteile auf eine entsprechende Platine zu löten. Hierbei bleibt den Schüler/innen jedoch bei auftretenden Funktionsstörungen aufgrund von Zeitmangel bzw. messtechnischen Barrieren kaum die Möglichkeit einer adäquaten Fehler-behebung. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich daher mit der Frage, ob und wenn ja, inwieweit der aus dem Diskurs zum situierten Lernen entstandene Cognitive Apprenticeship Ansatz einen Effekt auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung von Schüler/innen im allgemeinbildenden Elektrotechnikunterricht hat.

Schlüsselwörter: Situiertes Lernen, Kognitive Meisterlehre, Technikunterricht, Fehlersuche

Cognitive Apprenticeship as design approach for troubleshooting in electrical engineering lessons

Abstract

Technology teachers prefer in their choice of method, content unspecific, the manufacturing task. In the subject area of electrical engineering this usually means that most learners in the technology-related lessons at secondary level 1 are set to the task to solder the corresponding components to a matching board with the aid of circuit diagram. In the event of malfunctions, caused by lack of time or measuring-technical barriers, pupils scarcely have the opportunity to implement an adequate error correction. Therefore, the present report is deemed to examine the question whether – and if so, how – the approach of Cognitive Apprenticeship that originated from the discourse of situated learning, has an effect on the skills and motivational development of pupils in the course of general electrical engineering lessons

Keywords: Situated learning, Cognitive Apprenticeship, problem solving, technical education

1 Ausgangslage und aktueller Forschungsstand

1.1 Einführung

Elektronische Schaltungen prägen den Alltag von Schüler/innen ungemein. Radios, Lichtorgeln, Alarmanlagen oder Gitarren-Verzerrer sind nur einige Beispiele dafür. Die aktuellen Bildungspläne für den technikbezogenen Unterricht haben das Themenfeld der Elektrotechnik zudem als einen wichtigen Bestandteil in ihrem Curriculum verankert (vgl. KMK Datenbankabfrage 2016). Als zentrale Lerninhalte werden dabei *Schaltpläne*, *Bauteile der Elektronik* sowie das *Löten*, *Messen und Prüfen* und die *Fehlersuche an elektronischen Schaltungen* genannt (vgl. bspw. Babendererde 2013). So gibt u. a. der Bildungsplan in Baden-Württemberg für die Sekundarstufe 1 vor, das Schüler/innen „Baulemente aufgaben- und funktionsbezogen bestimmen und auswählen“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016, S. 19), „zu einer Schaltung ein Platinenlayout entwickeln und die Schaltung realisieren“ (ebd., S. 20) sowie an elektronischen Schaltungen „Fehler erkennen und selbstständig Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung durchführen“ (ebd.) können. In der methodischen Umsetzung zeigt sich in Anlehnung an die rein deskriptiv angelegte Studie von Bleher (2001) zum Methodenrepertoire von Lehrer/innen des Fachs Technik sowie die auf elektronische Themen beschränkte Literaturanalyse im deutschsprachigen Raum von Schray & Geißel (2016a), dass im allgemeinbildenden Technikunterricht von Lehrenden in der Methodenwahl mit 57,6 % meist die Fertigungsaufgabe favorisiert wird. Für die Unterrichtspraxis bedeutet dies überwiegend, dass Lernende anhand eines vorgegebenen Schaltplans die jeweiligen Bauteile auf die entsprechende Platine einlöten. In Anlehnung an Hüttner (2009) ist hierbei allerdings anzunehmen, dass durch das bloße Herstellen von Werkstücken bei den Schüler/innen primär fertigungsbezogene Kompetenzen gefördert werden (vgl. ebd., S. 166ff.). Weitere und v. a. auch anspruchsvollere elektrotechnische Kompetenzen wie beispielsweise die Fehlersuche können nur dann einbezogen werden, wenn im Anschluss an den Fertigungsprozess (eigentlich unerwünschte) Funktionsfehler und -störungen auftreten. Der unterrichtsgestalterische Fokus auf die Herstellung erscheint jedoch bereits aus analytischer Perspektive wenig erfolgreich, da allein durch die Fertigung bzw. den Aufbau von elektronischen Schaltungen nach Anleitung die Lernenden in eine eher rezeptive Lernerrolle gedrängt werden, die keine Zeit für mögliche Übungsphasen der Fehlersuche erlauben.

Nachdem in vorherigen Arbeiten der Forschergruppe verschiedene Schaltungsvarianten für die Fehlersuche für die Sekundarstufe 1 identifiziert, auf 50 x 50 mm Platinen gefertigt und im allgemeinbildenden Technikunterricht in Baden-Württemberg erprobt wurden (vgl. Schray & Geißel 2016a, 2016b), wird im vorliegenden Beitrag in einer Pilotstudie¹ mit Experimental-Kontrollgruppen-Design eine Unterrichtsgestaltung auf Basis einer (moderat) konstruktivistischen Auffassung von Lernen evaluiert, welche die Schüler/innen durch die

¹ Die Untersuchung wurde aus Mitteln der Forschungsförderungsstelle der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg unterstützt.

Konfrontation mit dem realen Lerngegenstand befähigen soll, sich elektrotechnische Kompetenzen strukturiert und selbstständig zu erarbeiten.

1.2 Stand der Forschung

Zu Effekten didaktisch-methodischer Gestaltungsvarianten für den technikbezogenen Unterricht in der Sekundarstufe 1 lassen sich nur vereinzelt empirische Studien anführen (vgl. bspw. Bleher 2001, Theuerkauf, Meschenmoser, Meier & Zöllner 2009; Walker 2013; Goreth, Geißel & Rehm 2015). Erste Ideen zur Entwicklung von Lernumgebungen für den Technikunterricht auf der Basis situierten Lernens, ohne dass diese jedoch evaluiert wurden, lassen sich bei Bünning & Faustin (2014) finden². Für das hier verfolgte Ziel, elektrotechnische Kompetenzen zur Fehlersuche effektiv fördern zu können, liegen aus der Technikdidaktik bisher noch keine Arbeiten vor. Mögliche Anknüpfungspunkte sind daher den verwandten Forschungsfeldern der (Pädagogischen) Psychologie sowie der gewerblich-technischen Berufsbildung zu entnehmen.

Die (Pädagogische) Psychologie ordnet die Fehlersuche als ein Teilgebiet des Problemlösens ein (vgl. Greiff, Kretschmar & Leutner 2014). Eine umfassende Übersicht verschiedener theoretische Zugänge, die sich mit dem Lösen von Problemen beschäftigen, gibt u. a. Funke (2003). Nach Hussy (1984) versteht man unter Problemlösen „[...] das Bestreben, einen gegebenen Zustand (Ausgangs- oder Ist-Zustand) in einen anderen, gewünschten Zustand (Ziel- oder Soll-Zustand) zu überführen, wobei es gilt, eine Barriere zu überwinden, die sich zwischen Ausgangs- und Zielzustand befindet“ (ebd., S. 114). Eine Konzeptualisierung dieser Barrieren, klassifiziert nach Bekanntheitsgrad der Mittel und Klarheit der Zielkriterien, lässt sich bei Dörner (1976) finden (vgl. Tab. 1).

		Klarheit der Zielkriterien	
		hoch	gering
Bekanntheitsgrad der Mittel	hoch	Interpolationsbarriere	Dialektische Barriere
	gering	Synthesebarriere	Dialektische & Synthesebarriere

Tabelle 1: Problemtypen nach Art der Barrieren nach Dörner (1976)

In der vorliegenden Pilotstudie kann davon ausgegangen werden, dass Schüler/innen der 9. und 10. Jahrgangsstufe der Realschule je nach ihrem individuellen Wissensstand einer Interpolations- bzw. Synthesebarriere gegenüberstehen, da die Funktion der eingesetzten Schaltung ohne implementierte Fehler prinzipiell bekannt sein sollte (bspw. leuchtet die Leuchtdiode (LED), wenn der lichtabhängige Widerstand (LDR) abgedunkelt wird?).

² Die Autoren stellen die Multimediaanwendung Cognito zur Umsetzung technikedidaktischer Themen nach dem Anchored Instruction-Ansatz sowie dem Cognitive Apprenticeship Ansatz vor. Beispielhaft werden dabei u. a. die Themen „Der Bau einer Solarlampe“, „Entwicklung eines Traumfahrrads“ oder „Wie funktioniert ein 2-Takt-Motor“ vorgestellt.

Die Arbeiten von Sonntag & Schaper (1997) sowie in der Weiterführung Rowold, Hochholdinger & Schaper (2009) liefern erste Erkenntnisse über die Wirksamkeit von Interventionen zur Förderung der Fehleranalysefähigkeit bei Auszubildenden und Facharbeitern in Anlehnung an den Cognitive Apprenticeship Ansatz nach Collins, Brown & Newman (1989). Auch die Stuttgarter Forschungsgruppe um Nickolaus kann in verschiedenen Elektronikerberufen Effekte von Kurzinterventionen empirisch fundieren (vgl. bspw. Knöll 2007; Gschwendtner, Abele & Nickolaus 2009; Walker, Link & Nickolaus 2015; Funk 2016). Die angeführten Untersuchungen sind aus ökonomischen Gründen und um Produktionsausfälle in betrieblichen Abläufen zu vermeiden meist mit Computersimulationen durchgeführt worden. Unter didaktischer Perspektive sind in Anlehnung an Reul (2011) in der Unterrichtspraxis allerdings sofern möglich Originale zu verwenden. Hierzu weisen Hedrich & Geißel (2012) bzw. Geißel & Hedrich (2011) in einer qualitativ angelegten Studie an Realsystemen³ verschiedene Fehlersuchprozesse und die damit verbundenen Hindernisse von Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik nach. Die im Ergebnis herausgearbeiteten fünf Barrieren und deren Zusammenhänge sind Abbildung 1 zu entnehmen.

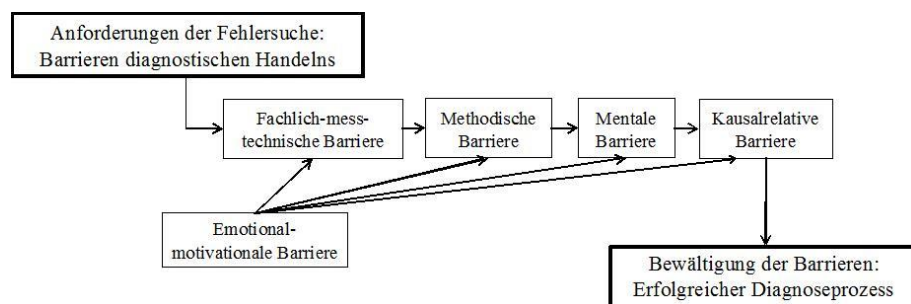


Abbildung 1: Barrieren diagnostischen Handelns bei Elektronikern (Hedrich & Geißel 2012, S. 291)

Für die mediale Vorbereitung einer möglichen Unterrichtseinheit zur Fehlersuche in der Sekundarstufe 1 erarbeiteten Schray & Geißel (2016a, 2016b) verschiedene Schaltungsvarianten auf Elektronikplatinen. In einer Expertenbefragung von Techniklehrkräften aus der Schulpraxis und anschließendem Rating der gewonnenen Ergebnisse wurden drei Kategorien an Schaltungen für die Fehlersuche bestimmt und im doppelten Klassensatz auf 50 x 50 mm Platinen gefertigt: elektronische Grundschaltungen (LED-Licht), Schaltungen mit einem Transistor (Dunkelschaltung) und Schaltungen mit mehreren Transistoren (LED-Blinklicht) (vgl. Schray & Geißel 2016a, S. 117-118). Anschließend wurden die Schaltungen rotierend mit Bauteil-, Leiterbahn- oder Fertigungsfehler versehen (vgl. Abbildung 2). Je Platine wurde also stets nur ein Fehler verbaut.

³ Die Autoren implementierten verschiedene Fehler in Wechselschaltungen.

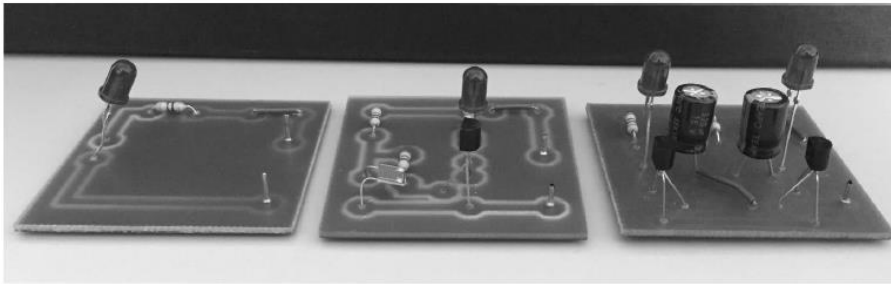


Abbildung 2: Präparierte elektronische Schaltungen für die Fehlersuche: LED-Licht, Dunkel-schaltung und LED-Blinklicht (v. l. n. r.) (vgl. Schray & Geißel 2016a, S. 118)

1.3 Zentrale Begrifflichkeiten

Der Cognitive Apprenticeship Ansatz, im deutschsprachigen Raum als *Kognitive Meisterlehre* übersetzt (vgl. Straka & Macke 2006), wurde gegen Ende der 1980er Jahren im anglo-amerikanischen Raum entwickelt und geht auf die Forschungsgruppe um Collins et al. (1989) zurück. Im Zentrum steht die bis heute anhaltende didaktische Diskussion zum situierten Lernen⁴, welche den Wissenserwerb von Lernenden ins Zentrum stellt (vgl. bspw. Brown, Collins & Duguid 1988). So lässt sich in der Schulpraxis bei Schüler/innen oftmals eine Divergenz zwischen Lern- und Anwendungssituation feststellen, welche in der Literatur meist unter dem Phänomen des *trägen Wissens* („inert knowledge“) bearbeitet wird (vgl. erstmals Whitehead 1929; Renkl 1996, 2004). Hierzu nennt Renkl (2004) zum einen motivationale Faktoren (bspw. Angst oder der Verlust von Selbstvertrauen), zum anderen „kognitive Probleme“ der Schüler/innen, die sich entweder in einem Wissensdefizit oder eben durch die oben angesprochene Wissensdivergenz äußern (vgl. ebd., S. 7). In diesem Kontext entwickelten Collins et al. (1989) unter Berücksichtigung der damals bereits etablierten Lehr-/Lernmodelle zum Lese- und Textverständnis (Reciprocal Teaching of Reading; Palinscar & Brown 1984), zur Textproduktion (Procedural Facilitation of Writing; Bereiter & Scardamalia 1987) und zum Problemlösen im Mathematikunterricht (Mathematical Problem Solving; Schoenfeld 1985) ihr Instruktionsmodell der *Kognitiven Meisterlehre*. Die Autoren treten dem Phänomen des trägen Wissens unter der Prämisse entgegen, Wissen und Fertigkeiten im Bezug zu realen Lebenssituationen zu vermitteln. In Anlehnung an die traditionelle Handwerkslehre wird der Lernprozess dabei analog zu einem Meister-/Lehrlingsverhältnis beschrieben, der sich durch Beobachten, Anleiten und schrittweises Annähern vollzieht (vgl. Straka & Macke 2006, S. 29). In der methodischen Umsetzung führen die Autoren ein 6-Phasen-Modell (vgl. Tabelle 1) an, welches neben verschiedenen handwerklichen Fertigkeiten auch kognitive und metakognitive Kompetenzen

⁴ Vertreter des situierten Lernens kommen aus den unterschiedlichsten Disziplinen; eine einheitliche Konzeptualisierung liegt daher nicht vor. Mandl, Gruber & Renkl (2002) sprechen von einer „Synthese aus kognitiven Theorien, die personeninterne Prozesse fokussiert, und Verhaltenstheorien, die ihr Hauptaugenmerk auf situationale Verhaltensdeterminanten richten“ (Mandl et al., 2002, S. 140). Schnotz (2011) beschreibt diesen Prozess als unterstützende „[...] Handlungen des Individuums zur Bewältigung authentischer, realistischer Situationen“ (Schnotz, 2011, S. 64).

durch die Externalisierung von Denk- und Handlungsprozessen fördern soll (vgl. Collins et al. 1989, S. 481).

Phase	Beschreibung
Modellhaftes Vormachen (modeling)	Der Lehrende dient den Schüler/innen als Experte, der von den Lernenden in seinem Handeln beobachtet wird. Das Lösen von Aufgaben und Problemen sowie weitere kognitiv ablaufende Prozesse werden durch den Lehrenden verbalisiert und sind somit für die Schüler/innen ebenfalls beobachtbar.
Anleiten (coaching)	Die Lehrperson steht den Schüler/innen für Rückmeldungen zur Verfügung und gibt, wenn nötig, Hilfestellungen bei den zu bearbeitenden Aufgabenstellungen. Die Lehrperson steht mit den Lernenden in einer wechselseitigen Kommunikation wodurch sich die Schüler/innen immer mehr dem „Expertenniveau“ annähern.
Differenziertes Unterstützen (scaffolding) und schrittweises Zurücknehmen (fading)	Die Rückmeldungen und Hilfestellungen werden individuell auf die Schüler/innen angepasst (bspw. Vorführen von Teilsequenzen, schriftliche Leitfäden oder Tipps). Diese Unterstützungen werden von der Lehrperson nach und nach zurückgenommen um ein selbständiges Arbeiten der Schüler/innen zu ermöglichen.
Versprachlichung (articulation)	Die Lehrperson wie auch die Schüler/innen sollen ihr Wissen, Denken und Handeln artikulieren.
Reflexion (reflection)	Die Reflexion des Arbeitsprozesses dient den Schüler/innen, das Gelernte zu Wiederholen und sich mit dem Modellvorgehen der Lehrperson zu vergleichen.
Erkundung (exploration)	Im Anschluss an den Lernprozess werden weitere Problem- und Aufgabenstellungen von den Lernenden selbständig bearbeitet.

Tabelle 2: Methodische Umsetzung der Kognitiven Meisterlehre (vgl. Collins et al. 1989, S. 480-483; Straka & Macke 2006, S. 127-128)

In den Ausführungen von Gerstenmaier & Mandl (1995) sowie ergänzend von Gruber (1999) sollten situierte Lernumgebungen, welche prädestiniert für die Kognitive Meisterlehre sind, zudem folgende fünf Forderungen erfüllen (vgl. Gerstenmaier & Mandl 1995, S. 879; Gruber 1999, S. 172):

1. *Komplexe Ausgangsprobleme.*
2. *Authentizität und Situietheit*, also Lernumgebungen, die sich an lebensnahen Problemen und realen Situationen orientieren.
3. *Multiple Kontexte/ Multiple Perspektiven* für die Transferfähigkeit bei ähnlichen Problemstellungen.
4. *Artikulation und Reflexion*
5. *Soziale Kontexte/ Sozialer Austausch*

Der Cognitive Apprenticeship Ansatz ist, wie oben dargestellt, zunächst übergreifend-inhaltsleer formuliert, so dass die konzeptionelle Ausgestaltung auch eine konkrete inhaltliche Ausarbeitung erfordert. Erste Anhaltspunkte liefert hierzu die im oberen Teil beschriebene qualitative Studie von Hedrich & Geißel (2011) bzw. Geißel & Hedrich (2012) (vgl. Abb. 1). In der Umsetzung des Förderansatzes bezogen auf die Fehlersuche in elektronischen Schaltungen müssen folglich im Unterricht die Barrieren adressiert werden:

- Messtechnische Barriere: Verwendung von Vielfachmessgerät/Digitalmultimeter
- Methodische Barriere: messtechnische Strategien
- Mentale Barriere: bspw. Verständnis über die Funktion der Schaltung sowie Kenntnisse zum Schaltplan
- Kausalrelative Barriere: bspw. Verständnis über das Verhalten defekter und intakter Bauelemente, folgerichtige Interpretation der Ergebnisse von Prüfverfahren elektronischer Elemente wie Leiterbahnen, Bauteile, Kontakt- und Übergangswiderstände, Kondensatoren

2 Forschungsansatz

2.1 Zielsetzung, Fragestellungen und Forschungsdesign

Zentrales Ziel des Forschungsvorhabens ist es, elektrotechnische Kompetenzen im technikbezogenen Unterricht der Sekundarstufe 1 in Anlehnung an den Cognitive Apprenticeship Ansatz nach Collins et al. (1989) zu fördern. Folgende Hypothesen sollen geprüft werden⁵:

H1: *Elektrotechnische Kompetenzen werden durch den Cognitive Apprenticeship Ansatz bei Schüler/innen der Klasse 9/10 eher gefördert als durch die Fertigungsaufgabe.*

H2: *Die Lernmotivation wird durch den Cognitive Apprenticeship Ansatz bei Schüler/innen der Klasse 9/10 eher gefördert als durch die Fertigungsaufgabe.*

Die Untersuchung wird aus Gründen ökologischer Validität als Quasi-Feldexperiment im allgemeinbildenden Technikunterricht (drei Blöcke à drei Schulstunden mit jeweils 45 Minuten Unterricht) an Realschulen in Baden-Württemberg durchgeführt. In dieser Pilotierungsstudie partizipieren vier Realschulen und insgesamt n = 32 Schüler/innen. Mittels eines Pre-/Posttest-Designs wird neben einer Kontrollgruppe (baseline: KG) mit traditioneller Unterrichtsgestaltung⁶ eine Experimentalgruppe (treatment: EG) in Anlehnung an den Cognitive Apprenticeship Ansatz beschult (vgl. Abbildung 3). Die Zuordnung der beiden Gruppen erfolgt randomisiert.

⁵ Aufgrund der noch geringen Stichprobengröße sind Befunde vorsichtig zu betrachten.

⁶ Die traditionelle Unterrichtsgestaltung bezieht sich, wie in H1 und H2 explizit formuliert, auf die methodische Umsetzung als „Fertigungsaufgabe“ (vgl. Bleher 2001; Sachs 2005, S. 6; Schmayl & Wilkening 1995, S. 152-153).

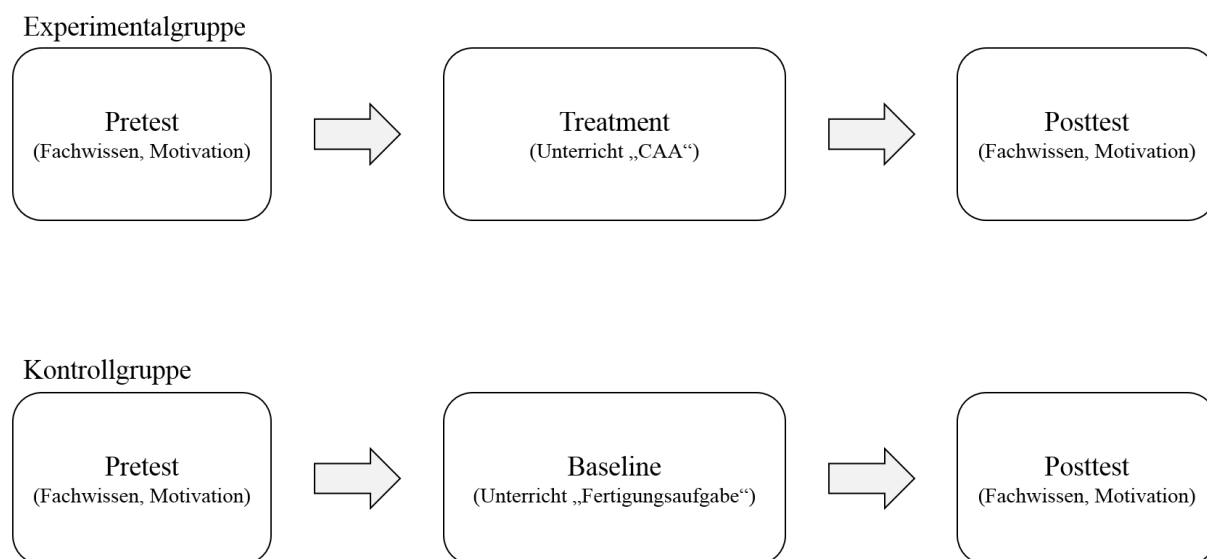


Abbildung 3: Forschungsdesign

Während des Treatments werden die Schüler/innen mittels speziell gefertigten Dunkel-schaltungen konfrontiert. In der Interventionsphase führt die Lehrperson als Experte die Fehlersuche zunächst selbständig durch (*modeling*) und dient als kognitives Modell für die Lernenden. Im Anschluss beobachtet die Lehrperson die Schüler/innen bei der eigenen Fehlersuche und gibt bei Bedarf weitere Hinweise, Rückmeldungen und Unterstützungen zur Überwindung von individuellen Barrieren (*coaching*). Die Unterstützung des Lehrenden wird immer weiter zurück genommen (*scaffolding*) bis die Hilfestellungen von der Lehrperson ganz ausgeblendet werden (*fading*). Während der gesamten Intervention sollen die Lernenden ihre fehlersuchbezogenen Handlungen artikulieren (*articulation*) und ihr Vorgehen im Bezug zum Modellvorgehen des Lehrenden reflektieren (*reflection*). Das Ziel ist, fehlerhafte Schaltungen im Anschluss eigenständig untersuchen zu können sowie den jeweiligen Fehler zu diagnostizieren (*exploration*). Die Kontrollgruppe fertigt in einer traditionellen Unterrichtsgestaltung eine Dunkelschaltung nach einem entsprechenden Schaltplan. Relevantes Fachwissen zur Elektrotechnik wird in beiden Gruppen als Lehrgang (vgl. Schmayl & Wilkening 1995, S.155) oder in Gruppen- bzw. Stationenarbeit vermittelt (Zur näheren Erläuterung der Unterrichtskonzeption vgl. Kap. 2.2).

Im Pre-/ und Posttest werden die Konstrukte *Fachwissen Elektrotechnik Sek. 1* (Eigenentwicklung⁷) sowie *Varianten von Lernmotivation* (adaptiert nach Prenzel et al. (1996, 1998)) erhoben. Die Fehlersuchen vollziehen die Schüler/innen an realen 50 x 50 mm Platinen.

2.2 Unterrichtskonzeption

Die Thematik des Unterrichts begründet sich u. a. durch die curricularen Inhalte des Bildungsplans Baden-Württemberg für die Sekundarstufe 1 (vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und

⁷ Die curriculare Validität wurde durch einen Expertenbefragung (n = 37) gesichert.

Sport Baden-Württemberg 2016, S. 14-36), wobei die Dunkelschaltung als eine der möglichen Schaltungsvarianten bei mittlerer Komplexität ausgewählt wird. Zudem greift die Unterrichtskonzeption einzelne Aspekte des Berufsbilds des/der Elektroniker/in auf und löst somit ebenfalls die im allgemein bildendenden Technikunterricht geforderte berufliche Orientierung der Schüler/innen ein (vgl. bspw. Windelband 2015, S. 103-114; Sachs 1980, 2005).

Unterrichtseinheit Dunkelschaltung Experimentalgruppe			Unterrichtseinheit Dunkelschaltung Kontrollgruppe		
Stundenblock 1	Stundenblock 2	Stundenblock 3	Stundenblock 1	Stundenblock 2	Stundenblock 3
PRETEST (Fachwissens- & Motivationstest)	Messlehrgang (Stationenarbeit in Anlehnung an den CAA)	Fehlersuche Dunkelschaltung (CCA)	PRETEST (Fachwissens- & Motivationstest)	Fertigung Dunkelschaltung (Fertigungsaufgabe in Einzelarbeit)	Fertigung Dunkelschaltung (Fertigungsaufgabe in Einzelarbeit)
Einstieg „Funktionstest Dunkelschaltung“ (Plenum)	Fehlersuche Dunkelschaltung (CCA)	Poster erstellen „Fehlersuche Dunkelschaltung“ (Gruppenarbeit)	Einstieg „Funktionstest Dunkelschaltung“ (Plenum)		Poster erstellen „Fertigung Dunkelschaltung“ (Gruppenarbeit)
Schaltplan (Plenum)	Video Tutorial erstellen (Partnerarbeit in Anlehnung an den CAA)	POSTTEST (Fachwissens- & Motivationstest)	Schaltplan (Plenum)		POSTTEST (Fachwissens- & Motivationstest)
Bauteile (Gruppenarbeit)			Bauteile (Gruppenarbeit)		
Einstieg → Erarbeitung → Ausführung/Übung → Sicherung			Einstieg → Erarbeitung → Ausführung/Übung → Sicherung		

Abbildung 4: Verlaufsskizze Unterrichtskonzeption Experimental- & Kontrollgruppe

Die verschiedenen Unterrichtssequenzen der einzelnen Stundenblöcke (vgl. Abb. 3) sind so konzipiert, das in der methodischen Umsetzung der Cognitive Apprenticeship Ansatz (vgl. Kapitel 1.3) und einzelne Elemente daraus Anwendung finden (vgl. Tab. 3).

Unterrichtseinheit Fehlersuche an der Dunkelschaltung	
Bildungsplanbezug Sek. 1 Baden-Württemberg	Legitimation des Unterrichts nach Klafki (1985)
<p><i>Leitperspektiven</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt (BTV): bspw. der Umgang in der Gruppe einer „Community of Practise“ • Prävention und Gesundheitsförderung (PG): bspw. Sicherheitsvorschriften bzgl. elektrischem Strom und Spannung • Berufliche Bildung (BO): bspw. theoretische und praktische Auseinandersetzung mit dem Berufsbild Elektroniker/in • Medienbildung (MB): bspw. die Erstellung eines Video-Tutorial; • Verbraucherbildung (VB): bspw. die Wichtigkeit in unserer heutigen „Wegwerf-gesellschaft“ Fehler in technischen Sachsystemen (hier: elektronische Schaltungen) zu finden und wenn möglich zu reparieren <p><i>Prozessbezogene Kompetenzen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkenntnisgewinnung: bspw. anschlussfähige Konzepte zu Grundgrößen der Elektrotechnik, von Bauteilen und Schaltungen • Kommunikation: bspw. die Verbalisierung von Gedanken; der Umgang in der Gruppe 	<p><i>Gegenwartsbezug</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronische Schaltungen bestimmen den Alltag der Schüler/innen (u. a. Radio, Lichtorgel, Alarmanlage) • Die Dunkel-/Dämmerungsschaltung ist u.a. bekannt durch Straßenbeleuchtungen oder Solargartenleuchten <p><i>Zukunftsbedeutung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Einblick in das Berufsbild Elektroniker/in • Reparatur von defekten Geräten (Stichwort „Wegwerfgesellschaft“) <p><i>Exemplarischer Bezug</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnose von Funktionsfehlern und Funktionsstörungen in elektronischen Schaltungen • Vermittlung elektrotechnischer Kompetenzen (Schaltplan, Bauteile, Messen und Prüfen, Fehlersuche)

<ul style="list-style-type: none"> • Bewertung: bspw. die (fehlerhafte) Schaltung <p><i>Inhaltsbezogene Kompetenzen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Systeme und Prozesse: bspw. Schaltpläne, Bauteile, Messen und Prüfen, Fehlersuche an elektronischen Schaltungen 					
Aspekte des Cognitive Apprenticeship Ansatz					
<i>modeling</i>	<i>coaching</i>	<i>scaffolding</i>	<i>articulation</i>	<i>reflection</i>	<i>exploration</i>
Anekdoten der Lehrperson zur Fehlersuche; Lernvideos Messlehrgang; Fehlersuche durch die Lehrperson	Lernvideos Messlehrgang; Anleitung zur Fehlersuche durch die Lehrperson	Lernvideos Messlehrgang; Hilfestellung zur Fehlersuche durch die Lehrperson	Youtube Tutorial erstellen; Poster erstellen	Youtube Tutorial erstellen; Poster erstellen	Selbständiges messen von Strom, Spannung und Widerstand; eigenständige Fehlersuche

Tabelle 3: Aspekte des Cognitive Apprenticeship Ansatzes in der Unterrichtseinheit

Im Weiteren soll die Unterrichtsverlaufsplanung in Umsetzung des Cognitive Apprenticeship Ansatzes dargelegt werden.

2.2.1 Stundenblock 1 “Pretest & Bauteile der Dunkelschaltung”

Zu Beginn der ersten Unterrichtsstunde bearbeiten die Schüler/innen einen Pretest mit den Konstrukten *Fachwissen Elektrotechnik Sek. 1* und *Motivation*. Im Anschluss daran stellt die Lehrperson im Sinne eines *advance organizers* (vgl. Schneider 2008, S. 10) den Schüler/innen den Verlaufsplan der kommenden Unterrichtseinheit vor und macht ihnen somit das Lernziel *Experte für die Fehlersuche an elektronischen Schaltungen* zu werden explizit transparent (vgl. bspw. Hattie 2016, S. 16). Gemeinsam mit den Lernenden werden im Plenum Komponenten für den Expertenstatus erörtert (u. a. Fachwissen, mathematische Fähigkeiten, Prüfverfahren und Erfahrung bzw. Übung). Die Lehrperson unterstützt die Schüler/innen dabei mit eigenen Anekdoten (*Aspekt CAA: modeling*). Der Ausblick auf die selbstständige Erstellung eines Video-Tutorial an einem Tablet-PC soll zudem die Neugier der Lernenden wecken (vgl. bspw. Deimann 2002). Zum Einstieg in die Unterrichtseinheit und um einen Gegenwartsbezug zwischen elektronischen Schaltungen und der Alltagswelt der Lernenden herzustellen gibt die Lehrperson eine Solar-Gartenleuchte sowie einen Dämmerungsschalter als Anschauungsobjekt durch die Klasse. Die Schüler/innen sollen sich dabei zur möglichen Anwendung und Funktion äußern. Der Funktionstest wird an einer ähnlichen, auf einer 50 x 50 mm Platine realisierten Dunkelschaltung (an der gleichen Schaltung, an der auch später die Fehlersuche vollzogen wird) durchgeführt. Die Lehrperson fragt die Schüler/innen nach bereits bekannten Bauteilen der Schaltung und deren Funktion. Gemeinsam wird der Schaltplan und die Funktion der Dunkelschaltung im Plenum erläutert. Hierzu dienen auf DIN-A4 folierte Schaltsymbole, die per Magnet an der Tafel angebracht werden können. Um das Fachwissen bzgl. der jeweiligen elektronischen Bauteile zu erweitern bzw. zu vertiefen wird eine Stationenarbeit (alle 12 min. wechselnd: S1: ohmsche- & lichtabhängige Widerstände, S2: Spannungsquellen & LEDs, S3: Transistoren) in Gruppen durchgeführt. Die Gruppen werden durch „Bauteilkärtchen“ gebildet, die von den Schüler/innen verdeckt gezogen werden (G1:

Widerstands-Karte; G2: LED-Karte; G3: Transistor-Karte). Zur Ergebnissicherung stellt jede Gruppe eine Station mit der Fragestellung, welche Dinge bei der Fehlersuche beachtet werden müssen, vor (*Aspekt CAA: articulation/reflection*). Zum Abschluss der Stunde sammelt die Lehrperson im Plenum mögliche Fehler, die an der Dunkelschaltung vorkommen können, an der Tafel. Diese werden anschließend farblich nach Leiterbahn-, Bauteil-, und Fertigungsfehler kategorisiert.

2.2.2 Stundenblock 2 “Messlehrgang und Fehlersuche”

Im zweiten Stundenblock greift die Lehrperson die typischen Prüfverfahren (Sicht- und Funktionsprüfung) zur Fehlersuche auf und führt die Schüler/innen in die Handhabung des Vielfachmessgeräts ein. In verschiedenen Stationen (S1: Spannungsmessung; S2: Strommessung; S3: Widerstandsmessung) absolvieren die Lernenden in Kleingruppen einen Messlehrgang. Als Input dient an jeder Station ein Lernvideo (vgl. bspw. Abb. 5), welches die Lehrperson zeigt und von ihr auch besprochen ist (*Aspekt CAA: modeling*). Die Lernenden können das Lernvideo beliebig oft anschauen und bei Bedarf stoppen, zurück- oder vorspulen (*Aspekt CAA: coaching/scaffolding*). Zu jeder Station stehen zudem drei Übungsaufgaben (vgl. bspw. Abb. 6) zu Verfügung, die von den Lernenden gelöst werden sollen (*Aspekt CAA: exploration*). Als Ergebnissicherung bekommen die Schülerinnen die Frage gestellt, wozu die jeweilige Messung für die Fehlersuche an elektronischen Schaltungen relevant ist (*Aspekt CAA: articulation/reflection*).

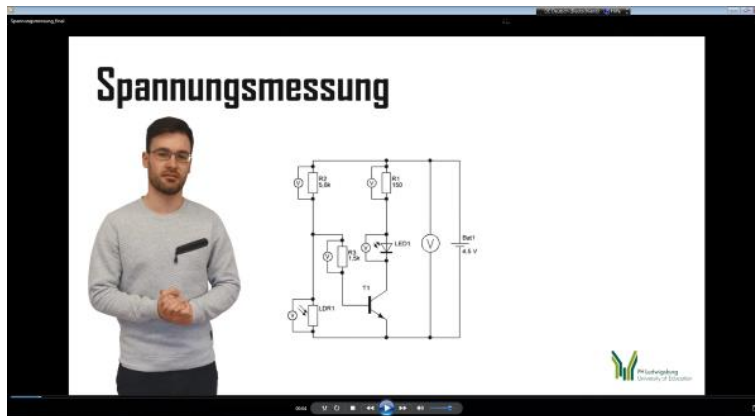


Abbildung 5: Screenshot aus dem Lernvideo "Spannungsmessung"

Spannungsmessung



Übung 1

Material:

- 2x Flachbatterien (Nennwert 4,5V)
- 1x Blockbatterie (Nennwert 9V)
- 3x Mignonzelle (Nennwert 1,5V)
- 1x Microzelle (Nennwert 1,5V)
- Leitungen und Krokodilklemmen

Aufgabe:

- a) Überprüfe die Nennwerte der jeweiligen Batterien! Welche Batterien sind nicht mehr zu gebrauchen?
- b) Schalte die drei Mignonzellen in Reihe und miss die Gesamtspannung
- c) Schalte die drei Mignonzellen parallel und miss die Gesamtspannung

Abbildung 6: Beispielaufgabe zur Station "Spannungsmessung"

Im Anschluss an den Messlehrgang bilden die Schüler/innen einen Kreis um einen Arbeitsplatz und die Lehrperson führt die systematische Fehlersuche an der Dunkelschaltung durch. Es werden dabei neben den konkreten Handlungen auch die jeweiligen Denkprozesse verbalisiert und auf mögliche Hindernisse hingewiesen (*Aspekt CAA: modeling*). Anschließend vollziehen die Lernenden die Fehlersuche an drei verschiedenen Dunkelschaltungen (mit implementierten Leiterbahn-, Fertigungs- und Bauteilfehler) eigenständig (*Aspekt CAA: exploration*). Dabei sollen sie ebenfalls ihr Vorgehen verbalisieren (*Aspekt CAA: articulation*) und mit der Fehlersuche der Lehrperson vergleichen (*Aspekt CAA: reflection*). Die Lehrperson steht in dieser Zeit mit minimaler Hilfestellung zur Verfügung (*Aspekt CAA: coaching*) und fährt diese nach und nach gänzlich zurück (*Aspekt CAA: scaffolding*). Zur Ergebnissicherung drehen die Schüler/innen in Partnerarbeit mit einem Tablet-PC ein Video-Tutorial zur Fehlersuche (*Aspekt CAA: articulation/reflection/exploration*).

2.2.3 Stundenblock 3 “Fehlersuche II & Posttest”

Zu Beginn des dritten Stundenblocks üben die Schüler/innen weiter in Einzelarbeit die Fehlersuche an der Dunkelschaltung (vgl. Kap. 2.2.2).



Abbildung 7: Fehlersuche an der Dunkelschaltung in Einzelarbeit

In verschiedenen Gruppen erstellen die Schüler/innen anschließend Plakate zur erfolgreichen Fehlersuche in elektronischen Schaltungen (Welches Wissen ist nötig? Welche Fehler können in einer elektronischen Schaltung vorkommen? Beispiel einer systematischen Fehlersuche) und stellen diese im Plenum vor. Wichtig hierbei ist, dass die Lernenden in der Gruppe die vergangenen Stunden und die Hürden bei der eigenen Fehlersuche reflektieren und sich mit den Mitschüler/innen darüber austauschen (*Aspekt CAA: articulation/reflection*).

Den Abschluss des dritten Unterrichtsblock bildet ein Posttest mit den Konstrukten Fachwissen und Varianten von Lernmotivation.

3 Ergebnisse

3.1 Empirische Prüfung der Hypothese H1

Die Förderung elektrotechnischer Kompetenzen wird vorliegend als Lernerfolg der Schüler/innen im *Fachwissenstest Elektrotechnik Sek. 1* operationalisiert. Mit $\alpha_{\text{pre}} = .770$ und $\alpha_{\text{post}} = .849$ weist der Test mit 33 Items eine befriedigende bis gute Reliabilität auf. Die deskriptive Statistik zeigt an, dass sich die Experimentalgruppe ($N = 16$) während des Treatments um 3,75 ($SD = 1,693$) Punkte ($M_{\text{pre}} = 9,96$ ($SD = 4,094$); $M_{\text{post}} = 13,44$ ($SD = 4,457$)) steigert. Die Kontrollgruppe ($N = 16$) weist einen Lernzuwachs im Mittel von 1,81 ($SD = 1,601$) Punkten ($M_{\text{pre}} = 4,44$ ($SD = 1,094$); $M_{\text{post}} = 6,25$ ($SD = 2,266$)) nach der Durchführung des traditionellen Unterrichts auf (vgl. Tab. 4).

		N	M	SD	MIN	MAX	25. Perz.	Median	75. Perz.
Experimentalgruppe	Pre	16	9.96	4.094	1	17	6.00	10.00	12.75
	Post	16	13.44	4.457	6	21	9.00	14.50	16.75
Kontrollgruppe	Pre	16	4.44	1.094	3	6	4.00	4.00	5.75
	Post	16	6.25	2.266	3	10	5.00	6.00	7.75

Tabelle 4: Deskriptive Statistiken Fachwissen Elektrotechnik Sek. 1

Ungünstiger Weise unterscheiden sich die Eingangsvoraussetzungen im Fachwissen signifikant verschieden voneinander zugunsten der Experimentalgruppe. Dies konnte jedoch erst retrospektiv in den Auswertungen zum Eingangstest festgestellt werden.

Zur Prüfung der Hypothesen wird das Verfahren der Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor gewählt. Da sich die vorliegende Pilotstudie, wie in der gegenwärtigen experimentellen Unterrichtsforschung allgemein üblich, mit dem Problem der kleinen Stichprobengröße sowie der Skalendignität der Produktvariable konfrontiert sieht (vgl. bspw. Zender & Pfeiffer 2007; Zender, Vogel & Spannagel 2007), wird auf Bortz & Weber (2005) verwiesen, die konstatieren, „[...] dass die Varianzanalyse bei gleich großen Stichproben gegenüber Verletzungen ihrer Voraussetzungen relativ robust ist“ (ebd., S. 287). Zur Absicherung der Ergebnisse wird in Anlehnung an Zender, Spannagel & Vogel (2008) zudem auf den X^2_r -Test von Friedmann (1937) sowie auf den H-Test von Kruskal & Wallis (1952) zurückgegriffen.

Im Ergebnis zeigt der F-Test sowohl für die Kontrollgruppe ($p = .004$) wie auch für die Experimentalgruppe einen höchst signifikanten Lernzuwachs ($p < .001$) zwischen Pre-/ und Posttest (Zeiteffekt). Die Varianzanalyse liefert zudem eine hoch signifikante Wechselwirkung ($F = 11.063$, $p = .002$, $\eta_p^2 = .269$) zwischen dem Zwischensubjektfaktor Gruppenzugehörigkeit (EG, KG) und dem Intersubjektfaktor Messzeitpunkt (Pre-/ Postmessung). Der H-Test liefert zur Absicherung ebenfalls ein höchst signifikantes Ergebnis ($p < .001$).

Damit kann auf Basis dieser Pilotierungsstichprobe die Hypothese H1 auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Eingangsvoraussetzungen vorläufig bestätigt werden.

3.2 Empirische Prüfung der Hypothese H2

Der *Motivationstest* von Prenzel et al. (1996, 1998) erfasst mit einer fünf-stufigen Likert Skala (nie bis sehr häufig) die Lernmotivation der Schüler/innen anhand sechs Skalen (vgl. Tab. 4). Cronbachs α zeigt mehrheitlich gerade noch ausreichend reliable Werte an. Es konnte lediglich die Skala zur Erfassung der introjizierten Variante von Lernmotivation den von Prenzel et al. publizierten Wert erreichen.

Varianten von Lernmotivation	α_{pre}	α_{post}	Itemanzahl
amotiviert	.599	.834	3
extrinsisch	.594	.688	3
introjiziert	.666	.734	3
identifiziert	.648	.650	3
intrinsisch	.824	.825	3
interessiert	.808	.793	3

Tabelle 5: Interne Konsistenz der Skalen zur Erfassung von Lernmotivation

Art der Lernmotivation	EG	EG	KG	KG	Interaktion Gruppe*Zeit		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	F	p	η_p^2
amotiviert	M (SD) 1.86 (0.67)	M (SD) 2.00 (0.76)	M (SD) 1.97 (0.69)	M (SD) 2.06 (0.75)	0.028	.868	.001
extrinsisch	2.10 (0.65)	2.18 (0.86)	2.27 (0.91)	2.66 (0.79)	2.062	.163	.073
introjiziert	3.40 (0.74)	3.42 (0.89)	3.09 (0.95)	3.18 (0.86)	0.076	.785	.003
identifiziert	3.33 (0.96)	3.19 (0.95)	2.86 (0.94)	2.60 (0.96)	0.224	.641	.010
intrinsisch	3.11 (0.83)	3.02 (0.85)	3.05 (1.30)	3.19 (0.92)	0.279	.602	.012
interessiert	2.76 (0.84)	2.88 (0.93)	2.97 (1.10)	2.69 (0.56)	0.827	.372	.032

Tabelle 6: Häufigkeiten in den Varianten von Lernmotivation

Die Aufschlüsselung der deskriptiven Befunde zwischen Pre- und Posttest der jeweiligen Gruppen ist Tab. 6 zu entnehmen. Bezüglich den Varianten von Lernmotivation lassen sich keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen dem Zwischensubjektfaktor Gruppenzugehörigkeit (EG, KG) und dem Intersubjektfaktor Messzeitpunkt (Pre-/Postmessung) feststellen.

Die Hypothese H2, dass die Lernmotivation durch den Cognitive Apprenticeship Ansatz bei Schüler/innen der Klasse 9/10 eher gefördert wird als durch die Fertigungsaufgabe, kann damit nicht bestätigt werden.

4 Diskussion und weitere Forschungsperspektive

Die vorliegende Pilotierung evaluiert in einem Quasi-Feldexperiment ein dreiwöchiges Unterrichtskonzept zur Förderung der Fehlersuche an real-technischen Schaltungen. In beiden Lerngruppen (KG und EG) konnte ein signifikanter Zeiteffekt nachgewiesen werden. In Anlehnung an den von Collins und Kollegen entwickelten (moderat) konstruktivistischen Cognitive Apprenticeship Ansatz machen die Schüler/innen der Experimentalgruppe in einer unmittelbar handelnden Praxisgemeinschaft Realerfahrungen mit systematisch präparierten, fehlerhaften Schaltungen. Durch den Experimental-Kontrollgruppenvergleich kann anhand der kleinen Stichprobe vorläufig bestätigt werden, dass elektrotechnische Kompetenzen bei Lernenden der 9. und 10. Jahrgangsstufe Realschule durch den Cognitive Apprenticeship

Ansatz prinzipiell eher gefördert werden könnten, als durch die traditionelle Fertigungsaufgabe. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass die Experimentalgruppe auch die günstigeren Eingangsvoraussetzungen im Fachwissen aufweisen. Die Prüfung auf Wechselwirkungen bezüglich der Varianten von Lernmotivation zeigt, dass sich zwischen der Kontroll- und Experimentalgruppe hier erwartungswidrig keine signifikanten Unterschiede feststellen lassen.

Die niedrigen Lösungsquoten im Fachwissenstest sowohl der Experimental- als auch der Kontrollgruppe sind in Bezug auf die curricular intendierten Ziele für die Unterrichtspraxis bezogen auf elektrotechnisches Wissen einerseits alarmierend, allerdings aufgrund der geringen Stichprobengröße und der gegenwärtigen Heterogenität der Lernenden in der Sekundarstufe 1 auch vorsichtig zu betrachten.

Auf Grundlage der hier präsentierten Ergebnisse der Pilotierung erscheint es aussichtsreich, mit einem verlängerten Interventionszeitraum, unter Einbezug und statistischer Kontrolle weiter Einflussgrößen sowie bzgl. der Stichprobengröße (bei erwartbarem mittleren Effekt mindestens $N = 150$ zur Erzielung der benötigten Teststärke (G*Power; vgl. Faul et al. 2007)) umfangreicher angelegten Hauptuntersuchung die Förderwirkung des Cognitive Apprenticeship Ansatzes in der Sek. 1 weiter zu verfolgen. Hierfür ist es zunächst notwendig, weitere Unterrichtsmaterialien und -sequenzen auf Basis des Cognitive Apprenticeship Ansatzes mikrodidaktisch auszuarbeiten (bspw. ein Expertenberichtsheft zur Reflexion der einzelnen Unterrichtsstunden; vertiefende Ausarbeitung weiterer Lernvideos; Erstellung erweiterter Verlaufsplanungen des Unterrichts). Die Hauptuntersuchung ist aktuell anlaufend. Die Datenerhebungen zu den Eingangsvoraussetzungen der Lernenden und erste Interventionselemente konnten bereits in Klassen 9 und 10 der Sek. 1 durchgeführt werden. Ergebnisse sind für Herbst 2017 zu erwarten.

5 Literaturverzeichnis

- Babendererde, H. (2013). Grundlagen Elektronik (Umwelt Technik; Themenheft, [Neubearb.], 1. Aufl.). Stuttgart, Leipzig: Klett.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1987). The psychology of written composition (The psychology of education and instruction). Hillsdale N.J. u. a.: Erlbaum.
- Bleher, W. (2001). Das Methodenrepertoire von Lehrerinnen und Lehrern des Faches Technik. Eine empirische Untersuchung an Hauptschulen in Baden-Württemberg. Hamburg: Kovac.
- Bortz, J. & Weber, R. (2005). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 6. vollst. überarb. und aktualisierte Aufl.. Heidelberg: Springer.
- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1988). Situated cognition and the culture of learning. Educational Researcher, 18 (1), S. 32-42.
- Bünning, F. & Faustin, K. (2014). Situiertes Lernen im Technikunterricht - Entwicklung von Lernumgebungen für einen innovativen Technikunterricht. Magdeburg: Mitteldeutscher Wissenschaftsverlag.

- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Craft of Reading, Writing, and Mathematics. In L. Resnick (Hrsg.), *Knowing, Learning, and Instruction. Essays in Honor of Robert Glaser* (S. 453-494). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Deimann, M. (2002). Motivationale Bedingungen beim Lernen mit Neuen Medien. In W.-G. Bleek, D. Krause, H. Oberquelle & B. Pape (Hrsg.), *Medienunterstütztes Lernen – Beiträge von der WissPro – Wintertagung 2002* (61-70). Hamburg: Univ. Hamburg.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. & Buchner, A. (2007): G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavioral Research Methods*, 39 (2), S. 175-191.
- Friedmann, M. (1937). The use of rankst o avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32, S. 675-701.
- Funk, S. (2016). Erfassung und Analyse von Prozessqualitäten der Fehlerdiagnose bei Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik in simulierten und realen Anforderungssituationen (Beiträge zur Technikdidaktik; Bd. 3). Berlin: Logos – in Vorbereitung.
- Funke, J. (2003). *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Geißel, B. & Hedrich, M. (2011). Identifizierung von Barrieren der Störungsdiagnose in simulierten und realen Anforderungssituationen bei Elektronikern. In U. Faßauer, J. Aff, B. Fürstenau & E. Wuttke (Hrsg.), *Lehr-Lernforschung und Professionalisierung: Perspektiven der Berufsbildungsforschung* (11-24). Opladen, Farmington Hills: Barbara Budrich.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), S. 867-888.
- Goreth, S., Geißel, B. & Rehm, M. (2015). Erfassung fachdidaktischer Lehrkompetenz im technikbezogenen Unterricht der Sekundarstufe 1. - Instrumentenkonstruktion und erste Befunde. *JOTED*, 3 (1), S. 13-38.
- Gruber, H. (1999). *Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns* (Psychologie Forschung, 1. Aufl.). Bern: Huber.
- Gschwendtner, T., Abele S. & Nickolaus, R. (2009). Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistungen von KFZ-Mechatronikern. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 105 (4), S. 557–578.
- Greiff, S., Kretschmar A. & Leutner, D. (2014). Problemlösen in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28 (4), S. 161–166.
- Hattie, J. (2016). *Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen* (2. korrigierte Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider.

- Hedrich, M. & Geißel, B. (2012). Barrieren in der Fehlersuche von Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik. Eine qualitative Untersuchung von Fehlersuchprozessen an Wechselschaltungen. *Die berufsbildende Schule*, 64 (10), S. 286-293.
- Hussy, W. (1984). *Denkpsychologie. Ein Lehrbuch. Band 1.* Mainz: Kohlhammer.
- Hüttner, A. (2009). *Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht (3. Aufl.)*. Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel.
- Klafki, W. (1985). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik.* Beltz: Weinheim.
- Knöll, B. (2007). *Differenzielle Effekte von methodischen Entscheidungen und Organisationsformen beruflicher Grundbildung auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in der gewerblich-technischen Erstausbildung. Eine empirische Untersuchung in der Grundausbildung von Elektroinstallateuren.* Aachen: Shaker.
- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (2002). *Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen.* In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis (3., vollst. überarb. Aufl., 139-148).* Weinheim: Beltz PVU.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016). *Bildungsplan 2016 Allgemein bildende Schulen Sekundarstufe 1. Technik - Wahlpflichtfach.* Stuttgart.
- Palinscar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal Teaching of Comprehension- Reciprocal Teaching of Comprehension-Fostering and Comprehension-Monitoring Activities. *Cognition an Instruction*, 1 (2), S. 117-175.
- 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 kauf-männischen Erstausbildung – Wissenserwerb, Motivierungsgeschehen und Handlungskompetenzen (108-127).* Stuttgart: Steiner.
- Prenzel, M., Kramer, K. & Drechsel, C. (1998). *Lernmotivation im kaufmännischen Unterricht: Die Sicht von Auszubildenden und Lehrkräften.* In K. Beck & R. Dubs (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in der Berufserziehung. Kognitive, motivationale und moralische Dimensionen kaufmännischer Qualifizierungsprozesse (169-187).* Stuttgart: Steiner.
- Renkl, A. (1996). *Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird.* *Psychologische Rundschau*, 47 (2), S. 78-92.
- Renkl, A. (2004). *Fürs Leben lernen. Träges Wissen aus pädagogisch-psychologischer Sicht.* *Schulmagazin* 5-10, 72 (4), S. 5-8.
- Reul, G. (2011). *Medien in der Arbeitslehre.* *Forum Arbeitslehre*, 7, S. 30-32.
- Rowold, J., Hochholdinger, S. & Schaper, N. (2009). *Evaluation und Transfersicherung betrieblicher Trainings. Modelle, Methoden und Befunde.* Göttingen: Hogrefe.
- Sachs, B. (1980). *Technikunterricht als allgemeine und vorberufliche Bildung.* *tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 5 (19), S. 5-7.

- Sachs, B. (2005). Technikunterricht: Bedingungen und Perspektiven. *tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 30 (100), S. 5–7.
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt. Mit Add-on (Anwendung Psychologie, 2., überarb. und erw. Aufl.)*. Weinheim: Beltz.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Orlando: Academic Press.
- Schmayl, W. & Wilkening F. (1995). *Technikunterricht. (2. überarb. und erw. Aufl.)*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Schneider, G. (2008). *Gelungene Einstiege. Voraussetzung für erfolgreiche Geschichtsstunden*. Schwallbach: Wochenschau.
- Schray, H. & Geißel, B. (2016a). Erprobung von Varianten elektronischer Schaltungen zur Förderung der Fehleranalysefähigkeit im Technikunterricht der Sekundarstufe 1. In B. Geißel & T. Gschwendtner (Hrsg.), *Aktuelle Forschungsarbeiten und unterrichtspraktische Beispiele (Beiträge zur Technikdidaktik, Bd. 1, 105-128)*. Berlin: Logos.
- Schray, H. & Geißel, B. (2016b). Mögliche Varianten elektronischer Schaltungen zur Förderung von Fehlersuchstrategien im Lernbereich Technik der Sekundarstufe 1. Explorative Einblicke in die Unterrichtspraxis von Techniklehrkräften In W. Bienhaus & C. Wiesmüller (Hrsg.), *Technik: Wirklichkeitsbereich und Bildungsgegenstand*. 17. Tagung der DGTB in Ingolstadt vom 18.-19. September 2015 (166-175). Weingarten: DGTB.
- Sonntag, K. & Schaper, N (1997). *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen (Mensch Technik Organisation, Bd. 13)*. Zürich: vdf.
- Straka, G. & Macke, G. (2006). Der „Cognitive Apprenticeship“-Ansatz nach Collins, Brown und Newmann. In G. Stracka & G. Macke (Hrsg.), *Lern-Lehr-Theoretische Didaktik (4. Aufl., 121-134)*. Münster: Waxmann.
- Theuerkauf, W. E., Meschenmoser, H., Meier, B. & Zöllner, H. (2009). *Qualität Technischer Bildung: Zur Entwicklung von Kompetenzmodellen und Kompetenzdiagnostik*. Berlin: Machmit-Verl.
- Walker, F. (2013). *Der Einfluss von Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb bei der Durchführung von technischen Experimenten*. Duisburg-Essen.
- Walker, F., Link, N. & Nickolaus, R. (2015). Berufsfachliche Kompetenzstrukturen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Berufsausbildung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 111 (2), S. 222-241.
- Whitehead, A. N. (1929). *The Aims of Education*. In A. N. Whitehead (Hrsg.), *The Aims of Education and Other Essays (13-26)*. New York: Free Press.
- Windelband, L. (2015). *Fach Technik als Schnittstelle zwischen allgemeiner und beruflicher Bildung*. In L. Windelband & S. Kruse (Hrsg.), *Technik im Spannungsfeld der*

Allgemeinen und Beruflichen Bildung. Erste Fachtagung der Technischen Bildung in Baden-Württemberg. Hamburg: Kovac.

Zendler A. & Pfeiffer, T. (2007). Methodische Befunde zu durchgeführten Unterrichtsexperimenten. Notes on Educational Informatics – Section A: Concepts and Techniques, 3 (1), S. 21-39.

Zendler, A., Spannagel, C. & Vogel, M. (2008). Versuchspläne mit Messwiederholung unter Verwendung kleiner Stichproben –15. Teil 1: Schülermerkmale. Notes on Educational Informatics – Section A: Concepts and Techniques, 4 (1), S. 15-25.

Zendler, A., Vogel, M. & Spannagel, C. (2007). Experimentelle Unterrichtsforschung: Nützliche Versuchspläne und Rank Order Statistics. Notes Educational Informatics – Section A: Concepts and Techniques, 3 (1), S. 41-66.

Autoren

Hannes Schray

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg,

Institut für Naturwissenschaften und Technik

Reuteallee 46, D-71634 Ludwigsburg

schray@ph-ludwigsburg.de

Prof. Dr. Bernd Geißel

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg,

Institut für Naturwissenschaften und Technik

Reuteallee 46, D-71634 Ludwigsburg

geissel@ph-ludwigsburg.de

Zitieren dieses Beitrages:

Schray, H. & Geißel, B. (2016). Cognitive Apprenticeship als Gestaltungsansatz für die Fehlersuche im allgemein bildenden Elektrotechnikunterricht. Journal of Technical Education (JOTED), Jg. 4 (Heft 2), S. 151-170.