

**Lehr-Lern-Prozesse in technischem beruflichem Unterricht –  
Gestaltungsvarianten eines handlungsorientierten Unterrichts  
Erste Ergebnisse einer empirischen Untersuchung bei Mechatronikern**

1	Theoretische Bezüge und Überlegungen .....	1
2	Ziele und Fragestellung .....	3
3	Der untersuchte Unterricht .....	5
4	Untersuchungsdurchführung .....	7
5	Ausgewählte Ergebnisse .....	8
6	Diskussion .....	9
	Literatur .....	11

## **Zusammenfassung**

In einer empirischen Untersuchung bei Mechatronikern der Städtischen Berufsschule für Fertigungstechnik in München wurden unterschiedliche Gestaltungsvarianten eines handlungsorientierten Unterrichts zur Steuerungstechnik durchgeführt und deren Auswirkungen auf den Lernprozess und einen Abschlusstest analysiert. In dem untersuchten Unterricht wurden jeweils das zur Verfügung stehende Selbstlernmaterial sowie das Instruktionsverhalten der Lehrkraft zweifach variiert und miteinander kombiniert. Die beiden Varianten des Selbstlernmaterials sowie des Instruktionsverhaltens waren in ihrer Ausrichtung jeweils einmal systematikorientiert und in der zweiten Variante beispielorientiert. Ergebnisse dieser Forschungsarbeit sollen zu ergründen helfen, wie sich das Zusammenwirken der unterschiedlichen Gestaltungsmerkmale besonders lernförderlich auf den Wissenserwerb auswirkt, der zu professioneller beruflicher Handlungsfähigkeit führt. Als erstes Ergebnis zeigte sich in der Analyse des zweiteiligen Abschlusstestes, dass die beiden Schülergruppen bessere Ergebnisse erzielten, die mit dem situiert-beispielorientierten Informationsmaterial gearbeitet hatten.

## **1 Theoretische Bezüge und Überlegungen**

Auch unter Berücksichtigung einer allmählichen Zunahme empirischer Forschungsvorhaben in den letzten Jahren ist das zentrale Forschungsdefizit für die Berufs- und Wirtschaftspädagogik derzeit die schmale empirische Basis für konstruktivistische Lernumgebungen (Reinmann-Rothmeier, Mandl 1997, S. 370). Festzustellen ist, dass „einerseits zahlreiche neue Lehr-Lern-Arrangements entwickelt und in die Ausbildung implementiert werden, andererseits aber vergleichsweise wenige empirisch gesicherte Befunde zur optimalen Konstruktion und vor allem zum optimalen Umgang mit komplexen Lehr-Lern-

Arrangements in der kaufmännischen Ausbildung vorliegen" (Klauser 1998, S. 250f.). Für den Bereich der technischen Berufsbildung fehlen vergleichbare Ansätze bisher völlig (Nickolaus 2000, S. 204). Der Einsatz komplexer Lehr-Lern-Verfahren führt nicht automatisch zu einem effektiveren Lernen. Dabei herrscht die besonders problematische Tendenz vor, „dass all zuviel Gewicht auf die Entwicklung komplexer Lernumgebungen gelegt wird und die instruktionale Einbettung und Gestaltung zu kurz kommt“ (Brettschneider, Gruber, Kaiser, Mandl, Stark 2000, S. 400). Ebenso müsste das „bisher ungeklärte Verhältnis fach- und handlungssystematischer Vorgehensweise als organisatorische Strukturierung des Unterrichts [...] in jedem Fall vorab geklärt werden“ (Schäfer, Bader 2000, S. 148).

Im Bereich der technischen beruflichen Bildung liegen aus Modellversuchen vereinzelte Forschungsergebnisse zu Ausschnitten von handlungsorientiertem Lernen vor (z.B. Riedl 1999). Die hier skizzierte Forschungsarbeit knüpft daran an und möchte für die technische berufliche Bildung Klärungsversuche zu vorausgehend umrissenen Forschungsdefiziten unternehmen. Eine wichtige Zugangsperspektive zu dem hier vorgestellten Forschungsansatz erschließt sich aus einer explorativen Studie von Schollweck (2001). In der Forschungsarbeit zeigte sich unter anderem, dass Berufsschüler in einem handlungsorientierten Unterricht in der Domäne Steuerungstechnik fachsystematisch gegliederte Selbstlernmaterialien gegenüber situiert-beispielorientierten bevorzugen. Stark, Gruber, Renkl, Mandl (1998) gingen in einer Studie bei angehenden Bankkauffleuten der Frage nach, wie anwendbares Wissen gefördert werden kann. Sie empfehlen in diesem Zusammenhang für das kaufmännische Rechnen den Einsatz ausgearbeiteter Lösungsbeispiele in Kombination mit einer Anleitung zur Selbsterklärung. Dieser Widerspruch führte zu der Frage, ob und wie sich Gestaltungsvarianten des Lernmaterials einer handlungsorientierten Lerneinheit auf den Lernerfolg von Berufsschülern auswirken.

Da eine ausführliche Darstellung theoretischer Bezüge der vorgestellten Forschungsarbeit hier nicht möglich ist, sollen diese nur kurz angedeutet werden. Ein ‚gemäßiger Konstruktivismus‘, der insbesondere den Zusammenhang von Lernen und Instruktion thematisiert, kann derzeit als eine theoretische Basis für die Gestaltung modernen beruflichen Unterrichts gesehen werden. Dieser Ansatz eines wissensbasierten Konstruktivismus gilt als pragmatische Kombination einer konstruktivistischen Position und der traditionellen, objektivistisch-normativen Sichtweise. Aus traditioneller Sicht wird auf objektivistischer Grundlage versucht, durch eine von außen gesteuerte Wissensvermittlung kognitive Strukturen bei den Lernenden zu verändern. In konstruktivistischen Lehr-Lern-Prozessen wird den Lernenden ein hoher Grad an Selbststeuerung übertragen. Der Wissenserwerb erfolgt aktiv, situativ, konstruktiv und sozial (vgl. hierzu detailliert Reinmann-Rothmeier, Mandl 1998, S. 459ff.). Für die konkrete Gestaltung des untersuchten und weiter unten beschriebenen Unterrichts bilden die Ausführungen von Dubs (1995) die theoretische Grundlage. Dubs führt Merkmale konstruktivistischen Unterrichts an (ebd. S. 890f.) und kennzeichnet konstruktivistische Elemente guter Unterrichtsgestaltung (ebd. S. 893f.).

In die Kritik geraten ist die traditionelle Art des Wissenserwerbs in der Schule mit ihrem unzureichenden Anwendungsbezug. Wissen wird demnach kaum in bestehendes Vorwissen integriert und zu wenig damit vernetzt. Notwendige Bezüge zwischen praktischen und theoretischen beruflichen Anforderungen werden in zu geringem Maße hergestellt. In diesem Zusammenhang wird das Phänomen des ‚trägen Wissens‘ intensiv diskutiert, nach dem vorhandenes Wissen in konkreten Handlungssituationen nicht zum Einsatz gebracht werden kann (näher siehe z.B. Gruber, Renkl 2000). Daraus leiten sich Forderungen für

Wissenserwerbsprozesse ab, die eine Anwendbarkeit von Wissen verbessern sollen. Konstruktivistisch ausgerichteter, handlungsorientierter Unterricht wird hierfür oft einseitig als geeignet postuliert, obwohl konkrete empirische Belege fehlen und die bisherige Befundlage gegen einseitige Präferenzen für handlungsorientierte Lehr-Lern-Arrangements sprechen (Nickolaus 2000, S. 204; Nickolaus und Bickmann 2002, S. 236).

Obwohl selbstgesteuertes Lernen, wie es in handlungsorientiertem Unterricht häufig anzutreffen ist, derzeit in hohem Interesse von Forschung und Ausbildungspraxis steht, entbehren damit verbundene Intentionen und Wirkungen einer breiten empirischen Grundlage. Untersuchungen sind vor allem in beruflichen – und hier insbesondere in technischen Lernkontexten erforderlich. Bisherige Forschungsergebnisse zu komplexen Inhaltsbereichen deuten auf einen schmalen Grat zwischen Aktivierung und Überforderung der Lernenden hin. Häufig ist in einem an Handlungszielen ausgerichteten Unterricht eine finale Lernintention erkennbar. Grundlagenwissen wird dann vernachlässigt. Durch ein ergänzendes Zusammenwirken mit fachsystematischen Unterrichtseinheiten lässt sich der Erwerb von Grundlagenwissen begünstigen, da es sich handlungssystematisch situieren, mit bereits vorhandenem Wissen verknüpfen und weiterentwickeln kann (siehe Riedl, Schelten 2000, S. 162). Aus gemäßigter konstruktivistischer Sicht ist es „weder möglich noch sinnvoll, allein auf aktive Konstruktionsleistungen der Lernenden zu vertrauen; man kann Lernenden aber auch nicht ständig fertige Wissenssysteme nach feststehenden Regeln vermitteln. [...] Im Sinne einer pragmatischen Perspektive lässt sich als Ziel eine Balance zwischen expliziter Instruktion durch Lehrende und konstruktiver Aktivität der Lernenden“ formulieren (Reinmann-Rothmeier, Mandl 1997, S. 376f.).

## **2 Ziele und Fragestellung**

Die hier vorgestellte Forschungsarbeit sucht nach Erkenntnissen, wie situiert-beispielbezogenes und systematikorientiertes Lernen in einem handlungsorientiertem Unterricht lernförderlich zusammenwirken. Hierbei geht es um Wechselwirkungen und daraus resultierende Effekte zwischen diesen didaktischen Grundorientierungen für die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz. Es geht auch darum, nach einer lernwirksamen Balance zwischen Konstruktion und Instruktion zu suchen. Hier soll domänenspezifisch im Lernbereich Automatisierungstechnik der Frage nachgegangen werden, welche Bedingungsfaktoren ein erfolgreiches konstruktives Lernen in komplexen Lernumgebungen besonders fördern. Um dies in einem bisher vollkommen unerforschten Gegenstandsbereich näher zu klären, wurde der folgende Untersuchungsansatz gewählt:

Ein konstruktivistisch ausgerichteter, handlungsorientierter Unterricht zu einem bestimmten Lerngegenstand wird in verschiedenen Gestaltungsvarianten durchgeführt und tiefgehend analysiert. Die beiden zentralen Bedingungsfaktoren der Untersuchung sind:

- Gestaltungsmerkmale von Selbstlernmaterialien für Lernende
- Instruktionsverhalten einer Lehrkraft im Unterricht

Damit sucht die Forschungsarbeit nach Erkenntnissen zum lernförderlichen Zusammenwirken von schülerselbstgesteuerter Wissenskonstruktion und einem damit korrespondierenden Betreuungsverhalten der Lehrkraft bei der Instruktion der Lernenden. Aus dem gewählten Untersuchungsansatz ergeben sich vier verschiedene Treatments (siehe Übersicht 1), in denen die Lernphasen systematisch wie folgt variiert werden:

		Instruktionsverhalten der Lehrkraft	
		systematik- orientiert	beispiel- orientiert
Selbstlernmaterial der Lernenden	systematik- orientiert	<b>SS</b> (n = 12)	<b>SB</b> (n = 11)
	beispiel- orientiert	<b>BS</b> (n = 10)	<b>BB</b> (n = 12)

**Erläuterung der Abkürzung am Beispiel BS:**  
– erster Buchstabe kennzeichnet das Selbstlernmaterial → hier beispielorientiert  
– zweiter Buchstabe kennzeichnet das Instruktionsverhalten → hier systematikorientiert

Übersicht 1: Gestaltungsvarianten der Lernstrecke

Die Fragestellungen zu diesem Lehr-Lern-Arrangement zielen auf eine Analyse der Auswirkungen, die eine Kombination einer bestimmten Art von Selbstlernmaterialien mit der jeweiligen Art der Lehrerunterstützung auf den Erwerb von Fachwissen und einer damit verbundenen, beruflichen Handlungsfähigkeit haben. Hierzu wird das im Unterricht erworbene Wissen zur untersuchten Domäne als theoretische Repräsentation dieses Problemraumes schriftlich getestet. Weiter wird analysiert, wie die Lernenden das erworbene Wissen auf neue Handlungsanforderungen in einer Handlungsaufgabe übertragen können. Zusätzlich werden diese Daten durch umfassende weitere qualitative und quantitative Daten für eine spätere Interpretation gestützt (siehe Übersicht 4 weiter unten).

Für die erwarteten Lernergebnisse wurde vermutet, dass diese dann besonders günstig sind, wenn systematikorientierte und beispielorientierte Grundorientierungen des Selbstlernmaterials und der Art der Lehrerunterstützung gegenseitig miteinander kombiniert werden (Gestaltungsvarianten *SB* und *BS* in Übersicht 1). Hinter dieser Annahme steht die konstruktivistische Auffassung, dass Lernprozesse dann besonders nachhaltig sind, wenn eine hohe Aktivität der Lernenden unter vielschichtigen Betrachtungsperspektiven zu einer Eigenkonstruktion von Wissen führt. In den Gestaltungsvarianten *SB* und *BS* sind individuelle Verarbeitungsprozesse zwischen unterschiedlichen Lernperspektiven (situiert und systematisierend) besonders stark ausgeprägt, was Übertragungsleistungen zwischen den verschiedenen Betrachtungsebenen der Lerngegenstände erfordert.

### 3 Der untersuchte Unterricht

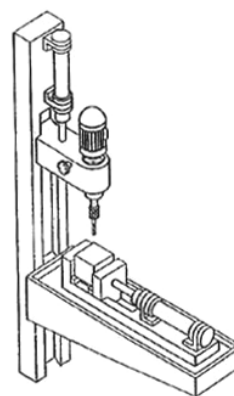
Die Untersuchung erforscht Lehr-Lern-Prozesse zur Automatisierungstechnik im Ausbildungsberuf ‚Mechatroniker‘. Automatisierungsanlagen steuern Ventile, regeln, positionieren, zählen, dosieren und leiten vieles mehr. Der Lernbereich ist sowohl für den ‚Mechatroniker‘ als auch für viele andere Metall- und Elektroberufe von höchster Relevanz. Die untersuchte Lerneinheit vermittelt Kenntnisse zu Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). In dieser Lerneinheit erfolgt die Einführung in das Programmieren von Schrittketten. Dies entspricht den Lehrplanvorgaben der Berufsschule für den Ausbildungsberuf ‚Mechatroniker‘ im zweiten Ausbildungsjahr.

Die Untersuchung fand an der Städtischen Berufsschule für Fertigungstechnik in München statt. Diese Schule setzt seit längerem moderne Unterrichtsformen um, bei denen ‚Handlungsorientierung‘ leitend ist. Für die Automatisierungstechnik sind verschiedene berufstypische steuerungstechnische Apparaturen als Lernumgebung vorhanden. Lernende können hier in verschiedenen Lerngebieten (z.B. der Pneumatik, Elektropneumatik, SPS und Robotik) praxisnah an Fertigungssystemen arbeiten. Das System, mit dem der untersuchte Unterricht arbeitet, ist eine Fertigungsstraße für elektrische Schalter (siehe Übersicht 2). Diese Montageanlage entspricht Industriestandard und ist voll produktionsstauglich. Die zur Steuerung des Montageablaufs eingesetzten Automatisierungsgeräte entstammen der Reihe SIMATIC S7 314 (Siemens). Die zugehörige Software ist Step7 in aktueller Version. Damit lassen sich alle Phasen eines Automatisierungsprojektes (wie Konfigurieren und Parametrieren von Hardware und Kommunikation, Erstellen des SPS-Programms, Dokumentation, Simulation, Inbetriebnahme, Service, Fehlersuche, Prozessführung, Archivierung) ausbilden.

Die untersuchte Lerneinheit umfasst acht Unterrichtsstunden, die im Zeitraum einer Blockwoche unterrichtet werden. Eine kurze Aufgabenstellung führt anhand eines beruflichen Problems – der Programmierung einer teilautomatisierten Bohrmaschine – in die Thematik ein (siehe Übersicht 3). Hier



Übersicht 2: Fertigungsstraße



**Aufgabe 1**  
Teilautomatisierte  
Bohrmaschine

ca. 3 Std.



**Aufgabe 2**  
Programmieren einer  
Station der Montageanlage

ca. 5 Std.

Übersicht 3: Unterrichtsaufbau

erfolgen eine Problemsensibilisierung und ein Heranführen an die Lerninhalte. Anschließend muss in einer komplexeren Aufgabe ein SPS-Programm für die Ansteuerung einer Station der Automatisierungsanlage geschrieben, getestet und lauffähig auf die Anlage übertragen werden. Bei diesem Vorgehen können die Schüler unterschiedliche, fachlich korrekte Wege beschreiten. Der Unterrichtsfortgang in der Lerneinheit wird von Leittexten gesteuert. Die für die Untersuchung herangezogenen Schüler sind mit dieser Lernform bereits grundsätzlich vertraut. Der Lehrer steht den Schülern als Berater zur Verfügung. An bestimmten Punkten im Lernprozess sind lehrergesteuerte Instruktionsphasen für die gesamte Schülergruppe vorgesehen. In den Selbstlernphasen wird den Schülern ein konstruktivistisches Lernen ermöglicht.

Aufgabenstellungen und Leittexte sind für alle Gestaltungsvarianten des Unterrichts identisch. Unterschiedlich gestaltet sind die Informationsmaterialien, mit denen die Schüler lernen und die anstehenden Aufgaben bearbeiten. Hier sind die Materialien für die Varianten *SS* und *SB* identisch. Diese sind systematikorientiert entlang fachwissenschaftlicher Bezüge der Domäne aufgebaut und liefern Informationen, die sich an der Systematik der korrespondierenden Fachwissenschaften orientieren. Die Informationsmaterialien in den Varianten *BS* und *BB*, der beispielorientierten Gestaltungsform, verknüpfen die enthaltenen Informationen handlungssystematisch mit vollständig ausgearbeiteten, konkreten beruflichen Beispielen.

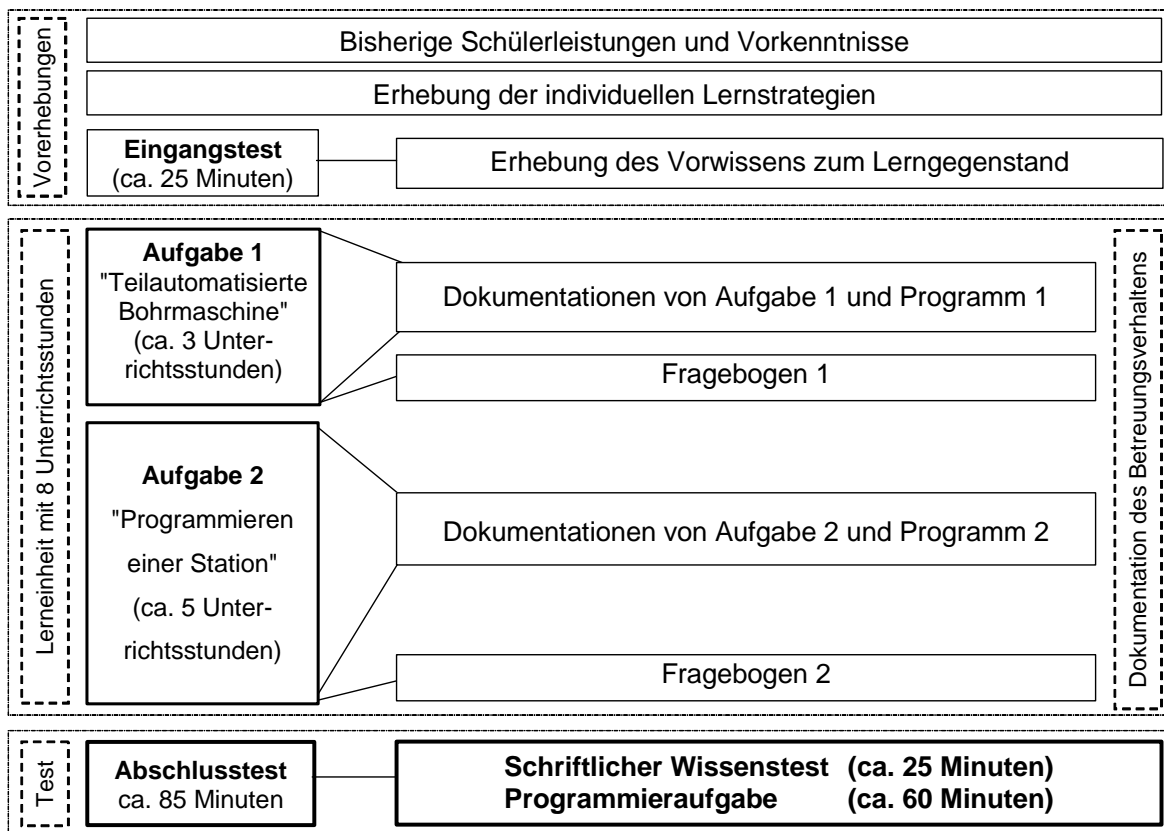
Instruktionale Hilfen der Lehrkraft sind für alle vier Gestaltungsvarianten gleich an inhaltlich definierten Punkten des Lernverlaufes in quantitativ identischen Anteilen vorgesehen. Diese ergeben sich aus Arbeitsschritten im Lernverlauf. Die Lernenden können jedoch auch durch Nachfragen Hilfen von der Lehrkraft anfordern. Sowohl die geplanten instruktionalen Hilfen der Lehrkraft als auch die nachgefragte, optionale Unterstützung unterscheiden sich in den systematikorientierten Gestaltungsvarianten *SS* und *BS* von den beispielbezogenen Gestaltungsvarianten *SB* und *BB* (vgl. Übersicht 1). In den Varianten *SS* und *BS* legen die unterstützenden Hilfen durch die Lehrkraft abstrahierend allgemeine Prinzipien eines Sachverhaltes dar. Das abstrahierend-systematisierende Instruktions- und Unterstützungsverhalten der Lehrkraft zielt insbesondere auf eine Systematisierung der Lerninhalte. Bezüge zu konkreten Beispielen und der jeweiligen Aufgabensituation müssen von den Lernenden selbst hergestellt werden. In den Varianten *SB* und *BB* richtet sich das Instruktions- und Unterstützungsverhalten der Lehrkraft an Beispielen aus, die konkrete Situationen und Handlungsbezüge in den Vordergrund rückt. Dieses konkretisierend-beispielbezogene Lehrerverhalten zielt auf eine handlungssystematische Situierung der Lerninhalte. Systematisierende Abstraktionen und Verallgemeinerungen müssen hier von den Lernenden selbst vorgenommen werden.

Um einen natürlichen Unterrichtsablauf nicht zu gefährden, richtet sich die jeweilige Gestaltungsvariante der Lerneinheiten aber nicht starr und maskenhaft an einem methodisch einseitigen Vorgehen aus. Vielmehr akzentuieren die jeweiligen Varianten grundsätzliche Orientierungen von Lernmaterialien und Lehrerverhalten, die in verschiedenen methodischen Variationen umgesetzt werden. Im Lernprozess ist insbesondere darauf zu achten, dass die Lehrer-Schüler-Interaktion natürlich verläuft und die Lehrkraft Aufforderungen der Schüler nach Hilfestellungen nachkommt. Die Grundausrichtungen der jeweiligen Gestaltungsvariante wird dabei jedoch ausdrücklich betont und Hilfestellungen entsprechend systematikorientiert oder beispielorientiert gegeben.

Der hier untersuchten Lerneinheit zur Programmierung von Schrittketten in Speicherprogrammierbaren Steuerungen geht eine Lerneinheit von acht Unterrichtsstunden zu diesem Lerngebiet voraus. Dort lernen die Schüler u. a. das Bedienen und Handhaben der Soft- und Hardware der verwendeten Steuerung. Weitere Lerninhalte sind grundlegende Operationen in SPS-Programmen und verschiedene Darstellungsarten der Programmierung. Hier erwerben die Schüler grundlegende Kenntnisse zu einzelnen Programmierungselementen, die in der nachfolgenden und untersuchten Lerneinheit zur Programmierung von Schrittketten miteinander verknüpft werden müssen. Diese komplexe Lerneinheit eignet sich als Untersuchungsgegenstand, da sie gegenüber der vorausgehenden Lerneinheit über einfachere Kausalitäten hinausgeht und von den theoretischen Lerninhalten anspruchsvoll und auch bedeutsam für den Beruf des Mechatronikers ist.

#### 4 Untersuchungsdurchführung

Die Datenerhebung dieser Untersuchung erfasst unterschiedliche Datenarten (siehe Übersicht 4). Im Mittelpunkt der Datenerhebung steht ein Abschlusstest. Dieser umfasst einen schriftlichen Wissenstest (ca. 25 Min.) und eine Programmieraufgabe am PC (ca. 60 Min.) und wird nach der achtstündigen Lerneinheit von den Lernenden einzeln bearbeitet.



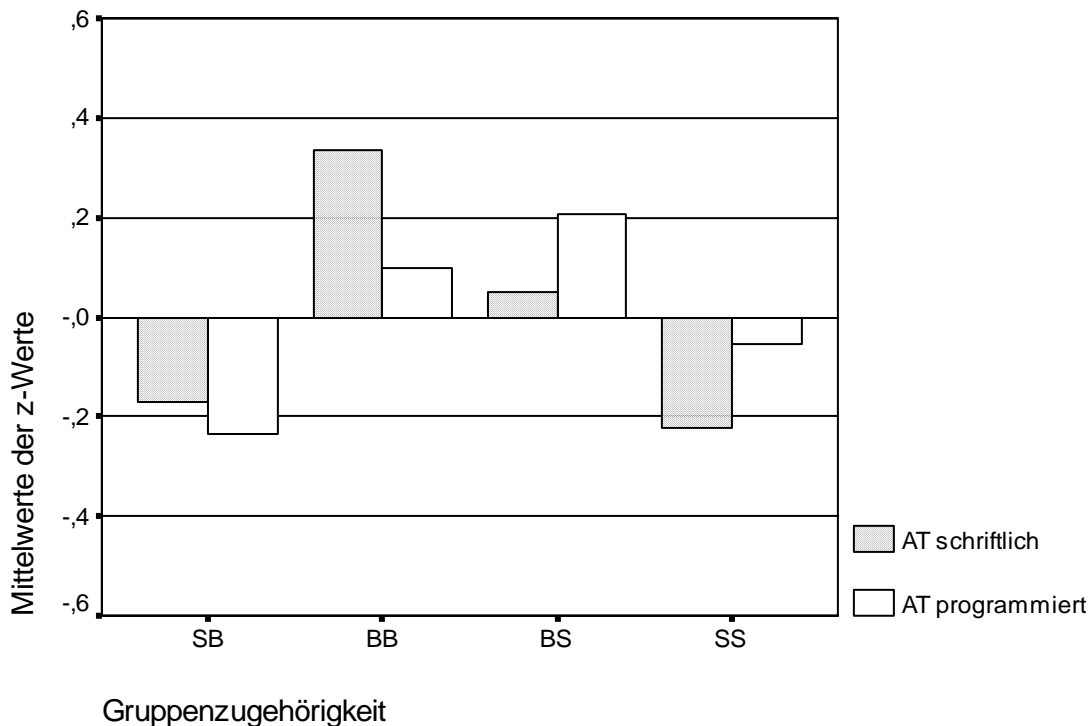
Übersicht 4: Lerneinheit und Datenerhebung

Um diese Testergebnisse für die Auswertung und Interpretation zu untermauern, werden weitere Daten gewonnen. Vor der Lerneinheit bearbeiten die an der Untersuchung teilnehmenden Schüler einzeln einen Eingangstest zur Erhebung ihres Vorwissens zu den anstehenden Lerninhalten. Dies soll zum einen sicherstellen, dass Schüler, die an der Untersuchung teilnehmen, nicht bereits über Kenntnisse zu den in den Lerneinheiten vermit-

telten Inhalten verfügen. Zum anderen dienen die Ergebnisse des Eingangstests zusammen mit weiteren vorliegenden schülerleistungsbezogenen Informationen zur Parallelisierung der einzelnen Treatmentgruppen. Weitere organisatorische Maßnahmen gewährleisten, dass der Kenntniserwerb der Schüler ausschließlich auf die untersuchte Lerneinheit bezogen werden kann. Nach dem Bearbeiten der Aufgaben 1 und 2 liegen die von den Schülern angefertigten schriftlichen Arbeiten (Programme und Dokumentation der Lernarbeit) vor. Jeweils anschließend an die Abgabe der Arbeitsergebnisse von Aufgabe 1 und 2 werden die Lernenden einzeln mittels Fragebögen zu ihren Eindrücken, Empfindungen und subjektiven Einschätzungen zu den durchlaufenen Lerneinheiten befragt. Das Verhalten der Lehrkraft in den beiden unterschiedlichen Unterstützungsvarianten wird durch eine teilnehmende Beobachtung protokolliert. Hier werden sämtliche Interaktionen mit den Lernenden bezüglich Häufigkeit, Art und Dauer erhoben, um diese Untersuchungsvariable möglichst präzise zu erfassen.

## 5 Ausgewählte Ergebnisse

Die Mehrzahl der Schüler schnitt im schriftlichen Eingangstest (sechs Items, Reliabilität .78, Cronbachs Alpha) zum themenspezifischen Vorwissen schlecht ab. Die Lernenden hatten keine Vorkenntnisse zu den Lerninhalten der untersuchten Lernstrecke (Schrittkettenprogrammierung). Im Eingangstest als auch im Vergleich der Noten der vorausgehenden Klassenarbeit in Automatisierungstechnik ergaben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Somit können nach dem untersuchten Unterricht auftretende Unterschiede zwischen den Gruppen eindeutig auf die Gestaltungsvarianten der verschiedenen Treatments zurückgeführt werden.



Übersicht 5: Verteilung der Mittelwerte der z-Werte (nach Gruppen geordnet)

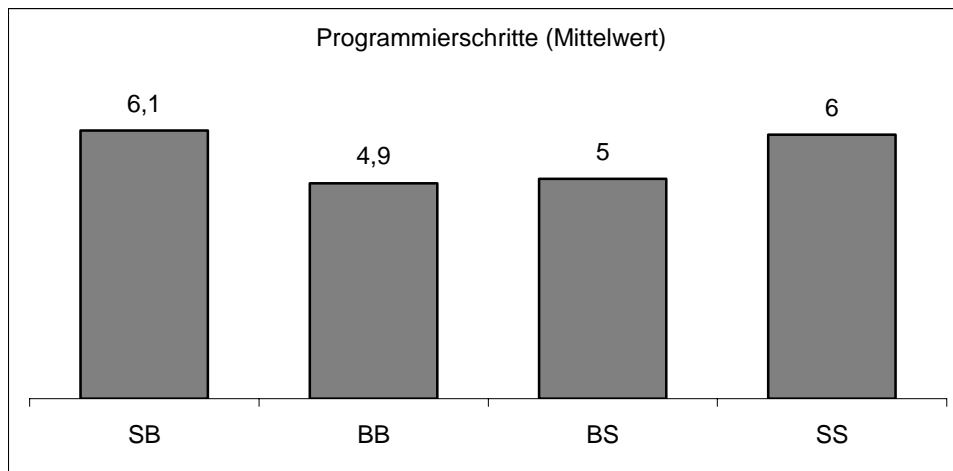
Die Reliabilität des schriftlichen Teils des Abschlusstests liegt bei .85 (11 Items, Cronbachs Alpha), die des programmierten Teils bei .78 (6 Items, Cronbachs Alpha). Aus den Mittel-



wertsvergleichen der Abschlusstestergebnisse ergeben sich bei einer statistischen Sicherheit von 95% keine statistisch signifikanten Unterschiede. In Übersicht 5 werden die Ergebnisse des schriftlichen Teils und der Programmieraufgabe des Abschlusstests (AT) mittels z-transformierter Werte dargestellt. Die z-Werte ergeben sich, indem die Abweichungen der Rohwerte vom Mittelwert durch die Standardabweichung des jeweiligen Testergebnisses geteilt werden. Dadurch werden die Mittelwertsunterschiede der Gruppen in den beiden unterschiedlichen Tests besser vergleichbar. Die Ergebnisse der beiden Teile des Abschlusstests zeigen, dass in den Gruppen, die mit der beispielorientierten Variante des Informationsmaterials arbeiteten (die Gruppen *BB* und *BS*) eine positive Tendenz vorherrscht. Im schriftlichen Teil des AT schneidet die Gruppe *BB* und in der Programmieraufgabe die Gruppe *BS* am besten ab.

Als weiterer Auswertungsschritt werden die beim Programmieren der Stationen der Montageanlage erstellten Programme untersucht. Neben weiteren Aspekten lag der Schwerpunkt der Aufgabenstellung darin, die jeweilige Station der Montageanlage soweit wie möglich zu programmieren.

Die Analyse der Programme ergibt, dass die Schülergruppen, die mit der beispielorientierten Variante des Leittextmaterials arbeiteten (*BS*, *BB*) im Durchschnitt einen Programmierschritt weniger als die beiden anderen Gruppen programmieren (Übersicht 6).



Übersicht 6: Durchschnittlich programmierte Schritte der Stationen der Montageanlage

Ein Programmierschritt der komplexen Montageanlage besteht aus mehreren zu programmierenden Netzwerken. Der beobachtete Unterschied deutet somit auf einen deutlich langsameren Programmierfortschritt im Unterricht bei den Gruppen mit beispielorientiertem Lernmaterial hin.

## 6 Diskussion

Insgesamt betrachtet kamen die Schüler der verschiedenen Treatments zu einem beachtlichen Lernerfolg. Somit konnte der Erwerb anwendbaren Wissens durch das allen vier Treatments zu Grunde liegende handlungsorientierte Unterrichtskonzept erfolgreich gefördert werden. Vor dem untersuchten Unterricht hatten die meisten Lernenden Probleme, einfache logische Verknüpfungen zu erstellen. Nach der durchlaufenen Lernstrecke meisterte der Großteil der Schüler eine komplexe Transferaufgabe.

Für die erwarteten Lernergebnisse wurde weiter oben vermutet, dass diese dann besonders günstig sind, wenn systematikorientierte und beispielorientierte Grundorientierungen des Selbstlernmaterials und der Art der Lehrerunterstützung gegenseitig miteinander kombiniert werden (Gestaltungsvarianten *SB* und *BS* in Übersicht 5). Diese Hypothese muss zumindest für die Kombination *SB* verworfen werden. Es kann jedoch festgestellt werden, dass die Gruppen mit der beispielorientierten Variante des Informationsmaterials (*BB* und *BS*) im Vergleich mit den beiden anderen Gruppen in beiden Teilen des Abschlusstests bessere Ergebnisse erzielten. Bezüglich der Unterstützungsvariante der Lehrkraft lässt sich kein Effekt erkennen.

Betrachtet man dieses Ergebnis in Zusammenschau mit den Ergebnissen der Programm-analyse der Programmieraufgabe 2 des Unterrichts, so lassen sich folgende Vermutungen treffen: (1) Schüler der Gruppen *BB* und *BS* (mit beispielorientiertem Informationsmaterial) waren während des Unterrichts in ihrem Programmierfortschritt langsamer, da sie das zum Programmieren der komplexen Aufgabe 2 erforderliche Wissen aus den vollständig gelösten Programmierbeispielen der beispielorientierten Variante des Informationsmaterials extrahieren mussten. (2) Durch die intensivere Auseinandersetzung mit den Lernmaterialien und den durch die eingeforderte Bearbeitung der Lösungsbeispiele ersten Transfer des erworbenen Wissens auf die Programmieraufgaben waren die Schüler der Gruppen *BB* und *BS* besser auf die Aufgaben des Abschlusstests vorbereitet.

Der Erfolg der beispielorientierten Variante des Lernmaterials stimmt mit den Empfehlungen von Stark, Gruber, Renkl, Mandl (1998) überein. Die Bestätigung dieser Empfehlungen ist umso aussagekräftiger, als die vorliegende Untersuchung sowohl eine andere Domäne (Automatisierungstechnik) als auch eine andere Teilnehmergruppe (Mechatroniker- Auszubildende) umfasste. Wie oben schon erwähnt, führt der Einsatz komplexer Lehr-Lern-Verfahren in starken Lernumgebungen nicht automatisch zu einem effektiveren Lernen. Für einen selbstgesteuerten Lernprozess ist von entscheidender Bedeutung, dass der Lerner bei der Erarbeitung der Lerninhalte z.B. durch einen Leittext geführt und vom Lehrer bei Bedarf oder an bestimmten, von ihm definierten Punkten unterstützt wird.

Aus den Befunden unserer Untersuchung ziehen wir die folgenden Schlussfolgerungen:

1. Das Bearbeiten ausgearbeiteter Lösungsbeispiele im Rahmen eines leittextgestützten handlungsorientierten Unterrichts stellt eine effektive Methode dar, um die Vermittlung von Lerninhalten der Wissensdomäne Automatisierungstechnik im Unterricht nachhaltig zu fördern.
2. Die selbstgesteuerten Lernprozesse müssen durch eine Unterstützung der Lehrkraft gefördert werden. Eine Empfehlung über die Beschaffenheit dieser Unterstützung kann aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nicht eindeutig gegeben werden. Jedoch legen die Erfahrungen aus der teilnehmenden Beobachtung nahe, bei einer geplanten Instruktion durch die Lehrkraft den Schwerpunkt auf die Vermittlung von Systemzusammenhängen zu legen. Bei einer ungeplanten, vom Schüler angeforderten Unterstützung empfehlen wir ein situationsflexibles Vorgehen, das sich an der Beschaffenheit der Problemstellung orientiert.

Aus den Untersuchungsergebnissen der vorliegenden Arbeit entstehen weitere Untersuchungsblickrichtungen. Ein Aspekt richtet sich auf die Bedeutung und Notwendigkeit einer möglichen Lehrerunterstützung in selbstgesteuerten Lernprozessen durch Fachgespräche. Untersuchungsbedarf besteht hinsichtlich der Funktion und den Gestaltungsmöglichkeiten

einer solchen Lernerunterstützung. Ein weiterer Aspekt richtet sich auf Möglichkeiten der geplanten Vermittlung von Lerninhalten durch eine Lehrkraft in Phasen selbstgesteuerten Lernens, was zu einer lernförderlichen Komplementarität von instruktionsgestütztem und selbstgesteuertem Lernen führen kann. Für beide Blickwinkel auf einen konstruktivistischen Unterricht liegen bisher keine empirischen Forschungsergebnisse vor.

## Literatur

- Brettschneider, Volker; Gruber, Hans; Kaiser, Franz-Josef; Mandl, Heinz; Stark, Robin: Anleitung komplexer Problemlöse- und Entscheidungsprozesse zur Unterstützung des Erwerbs kaufmännischer Kompetenz. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 96 (2000) 3, S. 399 – 418
- Dubs, Rolf: Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995) 6, S. 889 – 903
- Gruber, Hans; Renkl, Alexander: Die Kluft zwischen Wissen und Handeln: Das Problem des trägen Wissens. In: Neuweg, Georg, Hans (Hrsg.): Wissen – Können – Reflexion. Innsbruck: Studien-Verlag 2000, S. 155 – 174
- Klauser, Fritz: Effektive Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen in der kaufmännischen Ausbildung – Erfordernisse, neuere Befunde und künftige Forschungsaufgaben. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 94 (1998) 2, S. 248 – 264
- Nickolaus, Reinhold: Handlungsorientierung als dominierendes didaktisch-methodisches Prinzip in der beruflichen Bildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 96 (2000) 2, S. 190 – 206
- Nickolaus, R.; Bickmann, J.: Die Entwicklung von ausgewählten Kompetenzen und der Lernmotivation in Abhängigkeit von Unterrichtskonzeptionsformen - erste Ergebnisse einer empirischen Untersuchung bei Elektroinstallateuren. In: *Die berufsbildende Schule*, Heft 7-8, Wolfenbüttel: Heckners Verlag, 2002, S. 236-243.
- Reinmann-Rothmeier, Gabi; Mandl, Heinz: Lehren im Erwachsenenalter. Auffassungen vom Lehren und Lernen, Prinzipien und Methoden. In: Weinert, Franz, E.; Mandl, Heinz: Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D, Praxisgebiete: Ser. 1, Pädagogische Psychologie; Bd. 4, Psychologie der Erwachsenenbildung. Göttingen: Hogrefe 1997, S. 355 – 403
- Reinmann-Rothmeier, Gabi; Mandl, Heinz: Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In: Klix, Friedhart; Spada, Hans: Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung: Ser. 2, Kognition; Bd. 6, Wissen. Göttingen: Hogrefe 1998, S. 457 – 500
- Riedl, Alfred: Handlungsorientierter Unterricht in einer Verlaufs- und Wirkungsuntersuchung – Ergebnisse einer empirischen Forschungsarbeit zu Lernprozessen im Bereich Steuerungstechnik. In: *Die berufsbildende Schule* 51 (1999) 10 u. 11 (Teil 1 u. Teil 2), S. 335 – 340 u. 370 – 373
- Riedl, Alfred; Schelten, Andreas: Handlungsorientiertes Lernen in technischen Lernfeldern. In: Bader, R.; Sloane, P. F. E. (Hrsg.): Lernen in Lernfeldern. Theoretische Analysen und Gestaltungsansätze zum Lernfeldkonzept. Markt Schwaben: Eusl 2000, S. 155 – 164
- Schäfer, Bettina, Bader, Reinhard: Handlungskompetenz durch Lernfelder – Möglichkeiten einer Konzeptualisierung des Lernfeld-Ansatzes. In: Lipsmeier, Antonius; Pätzold, Günter (Hrsg.): Lernfeldorientierung in Theorie und Praxis. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Beiheft 15. Stuttgart: Steiner 2000, S. 148 – 158

- Schollweck, Susanne: Lehr-Lern-Prozesse in der Steuerungstechnik – Analyse eines handlungsorientierten Unterrichts aus der Metalltechnik. Lehrstuhl für Pädagogik, Technische Universität München 2001. Vortrag auf der Frühjahrstagung der DGfE in Mainz am 7. März 2001
- Stark, Robin; Gruber, Hans; Renkl, Alexander; Mandl, Heinz: Lernen mit Lösungsbeispielen in der kaufmännischen Erstausbildung – Versuche der Optimierung einer Lernstrecke. In: Beck, Klaus; Dubs, Rolf (Hrsg.): Kompetenzentwicklung in der Berufserziehung. Kognitive, motivationale und moralische Dimensionen kaufmännischer Qualifizierungsprozesse. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Beiheft 14. Stuttgart: Steiner 1998, S. 24 – 37