

# **Lehr-Lern-Prozesse in einer konstruktivistischen Lernumgebung für Steuerungstechnikunterricht**

SCHE 311/3-1

## **DFG-Abschlussbericht**

17. Oktober 2003

Prof. Dr. Andreas Schelten  
Dr. Alfred Riedl  
StR Robert Geiger

Technische Universität München  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
Lehrstuhl für Pädagogik

Lothstraße 17  
80335 München

Tel. 089 / 289 24277  
Fax 089 / 289 24313

Email: [schelten@ws.tum.de](mailto:schelten@ws.tum.de) / [riedl@ws.tum.de](mailto:riedl@ws.tum.de) / [geiger@ws.tum.de](mailto:geiger@ws.tum.de)  
Internet: <http://www.paed.ws.tum.de>

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben.....	3
1.1	Antragsteller .....	3
1.2	Thema.....	3
1.3	Kennwort .....	3
1.4	Fachgebiet und Arbeitsrichtung .....	3
1.5	Bewilligter Förderungszeitraum.....	3
2	Zusammenfassung.....	3
3	Arbeitsbericht.....	4
3.1	Ziele und Fragestellung .....	4
3.2	Beteiligte Personen und Institutionen.....	5
3.2.1	Durchführung der wissenschaftlichen Untersuchung.....	5
3.2.2	Durchführung des untersuchten Unterrichts.....	5
3.3	Der untersuchte Unterricht .....	5
3.4	Untersuchungsdurchführung .....	7
3.5	Ausgewählte Ergebnisse.....	8
3.6	Diskussion .....	9
3.7	Schlussfolgerungen und Desiderata .....	10
3.8	Qualifikationen des wissenschaftlichen Nachwuchses .....	11
3.9	Veröffentlichungen.....	11

## **1 Allgemeine Angaben**

Abschlussbericht für ein von der DFG mit einer Sachbeihilfe gefördertes Forschungsvorhaben.

Ein von uns am 20.12.2000 gestellter Antrag an die DFG auf Gewährung einer Sachbeihilfe mit dem Titel ‚Lehr-Lern-Prozesse in einer konstruktivistischen Lernumgebung für Steuerungstechnikunterricht‘ erfuhr mit Schreiben vom 25.05.2001 (Geschäftszeichen: SCHE 311/3-1) die Bewilligung. Das erfolgreich durchgeführte Forschungsvorhaben ist im folgenden Abschlussbericht dokumentiert.

### **1.1 Antragsteller**

Andreas Schelten, Dr. phil. habil.

Universitätsprofessor

21.03.1948, deutsch

Lehrstuhl für Pädagogik, Institut für Psychologie und Erziehungswissenschaften,

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität München

Dienstanschrift: Lothstraße 17, 80335 München

Tel. 089 / 289 24277, Fax 089 / 289 24313, Internet: <http://www.paed.ws.tum.de>

Alfred Riedl, Dr. phil., Dipl.-Berufspäd. Univ.

Akademischer Rat

09.09.1960, deutsch

### **1.2 Thema**

Lehr-Lern-Prozesse in einer konstruktivistischen Lernumgebung für Steuerungstechnikunterricht

### **1.3 Kennwort**

LeLePro-konSteutech (Lehr-Lern-Prozesse in konstruktivistischem Steuerungstechnikunterricht)

### **1.4 Fachgebiet und Arbeitsrichtung**

Berufsbildungsforschung – Unterrichtsforschung

### **1.5 Bewilligter Förderungszeitraum**

24 Monate (01.09.2001-31.08.2003)

## **2 Zusammenfassung**

In einer empirischen Untersuchung bei Mechatronikern 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 Ergebnis zeigte sich in der Analyse des zweiteiligen Abschlusstestes, dass die beiden Schülergruppen bessere Ergebnisse erzielten, die mit dem situiert-beispielorientierten Informationsmaterial gearbeitet hatten. Die Autoren empfehlen auf Grundlage der Ergebnisse der Untersuchung das Bearbeiten ausgearbeiteter Lösungsbeispiele im Rahmen eines leittextgestützten handlungsorientierten Unterrichts. Dies stellt eine effektive Methode dar, um die Vermittlung von Lerninhalten der Wissensdomäne Automatisierungstechnik im Unterricht nachhaltig zu fördern. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass selbstgesteuerte Lernprozesse einer Unterstützung durch die Lehrkraft bedürfen. Eine eindeutige Empfehlung für die Beschaffenheit dieser Unterstützung kann jedoch nicht gegeben werden. Die Autoren empfehlen hierfür ein situationsflexibles Vorgehen der Lehrkraft, das sich an der Problemstellung orientiert.

Als Forschungsdesiderata werden die empirische Untersuchung von Gestaltungsmerkmalen der Lehrerunterstützung und der Leittexte und Informationsmaterialien in einem selbstgesteuerten beruflichen Unterricht genannt. Diesbezügliche Nachfolgeanträge auf Gewährung einer Sachbeihilfe durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft sind in Vorbereitung.

### 3 Arbeitsbericht

#### 3.1 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 schüler selbstgesteuerter Wissenskonstruktion und einem damit korrespondierenden Betreuungsverhalten der Lehrkraft bei der Instruktion der Lernenden. Aus dem gewählten Untersuchungsansatz ergeben sich vier unterschiedliche 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 werden 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 3 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.

### **3.2 Beteiligte Personen und Institutionen**

#### **3.2.1 Durchführung der wissenschaftlichen Untersuchung**

Andreas Schelten, Dr. phil. habil., Universitätsprofessor, Lehrstuhl für Pädagogik, TU München  
 Alfred Riedl, Dr. phil., Dipl.-Berufspäd. Univ., Akademischer Rat  
 Robert Geiger, Studienrat, Dipl.-Berufspäd. Univ., Wissenschaftlicher Assistent

#### **3.2.2 Durchführung des untersuchten Unterrichts**

Der Unterricht wurde von StD Martin Müller durchgeführt. Herr Müller ist der Betreuer des Fachbereichs Mechatronik an der Städtischen Berufsschule für Fertigungstechnik in München. Sämtliche für die Untersuchung benötigte Unterstützung wurde von der Städtischen Berufsschule für Fertigungstechnik gewährt (Schulleiter StD Fritz Dreßl, Deroystr. 1, 80335 München, Tel. 0 89 - 23 33 55 98, Fax 0 89 - 23 33 56 00).

### **3.3 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 Lehrplangvorgaben 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



Übersicht 2: Fertigungsstraße

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. Hier 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 (vgl. Übersicht 1). Diese sind systematikorientiert entlang fachwissenschaftlicher Bezüge der Domäne aufgebaut und liefern Informationen, die sich an der Systematik der korrespondierenden Fachwissenschaften orientieren. Ebenfalls identisch sind die Informationsmaterialien in den Varianten *BS* und *BB*, der beispielorientierten Gestaltungsform. Diese verknüpfen die enthaltenen Informationen handlungssystematisch mit vollständig ausgearbeiteten, konkreten beruflichen Beispielen.

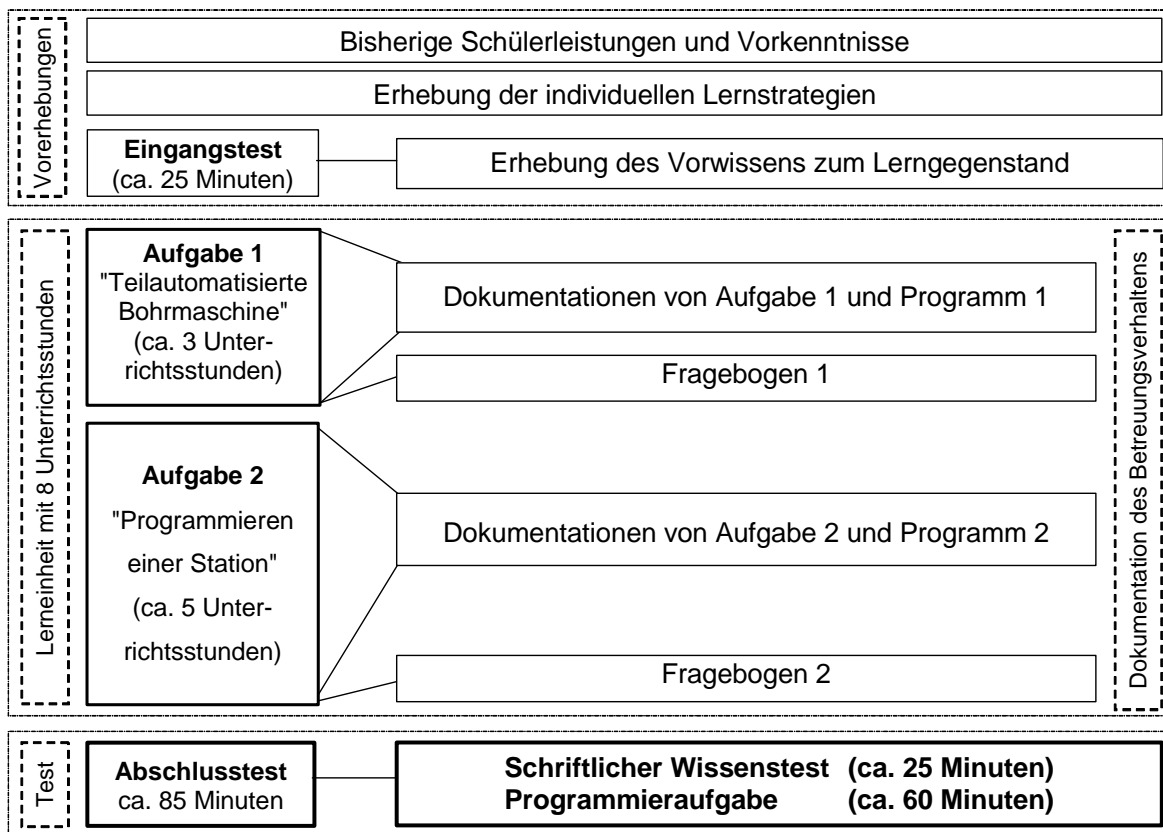
Instruktionale Hilfen der Lehrkraft sind für alle vier Gestaltungsvarianten gleich an inhaltlich definierten Punkten des Lernverlaufes in quantitativ identischen Anteilen vorgesehen. Diese ergeben sich aus Arbeitsschritten im Lernverlauf. Die Lernenden können jedoch auch durch Nachfragen Hilfen von der 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.

### 3.4 Untersuchungsdurchführung

Die Datenerhebung dieser Untersuchung erfasst unterschiedliche Datenarten (siehe Übersicht 3). 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 3: 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 vermittelten Inhalten verfügen. Zum anderen dienen die Ergebnisse des Eingangstests zusammen mit weiteren vorliegenden schülerleistungsbezogenen Informationen zur Parallelisierung der einzelnen Treatmentgruppen.

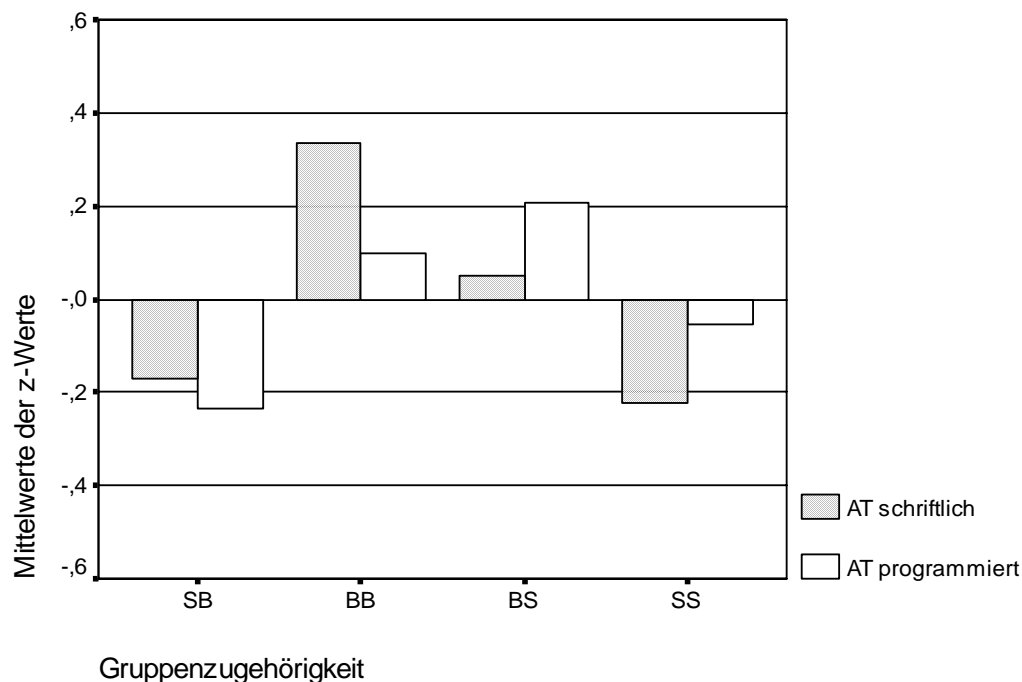
Weitere organisatorische Maßnahmen gewährleisten, dass der Kenntniserwerb der Schüler ausschließlich auf die untersuchte Lerneinheit bezogen werden kann. Nach dem Bearbeiten der

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.

### 3.5 Ausgewählte Ergebnisse<sup>1</sup>

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 auf die Gestaltungsvarianten der verschiedenen Treatments zurückgeführt werden.

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 Mittelwertsvergleichen der Abschlusstestergebnisse ergeben sich bei einer statistischen Sicherheit von 95% keine statistisch signifikanten Unterschiede. Als prüfstatistisches Verfahren wurde aufgrund der geringen Zellenbesetzung ( $n_{1-4} = 10, 11, 12, 12$ ) der H-Test von Kruskal und Wallis<sup>2</sup> herangezogen.



Übersicht 4: Verteilung der Mittelwerte der z-Werte (nach Gruppen geordnet), AT = Abschlusstest

In Übersicht 4 werden die Ergebnisse des schriftlichen Teils und der Programmieraufgabe des Abschlusstests (AT) in Form von Mittelwerten der z-transformierten Werte der jeweiligen Gruppen dargestellt. Z-Werte ergeben sich, indem die Abweichungen der Rohwerte vom Mittelwert durch die Standardabweichung des jeweiligen Testergebnisses ( $AT_{\text{schriftlich}}$ ,  $AT_{\text{programmiert}}$ ) geteilt

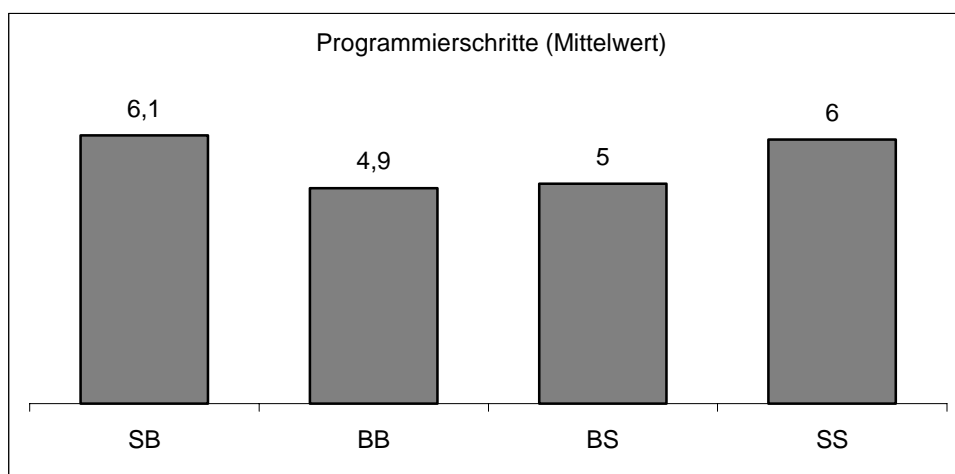
<sup>1</sup> Eine vollständige Darstellung der Ergebnisse erfolgt in der Dissertation von Herrn Geiger (in Vorbereitung).

<sup>2</sup> Bortz, Jürgen, Lienert, Gustav A., Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung – Ein praktischer Leitfadens für die Analyse kleiner Stichproben, Berlin: Springer 1998, S. 142.



werden. Durch die Verwendung z-transformierter Werte können Mittelwertsunterschiede von Stichproben in unterschiedlichen Tests besser verglichen werden. 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 5).



Übersicht 5: 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 erheblich langsameren Programmierfortschritt im Unterricht bei den Gruppen mit beispielorientiertem Lernmaterial hin. Dadurch verwenden diese Gruppen bei insgesamt gleicher Arbeitszeit mehr Zeit für die Bearbeitung der einzelnen Lernschritte.

### 3.6 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 4). 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 Programmanalyse 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 bestätigt Gestaltungsempfehlungen für einen kaufmännischen Unterricht von Stark, Gruber, Renkl, Mandl<sup>3</sup>, die aus einer Forschungsarbeit zum Lernen mit Lösungsbeispielen in der kaufmännischen Erstausbildung resultieren. Die Bestätigung dieser Empfehlungen ist umso aussagekräftiger, als die vorliegende Untersuchung sowohl eine andere Domäne (Automatisierungstechnik) als auch eine andere Teilnehmergruppe (Mechatroniker- Auszubildende) umfasste.

### 3.7 Schlussfolgerungen und Desiderata

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 empfiehlt sich 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 keinen der genannten Blickwinkel auf einen konstruktivistischen Unterricht liegen bisher ausreichende empirische Forschungsergebnisse vor.

Betrachtet man die empirische Forschungslage zur Frage nach Gestaltungskriterien für Leittexte und Informationsmaterialien für einen selbstgesteuerten Unterricht bietet sich ein ähnlich tristes Bild. Für beide genannten Themenbereiche befindet sich ein Nachfolgeantrag auf Gewährung einer Sachbeihilfe durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft in der Phase der Ausarbeitung.

---

<sup>3</sup> 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.

### 3.8 Qualifikationen des wissenschaftlichen Nachwuchses

Diplomarbeiten:

- Grunwald, Holger: Konstruktivistischer beruflicher Unterricht im Lerngebiet Automatisierungstechnik – Auswertung und Interpretation eines theoretischen Abschlusstests
- Stöhr, Christian: Konstruktivistischer beruflicher Unterricht im Lerngebiet Automatisierungstechnik – Auswertung und Interpretation eines praktischen Abschlusstests
- Hofbauer Markus: Konstruktivistischer beruflicher Unterricht im Lerngebiet Automatisierungstechnik - Auswertung von Fragebögen und Dokumentation des Instruktionsverlaufs
- Thiemann, Oliver: Konstruktivistischer beruflicher Unterricht im Lerngebiet Automatisierungstechnik – Beschreibung und Auswertung einer komplexen Programmieraufgabe
- Kroll, Sebastian: Konstruktivistischer Unterricht im Lerngebiet Automatisierungstechnik – Beschreibung und Auswertung eines Eingangstests
- Seidl, Gabi: Konstruktivistischer Unterricht im Lerngebiet Automatisierungstechnik – Auswertung von Fragebögen und Interpretation der Ergebnisse
- Ruth, Burkhard: Vermittlung von Lerninhalten zum Thema SPS bei Mechatronikern an bayerischen Berufsschulen
- Gust, Holger: Vermittlung von Lerninhalten zum Thema SPS bei Mechatronikern in größeren Ausbildungsbetrieben
- Willimek, Thomas: Konstruktivistischer beruflicher Unterricht im Lerngebiet Automatisierungstechnik - Auswertung und Interpretation eines Lernstrategietests für Schüler

Dissertation:

- Geiger, Robert: Gestaltungsvarianten eines handlungsorientierten Unterrichts – Systematik- und beispielorientierte Varianten des Lernmaterials und der Lehrerunterstützung in einem handlungsorientierten beruflichen Unterricht (Arbeitstitel, Fertigstellung der Arbeit geplant für Juli 2004)

### 3.9 Veröffentlichungen

- Geiger, Robert; Riedl, Alfred: Gestaltungsvarianten eines handlungsorientierten Unterrichts, in: Die berufsbildende Schule (zur Veröffentlichung angenommen)
- Riedl, Alfred: Variants of an action oriented learning environment for technical vocational training. In: Achtenhagen, Frank; Thång, Per-Olof (Eds.): Transferability, Flexibility and Mobility as Targets of Vocational Education and Training. Göttingen: Seminar für Wirtschaftspädagogik der Georg-August-Universität 2002, S. 47 – 49
- Riedl, Alfred: Lehr-Lern-Prozesse in technischem beruflichem Unterricht – Gestaltungsvarianten einer Lerneinheit. In: Reinisch, Holger; Beck, Klaus; Eckert, Manfred; Tramm, Tade (Hrsg.): Didaktik beruflichen Lehrens und Lernens - Reflexionen, Diskurse und Entwicklungen. Opladen: Leske + Budrich 2002
- Geiger, Robert; Riedl, Alfred: Variants of an action oriented learning environment for technical vocational training. Presented on a poster session during the final conference of COST Action A 11 in Gothenburg, June 13th – 16th, 2002
- Geiger, Robert; Riedl, Alfred: Gestaltungsvarianten einer handlungsorientierten Lernumgebung für technischen beruflichen Unterricht. Beitrag zur Postersession des 18. DGfE-Kongresses "Innovation durch Bildung" vom 25.-27.03.2002 in München
- Riedl, Alfred: Technischer handlungsorientierter Unterricht in der Berufsschule - Gestaltungsanforderungen einer komplexen Lehr-Lern-Umgebung. In: Kremer, H.-H; Sloane, P. F. E. (Hrsg.): Konstruktion, Implementation und Evaluation komplexer Lehr-Lern-Arrangements. Fallbeispiele aus Österreich, den Niederlanden und Deutschland im Vergleich. Paderborn: Eusl 2001. S. 75 – 106