



Schriftenreihe

***EUB***

***Erziehung - Unterricht - Bildung***

Band 75

ISSN 0945-487X

In der Schriftenreihe ***EUB*** werden neue Erkenntnisse aus dem  
Bereich Erziehung, Unterricht und Bildung veröffentlicht.

Verlag Dr. Kovač

Dirk Strübe

**Mehrdimensionale Lerneffekte im  
Labor durch offene Lernumgebungen**

*Empirische Untersuchung zur Gestaltung und  
Effizienz von Lernprozessen Studierender im  
Laboratorium für Leistungselektronik der  
Fachhochschule Hannover*

**Verlag Dr. Kovač**

# VERLAG DR. KOVAČ

Arnoldstraße 49 · 22763 Hamburg · Tel. 040 - 39 88 80-0 · Fax 040 - 39 88 80-55

E-mail [vdk@debitel.net](mailto:vdk@debitel.net) · Internet [www.verlagdrkovac.de](http://www.verlagdrkovac.de)

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

**Strübe, Dirk:**

Mehrdimensionale Lerneffekte im Labor durch offene Lernumgebungen: empirische Untersuchung zur Gestaltung und Effizienz von Lernprozessen Studierender im Laboratorium für Leistungselektronik der Fachhochschule Hannover / Dirk

Strübe. – Hamburg : Kovač, 2001

(EUB, Erziehung - Unterricht - Bildung ; Bd. 75)

Zugl.: Hildesheim, Univ., Diss., 2000

ISSN 0945-487X

ISBN 3-8300-0373-0

© VERLAG DR. KOVAČ in Hamburg 2001

Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, fotomechanische Wiedergabe, Aufnahme in Online-Dienste und Internet sowie Vervielfältigung auf Datenträgern wie CD-ROM etc. nur nach schriftlicher Zustimmung des Verlages.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>7</b>
----------------------	----------

<b>1 Kurzfassung</b> .....	<b>9</b>
----------------------------	----------

### *Teil I Hintergrund der Untersuchung*

<b>2 Situationsanalyse</b> .....	<b>13</b>
2.1 Neue Arbeits- und Organisationskonzepte .....	14
2.2 Steigender Automatisierungsgrad / zunehmende Vernetzung.....	16
2.3 Mehrdimensionale Anforderungen / Schlüsselqualifikationen.....	17
2.4 Lernorganisatorisches Gestaltungsfeld zur Entwicklung und Förderung von Schlüsselqualifikationen .....	24
2.4.1 Gestaltungsspielräume in der beruflichen Bildung .....	25
2.4.2 Lernarrangements im Laboratorium .....	27
2.4.3 Öffnung der Lernumgebung im Laboratorium .....	32

### *Teil II Didaktisch-methodische Faktoren der Untersuchung*

<b>3 Hypothesen zur Untersuchung</b> .....	<b>35</b>
3.1 Arbeitshypothese .....	36
3.2 Statistische Hypothesen / Nullhypothesen.....	36
<b>4 Theoretische Beschreibung der Untersuchung</b> .....	<b>45</b>
4.1 Evaluation als Qualitätssicherung und -verbesserung .....	45
4.2 Bussysteme als Lernträger.....	47
4.2.1 Didaktischer und fachlich-inhaltlicher Aspekt .....	48
4.2.2 Entwicklungen an der FHH .....	48
4.3 Auswahl des Forschungsdesigns .....	49
4.3.1 Studentensituation im Laboratorium für Leistungselektronik .....	50
4.3.2 Forschungsdesign .....	50
4.3.3 Zeitlicher Ablauf der Untersuchung .....	52

4.4	Forschungsinstrumente .....	54
4.4.1	Allgemeine Analyse Kriterien .....	54
4.4.1.1	Wirkungsanalyse .....	54
4.4.1.2	Gültigkeitsanspruch der Untersuchungsergebnisse.....	56
4.4.1.3	Signifikanztest .....	59
4.4.2	Erhebungsmethoden für die Qualitätssicherung .....	62
4.4.2.1	Befragung durch strukturierte Fragebögen (Interviews).....	62
4.4.2.2	Nichtteilnehmende strukturierte Beobachtung.....	67
4.4.2.3	Tests .....	70
4.5	Beschreibung der Laborumgebungen .....	71
4.5.1	Konvergenz der Laborumgebung .....	71
4.5.1.1	Die Komplexität der Laboraufbauten .....	71
4.5.1.2	Zielgerichtete planvolle Umgebung.....	74
4.5.1.3	Lernzielorientierung .....	79
4.5.2	Divergenz des Öffnungsgrads.....	82
4.5.2.1	Die Rolle des "Lernhelfers" .....	82
4.5.2.2	Aktives Lernen / Lernen aus Fehlern.....	84
4.5.2.3	Aufgabenorientiertes selbstorganisiertes Lernen .....	85
4.5.2.4	Grenzen der Öffnung .....	86

### *Teil III Technische und organisatorische Beschreibung der Untersuchung*

<b>5</b>	<b>Laborversuche in der Leistungselektronik an der FHH .....</b>	<b>87</b>
5.1	Allgemeines zur Vernetzung mit Bussystemen .....	88
5.1.1	Einordnung in die Kommunikationshierarchie .....	88
5.1.2	Feldbussysteme .....	90
5.1.3	Aktuelle Entwicklungen .....	95
5.2	Organisatorischer Ablauf der Laborveranstaltungen .....	95
5.2.1	Grobzeitplanung im Semester.....	95
5.2.2	Zeitplanung während der Durchführung.....	98
5.3	Beschreibung der Laborversuche.....	101
5.3.1	Laborversuch IBUS .....	101
5.3.1.1	Technische Daten zum InterBus-S .....	101
5.3.1.2	Technische Beschreibung der Anlage IBUS.....	103
5.3.1.3	Lernziele zum IBUS .....	105
5.3.1.4	Laboranleitungen zum IBUS .....	107
5.3.2	Laborversuch PROFI.....	113
5.3.2.1	Technische Daten zum Profibus DP und zum ASi .....	113
5.3.2.2	Technische Beschreibung der Anlage PROFI.....	117
5.3.2.3	Lernziele zum PROFI.....	119
5.3.2.4	Laboranleitung zum PROFI.....	121
5.4	Beurteilungsinstrumente bei Laborversuchen.....	124
5.4.1	Konventionelle Beurteilungsinstrumente.....	124
5.4.1.1	Laborberichte.....	125
5.4.1.2	Präsentationen .....	125
5.4.2	Untersuchungsspezifische Forschungsinstrumente.....	126
5.4.2.1	Interviews .....	126
5.4.2.2	Beobachtungen .....	129

## Teil IV Auswertung der Untersuchung

<b>6</b>	<b>Auswertungen.....</b>	<b>133</b>
6.1	Allgemeine Ergebnisse der Untersuchung (Indirekt thesenrelevante Auswertung).....	134
6.1.1	Erwartungen der Teilnehmer .....	135
6.1.1.1	Statistische Antworthäufigkeiten bei den geschlossenen Fragen .....	137
6.1.1.2	Frei formulierte Erwartungen.....	139
6.1.1.3	Zusammenfassung der Erwartungen .....	140
6.1.2	Vergleich zu anderen Laborversuchen .....	142
6.1.2.1	Statistische Auswertung des Vergleichs.....	142
6.1.2.2	Zusammenfassung des Vergleichs zu anderen Laborversuchen.....	145
6.1.3	Komplexität der Laborversuche .....	146
6.1.3.1	Statistische Auswertung zur Einschätzung der Komplexität .....	146
6.1.3.2	Zusammenfassung der Einschätzung zur Komplexität.....	147
6.1.4	Vorbereitung auf die Laborversuche .....	147
6.1.4.1	Statistische Auswertung zur Vorbereitung der Untersuchungsteilnehmer .....	147
6.1.4.2	Zusammenfassung zur Vorbereitung der Untersuchungsteilnehmer .....	150
6.1.5	Anknüpfen an Vorwissen .....	151
6.1.5.1	Statistische Auswertung zum Anknüpfen an Vorwissen der Versuchsteilnehmer .....	151
6.1.5.2	Zusammenfassung zum Anknüpfen an Vorwissen der Versuchsteilnehmer .....	153
6.1.6	Schulbildung.....	154
6.1.6.1	Statistische Auswertung zur Vorbildung der Untersuchungsteilnehmer .....	154
6.1.6.2	Zusammenfassung zur Schulbildung der Untersuchungsteilnehmer .....	154
6.1.7	Bearbeitungszeiten .....	155
6.2	Konkrete Ergebnisse zur aufgestellten Arbeitshypothese (Direkt thesenrelevante Auswertung).....	156
6.2.1	Überprüfung der statistischen Hypothesen anhand geschlossener Fragen (Selbsteinschätzung der Teilnehmer) .....	157
6.2.1.1	Frage IBUS 1 .....	158
6.2.1.2	Frage PROFI 1 .....	159
6.2.1.3	Frage IBUS 2a.....	160
6.2.1.4	Frage IBUS 2b .....	161
6.2.1.5	Frage IBUS 2c.....	162
6.2.1.6	Frage PROFI 2a .....	163
6.2.1.7	Frage PROFI 2b .....	164
6.2.1.8	Frage PROFI 2c .....	165
6.2.1.9	Frage IBUS 4 .....	166
6.2.1.10	Frage PROFI 4 .....	167
6.2.1.11	Frage IBUS 6a.....	168
6.2.1.12	Frage IBUS 6b .....	169
6.2.1.13	Frage IBUS 6c.....	170
6.2.1.14	Frage PROFI 6a .....	171
6.2.1.15	Frage PROFI 6b .....	172
6.2.1.16	Frage PROFI 6c .....	173
6.2.1.17	Frage IBUS 7 .....	174
6.2.1.18	Frage PROFI 7 .....	175
6.2.1.19	Frage IBUS 12 .....	176
6.2.1.20	Frage PROFI 12 .....	177
6.2.1.21	Frage PROFI 15a .....	178
6.2.1.22	Frage PROFI 15b .....	179
6.2.1.23	Frage PROFI 15c .....	180
6.2.1.24	Zusammenfassung der statistischen Überprüfung in tabellarischer Form .....	181
6.2.2	Ergebnisse der Beobachtungen (Fremdeinschätzung des Beobachters) .....	182
6.2.2.1	Statistische Antworthäufigkeiten bei den geschlossenen Fragen .....	183
6.2.2.2	Beobachtungen in offener Form.....	190
6.3	Zusammenfassung der Auswertung und Interpretation in Bezug auf die Arbeitshypothese .....	196

*Teil V Zusammenfassung*

<b>7</b>	<b>Zusammenfassung der Untersuchung und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>201</b>
----------	--	------------

*Teil VI Literaturverzeichnis und Anhang*

<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>205</b>
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>215</b>
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	215
9.2	Tabellenverzeichnis .....	217
9.3	Fragebögen .....	219
9.4	Beobachtungsbögen.....	223
9.5	Gestaltungshinweise für die geöffnete Variante der Laboranleitung.....	227
9.6	Laboranleitung IBUS <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">LA 1</span> 11 Seiten .....	ab 228
9.7	Laboranleitung IBUS* <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">LA 2</span> 6 Seiten	
9.8	Laboranleitung PROFI <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">LA 3</span> 12 Seiten	



## Vorwort

Die vorliegende Dissertation - verfasst an der Universität Hildesheim - soll einen Beitrag leisten, die Ingenieurausbildung an Fachhochschulen zu verbessern. Der Zusammenhang von Schlüsselqualifikationen, Lernorganisation und selbstorganisiertem Lernen im Kontext der "Labordidaktik" spielt dabei eine entscheidende Rolle. Mit den erzielten Ergebnissen der Arbeit verbindet sich die Hoffnung, dass die Erkenntnisse auch auf andere, vergleichbare Zielgruppen, Orte oder Situationen generalisierbar sind.

Während meiner fünfjährigen Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fachhochschule Hannover hatte ich die Möglichkeit, verschiedene Untersuchungen zur Gestaltung von Lernprozessen und deren Wirksamkeit durchzuführen. Sowohl mein Mitwirken im Angewandten Forschungsschwerpunkt REPAM (**R**echnergestützte **E**ntwicklung von **P**rozessen, **A**pparaten und **M**aschinen), in dem sich der Arbeitsschwerpunkt *Antriebe* vorwiegend mit der Technologie von Feldbussystemen beschäftigte als auch die Teilbetreuung des Labors für Leistungselektronik im Fachgebiet Elektrische Antriebe und Automatisierungstechnik schafften die materiellen und organisatorischen Voraussetzungen für diese Arbeit. Die berufspädagogische Komponente, die Kernstück dieser Arbeit ist, wurde durch das zeitgleich absolvierte Studium an der Universität Hildesheim und Seminaren an der Universität Hannover erarbeitet. Die Kombination aus diesen beiden Fachgebieten war ausschlaggebend für die erfolgreiche Durchführung der Untersuchungen.

Mein Dank gilt allen, die mir bei der Arbeit fachlich oder auch persönlich zur Seite standen. An erster Stelle gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Peter F. Brosch und Herrn Prof. Dr.-Ing. Walter Theuerkauf für die Unterstützung und die ständige Betreuung vom ersten Tage an.

Ich verwende in dieser Arbeit die maskuline Grundform für IngenieurInnen, LernhelferInnen, StudentInnen, etc. Dies bedeutet keineswegs eine Diskriminierung, sondern soll dem besseren Lesefluss dienen.

Hannover, im Oktober 2000

Dirk Strübe



## 1 Kurzfassung

Sowohl Befunde der Qualifikations- und Berufsforschung als auch neue Veränderungen und Entwicklungen im Beschäftigungssystem werden zum Anlass genommen, die Aus- und Weiterbildung an einem Konzept von Schlüsselqualifikationen zu orientieren.

Diese Veränderungen betreffen vor allem Tätigkeits- und Anforderungsänderungen auf Grund des Wandels von Marktstrukturen und der Einführung neuer Technologien sowie die damit verbundenen organisatorischen Veränderungen in den Betrieben. Die Internationalisierung und der weltweite Informationsaustausch über vernetzte Kommunikationswege beeinflussen die Umgebungsbedingungen der Unternehmen - es entstehen offenere Märkte und größere Wirtschaftsräume. Auf diese Zunahme an Komplexität und Dynamik kann nur erfolgreich reagiert werden, indem auch neue Arbeits- und Organisationskonzepte eingesetzt werden.

Berufsverbände fordern in Anbetracht des Wandels sowohl innerhalb der Technik als auch innerhalb der Unternehmen sehr vielfältige Kenntnisse und Fähigkeiten. Priorität hat eine hohe Fachqualifikation einschließlich der Fähigkeit der Absolventen zum selbstorganisierten Lernen und Arbeiten. Bemängelt werden Defizite in den sogenannten *Soft Skills*, wie z.B. Teamfähigkeit und die rasche Einarbeitungsfähigkeit in unbekannte Problemstellungen (VDE 2000).

Neuere Konzepte verlangen kooperative Effizienz auf der Grundlage breiter beruflicher Fähigkeiten. Schlüsselqualifikationen, wie beispielsweise Entscheidungsfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit oder die Fähigkeit des selbstorganisierten Arbeitens, bilden eine höhere Form der Handlungskompetenz - sie sollen Fachwissen jedoch nicht ersetzen, sondern ergänzen. Der Zusammenhang von Schlüsselqualifikationen, Lernorganisationen und der Entwicklung von Selbstorganisationsprozessen findet in der heutigen Ingenieurausbildung nicht in hinreichendem Maße Berücksichtigung, wenn es um die Förderung von Schlüsselqualifikationen geht (Tilch, in: Tilch/Biel 1998).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, an einem konkreten Beispiel zu untersuchen, ob und durch welche Form von Lernumgebungen Schlüsselqualifikationen in der Ingenieurausbildung entwickelt und gefördert werden können. Eine Möglichkeit, im Didaktischen Handlungsfeld (Tilch, in: Tilch/Biel 1998) auf die Lernumgebung Einfluss zu nehmen, ist die Variation der Lernsteuerung. Je nach Intensität der

Lernsteuerung kann eine Lernumgebung gestaltet werden, die den weiten Bereich vom fremdbestimmten Lernen bis zum selbstbestimmten Lernen aufspannt. Eine Verlagerung der Lernsteuerung, weg von der tradierten lehrerorientierten Form, hin zu einer selbstorganisierten lernerorientierten Form der Lehre, bildet somit einen Kern der Untersuchung und der aufgestellten Arbeitshypothese: *"In einer geöffneten Laborumgebung können Schlüsselqualifikationen effizienter entwickelt und gefördert werden als in einer geschlossenen Laborumgebung."* Diese - in geöffneter Laborumgebung - entwickelten und geförderten Schlüsselqualifikationen tragen dazu bei, in einer neuen, vergleichbaren Problemsituation selbstorganisiert und problemlösend handeln zu können.

Die empirische Überprüfung der Arbeitshypothese anhand mehrerer statistischer Einzelhypothesen liefert die Grundlage für die Beurteilung derzeitiger und eventuell zukünftiger Lehr-/Lernkonzepte in Bezug auf den Erwerb von Schlüsselqualifikationen.

Authentische Laborumgebungen, wie sie im normalen Hochschulbetrieb vorzufinden sind, schaffen die Voraussetzung für eine valide Untersuchung dieser Art. Dazu wurden in der Vorbereitung der Untersuchung zwei unterschiedliche Laborversuchsstände konzipiert und realisiert. Beide behandeln inhaltlich die Thematik "Feldbussysteme" und werden in der Lehrveranstaltung *Laboratorium für Leistungselektronik* eingesetzt. Feldbussysteme eignen sich in besonderer Weise als Lerngegenstand (Lernträger), da sie aus technisch-fachlichen Gesichtspunkten für den Informationsaustausch immanent wichtig sind und zunehmend an Bedeutung in der Industrie gewinnen - sie werden zu Schlüsselinhalten. Sie unterstützen aber auch ganzheitliche und vernetzte Denkweisen, die wiederum für die Entwicklung und Förderung von Schlüsselqualifikationen von Bedeutung sind. In Kombination mit diesen Laborversuchsständen kommen eigens dafür entwickelte Laboranleitungen zum Einsatz, die sich jedoch in der Intensität ihrer Steuerungsfunktion unterscheiden, um somit unterschiedliche Öffnungsgrade der Lernumgebungen zu erzielen.

Aus der formulierten Arbeitshypothese ist abzuleiten, dass es sich bei der Untersuchung im Wesentlichen um zwei Variablen handelt: die geöffnete Laborumgebung (unabhängige Variable) und die Entwicklung/Förderung von Schlüsselqualifikationen (abhängige Variable). Unter diesen Voraussetzungen und aus der Tatsache, dass für die Untersuchung eine ausreichend große Anzahl Probanden zur Verfügung stand, ist das Forschungsdesign "Vorher-Nachher-Messung mit Kontrollgruppe" zur Anwendung

gekommen. So wurde in der ersten Untersuchungsphase bei der Experimentalgruppe das Treatment in Form der geöffneten Laborumgebung gesetzt; die Kontrollgruppe erhielt hingegen eine Laboranleitung, deren Lernsteuerung zu einer weitgehend geschlossenen Laborumgebung führte. In der zweiten Untersuchungsphase, die die Funktion des Pretests innehatte, erhielten sowohl Experimental- als auch Kontrollgruppe eine Laboranleitung, deren Lernsteuerung zu einer geöffneten Laborumgebung führte. In dieser zweiten Phase wurde untersucht, ob die Probanden der Experimentalgruppe effizienter als die der Kontrollgruppe in der Lage waren, die auftretenden Problemsituationen selbstorganisiert und problemlösend zu bewältigen. Beide Gruppen wurden während der einzelnen Untersuchungsphasen permanent in standardisierter Weise beobachtet und in ihren Verhaltensweisen bewertet. Zusätzlich wurden alle Probanden vor und nach jeder einzelnen Phase mit Hilfe spezieller - ebenfalls standardisierter - Fragebögen zu ihren Erfahrungen und Meinungen befragt. Ein eigens dafür trainierter Lernhelfer (Technischer Angestellter der Labors) stand den Probanden permanent zur Verfügung.

Die Arbeitshypothese kann mit diesem Forschungsdesign durch Anwendung des Signifikanztests und unter Berücksichtigung der Beobachtungen (Fremdbeobachter in freier Form) und Einschätzung (Selbsteinschätzungen der Probanden in freier Form) auf ihre Richtigkeit hin analysiert und beurteilt werden.

Die Ergebnisse der Untersuchung unterstützen die Forderung, Lernkonzepte und Lernprozesse neu zu gestalten - und zwar unter Beachtung des Zusammenhangs der didaktischen Zielsetzung und der methodischen Umsetzung: Rücknahme der Lernsteuerung zur effizienteren Entwicklung und Förderung von Schlüsselqualifikationen.

Der Forderung von Ingenieur- und Berufsverbänden einer besseren Vorbereitung der Absolventen auf die spätere Berufspraxis wird damit Rechnung getragen. Problemlösen wird, in Vorbereitung zur Diplomarbeit schon geübt. Die Beziehungsstrukturen ähneln bereits denen im späteren Industrie-Alltag.

Den jeweiligen Schlüsselinhalt kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Eine Neubestimmung der Rahmenbedingungen für das Lernen kann daraus abgeleitet werden.

