

**Experimentierendes Lernen in der Bau- und
Holztechnik**
—
**Entwicklung eines fachdidaktisch
begründeten
Experimentalkonzepts als Grundlage für die
Realisierung eines handlungsorientierten Unterrichts
für die Berufsfelder der Bau- und Holztechnik**

Habilitationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor philosophiae habilitatus (Dr. phil. habil.)

genehmigt durch die Fakultät
für Geistes-, Sozial- und Erziehungswissenschaften
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

von Dr. phil. Frank Bünning
geb. 13.01.1969 in Stendal

Gutachter:
Prof. Dr. Klaus Jenewein
Prof. Dr. habil. Dietmar Frommberger
Prof. Dr. habil. Klaus Struve

Magdeburg, 27.05.2008

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung und Anliegen der Arbeit.....	1
2	Ausgangssituation des Berufsfeldes.....	4
	2.1 Charakteristika des Berufsfeldes Bautechnik.....	4
	2.2 Neuordnung der Stufenausbildung in der Bauwirtschaft.....	10
	2.3 Exkurs der Lernfelddebatte	13
3	Handlungstheoretische Grundlagen – Analyse handlungstheoretischer Modelle	20
	3.1 Das Modell der Handlung nach LEONTJEW und HACKER.....	20
	3.1.1 Die Beziehung zwischen Tätigkeit, Handlung und Operation	20
	3.1.2 Komponenten der Handlung	24
	3.2 Das Modell der Handlung nach VOLPERT.....	29
	3.2.1 Definition und Grundmodell der Handlung	29
	3.2.2 Merkmale der Handlung	31
	3.2.3 Handlungsmodell A	33
	3.2.4 Handlungsmodell B	36
	3.2.5 Gegenüberstellung von Modell A und Modell B	38
	3.3 Das Modell der Handlung nach AEBLI.....	39
	3.3.1 Tätigkeit, Handlung und Operation.....	39
	3.3.2 Entwicklung, Verinnerlichung von Handlungen und Struktur des Handlungslernens	41
	3.3.3 Handlung und Begriff.....	44
4	Anspruch des handlungsorientierten Unterrichts und experimentierenden Lernens.....	47
5	Definition und Klassifikation von Experimenten	54
	5.1 Begrifflicher Exkurs	54
	5.2 Klassifikation von Experimenten	58
	5.2.1 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach dem Zusammenhang von Variablen und Wirkung	58
	5.2.2 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach ihrer didaktischen Funktion.....	58
	5.2.3 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach ihrer Organisationsform	59
	5.2.4 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach ihrem Wirklichkeitsbezug bzw. Abstraktionsgrad	60
	5.2.5 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach den zu entwickelnden Persönlichkeitsdispositionen	61
	5.3 Phasenstruktur des Experimentierens	63
	5.3.1 Bedeutung des Experimentierens	63
	5.3.2 Phasen des Experimentierens nach BERNARD.....	66
	5.3.3 Phasen des Experimentierens nach BADER.....	67
	5.3.4 Phasen des Experimentierens nach HASPAS	68
	5.3.5 Phasen des Experimentierens nach MEYER.....	68
6	Entwicklung eines Konzepts des Experimentierens in der Bau- und Holztechnik	71
	6.1 Handlungstheoretische Begründung eines Phasenschemas des Experimentierens	71
	6.2 Exemplarische Integration eines Experiments in ein Lernfeld	76
	6.3 Konzeption der holz- und bautechnischen Experimente.....	84
7	Untersuchungsansatz der empirischen Evaluation der entwickelten Experimentalkonzeption.....	89
	7.1 Analyse affiner internationaler Studien zu Effekten methodischer Entscheidungen auf den Lernerfolg	89

7.1.1	Studie: Comparing experiential versus lecture methods of instruction	89
7.1.2	Studie: Experimenting on classroom experiments: Do they increase learning in introductory microeconomics?	93
7.1.3	Studie: Effects of the cooperative class experiment teaching method on secondary school students' Chemistry achievement in Kenya's Nakuru District	95
7.1.4	Studie: The relationship between school laboratory experiments and academic achievement of Palestinian students in introductory university science courses.....	100
7.1.5	Studie: The influence of teaching methods on student achievement on Virginia's End of Course Standards of Learning Test for Algebra I.....	103
7.2	Schlussfolgerungen aus der Analyse zusammengefasster Studien	108
8	Konzeption der Studie und Einordnung in die berufsbezogene Kompetenzforschung	110
8.1	Bildungspolitische Rahmenbedingungen	110
8.2	Bezugskompetenzmodell der Studie.....	112
8.2.1	Begründung des theoretischen Bezugsrahmens	112
8.2.2	Kognitionspsychologischer Ansatz der Studie	114
8.3	Generierung der Hypothesen.....	124
9	Konzeption der Studie.....	128
9.1	Testverfahren	128
9.2	Testentwicklung und Testdurchführung	133
9.2.1	Entwicklung der verwendeten Tests.....	133
9.2.2	Gütekriterien des Tests	137
9.3	Auswertungsmethoden	142
9.3.1	Begründung des Auswertungskonzepts.....	142
9.3.2	Mittelwertvergleich.....	142
9.3.3	T-Test für abhängige Stichproben.....	142
9.3.4	Varianzanalyse einer unabhängigen Variablen.....	143
9.3.5	Korrelationsanalyse.....	145
10	Rahmenbedingungen der Studie	146
10.1	Vorbemerkungen	146
10.2	Zusammensetzung der Klassen.....	146
10.3	Vergleich der Zusammensetzung der Experimental- und der Kontrollgruppe Teilstudie I	149
10.4	Vergleich der Zusammensetzung der Experimental- und der Kontrollgruppe Teilstudie II	151
10.5	Grad der Handlungsorientierung.....	153
11	Auswertung der Studie.....	159
11.1	Allgemeiner Mittelwertvergleich	159
11.1.1	Darstellung der Ergebnisse	159
11.1.2	Deklaratives Wissen.....	161
11.1.3	Prozedurales Wissen	166
11.1.4	Problemlösungswissen.....	171
11.2	Kurzzeiteffekte des Experimentierens.....	177
11.2.1	Auswertung der Ergebnisse des 2. Vortests und 1. Nachtest	177
11.2.2	Deklaratives Wissen.....	177
11.2.3	Prozedurales Wissen	182
11.2.4	Problemlösungswissen.....	188
11.3	Langzeitergebnisse des Experimentierens	193
11.3.1	Auswertung 1. Nachtest und 2. Nachtest	193
11.3.2	Deklaratives Wissen.....	194
11.3.3	Prozedurales Wissen	198

11.3.4 Problemlösungswissen.....	202
11.4 Korrelationsanalyse von Bildungsabschluss und der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest.....	206
11.5 Prüfung der Hypothesen	209
12 Bezug zu anderen Studien.....	214
13 Resümee der Arbeit.....	221
Literatur.....	226
Anlage I Verwendete Experimente	239
I.1 Zimmermannmäßige Verbindungen im Holzbau: Experimentelle Ermittlung des Zusammenhanges von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge beim Stirn- und Doppelversatz (Teilstudie I).....	239
I.2 Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens (Teilstudie II).....	252
Anlage II Verwendete Lernsituationen.....	263
II.1 Lernsituation „Ausbilden eines Kopfpunktes in einem Hängewerk“ (Teilstudie I)	263
II.2 Lernsituation „Herstellen eines Fenstersturzes aus Stahlbeton“ (Teilstudie II)	267
Anlage III Eingesetzte Tests.....	271
III.1 Tests Teilstudie I.....	271
III.2 Tests Teilstudie II.....	309
Anlage IV Hospitationsraster zur Ermittlung des Grades der Handlungsorientierung.....	346
Anlage V Detaillierte Ergebnisse der statistischen Auswertung	347
V.1 Teilstudie I.....	347
V.2 Teilstudie II.....	383

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Struktur der Stufenausbildung der Bauwirtschaft (BiBB 1999).....	11
Abbildung 2:	Lernfelder, Handlungsfelder und Lernsituationen (BADER 2000, S. 42).....	14
Abbildung 3:	Hierarchischer Aufbau einer Tätigkeit nach HACKER (vgl. HACKER 1998, S. 66).....	23
Abbildung 4:	TOTE-Einheit (HACKER 1986, S. 114).....	26
Abbildung 5:	Vereinfachte Darstellung von VVR-Einheiten (KOCH & SELKA 1991, S. 36).....	27
Abbildung 6:	Zusammenhang der psychischen Regulation von Tätigkeiten (nach HACKER 1986, S. 113).....	27
Abbildung 7:	Zyklische Einheit (VOLPERT 1999, S. 41).....	30
Abbildung 8:	Die hierarchische Gliederung nach VOLPERT (VOLPERT 1999, S. 42).....	33
Abbildung 9:	Die hierarchisch-sequentielle Organisation (VOLPERT 1999, S. 43).....	34
Abbildung 10:	Verknüpfungsstruktur der Multiplikation und der Aufbau der Operation aus den Zählvorgängen (AEBLI 1990, S. 212).....	40
Abbildung 11:	Zusammenhang von Handlung und Begriffsbildung (AEBLI 1981, S. 195).....	46
Abbildung 12:	Modell des Phasenablaufs des Experimentierens unter Einbeziehung handlungstheoretischer Grundlagen.....	75
Abbildung 13:	Systemskizze des Hängewerks.....	79
Abbildung 14:	Kopfpunkt des Hängewerkes ohne Versatzdetails.....	79
Abbildung 15:	Konzeptioneller Ansatz der Studie (WACHANGA & MWANGI 2004, S. 28).....	96
Abbildung 16:	Solomon 4 Gruppen Anordnung (Mwangi & Wachanga 2004, S. 29).....	97
Abbildung 17:	Strukturen und Prozesse des kognitiven Systems nach Anderson (ANDERSON 1983, S. 19).....	116
Abbildung 18:	Phasen der Entwicklung des Problemlösevermögens entsprechend der ACT*-Theorie (FLETCHER 2004, S. 167).....	120
Abbildung 19:	Grad der Handlungsorientierung – M.05 – Teilstudie I.....	155
Abbildung 20:	Grad der Handlungsorientierung – M.05 – Teilstudie II.....	155
Abbildung 21:	Grad der Handlungsorientierung – AB.05 – Teilstudie I.....	156
Abbildung 22:	Grad der Handlungsorientierung – AB.05 (Kontrollgruppe) – Teilstudie II.....	156
Abbildung 23:	Grad der Handlungsorientierung – Da.05 – Teilstudie I.....	157
Abbildung 24:	Grad der Handlungsorientierung – Da.05 – Teilstudie II.....	157
Abbildung 25:	Grad der Handlungsorientierung – S.05 (Kontrollgruppe) – Teilstudie I.....	158
Abbildung 26:	Grad der Handlungsorientierung – S.05 – Teilstudie II.....	158
Abbildung 27:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie I.....	162
Abbildung 28:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie II.....	163
Abbildung 29:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I.....	164
Abbildung 30:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II.....	165
Abbildung 31:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie I.....	167

Abbildung 32:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie II	168
Abbildung 33:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I.....	169
Abbildung 34:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II.....	170
Abbildung 35:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Klassenvergleich – Teilstudie I.....	172
Abbildung 36:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Klassenvergleich – Teilstudie II.....	174
Abbildung 37:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I.....	175
Abbildung 38:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II.....	176
Abbildung 39:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie I.....	178
Abbildung 40:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie II.....	179
Abbildung 41:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie I.....	183
Abbildung 42:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie II.....	184
Abbildung 43:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie I.....	188
Abbildung 44:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie II.....	189
Abbildung 45:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie I.....	195
Abbildung 46:	Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie II.....	196
Abbildung 47:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie I.....	199
Abbildung 48:	Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie II.....	200
Abbildung 49:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie I.....	203
Abbildung 50:	Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie II.....	204
Abbildung 51:	Darstellung des Stirnversatzes.....	240
Abbildung 52:	Darstellung des Doppelversatzes.....	240
Abbildung 53:	Darstellung der möglichen Lagen der Schwindrisse	244
Abbildung 54:	Vorbereitetes Experiment.....	245
Abbildung 55:	Schablone für den Doppel- und Stirnversatz.....	246
Abbildung 56:	Mehrere vorbereitete Versätze.....	247
Abbildung 57:	Zerstörter Doppelversatz durch das Abscheren des Vorholzes und Einreißen des Stiels	248
Abbildung 58:	Veränderung der Einschnitttiefe durch die Zerstörung der Holzfasern	249
Abbildung 59:	Graf Druckbelastung für Brettschichtholz (Kiefer).....	250
Abbildung 60:	Graf Druckbelastung für Vollholz (Fichte)	251
Abbildung 61:	Aufnahme horizontaler Kräfte eines Korngemisches durch eine äußere Fixierung bei Druckbeanspruchung	253
Abbildung 62:	Rissbildung und Verformung eines unter Druck beanspruchten Körpers ohne seitliche Fixierung.....	254
Abbildung 63:	Tragverhalten eines Korngemisches bei Zugbeanspruchung	254

Abbildung 64:	Momentlinie eines Einfeldträgers bei einer Einzellast	255
Abbildung 65:	Druck- und Zugkräfte bei Biegebeanspruchung eines Balkens	255
Abbildung 66:	Vorbereitete Bewehrungslage	256
Abbildung 67:	Abstandhalter	256
Abbildung 68:	Bewehrungslage in Schalungsform.....	257
Abbildung 69:	Versuchsaufbau für Biegezugfestigkeitsprüfung	258
Abbildung 70:	Grafische Darstellung der Ergebnisse der Biegezugfestigkeitsprüfung	261
Abbildung 71:	Systemskizze des Hängewerks.....	263
Abbildung 72:	Kopfpunkt des Hängewerkes ohne Versatzdetails	264
Abbildung 73:	Darstellung des Stirnversatzes.....	265
Abbildung 74:	Darstellung des Doppelversatzes.....	265
Abbildung 75:	Konstruktive Situation.....	267
Abbildung 76:	Lage der Bewehrung vor dem Betonierprozess	268
Abbildung 77:	Lage der Bewehrung nach dem Betonierprozess	268

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beschäftigtenzahlen im Bauhauptgewerbe im jeweils 3. Quartal (BMWI 2005, S.9).....	4
Tabelle 2:	Gegenüberstellung von alten und neuen Rahmenlehrplänen (MUSTER-WAEBS & SCHNEIDER 2001, S. 46)	16
Tabelle 3:	Arten von Experimenten in Bezug zu ihrer Stellung in der technologischen Kette.....	85
Tabelle 4:	Arten von Experimenten in Bezug zur Wissenschaftsdisziplin.....	86
Tabelle 5:	Related Studies of Corporative Teaching Methods (LIGHTSEY 2000, S. 4).....	90
Tabelle 6:	Descriptive Statistics for Participating Algebra I Teachers (n=53) (HAAS 2002, S. 82).....	105
Tabelle 7:	Correlational Matrix for Mean End of Course Algebra I Test Scores, Teaching Method Category, and Background Characteristics of Participants (n=53) (HAAS 2002, S. 86).....	106
Tabelle 8:	Rank Comparisons of Teaching Method Categories from Meta-Analysis to Regression Analysis (HAAS 2002, S. 47).....	107
Tabelle 9:	Anordnung mit nicht gleichartiger Kontrollgruppe	130
Tabelle 10:	Mehrfache Zeitreihen	130
Tabelle 11:	Anordnung für die Untersuchung der bautechnischen Experimente... ..	131
Tabelle 12:	Signifikanz und Bezeichnung (vgl. BÜHL & ZÖFEL 2005, S. 111; ZÖFEL 1992, S. 78).....	143
Tabelle 13:	Interpretation des Effektstärkemaßes η^2 (vgl. COHEN 1988, S. 24 ff.)	144
Tabelle 14:	Korrelationskoeffizient und verbale Beschreibung (ZÖFEL, 1992, S. 211).....	145
Tabelle 15:	Klassen Versuchsgruppen	147
Tabelle 16:	Ausbildungsberufe Versuchsgruppen	147
Tabelle 17:	Betriebliche/Überbetriebliche Ausbildung Versuchsgruppen	148
Tabelle 18:	Klassen der Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I	149
Tabelle 19:	Schulische Abschlüsse Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I.....	150
Tabelle 20:	Betrieblich/Überbetrieblich Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I.....	150
Tabelle 21:	Klassen der Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II	151
Tabelle 22:	Form der schulischen Abschlüsse Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II	151
Tabelle 23:	Betrieblich/Überbetriebliche Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II.....	152
Tabelle 24:	Lehrerverteilung und Stundenanteil je Lernfeld	154
Tabelle 25:	Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Klassen – Teilstudie I.....	161
Tabelle 26:	Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Klassen – Teilstudie II.....	163
Tabelle 27:	Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Experimentteilnahme – Teilstudie I.....	164
Tabelle 28:	Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Experimentaltteilnahme – Teilstudie II.....	165
Tabelle 29:	Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Klassen – Teilstudie I.....	166
Tabelle 30:	Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Klassen –Teilstudie II.....	168

Tabelle 31:	Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Experimentteilnahme – Teilstudie I	169
Tabelle 32:	Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Experimentteilnahme – Teilstudie II	170
Tabelle 33:	Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Klassen – Teilstudie I	172
Tabelle 34:	Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Klassen – Teilstudie II	173
Tabelle 35:	Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Experimenteilnahme – Teilstudie I	174
Tabelle 36:	Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Experimenteilnahme – Teilstudie II	175
Tabelle 37:	Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I	178
Tabelle 38:	Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II	179
Tabelle 39:	T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	180
Tabelle 40:	T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	180
Tabelle 41:	T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	180
Tabelle 42:	T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	180
Tabelle 43:	ANOVA – deklaratives Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	181
Tabelle 44:	ANOVA – deklaratives Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	182
Tabelle 45:	Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, prozedurales Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I	183
Tabelle 46:	Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, prozedurales Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II	184
Tabelle 47:	T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	185
Tabelle 48:	T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	185
Tabelle 49:	T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	185
Tabelle 50:	T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	185
Tabelle 51:	ANOVA – prozedurales Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	187
Tabelle 52:	ANOVA – prozedurales Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	187
Tabelle 53:	Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I	188
Tabelle 54:	Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II	189
Tabelle 55:	T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	190
Tabelle 56:	T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I	190
Tabelle 57:	T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	190

Tabelle 58:	T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II	191
Tabelle 59:	ANOVA – Problemlösungswissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I.....	191
Tabelle 60:	ANOVA – Problemlösungswissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II.....	192
Tabelle 61:	Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I	194
Tabelle 62:	Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II	195
Tabelle 63:	T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I	196
Tabelle 64:	T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I	196
Tabelle 65:	T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II	197
Tabelle 66:	T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II	197
Tabelle 67:	Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, prozedurales Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I	198
Tabelle 68:	Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, prozedurales Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II	199
Tabelle 69:	T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I	200
Tabelle 70:	T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I	201
Tabelle 71:	T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II	201
Tabelle 72:	T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II	201
Tabelle 73:	Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I	202
Tabelle 74:	Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II	203
Tabelle 75:	T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I	204
Tabelle 76:	T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I	204
Tabelle 77:	T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II	205
Tabelle 78:	T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II	205
Tabelle 79:	Korrelation Entwicklung 2. Vortest zum 1. Nachtest	207
Tabelle 80:	Zusammenfassung der statistischen Untersuchungsergebnisse – deklaratives Wissen	209
Tabelle 81:	Zusammenfassung der statistischen Untersuchungsergebnisse – prozedurales Wissen.....	209
Tabelle 82:	Zusammenfassung der statistischen Untersuchungsergebnisse - Problemlösungswissen	210
Tabelle 83:	Gegenüberstellung vergleichbarer Studien.....	215
Tabelle 84:	Messwerte der ermittelten Druckkräfte S	250
Tabelle 85:	Biegefestigkeit Stahlbetonbalken mit unterschiedlicher Bewehrungslage	260
Tabelle 86:	Vorgesehene Vorholzlänge und erwartete Ergebnisse.....	266

1 Problemstellung und Anliegen der Arbeit

Bildung entscheidet über die Entwicklung der Persönlichkeit und der Teilhabe des Individuums an der Gesellschaft. Sie ist unabdingbare Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit einer demokratischen Gesellschaft. Ferner entscheidet Bildung über die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft. Nur die Volkswirtschaften, die in Bildung und Erziehung der Jugend investieren, werden den Übergang in die Informations- und Mediengesellschaft meistern (vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2001, S. 5).

In den letzten Jahrzehnten erhöhte sich der Bedarf an Fachkräften signifikant; gleichzeitig war ein Rückgang in der Nachfrage nach unqualifizierten Arbeitskräften zu verzeichnen. Der Kostendruck auf die Betriebe ist gewachsen. Es sind Bestrebungen zu verzeichnen, die Kosten zu reduzieren, ohne dafür den Preis des Qualitätsverlusts in Kauf nehmen zu müssen. Die Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation sind folgerichtig. Die Tendenz von einer streng berufsbezogenen und funktionalen Arbeitsteilung hin zu einer Arbeitsteilung, die sich an Prozessen orientiert, ist unverkennbar. Die prozessorientierten Arbeitsabläufe zeichnen sich durch kooperative Tätigkeiten aus, die wiederum in Art und Dauer sehr variabel sind (vgl. DIHT 1999, S. 5).

Diese Veränderungen kulminieren in neuen Anforderungen an künftige Arbeitskräfte und schlagen sich hiermit auch in Konzeptionen der beruflichen Bildung nieder. Der Berufsschule kommt u. a. die Aufgabe zu, berufliche Flexibilität zur Bewältigung der sich wandelnden Anforderungen in der Arbeitswelt und Gesellschaft zu entwickeln (vgl. KMK 2000, S. 8). „In diesem Zusammenhang gilt, dass es nicht nur wichtig ist, was gelernt wird, sondern auch wie gelernt wird“ (WILSDORF 1991, S. 82 f.).

Die Berufsschule hat demnach neben der Vermittlung beruflicher und allgemeiner Lerninhalte unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen der Berufsausbildung die Aufgabe, die Lernenden zum selbstständigen und verantwortungsbewussten Denken und Handeln zu befähigen. Die Erkenntnis, dass die Arbeitswelt die gesamte Persönlichkeit fordert, hat sich dabei schon vor Jahrzehnten in der Pädagogik niedergeschlagen. „Der Facharbeiter, der in der Zukunft nur noch seine Körperkraft anzubieten hat, wird den Ansprüchen der modernen Arbeitswelt nicht mehr gerecht, da die Maschine viele seiner Sachleistungen übernommen hat“ (STEIN 1965, S. 11).

In jüngerer Vergangenheit trat die Neuordnung der Stufenausbildung in der Bauwirtschaft (1999), aber auch in anderen Berufsfeldern, z. B. die der Elektroberufe (2003) in Kraft. Damit begann in der Berufsausbildung dieser Berufsfelder eine neue Ära. Neben neuen Berufsbezeichnungen wurden auch die bisherigen, fachwissenschaftsbezoge-

nen aufgegliederten Rahmenlehrpläne im Zuge der Umstrukturierung der gesamten Berufsausbildung an das Lernfeldkonzept angepasst.

Mit der Implementation des Lernfeldkonzepts werden handlungsorientierte Unterrichtskonzepte forciert. Folgerichtig stehen handlungsorientierte Konzepte für die Gestaltung von Unterricht im Zentrum einer fachdidaktischen Debatte. Eine mögliche Form der Realisierung von handlungsorientiertem Unterricht ist der Experimentalunterricht. Vor diesem Hintergrund steht u. a. das Experiment im Zentrum einer wissenschaftlichen Debatte.

Für die Berufsausbildung der bau- und holztechnischen Berufe existieren jedoch nur begrenzt Konzeptionen, die sich mit dem experimentierenden Lernen auseinandersetzen. Es ist daher Anliegen der vorliegenden Arbeit, eine handlungstheoretisch begründete Konzeption zum experimentierenden Lernen in der Bau- und Holztechnik zu entwickeln. Dieser entwickelte Ansatz basiert auf handlungstheoretischen Grundlagen, d.h. psychologische Betrachtungen der Handlung werden herangezogen um einen handlungstheoretischen Ansatz für das Experimentieren entwickeln zu können. Das entwickelte Modell schließt die Begründung von Phasen des Experimentierens ein.

In einem weiteren Schritt der Arbeit wird das generierte Konzept konsequent in der Entwicklung von Experimenten in der Bau- und Holztechnik umgesetzt. Die entwickelten Experimente zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass bewusst von Prüfverfahren, wie sie in technischen Regelwerken festgeschrieben sind, abgewichen wird und dass sie einen eigenen Ansatz für das Experimentieren in den betreffenden Fachrichtungen umsetzen.

Weiterhin wird das entwickelte Konzept bzw. wurden die entwickelten Experimente einer empirischen Evaluation unterzogen. Die empirische Evaluation der entwickelten Experimente unter realen Lehr- und Lernbedingungen einer berufsbildenden Einrichtung soll zum einen Aufschluss über die „Tauglichkeit“ unter Praxisbedingungen geben. Zum anderen wird durch die empirische Untersuchung die Bedeutung des Experimentierens für das Lehren und Lernen in der beruflichen Bildung zum Ausdruck gebracht. Diese Arbeit dokumentiert durch eine empirische Studie die Stärken des Experimentierens als Form der Handlungsorientierung; sie legt im Weiteren dar, welche Dimensionen der beruflichen Handlungskompetenz durch das Experimentieren besonders entwickelt werden können und schließt somit auf potentielle Einsatzfelder.

Insgesamt ist es das Anliegen der Arbeit, einen Beitrag für die Umsetzung von handlungsorientiertem Unterricht zu leisten. Diesem Anliegen wird im Besonderen dadurch Rechnung getragen, dass Lehrenden in den beruflichen Fachrichtungen der Bau- und

Holztechnik ein theoretisch entwickeltes Konzept und entwickelte Experimente zur Verfügung gestellt werden, deren „Wirksamkeit“ empirisch belegt ist. Letztlich werden Ansätze/Anregungen für die Integration des Experimentierens in Lernfeldern entwickelt, auf der Grundlage der empirischen belegten Potentiale, für die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz.

2 Ausgangssituation des Berufsfeldes

2.1 Charakteristika des Berufsfeldes Bautechnik

Die wirtschaftliche Entwicklung der Bauwirtschaft ist seit Jahren ein zentrales Thema gesamtwirtschaftlicher Analysen. Bereits wirtschaftswissenschaftliche Statistiken belegen, dass die Entwicklung in der Bauwirtschaft von anderen Branchen differiert.

Die Bauwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland unterliegt wie keine andere Branche wirtschaftlichen Schwankungen. Seit dem Abklingen des Baubooms Ende der 1990er Jahre sind sowohl die Umsätze als auch die Anzahl der Beschäftigten stark rückläufig (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Beschäftigtenzahlen im Bauhauptgewerbe im jeweils 3. Quartal (BMWl 2005, S.9)

Jahr	Absolut	Veränderung zum Vorjahresquartal [%]
2002	983.787	-7,8
2003	834.959	-6,6
2004	787.223	-5,7
2005	712.319	-9,5

Gleichzeitig ist zu verzeichnen, dass die Innovationsgeschwindigkeit seitens der Bauzulieferer seit den 1970er Jahren deutlich zunimmt. Neue Bau- und Werkstoffe, Erzeugnisse und Maschinen werden entwickelt, um den veränderten bauphysikalischen, wirtschaftlichen und ökologischen Forderungen gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang ist auch zu verzeichnen, dass die zunehmende gestalterische Individualität der Erzeugnisse bzw. die Umnutzung oder der Rückbau vorhandener Substanz gegenwärtig an Bedeutung gewinnt (vgl. BÜNNING 2000, 35 ff.). Dieser Prozess der Neuorientierung kulminiert in veränderten Anforderungen an die Bauschaffenden. Diese Anforderungen sollen im Kontext der vergleichbar besonderen beruflichen Anforderungen der Bauberufe im Folgenden diskutiert werden.

Bau-, holz- und gestaltungsstechnische Berufe gehören zur Gruppe der gewerblich-technischen Berufe, deren gemeinsame bestimmende Merkmale beispielsweise die Herstellung, die Verarbeitung, die Instandsetzung/Sanierung, der Transport oder die Kontrolle technischer Erzeugnisse sind. Innerhalb der gewerblich-technischen Berufe zeichnen sich die Tätigkeiten der bau-, holz- und gestaltungstechnischen Berufe durch ihre Standortgebundenheit aus. So sind Bauwerke und bauliche Anlagen an ihren Standort gebunden und überwiegend einmalige Erzeugnisse mit meist unterschiedlichen Konstruktionen und heterogenen Arbeitsbedingungen. Der uniforme Einsatz von Bautechnologie auf der Baustelle und die Vorfertigung von (Bau-)Teilen in festen Produktionsstätten sind nur begrenzt möglich. Diese Besonderheit erfordert von den Auszubildenden und Beschäftigten entsprechend angepasste Lösungen (vgl. BLOY 1994, S. 2).

Von den Beschäftigten wird demnach ein hohes Maß an Flexibilität gefordert. Die zur Erstellung von Bauwerken zu Verfügung stehende Zeit verringert sich, wobei gleichzeitig die qualitativen Anforderungen steigen. Die Reaktionszeit der Arbeitskraft im Bauprozess verkürzt sich demnach. Hinzu kommen nicht planbare Bedingungen wie z. B. Witterung oder verdeckte Altkonstruktionen, die gleichsam kurzfristiger, bei der Werk- bzw. Baustoffauswahl richtiger Entscheidungen bedürfen (vgl. BLOY 1994, S. 2).

Bauwerke sind räumliche Anlagen, die statischen, bauphysikalischen, ökologischen und ästhetischen Belangen Rechnung zu tragen haben. Sie sind öffentlichkeitswirksam, zweckgebunden und haben eine vergleichbar lange Lebensdauer. Gebäude und Anlagen haben einen Nutzer und einen Auftraggeber, die wiederum gestalterischen Einfluss auf die Bauleistung haben. Die Arbeitskräfte der Bauwirtschaft werden somit u. U. auch beratend tätig. Es werden dementsprechende Anforderungen an die Bau-schaffenden gestellt, die sich ebenfalls in der beruflichen Bildung niederschlagen müssen (vgl. BLOY 1994, S. 2 f.).

Neben den Besonderheiten, die sich aus dem Bauprozess ergeben, sind ebenfalls Besonderheiten der Unternehmensstruktur zu erwähnen. Die Mehrzahl der Auszubildenden im Berufsfeld Bautechnik (ähnlich wie in den Berufsfeldern Holztechnik sowie Farbtechnik- und Raumgestaltung) werden in Betrieben mit wenigen Beschäftigten (<10) ausgebildet. Es stehen hier zumeist handwerkliche Produktionsverfahren im Vordergrund. Die zumeist handwerkliche Produktionsweise bringt Besonderheiten mit sich (vgl. KUHLMEIER 2003, S. 146).

Die Besonderheit der handwerklichen Produktion besteht u. a. im geringen Grad der Arbeitsteilung. Folglich wird der Anspruch eines „Generalisten“ u. a. deutlich bei Kuhlmeier formuliert:

„...nur breit qualifiziert Facharbeiter sind in der Lage, ein Produkt in seinen verschiedenen Herstellungsphasen ‚aus einer Hand‘ zu erstellen. Darauf gründet sich auch der auffällig hohe prozentuale Anteil der Facharbeit in den drei [...] Berufsfeldern“ (KUHLMEIER 2003, S.146).

Aufgrund dessen muss der Auszubildende eine breit angelegte und an praktischen Tätigkeiten orientierte Ausbildung durchlaufen, um später in der Lage zu sein, ein Produkt in verschiedenen Herstellungsphasen „aus einer Hand“ zu erstellen. Der Handlungsbezug zwischen diesen verschiedenen Phasen ist häufig komplex und erfordert auch eine gewerkeübergreifende Betrachtung (vgl. BLOY 1994, S. 51 f.).

Ein weiteres Merkmal der handwerklichen Ausbildung ist das unmittelbare Arbeiten am realen Objekt. Die Ausbildung bezieht sich hier auf ein konkretes Produkt, welches in

seinem Entstehungsprozess (Phasen) zielgerichtet und im Zusammenhang mit der Abwicklung von Kundenaufträgen entsteht. Die Auszubildenden werden damit direkt mit Materialien, Konstruktionen und Kunden konfrontiert. Die Erstellung eines konkreten Produktes hebt damit die handwerkliche Produktion von der industriellen Produktion ab. In industriellen Produktionsabläufen steht weitestgehend der Prozess im Vordergrund, um die Produktion von großen Stückzahlen zu optimieren (vgl. KUHLMIEIER 2003, S. 147).

Die Arbeit an einem Produkt – dem Bauwerk – bedingt, dass es zu Verflechtungen von Gewerben kommt. Die Beschäftigten der Bau-, Holz- und Gestaltungstechnik arbeiten zumindest teilweise an der Erstellung eines Produkts. Die Erstellung eines Gebäudes ist das verbindende Element zwischen den Berufen der Bau-, Holz- und Gestaltungstechnik. Das Erstellen des Gebäudes setzt voraus, dass die einzelnen Gewerke sich erfolgreich vernetzen und nicht nur ihr Gewerk und dessen Anteil am Handlungsprodukt sehen. Es ist vielmehr erforderlich, dass auch die vorausgehenden und nachfolgenden Arbeiten der anderen am Bau beteiligten Berufe berücksichtigt werden müssen. Die Bauschaffenden sollen demzufolge ihr eigenes Handeln in einen größeren Gesamtzusammenhang einordnen können. Somit sind zumindest grundlegende Kenntnisse der Arbeiten anderer am Bau beteiligter Gewerke erforderlich. Die Verflechtung der Gewerke erfordert ebenfalls die Kooperation zwischen den Berufen. Auch vor diesem Hintergrund ist eine breit angelegte Perspektive der Facharbeit für Berufs-, Gewerke- und Berufsfeldgrenzen hinaus von Bedeutung (vgl. KUHLMIEIER 2003, S. 149 f.).

Eng verbunden mit der zu Beginn erwähnten Standortgebundenheit der Bauarbeit ist der Einsatz mobiler Technologie. Der Einsatz von Technologie (Klein- wie Großgerät) verlangt ein hohes Maß an Kenntnissen über Grundfunktionen, Bedienung, Arbeitsschutzaspekte sowie Überlegungen zur sinnvollen Einsetzbarkeit (was, wann, wo eingesetzt werden kann). Insbesondere die Tatsache, dass 2/3 der bauwirtschaftlichen Unternehmen handwerkliche Kleinbetriebe mit weniger als 10 Mitarbeitern sind (vgl. KUHLMIEIER 2003, S.108), führt dazu, dass neben bautechnischen auch gerätetechnische Anforderungen gestellt werden. Diese Anforderungen sind durch Aspekte der Wirtschaftlichkeit begründet, da bei einer geringen Betriebsgröße eine Anschaffung von Technologie nicht mehr sinnvoll oder finanziell möglich ist und daher zunehmend auf Leihgerätefirmen zurückgegriffen werden muss. Den Anforderungen, die aus der Gerätedisponierung und -logistik resultieren, kann nur durch eine Ausbildung, die die Komplexität des Bauprozesses in das Zentrum der Betrachtung rückt, entsprochen werden.

Die Spezifika der Bauproduktion (handwerkliche Produktion, kleine handwerkliche Unternehmen) ziehen das Merkmal der Kundennähe nach sich. Die Besonderheit der Kundennähe gewinnt durch den tief greifenden Wandel hin zu einer zunehmenden Dienstleistungsintensität noch an Bedeutung (vgl. HAHNE 1999, S. 23).

Der Erfolg eines Unternehmens im Allgemeinen ist zunehmend abhängig davon, inwiefern es ihm gelingt, auf Kundenwünsche zu reagieren. Das gilt insbesondere dann, wenn sich Produkte und Qualität als auch Preis gleichen. Die Kundenorientierung ist insofern für die Berufe der Bau-, Holz- und Gestaltungstechnik kein Novum, da diese sich traditionell schon durch eine große Kundennähe auszeichnen (vgl. KUHLMIEIER 2003, S. 135).

Es wird in diesem Kontext von KUHLMIEIER herausgearbeitet, dass eine erfolgreiche Kundenorientierung eng mit der Entwicklung einer Kommunikationsfähigkeit verbunden ist. Da ein Kundenkontakt von zentraler Bedeutung ist, ist der Entwicklung der Kommunikationsfähigkeit in der beruflichen Bildung entsprechend Aufmerksamkeit zu schenken. Der Lernende und der spätere Facharbeiter muss in die Lage versetzt werden, einen Kunden bei Bedarf sach- und fachgerecht zu beraten. Weiterhin sollte er auch bei Änderungswünschen und/oder technischen Problemen über angemessene situative Fähigkeiten (z. B. Flexibilität bzgl. unterschiedlicher Lösungen) verfügen.

Abschließend soll noch herausgestellt werden, dass im Gegensatz zu vielen Industriebereufen die Berufe der Bau-, Holz- und Gestaltungstechnik über tiefe historische Wurzeln verfügen. In ihrer Entwicklungsgeschichte wurde Jahrhunderte altes Erfahrungswissen in diesen Berufen verankert. Die korrespondierenden Ingenieurwissenschaften entwickelten sich im Vergleich zu diesen Berufen relativ spät. Daher ist in diesen Berufsfeldern das Phänomen der ungeschriebenen Fachwissenschaft anzutreffen. Bereiche wie die Bau- und Holztechnik erlebten durch die Ingenieurwissenschaften einen technologischen Boom. Andere Bereiche wie der Ausbau, die Farbtechnik und die Raumgestaltung sind auch heute noch durch handwerkliche Regelwerke dominiert. Im Zuge ihrer Entwicklung konnten die diskutierten Berufsgruppen der allgemeinen Tendenz einer zunehmenden Arbeitsteilung widerstehen. Auch vor diesem geschichtlichen Hintergrund zeichnen sich die betreffenden Berufsbilder durch ein „Generalistentum“ aus. Die geschichtliche Verwurzelung der Berufe der Bau-, Holz- und Gestaltungstechnik wird jedoch nicht nur in den Berufsprofilen, sondern auch im kulturellen Erbe wie z. B. in Gebräuchen (u. a. Wanderjahre), Arbeitsbekleidung und berufstypischen Symbolen deutlich (vgl. KUHLMIEIER 2003, S. 145).

Auf Grundlage der vorangegangenen Darlegungen sollen die Charakteristika aus der Perspektive der Spezifika der Ausbildung zusammengefasst werden:

- Durch die Standortabhängigkeit, Variabilität und häufige Anpassung der Arbeitsorganisation an wechselnde Bedingungen der Baustellen wird die Entwicklung einer Flexibilität unmittelbar und integrativ Gegenstand der Ausbildung.
- Auf Grund der Unternehmensspezifika, der Notwendigkeit der Verflechtung von Gewerken und ihrer historischen Besonderheit ist die Entwicklung eines breit angelegten Qualifikationsprofils Intention der Ausbildung.
- Auszubildende sind unmittelbar in die Produktionsverhältnisse auf der Baustelle eingebunden, damit leisten sie einen „realen“ Beitrag am Produkt. Es wird damit die Sinnhaftigkeit der Arbeit der Auszubildenden verdeutlicht. Gleichzeitig besteht damit die Forderung nach einer didaktischen Strukturierung der geforderten Leistung.
- Mit der Arbeit an einem realen Objekt bzw. Produkt wird Kundenkontakt und Kundenorientierung forciert.
- Die Einbettung in den Produktionsprozess „vor Ort“ zieht die Integration in soziale Beziehungsgeflechte (z. B. Meister-Geselle-Auszubildender, Auszubildender-Auftraggeber, Auszubildender-Bauschaffende anderer Gewerke) nach sich und bringt damit eine vielschichtige soziale Interaktion ein.
- Durch die Einbettung der Ausbildung in einen realen Arbeitskontext und der Arbeit an einem realen Produkt wird die Entwicklung von Verantwortungsbewusstsein antizipiert, nicht zuletzt deshalb, weil ständige Fremdkontrollen nicht möglich sind.
- Eine Ausbildung in diesen Berufen ist häufig mit einer traditionellen Aspiration verbunden.

Die hier dargelegten Charakteristika sind in der beruflichen Praxis und damit in der Ausbildung unterschiedlich stark ausgeprägt, es ist u. a. die Aufgabe des beruflichen Unterrichts, diese Erfahrungen der Lernenden aufzugreifen und ergänzend einzugreifen, um so das Lernen in der beruflichen Praxis zu unterstützen. Um die in der Praxis häufig vorkommenden Einseitigkeiten der Ausbildung (z. B. durch Kostendruck und Spezialisierungen der Betriebe) zu kompensieren, sollte im Rahmen des Lernfeldkonzeptes das Erfahrungslernen mit dem intentionalen Lernen verbunden werden. Auf einer Seite wird so sichergestellt, dass berufliche Erfahrungen reflektiert werden und

andererseits das Lernen nicht einseitig auf den betrieblichen Nutzen verengt wird (vgl. KUHLMEIER 2003, S.143).

2.2 Neuordnung der Stufenausbildung in der Bauwirtschaft

Technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Wandlungsprozesse sind Auslöser von „Veränderungen in den Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten“ (BIBB 1998, S. 6). Neue Berufe entstehen, „wenn sich diese Veränderungen in einer hinreichenden Breite in den Unternehmen durchgesetzt haben“, nachdem neue Qualifikationsanforderungen „zunächst durch Weiterbildung gedeckt“ (BIBB 1998, S. 6) wurden. Im postindustriellen Zeitalter, gekennzeichnet durch den Trend zur „Entspezialisierung der Ausbildung“ (BIBB 1998, S. 6), rechtfertigen neue Anforderungen nur selten die Etablierung eines neuen Ausbildungsberufes, vielmehr werden die Ausbildungsordnungen bestehender Ausbildungsberufe durch Neuordnungsverfahren aktualisiert.

Im Februar 1992 wurde durch den ZENTRALVERBAND DER DEUTSCHEN BAUINDUSTRIE (ZDB) die Überarbeitung der Bauwirtschaft-Ausbildungsverordnung von 1974 angeregt. Es wurde die Neuordnung und die Aufnahme neuer Ausbildungsinhalte wie z. B. die Bauwerkserhaltung und der Umweltschutz empfohlen. Kritischen Stimmen seitens des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie (HBI) und der Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) mahnen die wissenschaftliche Untersuchung der Tätigkeitsprofile und Qualifikationsanforderungen der betreffenden Berufe an. Folglich wurde vom Bundesinstitut ein Forschungsprojekt an der Hochschule Bremen initiiert, um die tatsächlichen Qualifikationsanforderungen zu untersuchen. Es wurde festgestellt, dass von Fachkräften grundsätzlich Selbstständigkeit in der Arbeitsausführung erwartet wird und Fachkräfte nicht nur in einem Handlungsfeld tätig sind. In der Analyse der Ergebnisse wurde u. a. abgeleitet, dass hauptsächlich Qualifikationen, die sich auf die Selbstständigkeit des beruflichen Handelns beziehen, keine Entsprechung in den Ausbildungsrahmenlehrplänen fanden. Weiterhin stellt sich heraus, dass Qualifikationen der Baustellensicherung und Umweltschutz nicht im ausreichenden Maße reflektiert werden. Die Sozialpartner kamen somit überein, die Bauwirtschafts-Ausbildungsverordnung von 1974 zu novellieren (vgl. HOCH 2000, S. 33 ff.).

Wie auch zuvor gilt in der neuen Ausbildungsverordnung das Konzept der Stufenausbildung. In die Stufenausbildung sind 15 Berufe (in der zweiten Stufe) integriert, die Ausbildungsdauer für diese 15 Berufe beträgt drei Jahre und stellt den Regelfall dar. In drei Ausbildungsberufen (nach der ersten Stufe) beträgt die Ausbildungsdauer zwei Jahre. Damit sind insgesamt 18 Berufe in die neugeordnete Stufenausbildung integriert. Die Vorzug der Stufung in zwei- und dreijährige Ausbildungsberufe besteht darin, dass Prüflinge, die nach zweimaliger Wiederholung die Abschluss- bzw. Gesellenprüfung nicht bestehen, zumindest einen Abschluss der ersten Stufe erhalten können. Im

vorangegangenen Modell der Stufenausbildung blieben diese Prüflinge ohne Abschluss (vgl. HOCH 2000, S. 33 ff.).

Im Zuge der Neuordnung wurde auch ein neuer Ausbildungsberuf in die Stufenausbildung aufgenommen, der Spezialtiefbauer. Dieser gehört zur Gruppe der Tiefbauberufe. In der ersten Ausbildungsstufe wird die Ausbildung mit dem Schwerpunkt Brunnen- und Spezialtiefbauarbeiten realisiert.

Weiterhin wurde die Chance der Neuordnung zur Vereinheitlichung von Berufsbezeichnungen genutzt. Bis zur Neuordnung lautete für den Ausbildungsberuf des Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierers im Bereich der Industrie die Bezeichnung „Isoliermonteur“. Seit der Neuordnung gilt für diesen Ausbildungsberuf in Handwerk und Industrie eine einheitliche Bezeichnung.

Maurer	Beton- und Stahlbetonbauer	Feuerungs- und Schornsteinbauer	Zimmerer	Stukateur	Fliesenleger	Estrichleger	Wärme-, Kälte-, Schallschutzisolier-/isoliermonteur	Trockenbauer	Straßenbauer	Rohrleitungsbauer	Kanalbauer	Gleisbauer	Brunnenbauer	Fachstufe 2
Hochbau			Ausbau					Tiefbau					Fachstufe 1	
Grundstufe														

Abbildung 1: Struktur der Stufenausbildung der Bauwirtschaft (BiBB 1999)

Im Zuge der Neuordnung wurden auch neue Ausbildungsberufe durch die Akteure im Rahmen der „Aktion neue Berufe“ vorgeschlagen. Diese neu vorgeschlagenen Ausbildungsberufe waren jedoch nicht Bestandteil der Stufenausbildung, z. B. wurde Bauwerksabdichter neu geordnet. Der Vorläufer des Bauwerksabdichters, mit einer dreijährigen Ausbildungsdauer, war der Klebeabdichter mit einer zweijährigen

Ausbildungsdauer (Ausbildungsordnung von 1940). Die Ausbildungsordnung des Bauwerksabdichters trat im August 1999 in Kraft (vgl. HOCH 2000, S. 33 ff.).

Insgesamt sind 37 gewerblich-technische staatlich anerkannte Ausbildungsberufe der Bautechnik zugeordnet. 18 der Ausbildungsberufe der Bautechnik sind in die Stufenausbildung integriert. Damit wird die besondere Bedeutung der Stufenausbildung deutlich. Diese Bedeutung wird noch durch den Umstand hervorgehoben, dass ca. 90 % der Ausbildungsverhältnisse der Stufenausbildung zugeordnet werden können (vgl. KUHLMIEER 2003, S. 108). Der quantitativ bedeutendste Ausbildungsberuf ist der/die Mauer/in. Ferner ist charakteristisch, dass ca. 75 % der Berufsausbildung in dem Handwerk realisiert wird (vgl. HOCH 2000, S 34).

Zeitgleich zur Neuordnung der Stufenausbildung der Bauwirtschaft trat ein neuer Rahmenlehrplan für den Berufsschulunterricht in Kraft. Entsprechend der Vorgaben der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK) war dieser Rahmenlehrplan nach Lernfeldern strukturiert und stellte damit „eine didaktische Wende im Berufsschulunterricht dar“ (HOCH 2000, S. 37).

2.3 Exkurs der Lernfelddebatte

Die Rahmenlehrpläne neuer und neu geordneter Ausbildungsberufe werden seit 1996 auf Grundlage des Lernfeldkonzeptes entwickelt bzw. neu geordnet. Das Lernfeldkonzept wird für die Rahmenlehrpläne von Seiten der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK) vorgegeben. Als Begründung für die Einführung des Lernfeldkonzeptes wurden angeführt:

- Durch die Orientierung der Ziele und Inhalte an Arbeits- und Geschäftsprozessen und der Abkehr von einer dominanten Fächersystematik der Bezugswissenschaften wird der Berufschulunterricht praxisnäher gestaltet.
- Mit Hilfe der Ausrichtung auf Aufgabenstellungen der beruflichen Arbeit wird eine Lernortkooperation gefördert.
- Mit der Reduzierung der Detailliertheit der Lehrpläne werden diese für branchenspezifische und regionale Besonderheiten sowie für Entwicklungen von Technologie und Technik offener; folglich erhöht sich die Bestandszeit von Lehrplänen.
- Durch die Orientierung der Ziele und Inhalte auf den Handlungsvollzug in der beruflichen Arbeit wird der Weiterentwicklung der Abschlussprüfungen hinsichtlich beruflichen Handelns und Kompetenzentwicklung entsprochen (vgl. HÜSTER 1997, S. 53 ff.).

Die Einführung des Lernfeldkonzeptes soll demnach die Rolle der Berufsschule unterstreichen, da davon ausgegangen wird, dass durch den Lernfeldansatz eine bessere Umsetzung (Transformation) und Verknüpfung schulischen Wissens in die berufliche Praxis forciert wird. Ein Unterricht auf Grundlage von Lernfeldern, so wird angenommen, ist für die Lernenden attraktiver und motivierender. Folglich scheinen die in jedem Rahmenlehrplan vorangestellten Richtziele auch erreichbar zu sein.

Das Lernfeldkonzept stellt die didaktischen Kategorien des Situationsprinzips sowie der Handlungsorientierung in den Fokus des beruflichen Unterrichts. Kern des Lernfeldkonzeptes sind die in den Rahmenlehrplänen festgeschriebenen Lernfelder, welche die bisherige Fächerstruktur ablösen.

Der Terminus ist dabei bereits durch die KMK begrifflich fixiert worden:

„Lernfelder sind durch Zielformulierung, Inhalte und Zeitrichtwerte beschriebene thematische Einheiten, die an beruflichen Aufgabenstellungen und Handlungsabläufen orientiert sind. Aus der Gesamtheit aller Lernfelder

ergibt sich der Beitrag der Berufsschule zur Berufsqualifikation“ (KMK 2000, S. 14).

Der Unterricht innerhalb der Lernfelder bezieht sich auf einen zusammenhängenden, abgegrenzten Arbeitsprozess. Es werden die Inhalte des Arbeitsprozesses (in diesem Fall für den gewerblich-technischen Bereich) aus den traditionellen Fächern des fachtheoretischen Unterrichts Technologie, Technische Mathematik und Technisches Zeichnen in einer ganzheitlichen, komplexen beruflichen Aufgabenstellung zusammengeführt, um so einen handlungsorientierten Unterricht zu fördern (vgl. HOCH 2000, S. 33).

Die didaktische Strukturierung nach Lernfeldern ermöglicht es, eine berufliche Handlungskompetenz stärker als bisher handlungs- und prozessorientiert zu entwickeln. Im Lernfeldansatz sind nicht Fächer in den Lehrplänen verankert, sondern Lernfelder, welche didaktisch aufbereitet, berufliche Handlungsfelder charakterisieren (vgl. SLOANE 2000, S. 81). Der Unterricht ist folglich explizit fächerübergreifend und handlungsorientiert ausgerichtet.

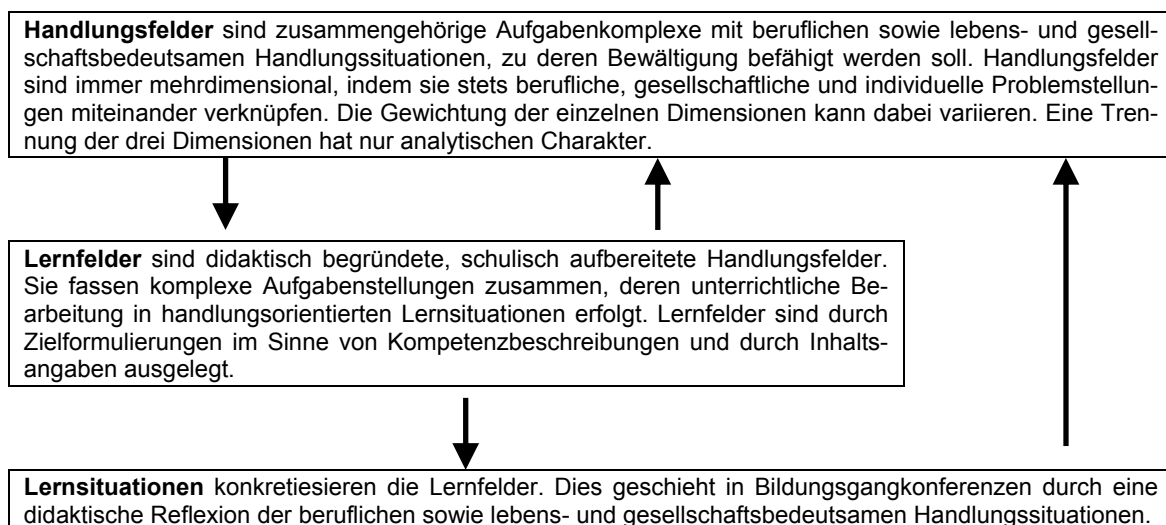


Abbildung 2: Lernfelder, Handlungsfelder und Lernsituationen (BADER 2000, S. 42)

Lernfeldorientierte Curricula beinhalten komplexe, berufliche Handlungsfelder, die in Lernsituationen transformiert werden. So finden sich beispielsweise im Rahmenlehrplan des ersten Ausbildungsjahres (Grundbildungsjahr) aller bautechnischen Berufe im Lernfeld drei: „Mauern eines einschaligen Baukörpers“, elf weit gefasste Inhaltsangaben wieder, wie z. B. Mauerverbände, Arbeitsgerüste, Abdichtungsstoffe, etc. Der inhaltliche Rahmen muss von den Berufsschullehrern weitgehend eigenverantwortlich gefüllt bzw. präzisiert und aufbereitet werden. In diesem Kontext wurde der Forderung nach mehr Eigenverantwortlichkeit für den Lernort Berufsschule entsprochen. Das

Lernfeldkonzept forciert demnach die Überführung von wissenschaftssystematischen Strukturen in einen berufssystematischen Kontext. Dies zieht nach sich, dass zum einen der berufliche Kontext zur Illustration wissenschaftlicher Aussagen herangezogen wird (Transformationsleistung); zum anderen kann der Fall als Ausgangspunkt dienen, um forschendes Lernen anzuregen. Es bietet sich folglich eine induktive Vorgehensweise an, die Wissen situiert, d.h. Wissen wird in einem entsprechenden Kontext angeeignet.

Aus diesem Ansatz heraus können Strukturmerkmale des Lernfeldkonzepts abgeleitet werden:

- Handlungsfelder stellen die Grundlage für die Konstruktion von Lernfeldern dar.
- Lernfelder sind aus Handlungssituationen entwickelte Einheiten; sie beziehen sich auf die Fragestellung und Bewältigungsmuster bestimmter Lebenssituationen.
- Lernfelder konkretisieren sich in Lernsituationen. Eine Lernsituation ist eine didaktisch konstruierte, thematische Einheit.
- Eine handlungssystematische Lernsituation orientiert sich an Arbeitsprozessabläufen, denen immer ein Handlungszyklus unterliegt (selbständiges Planen, Durchführen, Bewerten). Die Inhalte werden hier über Handlungen herausgearbeitet.
- In Lernsituationen bestimmen die Lernenden die Vorgehensweise. Die Lernsituation orientiert sich an den Fragestellungen und den subjektiven Aneignungsstrukturen der Lernenden.
- Das Lernfeldkonzept ist auf den Erwerb von Handlungskompetenz ausgerichtet

(vgl. MUSTER-WAEBS, SCHNEIDER 2001, S. 45).

Eine Gegenüberstellung der Eckpunkte von alten und neuen Rahmenlehrplänen wird in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 2: Gegenüberstellung von alten und neuen Rahmenlehrplänen (MUSTER-WAEBS & SCHNEIDER 2001, S. 46)

Aspekte	Alte Rahmenlehrpläne	Chancen der neuen Rahmenlehrpläne
Grundsätzliche Orientierung	<p>Wissenschaftsorientierung</p> <p>Fachsystematik</p> <p>Wissensarten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fakten- und Begriffswissen - Begründungswissen, bezogen auf inhaltliche Zusammenhänge 	<p>Aufgaben- und Problemstellungen aus der Arbeits- und Lebenswelt</p> <p>Arbeits- und prozessorientierte Grundlagen des Berufes</p> <p>Wissensarten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fakten- und Begriffswissen - Begründungswissen, bezogen auf Inhalte und Verfahren - Kontext- und Transferwissen
Struktur	<p>Lerngebiete</p> <p>Lernziel und Fachinhalte</p>	<p>Lernfelder</p> <p>Zielformulierungen und Inhalte</p> <p>Handlungskompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fachkompetenz steht gleichrangig neben Sozial-, Personal-, Methoden- und Lernkompetenz
Didaktische Prinzipien	<p>Fächerbezogenes Unterrichten</p> <p>Keine Methodenvorgaben</p>	<p>Fächerintegratives Arbeiten</p> <p>Betonung von Handlungsorientierung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ganzheitliches Lernen <ol style="list-style-type: none"> 1. Kopf, Herz und Hand 2. Planen, Durchführen, Evaluieren 3. Komplexe Aufgabenstellungen aus der Lebens- und Arbeitswelt - Lernprozesse als kommunikative Gruppenprozesse - Konstruktivistische Lehr- und Lernformen - Metakommunikation bezüglich der individuellen Lernwege, der Kooperation untereinander und der Zielerreichung (z. B. fachsystematische Einordnung der erarbeiteten Inhalte und bewertete Endevaluation)

Ziel handlungsorientierten Unterrichts ist die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz. Der Ansatz basiert auf einem kognitionspsychologischen Modell des Lernens, nach dem Lernen als aktiver, auf Erkundung und Erprobung angelegter, individueller

Prozess verstanden wird. Lernen in diesem Sinn wird als eine spezifische Form des Handelns angesehen. Ein auf solchen Vorstellungen aufbauender handlungsorientierter Unterricht lässt sich über vier Merkmale beschreiben:

- Ganzheitlichkeit: Es wird ein Denken bzw. Lernen in vollständigen, komplexen Handlungsvollzügen gefördert. Dieses ganzheitliche Denken und Lernen umfasst Zielfindungs- und Orientierungsprozesse, Ausführungs- sowie Kontroll- und Bewertungsprozesse.
- Kooperatives Lernen: Es wird hier im Besonderen ein Bezug im Unterricht zur Entwicklung von Problemlösungs- und Transferfähigkeiten durch Interaktion der Lernenden untereinander hergestellt.
- Lernorientierung: Lernerorientierung und Individualisierung des Unterrichts bedeuten vor allem, dass der Lernende im Mittelpunkt des Lernprozesses steht. Folglich bedarf es eines hohen Maßes an Binnendifferenzierung, die das eigenständige Lernen betont. Das zieht nach sich, dass eine Fremd- bzw. Außensteuerung durch den Lehrenden zugunsten einer Selbststeuerung durch die Lernenden abgebaut werden muss.
- Metakommunikation und Kognition: Reflexive bzw. metakognitive Auseinandersetzung mit Lernprozessen ist bei der Entwicklung extrafunktionaler Qualifikationen von Bedeutung. Die Bedeutung der Reflexion der Lernprozesse zielt vor allem darauf ab, dass der Lernende sein eigenes Handeln thematisiert und kognitiv nachvollzieht (vgl. SLOANE 2000, S. 80).

Auf der Grundlage der von SLOANE (2000) herausgearbeiteten Merkmale können die Veränderungen, die das Lernfeldkonzept mit sich bringt, abgeleitet werden:

- Abkehr vom Fächerprinzip als historisch überliefertem Vermittlungsrahmen.
- Bestimmung eines neuen Verhältnisses von institutionalisierendem Alltagswissen.
- Vermeidung starrer Grenzziehungen zwischen dem im Unterricht zu entwickelnden Wissen.
- Orientierung von institutionalisierendem Wissen an exemplarischen Erkenntnisprozessen. Es wird in diesem Kontext darauf hingewiesen, dass Lehr-/Lernarrangements, fachtheoretische Inhalte einen exemplarischen Anwendungszusammenhang reflektieren müssen. "Lernsituationen sind exemplarische curriculare Bausteine, die fachtheoretische Inhalte in einem Anwendungs-

zusammenhang bringen; sie sollen die Vorgaben der Lernfelder in Lehr-/Lernarrangements präzisieren" (KMK 2000, S. 14).

Die Auswahl und Gestaltung der Lernsituationen wird durch die Rahmenlehrpläne nicht explizit vorgegeben. Diese Aufgabe wird ausdrücklich den Lehrenden übertragen. Neben ihrer konzeptionellen Funktion der Förderung der Handlungsorientierung bieten die Lernsituationen über die Auswahl der Beispiele die Möglichkeit, spezifische regionale Anforderungen in der Berufsausbildung zu berücksichtigen. Die Rahmenvorgaben der KMK beschränken sich auf die Entwicklung und Abstimmung der Lernfelder; die Umsetzung in Lernsituationen ist Aufgabe der Lehrerteams der einzelnen Berufsschule und bedarf im Übrigen der Regelungen der Länder.

Das betonte exemplarische Lernen ist in diesem Zusammenhang ein selbstständiger, genetischer bzw. rekonstruktiv-entdeckender Lernprozess. "Selbstständigkeit als zentrales Ziel pädagogischen Bemühens erwerben die Schüler nur dadurch,

„[...] dass der Unterricht die Gesetzmäßigkeiten, die Prinzipien, die Strukturen, die Zusammenhänge erarbeitet, produktiv aneignet und dann anwendend erprobt, nicht in abgeschlossener, fertiger Gestalt darbietet, als Formel, Resultat, Modell, Schema, Fakten usw., sondern dass er den Schülern dazu verhilft, die sachlogischen Stufen der Entwicklung solcher Gesetzmäßigkeiten, Strukturen, Zusammenhänge entweder schrittweise aufbauend nachzuvollziehen bzw. zu entdecken oder aber analytisch vom 'fertigen' Ergebnis aus rückschreitend, zu rekonstruieren" (KLAFFKI 1996, S. 146 f.).

Im Lernfeldkonzept werden folglich arbeitsorientierte Erkenntnisprozesse in das Zentrum des beruflichen Lehrens und Lernens gestellt. Hierin ist eine Neuorientierung des beruflichen Unterrichts zu sehen, die sich in den zuvor darlegten neuen Paradigmen niederschlägt.

Trotz einer vielschichtigen Begründung ist das Lernfeldkonzept Gegenstand einer kritischen Debatte. Neben pragmatischen Gesichtspunkten wird auch das theoretische Konzept in Frage gestellt. Gründe dafür liegen u. a. in den sehr allgemein formulierten Handreichungen zu den neuen Rahmenlehrplänen der KMK, die eine weit reichende Interpretationen zulassen (vgl. KUHLMIEIER 2003, S. 74 f.) und damit eine Debatte provozieren (vgl. STRAKA 2002, S. 278 f.). Es ist daher nicht überraschend, dass die Diskussion sehr kontrovers geführt wird. Im Folgenden sollen nun drei Kritikpunkte, die besonders auf das theoretische Konzept gerichtet sind, dargelegt werden.

Ein Kritikpunkt der theoretischen Grundfesten des Lernfeldkonzeptes basiert auf der Dominanz der Handlungssystematik. Es wird kritisiert, dass die Aufgabenverteilung zwischen Lernorten des dualen Systems zunehmend erodiert wird. Weiterhin wird an-

geführt, dass die Gewichtung zwischen dem betrieblichen und dem schulischen Teil der Berufsausbildung zu Ungunsten des Bildungsauftrages der Berufsschule verschoben wird und stattdessen eine zweckrationale und utilitaristische Ausbildung in den Vordergrund tritt. Der persönlichkeitsbildende Aspekt der Berufsschule würde, so die Befürchtung, dabei stark eingeschränkt werden und nur noch zur Bildung von „reinen Berufspersönlichkeiten“ führen. Zudem dürfe nicht vergessen werden, dass die Berufsschule einen über die berufsschulische Ausbildung hinausgehenden Bildungsauftrag habe (z. B. als studienvorbereitende Aufgabe) und daher nicht nur nach berufspraktisch relevanten Aspekten handeln dürfte, sondern auch eine gewisse fachsystematische Orientierung berücksichtigen müsse (vgl. KUHLMIEIER 2003, S. 73).

Aus lernpsychologischer Sicht führen die Kritiker ins Feld, dass durch die Orientierung am Situationsprinzip der Aufbau eines systematischen Wissens erschwert wird. Eine Systematik die aus beruflichen Handlungsabläufen abgeleitet wird, ist aus lernpsychologischer Hinsicht nicht immer Sinn stiftend, da berufliche Handlungsabläufe fachtheoretische Erkenntnisse implizit voraussetzen, diese jedoch nicht explizit unmittelbar nachvollziehbar aufzeigen.

Das Lernfeldkonzept kann also erst dann erfolgreich greifen, wenn auf ein Minimum an anwendbarem Fähigkeiten und Kenntnispotential sowie ein Minimum einer Ordnungsstruktur von Wissen zurückgegriffen werden kann. Damit erscheint der Unterricht in Lernfeldern als durchgängiges Unterrichtsprinzip in Frage gestellt. Das Konzept scheint damit erst nach einer Phase der Aneignung eines Wissensminimums und Orientierungsminimums sinnvoll einsetzbar. Über die Frage, ob zu Beginn einer beruflichen Ausbildung zunächst ein fachsystematischer Unterricht stehen sollte, gehen die Meinungen in der Fachliteratur weit auseinander (vgl. KUHLMIEIER 2003, S. 74).

Ebenfalls scheint aus Sicht einiger Kritiker durch das Lernfeldkonzept die Erosion des bisherigen deutschen Ausbildungssystems eingeläutet worden zu sein. Lernfelder zeigen durchaus modulähnliche Züge und könnten unter Umständen einer Modularisierung beruflicher Bildung Vorschub leisten. Eine Modularisierung der beruflichen Bildung in Deutschland würde zwar die Angleichung der europäischen Berufsbildungssysteme nach sich ziehen, aber gleichzeitig würde der „Ausbildungsbedarf“ als ein einheitliches und standardisiertes Ziel beruflicher Bildungsprozesse grundsätzlich in Frage gestellt. (vgl. BÜNNING, HORTSCH & NOVY 2000, S. 111 ff.).

3 Handlungstheoretische Grundlagen – Analyse handlungstheoretischer Modelle

3.1 Das Modell der Handlung nach LEONTJEW und HACKER

3.1.1 Die Beziehung zwischen Tätigkeit, Handlung und Operation

Die Grundlagen der Handlungsorientierung entwickelten sich aus zwei Strömungen der Psychologie heraus. Eine Analyse existierender Konzepte zeigt, dass es angemessen ist, „handelnden“ Unterricht vom „handlungsorientierten“ Unterricht zu unterscheiden (vgl. JANK & MEYER 1994, S. 352). Der „handelnde“ Unterricht bezieht sich maßgeblich auf die Tätigkeitstheorie der kulturhistorischen Schule der sowjetischen Psychologie (vgl. GALPERIN, LEONTJEW, WYGOTSKI u. a.). Handlungsorientierter Unterricht bedient sich vorrangig der kognitiven Handlungstheorie (vgl. PIAGET, AEBLI u. a.).

Die materialistische Psychologie geht von der Prämisse aus, dass Tätigkeit als menschliche Lebensäußerung nur dann adäquat erfasst werden kann, wenn sie in ihrer „biologisch-naturgeschichtlichen und gesellschaftlichen Gewordenheit erklärt wird“ (EICKER 1983, S. 90). Ferner liegt eine Auffassung zugrunde, die von einer Widerspiegelung ausgeht, also dem Verhältnis von Ausbildungsinhalten (Gegenstände, Erscheinungen, Prozesse, u. ä.) und dessen Abbild durch das menschliche Bewusstsein (Wahrnehmungen, Empfindungen, Begriffe). Der Zusammenhang zwischen Mensch und Welt wird demnach durch die aus seiner Tätigkeit zustande gekommene Eigenart der Beziehung zwischen äußeren Gegenständen und inneren Erkenntnissen, Handlungsstrukturen, Fähigkeiten usw. hergestellt. Die psychische Tätigkeit ist dabei das Ergebnis der Übertragung des äußeren materiellen Handelns in die Form der Widerspiegelung, d.h. in die Form der Wahrnehmungen, Vorstellungen und Begriffe.

Damit betont die materialistische Psychologie die Rolle der Tätigkeit im Bildungs- und Lernprozess psychischer Erscheinungen. Das besondere in diesem Widerspiegelungsprozess ist, dass das Ergebnis kein statisches Abbild des Erkenntnisobjekts ist, sondern der „ursprüngliche, sinnlich gegebene Inhalt eines Gegenstandes verändert sich im Erkenntnisprozess selbst“ (vgl. GUDJONS 1997, S. 42).

Da die materialistische Psychologie einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung handlungstheoretischer Grundlagen ausübte, soll zunächst das zugrunde liegende Begriffssystem dieser Strömung dargelegt werden. Stellvertretend wird das Begriffssystem von LEONTJEW analysiert. Eine Schlüsselposition in LEONTJEWs Theoriegebilde nimmt der Begriff der Tätigkeit ein, wobei die Tätigkeit „eine ganzheitliche, nicht aber eine additive Lebenseinheit des körperlichen, materiellen Subjekts, deren reale Funkti-

on darin besteht, das Subjekt in der gegenständlichen Welt zu orientieren“ (LEONTJEW 1979, S. 83) ist. Mit anderen Worten, die Tätigkeit ist keine Reaktion, sondern ein System mit eigener Struktur. In diesem Sinn ist das menschliche Leben „[...] eine Gesamtheit, genauer gesagt, ein System einander ablösender Tätigkeiten [...] mit eigenen inneren Übergängen und Umwandlungen sowie mit eigener Entwicklung“ (LEONTJEW 1979, S. 83).

Tätigkeiten werden von Bedürfnissen des Subjekts angeregt und vor allem durch das gesellschaftliche Umfeld, durch den Alltag, durch Arbeits- und Produktionsprozesse eingefordert. Sie können von materieller oder gedanklicher Natur sein. Nach seiner Befriedigung erlischt das Bedürfnis und es wird erneut produziert, gegebenenfalls unter veränderten Bedingungen (vgl. LEONTJEW 1979, S. 101). Dabei unterscheidet sich die eine Tätigkeit von der anderen in der Verschiedenheit ihrer Gegenstände. Ist es der Gegenstand (der Inhalt der Tätigkeit), der diese Tätigkeit anregt und steuert, so kann der Gegenstand einer Tätigkeit als deren wahres Motiv angesehen werden. Eine Tätigkeit ohne Motiv und Zweck kann es demnach nicht geben (vgl. LEONTJEW 1979, S. 101 f.). Nach LEONTJEW regt ein ganz bestimmtes Bedürfnis den Menschen dazu an, eine besondere Tätigkeit aufzunehmen.

Der Begriff der Handlung untersetzt den Tätigkeitsbegriff im System von LEONTJEW. Die Handlung stellt die Hauptkomponente der Tätigkeit dar. Diese Komponenten realisieren die Tätigkeit und sind dabei nicht dem Bedürfnis, sondern einem (bewussten) Ziel untergeordnet. Vor diesem Hintergrund besteht zwischen den Begriffen Ziel und Handlung eine ähnliche Wechselbeziehung wie zwischen den Begriffen Motiv und Tätigkeit (vgl. LEONTJEW 1979, S. 102).

Eine Tätigkeit setzt dabei das Erreichen einer Reihe konkreter Ziele voraus, von denen einige eine strenge Abfolge bilden. D.h. eine Tätigkeit wird von einer Gesamtheit von Handlungen verwirklicht, die Teilzielen untergeordnet sind. Die Tätigkeit eines jeden Menschen ist demnach eine Form einer, im einfachsten Fall, einzigen Handlung oder, einer Kette von Handlungen mit Zielen und Teilzielen, die einander bedingen. (vgl. LEONTJEW 1979, S. 103 ff.)

In Bezug auf die Handlung hebt LEONTJEW hervor, dass die in der Tätigkeit zu realisierenden Handlungen durch das Motiv der Tätigkeit angeregt werden und auf das Ziel der Handlung gerichtet sind. Es erfolgt eine Aufspaltung der zuvor im Motiv miteinander verschmolzenen Funktionen. Die Initiierungsfunktion verbleibt jedoch beim Motiv (vgl. LEONTJEW 1979, S. 103).

Für LEONTJEW sind Tätigkeit und Handlung gleichzeitig echte und dabei nicht identische Realitäten. So kommt es vor, dass ein und dieselbe Handlung verschiedene Tätigkeiten realisiert. Ebenso kann es vorkommen, dass eine Handlung aus der einen Tätigkeit in die andere übergeht (vgl. LEONTJEW 1979, S. 104).

Aus den Ausführungen von LEONTJEW wird verständlich, dass die Ziele einer Handlung beliebig entwickelt werden. Sie sind in der gegenständlichen Situation beheimatet. Das Bestimmen und Erfassen der Ziele ist in diesem Zusammenhang kein automatischer Vorgang. Es handelt sich um einen Prozess des Erprobens der Ziele durch die Handlung und ihrer Materialisierung.

Eine weitere wichtige Aufgabe ist das Konkretisieren der Ziele, die Bestimmung der Bedingungen zu ihrer Erreichung. Hier sind nicht die Inhalte der Ziele von Bedeutung, sondern die Bedingungen und Verfahren unter denen die Ziele erreicht werden sollen. Die Verfahren zur Realisierung einer Handlung bezeichnet LEONTJEW als Operationen. Dabei korrelieren die Handlungen, wie bereits geschrieben wurde, mit den Zielen; Operationen mit den Bedingungen (vgl. LEONTJEW 1979, S. 105 ff.).

Handlungen und Operationen sind unterschiedlicher Herkunft. Die Entstehung der Handlung liegt in der Beziehung des Austauschs von Tätigkeiten. Jede Operation ist das Ergebnis der Umwandlung einer Handlung, die durch ihre Einbeziehung in eine andere Handlung und ihre Technisierung erfolgt (vgl. LEONTJEW 1979, S. 107).

Es scheint charakteristisch, dass Operationen früher oder später „mechanisiert“ werden. Es darf jedoch nicht angenommen werden, dass die Operation in Bezug auf die Handlung ebenso wie die Handlung in Bezug auf die Tätigkeit selbständige Einheiten bilden. Eine Maschine, die Operationen ausführt, die keine zielgerichtete Handlung eines Menschen verwirklicht, kann nur eine aus der Kontrolle des Menschen geratene Maschine sein (vgl. LEONTJEW 1979, S. 107 f.).

Im Zusammenhang von Operation und Handlung ist zu berücksichtigen, dass der Mensch in seiner Entwicklung eine Gesellschaft geprägt und sich in dieser Gesellschaft entwickelt hat. Folglich kann man die Tätigkeit, die Handlung und die Operation „[...] niemals isoliert von den gesellschaftlichen Beziehungen, vom Leben der Gesellschaft betrachten“ (LEONTJEW 1979, S. 84). Denn außerhalb der gesellschaftlichen Beziehungen kann es keine Tätigkeit geben.

Die Tätigkeit eines jeden Menschen ist dabei von seinem Platz in der Gesellschaft, von den allgemeinen Lebensbedingungen und den individuellen Umständen, unter denen sie gestaltet wird, abhängig. Äußere Bedingungen sind dabei nicht die Motive und Zwecke seiner Tätigkeit, sondern die gesellschaftlichen Bedingungen selbst. Mit ande-

ren Worten: Die Gesellschaft selbst initiiert die Tätigkeit der sie bildenden Individuen. Der einzelne Mensch orientiert seine Tätigkeit nicht an der Gesellschaft, sondern die Gesellschaft selbst ist Motiv und Zweck seiner Tätigkeit (vgl. LEONTJEW 1979, S. 84 ff.). Die Entstehung von Handlungen in der Tätigkeit sieht LEONTJEW allein als das Ergebnis des Übergangs des einzelnen Menschen zum Leben in der Gesellschaft an. Die Tätigkeit der an der gemeinsamen Arbeit Beteiligten wird nach LEONTJEW durch deren Produkt hervorgebracht und realisiert. Dieses Produkt gemeinsamer Arbeit entsprach ursprünglich den unmittelbaren Bedürfnissen eines jeden gesellschaftlichen Subjekts. Die durch das Leben in der Gesellschaft bedingte technische Arbeitsteilung fordert die Bestimmung von Zwischen- bzw. Teilergebnissen, die von den an der gemeinsamen Arbeit Beteiligten geschaffen werden. Diese Zwischen- bzw. Teilergebnisse befriedigen ihre Bedürfnisse jedoch nicht. Sie werden vielmehr durch den Anteil am Produkt ihrer gemeinsamen Tätigkeit befriedigt (vgl. LEONTJEW 1979, S. 102).

Das Verhältnis von Tätigkeit, Handlung und Operation ist in folgender Abbildung veranschaulicht. Hierzu wird auf eine Darstellung von HACKER zurückgegriffen. HACKER ist ebenfalls in die Tradition der materialistischen Psychologie eingebunden.

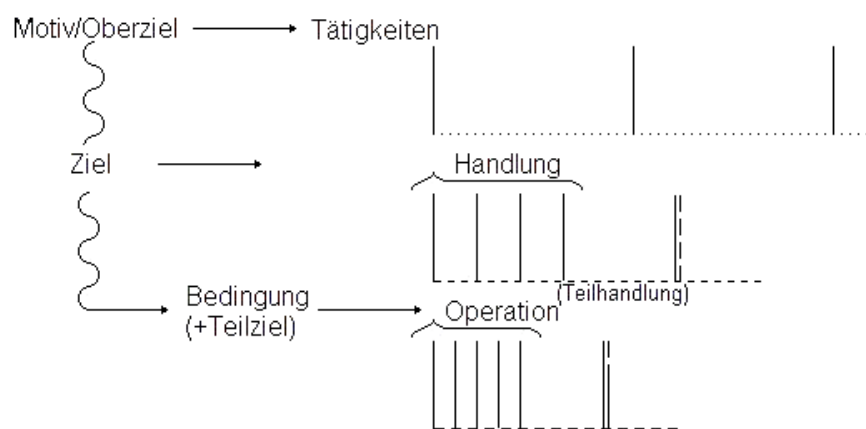


Abbildung 3: Hierarchischer Aufbau einer Tätigkeit nach HACKER (vgl. HACKER 1998, S. 66)

3.1.2 Komponenten der Handlung

Die menschliche Handlung ist durch Ordnungsprinzipien und durch das Zusammenwirken psychischer Prozesse sowie die Ausrichtung auf ein Handlungsziel gekennzeichnet. „Die psychische Struktur ist durch Abhängigkeit von den Zielen der Arbeitstätigkeit eine inhaltlich bedingte Ordnung. Da sie des weiteren die Regulation auf das Ziel hin realisiert, ist sie eine inhaltlich bedingte funktionelle Ordnung oder Ablauforganisation“ (HACKER 1986, S. 109).

Die Rolle der Handlungsstruktur und der enthaltenen psychischen Vorgänge besteht in der Regulation der Tätigkeit. Nach den Worten HACKERS besteht die Aufgabe darin „Überführungsbedingungen der auf dem Weg von Ausgangs- zum Endzustand (Produkt) zu durchlaufenden Zuständen, unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, abzuleiten und umzusetzen“ (HACKER 1986, S. 110).

Der Strukturansatz der psychischen Handlungsstruktur nach HACKER umfasst fünf Komponenten: Richten, Orientieren, Entwerfen, Entscheiden und Kontrollieren. Der Ansatz stellt dabei keine Abfolge dar, sondern es handelt sich um Funktionsgruppen, die in Handlungen komplex ineinander greifen und ineinander greifend ablaufen (vgl. HACKER 1986, S. 110 ff.). Eine feste Abfolge kann es daher nicht geben.

Richten

Das Richten als Element der Handlung umfasst das Entwickeln von Zielen während einer Tätigkeit. Ziele sind die vorweg genommenen Ergebnisse der Handlung, die vorsätzlich und durch eigene Anstrengung herbeigeführt werden. Sie zeichnen sich ferner durch eine „antizipativ tätigkeitsleitende Art von kognitiven oder Gedächtnisstrukturen“ (HACKER 1986, S. 115) aus. Im HACKERSchen Ansatz wird zwischen übernommenen und eigenständigen Zielen unterschieden. Er führt hierzu den Begriff der „Freiheitsgrade“ ein. Der Freiheitsgrad bezeichnet die Verbindlichkeit der Handlung bezüglich des Handlungsziels, der Mittel und Ausführungsanweisungen. Ein großer Freiheitsgrad bezeichnet ergo Ziele, die aus eigenen Entscheidungen erwachsen sind. Ein geringer Freiheitsgrad charakterisiert Ziele, die nur durch die Mitwirkung des Handelnden in der Zielbildung entstanden sind.

Orientieren

Das Orientieren als Element der Handlung integriert alle Prozesse der Gewinnung von Informationen. Es dient zur Konkretisierung der Handlungssituation, der Ausführungsmöglichkeiten und Handlungsbedingungen. Gegebenenfalls schließt das Orientieren auch die Aktualisierung von handlungsbedeutsamem Wissen ein. Diese gewonnenen

und regulativ wirkenden Abbilder sind nach HACKER Elemente des Operativen Abbildsystems (OAS). OAS sind beständige handlungsleitende Gedächtnisrepräsentationen, die über den Erfolg der Handlung entscheiden. Das OAS umfasst drei Bereiche: Repräsentation zur Ausgangs- und Handlungssituation, Repräsentation zum Handlungsweg und Antizipation des End- bzw. Sollzustandes.

Die Repräsentation zur Ausgangs- und Handlungssituation erfasst die Ausgangs- und Momentanzustände der Handlung. In der Repräsentation des Handlungsweges wird das für die Handlung erforderliche Wissen einem Soll-/Ist-Abgleich unterzogen und gegebenenfalls auf die Handlung bezogen angepasst. Handlungspläne werden einschließlich der erforderlichen Arbeitsmittel entwickelt. Die Antizipation des End- bzw. Sollzustandes setzt sich mit den Folgen der Handlung auseinander.

Entwerfen

Das Entwerfen beinhaltet die Entwicklung eines Handlungsweges und die Auswahl von Arbeitsmitteln. Das operative Abbildsystem wird weiter vervollständigt bzw. ergänzt. HACKER unterscheidet drei Regulationsebenen. Diese drei hierarchisch geordneten Regulationsebenen umfassen:

- Bewegungsentwürfe/kognitive Routinen im Sinne nicht im Bewusstsein verankerter Fertigkeiten,
- Handlungsschemata: Es handelt sich hierbei um „zielbezogene Zusammenschlüsse von Bewegungstereotypen sowie kognitiven Routinen zu variabel einsetzbaren Programmen“ (HACKER 1986, S. 159). Es erscheint in diesem Zusammenhang wichtig, darauf hinzuweisen, dass der Begriff Handlungsschemata nicht im Sinne von AEBLIS Begriffsverständnis verstanden wird, denn nach AEBLI sind Handlungsschemata als Ganzheiten im Gedächtnis des Individuums ausgebildete funktionelle Organe,
- Pläne, Strategien und Heuristiken.

Entscheiden

Der Entscheidungsfindung kommt in der vollständigen Handlung eine Schlüsselrolle zu. Die Entwicklung des Ziels, die Entwicklung des Handlungsweges und der Entschluss zum Handeln sind an das Entscheiden gebunden. Der Begriff des Entscheidens setzt mindestens zwei Entscheidungsalternativen voraus. Das Entscheiden für oder gegen eine subjektiv vorliegende Möglichkeit erfordert das Bewerten aller Möglichkeiten. Das Bewerten ist an Kriterien gebunden. Das zur Verfügung stehende Wis-

sen zur Beurteilung der Erfüllung der Kriterien bestimmt die Entscheidung. Die Entscheidungen werden durch drei Bedingungen bestimmt:

Nutzen der Möglichkeiten in Bezug auf die Bedürfnisse und Werte des Handelnden, geschätzter Aufwand für die Realisierung sowie Bedingungen der Realisierung.

Kontrollieren

Anhand der dargestellten Strukturelemente wird deutlich, dass Menschen in der Lage sind, ihr Handeln zu steuern. Sie können Handlungsziele entwickeln, Informationen über die Handlungssituation sammeln, Handlungsvarianten entwerfen und sich für die als richtig erachtete Variante entscheiden. Sie verfügen über ein inneres Modell, mit Hilfe dessen sie Handlungen kontrollieren und steuern. Es wird in diesem Zusammenhang von Handlungsregulation gesprochen.

MILLER, GALLANTER und PRIBRAM erklären die Handlungsregulation mittels der TOTE-Einheiten (Test Operate Test Exit).

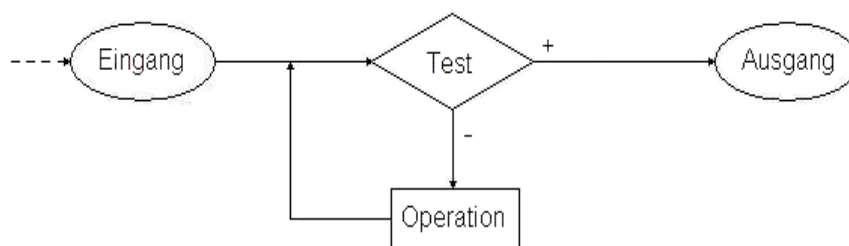


Abbildung 4: TOTE-Einheit (HACKER 1986, S. 114)

Kern dieses Modells ist der Regelkreis. Ein bestehender Zustand wird mit dem angestrebten Zustand/Ziel verglichen (Test). Besteht ein Widerspruch zwischen dem bestehenden und dem angestrebten Zustand, wird korrigiert (Operate). Der Zyklus wird so lange durchlaufen, bis der Widerspruch überwunden ist, der Regelkreis wird verlassen (Exit). Prinzipiell sind alle Handlungen in TOTE-Einheiten zerlegbar.

An die Stelle einer geschlossenen Rückkopplung der TOTE-Einheiten stellt HACKER ein offenes Modell, das der Vorwegnahme-Veränderungs-Rückkopplungs-Einheiten (VVR-Einheiten). Dieses Modell erklärt, wie sich Ziele während der Tätigkeit verändern. Ein Ziel, der angestrebte Endzustand, ist in diesem Modell nicht mit dem Beginn der Handlung fixiert, sondern es hat prozesshaften Charakter. Ein Ziel wird während der Handlung verändert, korrigiert und konkretisiert – durchläuft also eine Entwicklung. Handlungen werden durch eine Abfolge ineinander verschachtelter VVR-Einheiten gesteuert. Diese Einheiten können nicht nur nacheinander, sondern auch parallel wirksam sein. Durch übergeordnete Einheiten können untergeordnete Einheiten gesteuert werden (vgl. HACKER 1986, S. 141 ff.).

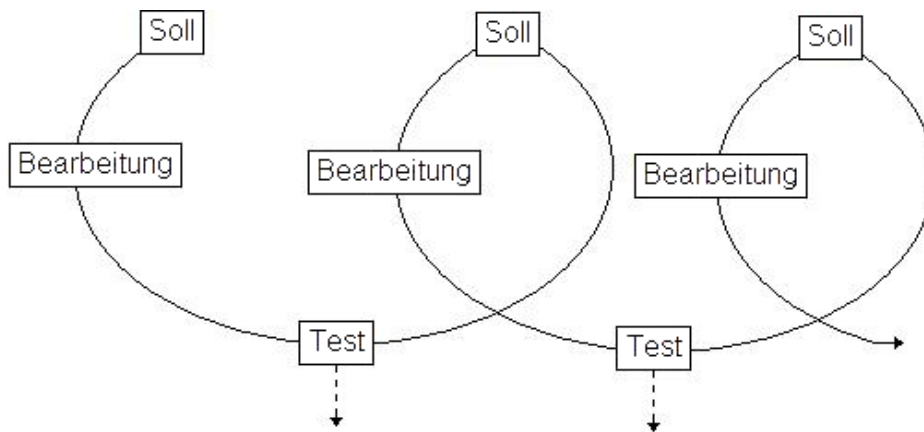


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung von VVR-Einheiten (KOCH & SELKA 1991, S. 36)

Die Komponenten der Handlung (Entwerfen, Richten, Orientieren, Entscheiden, Kontrollieren) und deren Zusammenwirken im Modell von HACKER werden in der nachfolgenden Abbildung illustriert.

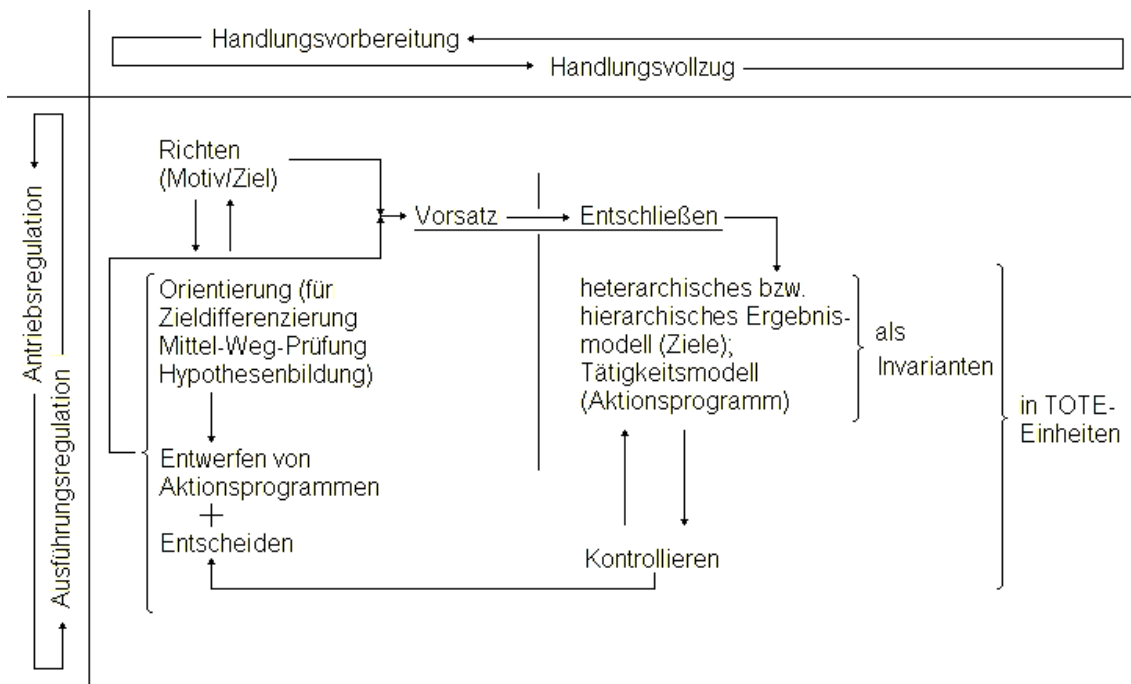


Abbildung 6: Zusammenhang der psychischen Regulation von Tätigkeiten (nach HACKER 1986, S. 113)

Die Modellvorstellungen über Elemente der Handlung bzw. die vollständige Handlung haben seit Jahrzehnten die Konzepte der Berufspädagogik und Fachdidaktik beeinflusst. Die aus der Psychologie entlehnte Modellvorstellung der vollständigen Handlung wurde durch eine intensive Forschungs- und Entwicklungstätigkeit an die Belange der

beruflichen Bildung angepasst und erweitert, so dass diese heute in zahlreichen Publikationen thematisiert wird.

3.2 Das Modell der Handlung nach VOLPERT

3.2.1 Definition und Grundmodell der Handlung

VOLPERT entwickelte ein Handlungsmodell, welches auf Teilhandlungen basiert. Er hat ein Modell der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation begründet und weiterentwickelt. Im Folgenden wird das Handlungsmodell nach VOLPERT dargelegt.

VOLPERT definiert Handlung als das Tun eines Menschen, der sich mit seiner materiell-gegenständlichen Umwelt auseinandersetzt. Ausgangspunkt eines Handelns ist ein Ziel und das Erreichen eines Zieles. Dieses ist zunächst als Soll-Zustand vorhanden und wird durch den konkreten Arbeitsprozess in Bezug zum gegenwärtigen Ist-Zustand realisiert. Ziel und Handlung sind durch Planungs- und Rückmeldungsprozesse miteinander verbunden. Mit den verschiedenen Abschnitten des Ausführungsprozesses verändert sich das Verhältnis zwischen Akteur und Umwelt. Bei wahrgenommenen Abweichungen vom Ziel kann die Handlung modifiziert und der ursprüngliche Handlungsplan korrigiert sowie bearbeitet werden (vgl. VOLPERT 1999, S. 38 ff.).

Akteur und Welt sind zwei wichtige Pole der Handlung, die wie folgt belegt sind:

Der menschliche Akteur hat die Bereitschaft und die Fähigkeit, das Ziel einer Handlung gedanklich zu fassen und zu realisieren. Dabei sind die Handlungsspielräume möglicherweise eingeschränkt, aber niemals vollständig begrenzt.

Die Welt verfügt über ihre Eigengesetzlichkeit und begegnet dem Akteur. Die Welt ist weder vorhersehbar noch von dem Akteur gänzlich beeinflussbar (vgl. VOLPERT 1999, S. 38).

Beide Pole (der Akteur und die Welt) sind sozial begründet. Der Akteur ist nicht gänzlich abhängig von der begegnenden Welt, die mit allen Erleichterungen und Erschwernissen verbunden ist, sondern folgt komplexen Kriterien, um seine Ziele zu erreichen. Dieses pragmatische Modell erklärt, wie das Handeln als ein Versuch der Bewältigung konkreter Problemsituationen betrachtet wird.

Wenn das Ziel erreichbar und sinnvoll ist, sowie der Akteur das Ziel auf eine zweckmäßige Weise erreichen will, dann wird es mit dem dargelegten Ansatz beschrieben. Es wird im Weiteren impliziert, dass angestrebt wird, das Ziel effizient zu erreichen, wobei es nicht als zweckdienliches Mittel zu verstehen ist, sondern als Selbstverantwortlichkeit betrachtet werden muss. In diesem Fall existiert ein Prinzip für den Akteur: Im Prozess der Aktivität entwickelt er eine flexible Stabilität und erweitert diese ständig, damit die Beziehung zwischen dem Akteur und der Welt stabil und wiederholbar wird (vgl.

VOLPERT 1999, S. 39). Von diesem Fundament aus entwickelt VOLPERT sein Modell der Handlung.

Menschliche Handlungen sind abstrakt und bestehen aus sehr komplexen Strukturen. Die Grundstruktur der Handlung kann durch ein einfaches Modell illustriert werden. Das Modell beinhaltet das Ziel, sowie Planungs- und Rückmeldungsprozesse. Es wird davon ausgegangen, dass dem Handelnden bewusst ist, wie er sein Ziel erreichen kann und welche Möglichkeiten er dazu hat. Mit einfachen Vorstellungen und Annahmen wird der Weg zum Ziel entwickelt. Die wichtigsten Elemente dieses Modells sind: Die zyklische Einheit, die hierarchische Gliederung und die hierarchisch-sequentielle Organisation. Folgend wird das vereinfachte Modell der Zyklischen Einheit dargestellt.

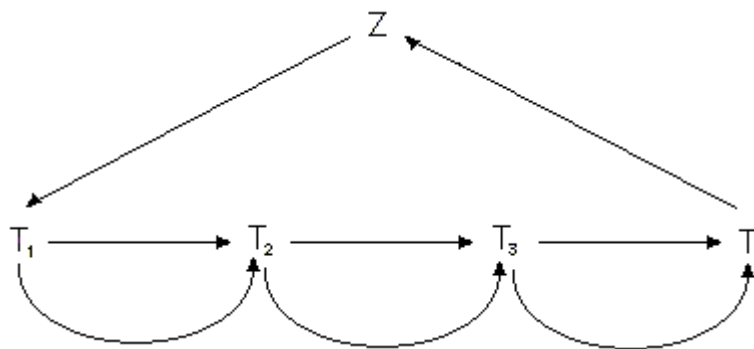


Abbildung 7: Zyklische Einheit (VOLPERT 1999, S. 41)

Z Ziel (gemeint ist das Handlungsziel)

Tn sind die für die Zielerreichung benötigten Transformationen

Die Transformationsformen werden unterschieden nach:

T1 Starttransformation,

T2, T3 vermittelnde Transformationen und

T4 vollendete Transformationen.

Der Akteur und die Welt werden in den Transformationsprozessen verändert. Die Starttransformation (T1) bedeutet den ersten Schritt vom Ausgangszustand in die gewünschte Richtung. In dem Modell von VOLPERT ist der Prozess der Transformation mit T4 beendet. Es handelt sich hierbei um den Akt der Konsumtion, denn das Ziel wurde erreicht. Die vermittelnde Transformationen (T2, T3) sind Transformationen auf dem Weg der Erreichung des Ziels. Nach der vollendeten Transformation wird ein Rückmeldeprozess initiiert, mit dem geprüft wird, ob das Ziel vom Akteur erreicht wurde. In dem Fall, dass das Ziel erreicht wurde, ist die Handlung abgeschlossen (vgl. VOLPERT 1999, S. 40 f.).

Das hier dargelegte Handlungsmodell schließt zwei Dimensionen des Handelns ein: Zunächst ist ein gedankliches Probehandeln erforderlich (gerade Linien). In einem zweiten Schritt findet die Ausführung der Handlung statt, das so genannte „Durcharbeiten“ des Handlungsplans (gebogene Linien).

3.2.2 Merkmale der Handlung

Im Modell von VOLPERT wird die Handlung durch Merkmale charakterisiert. Diese Merkmale sind: Zielgerichtetheit, Gesellschaftlichkeit, Gegenständlichkeit, Bewusstheit und Rückmeldung.

Jede Handlung ist auf ein Ziel ausgerichtet. Von Beginn an hat der Agierende eine Vorstellung vom Ziel. Das Tätigkeitsergebnis wird von vornherein als antizipierte Vorstellung des Agierenden angesehen (vgl. VOLPERT 1983, S. 18). Es wird eine Handlung ausgeführt, um ein Ziel zu erreichen. Sie ist abgeschlossen, wenn das Ziel erreicht wurde. Dabei wird das Ziel von der Ausführung differenziert. Das Ziel ist offenbar und hat eine größere Bedeutung als die Ausführung. Damit tritt die Ausführung dem Ziel gegenüber zurück. In der Regel können verschiedene Wege benutzt werden, um ein und dasselbe Ziel zu erreichen. Der Weg und das Ziel gehen daher ein Wechselverhältnis ein. „Zwar bestimmt das Ziel die Durchführung, aber ohne Reflexion der Realisierungsbedingungen ist die Aufstellung von Zielen sinnlos“ (VOLPERT 1983, S. 19). Daraus folgt, dass eine menschliche Handlung stets einen prinzipiellen Weg für das Erreichen des Ziels voraussetzt. Das Ziel muss auch realisierbar und handlungsrelevant sein.

Die individuelle Handlung ist immer gesellschaftlich eingebunden. Die Tätigkeit des Menschen darf daher niemals von den sozialen Beziehungen und der Gesellschaft isoliert betrachtet werden (vgl. VOLPERT 1983, S. 18). Die gesellschaftliche Entwicklung (vor allem die Produktion) verändert die Umwelt und die Handlungsbedingungen. Der Akteur wird im Laufe seiner (individuellen) Entwicklung durch die gesellschaftliche Eingebundenheit geprägt. Die Auslöser von Handlungen (z. B. Aufgabenstellungen) werden von den gesellschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen beeinflusst. Bei der Zielbildung ist die Abstimmung mit den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen von Bedeutung, d.h. bei Planungs-, Ausführungs- und Kontrollprozessen der Handlung werden soziale Bezüge berücksichtigt.

Handlung findet in Bezug zur Umwelt statt. Nach MARX ist die Arbeit gekennzeichnet als Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur. Für LEONTJEW ist Gegenständlichkeit die Grundlage der Tätigkeit (vgl. LEONTJEW 1979, S. 17). „Die Wechselwirkung zwischen dem Menschen und seiner Umwelt vollzieht sich in der eingreifenden und

verändernden Tätigkeit des Menschen, somit weder im reinen Denken noch im passiven Reagieren“ (LEONTJEW 1979, S. 17). Das heißt, nur einschreitende und verändernde Tätigkeiten können Wechselwirkungen zwischen Menschen und seiner Umwelt erzielen. Es muss immer eine Handlung folgen, die mehr als Denken oder passives Reagieren beinhaltet.

Die Gegenständlichkeit der Handlung impliziert, dass mit ihr Konsequenzen einhergehen. Die Gegenständlichkeit der Handlung äußert sich in der Beeinflussung der Organisationskultur durch die Organisationsmitglieder. Das menschliche Handeln z. B. im Arbeitsprozess kann folglich nicht als individuelle Tätigkeit betrachtet werden. Nach LEONTJEW ist die Tätigkeit des menschlichen Individuums ein Teil des Systems der gesellschaftlichen Beziehungen. Daraus folgt, dass jede Tätigkeit Bestandteil eines übergeordneten Handlungszusammenhangs ist (vgl. LEONTJEW 1979, S. 17).

MARX unterscheidet die spezifisch menschliche, bewusst-zielgerichtete Handlung von anderem zielgerichteten Handeln. Er bedient sich dabei des Beispiels der Bienen. „Eine Spinne verrichtet Operationen, die denen des Webers ähneln, und eine Biene beschämt durch den Bau ihrer Wachszellen manchen menschlichen Baumeister. Was aber von vornherein den schlechtesten Baumeister vor der besten Biene auszeichnet, ist, dass er die Zelle in seinem Kopf gebaut hat, bevor er sie in Wachs baut. Am Ende des Arbeitsprozesses kommt ein Resultat heraus, das bei Beginn desselben schon in der Vorstellung des Arbeiters, also schon ideell vorhanden war“ (LEONTJEW 1979, S. 18).

Zielgerichtete Handlungen, d.h. ohne Bewusstheit sind nicht nur im menschlichen Kontext angesiedelt, sondern können auch in Organisationen und technischen Systemen auftreten. Der Handelnde verfügt über Bewusstheit, wenn er/sie über das Ziel Auskunft geben kann. Nicht jede Handlung verfügt über ein Ziel. Manche Handlungen werden automatisch ausgeführt, ohne die diskutierte Metakognition. Folglich kann treffend zusammengefasst werden: „Handeln ist also nicht bewusstseinspflichtig, sondern bewusstseinsfähig“ (BAMBERG & MOHR 2006, S. 4).

Nach vorliegenden arbeitspsychologischen Forschungen ist die zielgerichtete Handlung nur sinnvoll, wenn eine Rückmeldung über das Resultat der Handlung berücksichtigt und auch mit der Antizipation verglichen wird. Der Theorieansatz davon ist die psychologische Analyse des Reiz-Reaktion Modells (so bezeichnet in behavioristischen Theorien).

Das Rückmeldungsprinzip konstituiert sich aus zwei Elementen: Vergleichsvorgänge und Veränderungsvorgänge. In den Vergleichsvorgängen wird überprüft, ob der Han-

delnde das Ziel erreicht hat und in wieweit in den Veränderungsvorgängen das Ziel durch Teilhandlungen und Auseinandersetzung mit der Umwelt realisiert wird. Bei Abweichungen wird die Tätigkeit fortgeführt. Abschließend wird das Ergebnis durch eine Rückmeldung zum Ziel betrachtet. Vergleichs- und Veränderungsvorgänge sind miteinander verbunden. Vergleichsvorgänge finden nicht nur bei Abschluss der Tätigkeit statt, sondern auch während der Tätigkeit, z. B. ein Handelnder muss während seines Arbeitsprozesses das zu bearbeitende Objekt betrachten, um dadurch seine weitere Tätigkeit zu steuern (vgl. VOLPERT 1983, S. 21).

3.2.3 Handlungsmodell A

Die Zyklische Einheit von VOLPERT wurde bereits dargestellt. Das menschliche Handeln verfügt jedoch über weitaus komplexere Strukturen. Nach VOLPERT hat jede der Transformationen innerhalb der zyklischen Einheit wiederum untergeordnete Strukturen. Für eine Detailbetrachtung kann festgehalten werden, dass für jede Transformation ein „Teilziel“ angegeben werden kann. Jede Einheit wird als Teil einer übergeordneten Einheit angesehen. Eine verschachtelte Struktur über mehrere Ebenen wird in der folgenden Abbildung dargestellt:

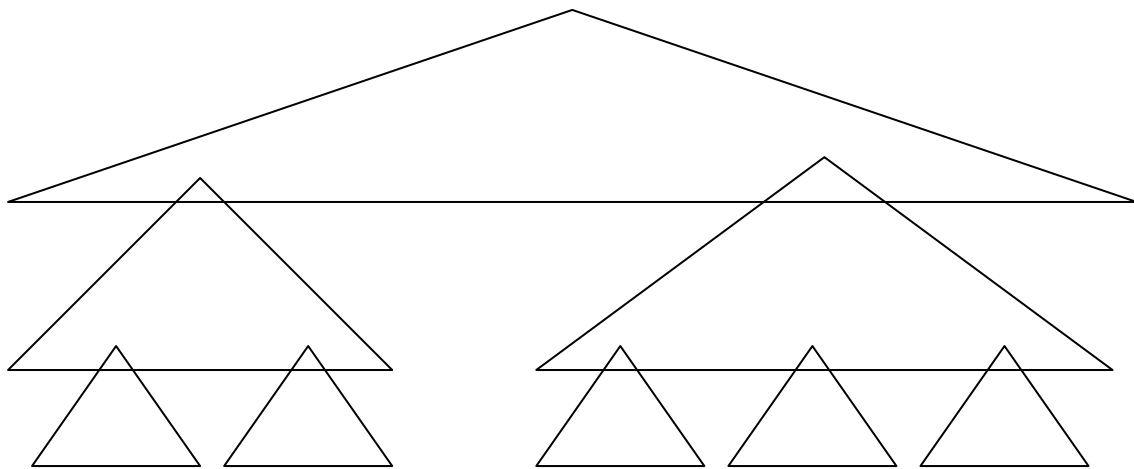


Abbildung 8: Die hierarchische Gliederung nach VOLPERT (VOLPERT 1999, S. 42)

VOLPERT differenziert diese Struktur nach „Spitzeneinheit“ und „Basisseinheiten“. Die jeweiligen Ebenen der Basisseinheiten sind von oben nach unten durchnummeriert. Ein Vergleich des Modells der hierarchischen Gliederung mit dem Modell der zyklischen Einheit zeigt, dass keine Pfeile in der Abbildung vorgesehen sind. Werden die Pfeile und die Ablaufstruktur hinzugefügt, ergibt sich „die hierarchisch-sequentielle Handlungsorganisation“ (VOLPERT 1999, S. 42).

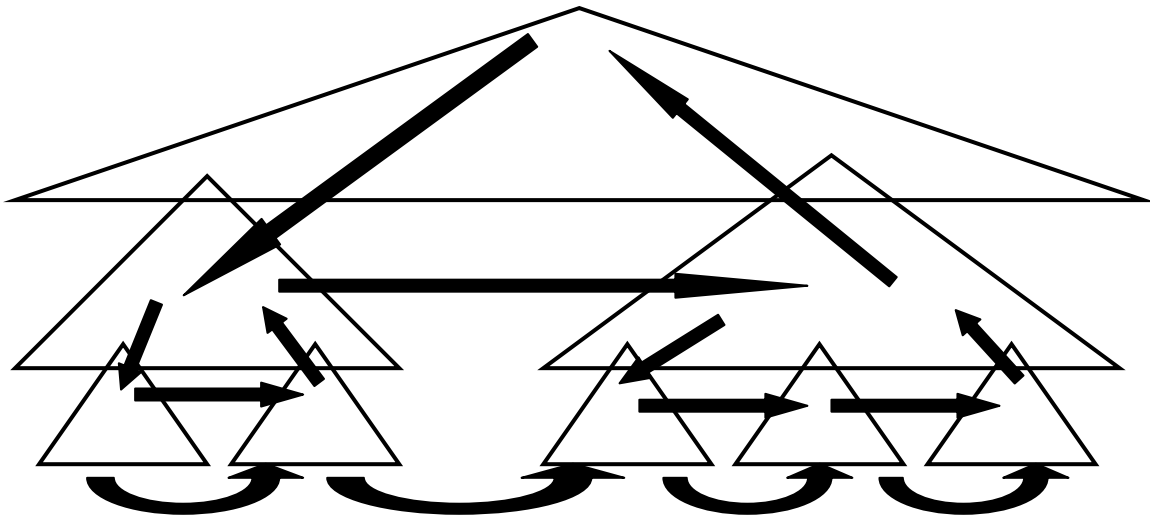


Abbildung 9: Die hierarchisch-sequentielle Organisation (VOLPERT 1999, S. 43)

Die obere Darstellung zeigt die Kombination der beiden Grundprinzipien, die der zyklischen Einheit und der hierarchischen Gliederung.

Die einzelnen Ebenen unterscheiden sich nach der Erreichbarkeit des jeweiligen Handlungsplans. Die höhere Ebene hat immer den höheren Anspruch in Bezug auf das Ziel des Handelns. Entsprechend verlängert sich die Zeit, um das Handeln zu konsumieren und das Ziel der höheren Ebene zu erreichen. Das oberste Ziel beinhaltet immer kleinere Unterziele. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit des Fehlschlags deutlich erhöht. Entsprechend setzt die unterste Ebene eine relativ einfache Handlungsweise für die Erreichbarkeit des Ziels an, die aus psychologisch- automatisierter Handlung bestehen können (vgl. VOLPERT 1999, S. 44).

Dieses Modell ist bezogen auf einfache und alltägliche Handlungen. In dieses Modell können nur schwer unerwartete Situationen integriert werden. Diese Prozessabläufe erklären nicht die Flexibilität innerhalb einer Handlung. Wenn man diese Flexibilität in Bezug zur hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation setzt, wird folgende Auffassung verständlich (vgl. VOLPERT 1999, S. 44 ff.):

Jede konkrete Einzelhandlung folgt nicht unbedingt den Standardabläufen des Modells. Ihre Ablaufgestalt und ihr Resultat sind vielmehr von der individuellen Kompetenz des Aktors und des jeweiligen Handlungskontextes abhängig. Es wird oft vorkommen, dass Aspekte einer Handlung in einer Ebene „bearbeitet“ werden, die zu einer anderen Ebene gehören. Ebenso müssen die Erreichbarkeiten der aufeinander folgenden Teilzeile nicht immer genau mit derselben Ebene übereinstimmen. Es kann durchaus auftreten, dass ein Teilziel von der vorangegangenen Ebene und der nachgeordneten Ebene abgegrenzt wird, jedoch im Unterschied zu den Teilzielen der anderen Ebenen schnell-

ler und direkter erreichbar ist. Dieser Fall wird in der vorangestellten Grafik (Abbildung 9 hierarchisch-sequentielle Organisation) nicht berücksichtigt.

Es muss betont werden, dass von VOLPERT nicht behauptet wird, dass die gesamte Handlungspyramide bereits vor der Handlung feststeht. Dieses würde zu einem Missverständnis führen. Die Annahme, dass die Handlungspyramide bereits vor oder mit dem Beginn der Handlung feststeht, wird nur im äußersten Extremfall zutreffen, jedoch existiert vor der tatsächlichen Ausführung ein gewisser Vorlauf der Planung. Der so genannte „gewisse Vorlauf“ bedeutet, dass die jeweiligen Starteinheiten erst kurz vor Beginn einer Handlung entstehen, d.h. jeweils nur die nächsten Schritte werden im Voraus genauer geplant. Der Plan der folgenden Schritte wird immer vager und gröber je weiter sich von den Starteinheiten entfernt wird. Die Strenge der Erfolgskriterien und vor allem die Restriktionen bestimmen das Ausmaß der nötigen Detaillierung.

Unerwartete Ereignisse ziehen nicht unbedingt nach sich, dass der gesamte Handlungsplan verworfen wird. Vielmehr werden die neuen Bedingungen flexibel in den Handlungsplan integriert und das Ziel wird so lange wie möglich beibehalten. Wenn eine Teilhandlung ihr Ziel nicht erreicht hat, bietet das VOLPERTSche Handlungsmodell trotzdem die Möglichkeit; das jeweils nächst höhere Ziel in anderer Weise zu erreichen. Nur wenn das nicht möglich ist, wird das Ziel verändert oder revidiert.

Im Transformationsprozess wird das Ergebnis auf Abweichungen geprüft. Somit wird hinterfragt, ob das Ergebnis noch mit den übergeordneten Zielen übereinstimmt. Der Handelnde überprüft, ob alles noch im Einklang mit dem übergeordneten Ziel steht. VOLPERT beschreibt es mit „auf dem Kurs“ (VOLPERT 1999, S. 47). Dieser Kurs wird sowohl von dem Ziel der Handlung als auch von allgemeinen Zielvorstellungen beeinflusst.

Das Grundmodell der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation wurde vorgestellt und diskutiert. Diese Ausführung sollte an dieser Stelle durch folgende Ausführungen ergänzt werden:

Es wurde darauf hingewiesen, dass der Akteur nur die nähere Zukunft detaillierter planen kann, da die gesamte Vorausplanung durchaus vage sein kann. Aber die Alltagserfahrung hat bewiesen, dass das Vorausdenken des Akteurs eingeschränkt ist. Beim längeren Planen, z. B. beim Lebensplan, ist dies auch nicht sinnvoll, da der Prozessablauf der Entwicklung des Individuums von seinen Lebensumständen abhängt. Mit dieser Art der „Planungsgrenzen“ wird auch Vorausplanung der Handlung eingeschränkt. Ein weiteres Problem wird ebenfalls von VOLPERT thematisiert. Eine Handlung beinhaltet nicht selten mehrere Ziele oder gar widersprüchliche. Dieser Umstand wird im Alltag

zwar nicht ganz ausgeschlossen, ist aber selten. In diesem Fall wird die Handlung sowohl von einem speziellen, materiellen Ziel als auch von andersgearteten übergeordneten Zielstellungen beeinflusst.

3.2.4 Handlungsmodell B

Die Grundannahmen über menschliche Handlungen mit Blick auf das Modell B sind mit dem Modell A der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation vereinbar. Sie sind situationsbezogen, konkretisieren sich bei Problemstellungen und ihre Ziele bilden sich im Fluss des Handelns. Dieses Modell liefert eine Erklärung für den Verlauf der Handlung, bei dem Handlungsziele aus der Konstellation der Handlung abgeleitet werden indem die Durchführung sie ständig neu konstruiert und revidiert (vgl. VOLPERT 1999, S.69). Folglich werden die aktuellen Gegebenheiten der Handlung flexibel berücksichtigt und konstruiert. Diese stete Überprüfung der Kompatibilität und Abweichung erhöht die Flexibilität der Handlung.

Ein wesentliches Merkmal des Modells A ist die Planung und Handlung des Aktors, in dem die Handlungsergebnisse einbezogen sind und situative Veränderungen eintreten können. Jedoch kann dieses Modell gelegentlich der Realität nicht standhalten. In Extremfällen ist der Kontext des Handelns total chaotisch oder detailliert bestimmt.

Es handelt sich hierbei um Extrema. In dem Bereich zwischen den Extrema ist es möglich, Ordnung durch eigenes Handeln zu schaffen und eigene Ziele zu verfolgen. Dieser Ansatz wird im Modell B verfolgt. Um dieses Modell zu beschreiben, sind zunächst Rahmenannahmen festzuhalten.

Erstens muss der Aktor kompetent sein und über reiche Handlungserfahrungen verfügen. Zweitens wird der kompetente Aktor in eine neue Situation versetzt, bei deren Bewältigung er vor neuen Herausforderungen steht. Drittens soll der Handelnde über relativ komplexe Ziele verfügen, die er motiviert verfolgt. Zugleich muss auch die Möglichkeit bestehen, diese Ziele zu verfolgen. Viertens sollen die situativen Bedingungen alle Zielverstellungen sowohl erlauben als auch erfordern. Sie müssen Handlungsspielräume bieten und gleichzeitig dürfen sie das erwünschte Ergebnis nicht als unbeabsichtigtes Nebenprodukt entstehen lassen, sondern nur durch anhaltendes Bemühen des Aktors (vgl. VOLPERT 1999, S.71 f.).

Das Kriterium der Zielbeharrlichkeit ist besonders streng auszulegen: Wenn sich einmal für einen bestimmten Weg entschieden wurde, verbindet sich damit eine entsprechende Vorgehensweise, gegen die nicht beliebig verstoßen werden darf. Ein gutes Beispiel für Handlung in diesem Sinn ist: „wenn wir den Weg über den Platz A nehmen, können wir nicht plötzlich zum Platz B springen und die Reise von dort fortsetzen“

(VOLPERT 1999, S. 71). Solche Begrenzungen des Ablaufs schränken nicht unbedingt die Entscheidungsmöglichkeit ein, da anfänglich sowohl A als auch B wählbar waren. Aber die Restriktion der Handlung führt dazu, dass der ausgewählte Weg in geplanter Folge zu Ende geführt werden muss.

Im Modell B (mit den beschriebenen Merkmalen) wählt der Akteur auf Grund „äußerer“ und „innerer“ Gegebenheit zwischen gleichberechtigten Möglichkeiten, um die Handlung durchzuführen. Wenn eine Teilhandlung beendet ist, geht der Akteur zu einem früheren Zeitpunkt der Handlung zurück und verfolgt eine andere Handlungslinie. In diesem Fall ist die Ablaufplanung der Handlung weniger detailliert. Für die „Parallelhandlungen“ werden Ziele und Handlungspläne gebildet, sowie die Zielerreichung kontrolliert (vgl. VOLPERT 1999, S. 72).

Im Alltag werden nicht immer komplexe Ziele verfolgt, da die Situationen das häufig nicht erfordern oder erlauben. Dieses Modell trifft im diesen Fall zwar nicht mehr zu, aber es existiert immer ein solches „Springen“, die jene Handlungs- und Planungsprozesse erleichtern oder ersparen können. „Zweifellos gibt es auch ein solches ‚ziellooses‘ Springen, und sicherlich erleichtert uns dieses manches, erspart jede Handlungs- und Planungsprozesse, die wir in unserem Modell zu erfassen suchen“ (VOLPERT 1999, S. 74).

Zugleich bestehen dennoch Prozesse geordneter Zielverfolgung, die manchmal mit den Restriktionen des Ablaufs verbunden sind. Solche Handlungsformen werden für besonders wichtig und typisch gehalten. Sie kennzeichnen die wesentlichen Merkmale der menschlichen Handlung.

Obwohl nicht jedes Verhalten ein bewusstes und komplexes Ziel beinhaltet, können sie ohne eine Bindung an Soll-Merkmale des Handlungsprozesses nicht stattfinden. In der Definition der Handlung nach VOLPERT ist die Zielsetzung und Orientierung bereits als Wesentlich festgehalten worden.

Abschließend sollen die Grundzüge des Modells B zusammengefasst werden.

Der Ablauf des Handelns kann nicht immer in einer strengen strukturierten Folge beschrieben werden. Der Handelnde verfolgt (trotzdem) relativ komplexe Ziele durch konsequentes Planen bzw. dadurch, dass er durch die Arbeitsbedingungen und durch (soziale) Kooperation sanft oder gar nachdrücklich „gelenkt“ wird.

Das Modell beinhaltet auch die Formen bruchstückhaften Handelns. Zu ihnen zählt die „geistlose“ Wiederholung einfacher Handgriffe als Folge eingeschränkter Arbeitsaufgaben.

Eine andere Form bruchstückhaften Handelns wird von Alltagshandlungen wiedergegeben. In dieser Situation wird der Handlungsablauf durch äußere Gegebenheiten z. B. Emotionen gestreut (vgl. VOLPERT 1999, S. 75).

3.2.5 Gegenüberstellung von Modell A und Modell B

Grundlegend ist, dass beide Modelle ein Oberziel und einen Prozess der Durchführung beinhalten. In beiden Modellen wird die Zielerreichung kontrolliert und es werden Fehler korrigiert. Eine Ziel-Teilziel-Hierarchie besteht in beiden Modellen. Der Unterschied zwischen den beiden Modellen besteht darin, dass bei Modell B die Implikation fehlt. Das heißt, dass die Handlungseinheiten auf den verschiedenen Ebenen nicht immer einer direkten Verkettung ineinander folgen, sondern es kann im Handlungsablauf des Modells B zu Sprüngen kommen.

Das Modell A der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation arbeitet die sehr abstrakten Zielvorstellungen heraus, aber gleichzeitig fehlt ihm die Flexibilität, auf Stimmungslagen zu reagieren. Das Modell B wird auch von Emotionalität und von Stimmungslagen beeinflusst.

Im Modell A wird zunächst von dem Handelnden geplant. Wenn ein Teilziel nicht erreicht wird, verändert der Akteur nach dem Vollzug die Handlung. Das Modell B benötigt nur ein Oberziel. Bei der Durchführung wird eine „geistlose Wiederholung“ (Routine) betont und alle möglichen Einfälle hervorgehoben, das heißt, der Ablauf der Handlung wird spontan von dem Akteur durchgesetzt, nicht von den detaillierten Planungen, die vorher bestimmt worden sind. Handlungsbegleitendes Denken geht überwiegend in dieses Modell B ein.

3.3 Das Modell der Handlung nach AEBLI

3.3.1 Tätigkeit, Handlung und Operation

Es wird durch die Arbeit AEBLIS deutlich, dass er davon ausgeht, dass sich das Handeln von anderen Aktivitäten des Menschen unterscheidet, weil das Individuum beim Handeln einen höheren Grad an Bewusstheit und Zielgerichtetheit besitzt.

Er führt dazu aus: „Handeln bezeichnet Bereiche des Tuns mit hohem Grad der Bewusstheit und der Zielgeleitetheit, auch im einzelnen“ (AEBLI 1993, S. 20). AEBLI versteht in diesem Zusammenhang unter „Tun“ „absichtsvolles, zielgeleitetes Verhalten“ (AEBLI 1993, S. 19).

Wenn die Bewusstheit und die Zielgeleitetheit in das Zentrum der Betrachtung gestellt wird, dann wird deutlich, dass das Handeln nicht unabhängig sein kann, sondern in Beziehung mit Wahrnehmen und Denken steht. Folglich widmet AEBLI dieser Beziehung große Aufmerksamkeit.

Handeln und Denken bilden einen kategorialen Zusammenhang. Die Richtung des Zusammenhangs wird von AEBLI eindeutig festgehalten, indem er anmerkt, dass Denken aus dem Handeln hervorgeht (vgl. AEBLI 1993, S. 13). Handeln wird von AEBLI in praktisches Handeln und Sprechhandeln untergliedert (vgl. AEBLI 1993, S. 20). In diesem Kontext hebt AEBLI hervor, dass der Mensch über die Fähigkeit der Beschreibung seines praktischen Handelns mittels Sprache verfügt. Damit wird Denken und Sprechen als inneres Handeln verstanden. Eine Schlüsselposition nehmen in diesem Kontext Operationen ein. Der Begriff der Operation ist bei AEBLI folgendermaßen belegt: „Eine Operation ist eine effektive, vorgestellte (innere) oder in ein Zeichensystem übersetzte Handlung, bei deren Ausführung der Handelnde seine Aufmerksamkeit ausschließlich auf die entstehende Struktur richtet. Abgekürzt sagen wir: eine Operation ist eine abstrakte Handlung“ (AEBLI 1990, S. 209). Es wird hier deutlich, dass sich AEBLI in der begrifflichen Nutzung von „Operationen“ deutlich von anderen Autoren (z. B. HACKER, VOLPERT) unterscheidet.

Die Wirkungsweise von Operationen wird in seinem Werk „Zwölf Grundformen des Lehrens“ anhand eines Beispiels erklärt. Er greift auf das Exempel des Erlernens der Multiplikation in der Grundschule zurück. Ausgangspunkt für die Entwicklung der Operation ist eine Handlung. Ein Schüler wird beauftragt, 20 Colaflaschen aus dem Keller zu holen. Er kann dabei jeweils vier Flaschen auf einmal tragen. Am Beispiel einer Operation – die sich aus einem Zählvorgang konstituiert – wird die Multiplikation eingeführt. Das Beispiel AEBLIS wird in der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht und anschaulich dargelegt.

Im Vollzug der Handlung

Die Wahrnehmung steuert die Handlung. In dieser Phase werden die Fragen an die quantitativen und qualitativen Aspekte der Handlung gestellt, z. B. „Mit welcher Stärke und mit wie vielen Wiederholungen wird eine Handlung von dem Teilnehmer umgesetzt?“ oder „Gibt es eine perfekte Beziehung zwischen Elementen?“ (AEBLI 1990, S. 166)

Nach Abschluss der Handlung

Der Urheber des Produktes befindet sich in der letzten Phase der Wahrnehmung, welche mit „Wahrnehmendes In-Besitz-Nehmen des eignen Werkes“ (AEBLI 1990, S. 166) treffend beschrieben werden kann. Mit anderen Worten: der Urheber realisiert und evaluiert sein Werk. Ein Produkt ist erstellt, wenn der Handlungsprozess abgeschlossen ist. Im Besonderen der Handelnde weiß um die Ziele seiner Handlung. Demzufolge ist insbesondere der Handelnde in der Position, eine abschließende Beurteilung des Handlungsergebnisses vorzunehmen.

Die Fundamente des Handelns, die auf Tätigkeiten am toten Gegenstand ausgerichtet sind, können in vielen Fällen auch auf soziale Handlungen übertragen werden. Sie sind auf Mitmenschen ausgerichtet. Diese sind in die Handlung involviert. Es ist in diesem Kontext bedeutungslos, ob der Handelnde federführend bei der Tätigkeit ist oder ob er sie mitgestaltet. Er muss nicht nur die Bedingungen der beteiligten Objekte, sondern ebenfalls die beteiligten Individuen wahrnehmen und in die Gestaltung der Handlung einbeziehen. Daher unterscheiden sich hier soziale Handlung nicht von denen an Gegenständen.

3.3.2 Entwicklung, Verinnerlichung von Handlungen und Struktur des Handlungslernens

Wie bereits dargelegt, versteht AEBLI unter Handlung zielgerichtete Vollzüge, die ein fassbares Ergebnis erzeugen. Vor dem Hintergrund seines Handlungsverständnisses klassifiziert er Handlungen zum einen in Handlungsabläufe und zum anderen in Handlungsschemata. Letztere (Handlungsschemata) sind Elemente, die im Gedächtnis abgespeichert sind und die bei neuen Handlungsfolgen, die in ihrem Ablauf als Ganzes wieder reaktiviert und angewendet werden können. In diesem Sinne bilden Handlungsschemata das Handlungswissen bzw. das Gedächtnis für Handlungen. Sie zeichnen sich dabei durch folgende Merkmale aus:

- Handlungsschemata sind als ganze Einheiten gespeichert,
- Handlungsschemata sind reproduzierbar und

- auf neue Situationen übertragbar (vgl. Aebli 1990, S. 185).

Hinsichtlich der Entwicklung von Handlungsschemata werden im Theoriegebäude AEBLIS zwei Wege beschrieben. Handlungsschemata können sowohl das Ergebnis einer in der Praxis erfolgreichen Handlung sein, als auch das Ergebnis einer theoretischen Handlungsvorstellung. Eine Handlung muss daher nicht zwangsläufig real-praktisch durchgeführt werden.

Der Autor schränkt seine Aussage dahingehend ein, indem er anmerkt: „Die effektive Handlung vollzieht sich am konkret vorliegenden Gegenstand“ (AEBLI 1990, S. 194). Eine Handlungsvorstellung lässt die real gegenständliche Unterstützung vermissen. Der Lernende muss sich daher nicht nur die Handlung vorstellen, sondern auch den Handlungsgegenstand. Diese Handlung an einem imaginären Handlungsgegenstand stellt eine zusätzliche Schwierigkeit für den Lernenden dar. Die Wahrnehmung der Handlung an einem realen Gegenstand zeigt dem Lernenden häufig, inwiefern die Handlung korrekt ausgeführt wurde, z. B. eine Konstruktion stürzt ein oder die Handlung gerät ins Stocken. Die theoretische Handlung, das gedankliche Handeln, zeigt eine falsch ausgeführte Handlung nicht an. Auf Grund dieser Tatsache müssen z. B. gedankliche Experimente durch real durchgeführte Experimente überprüft werden.

Für das Erlernen von Handlungen schlägt AEBLI ein Stufenmodell vor. Er zeigt anhand der Beispiele „Erstellung einer englischen Zeitung im Englischunterricht“, „Errichten eines Aquariums oder eines Terrariums im Naturkundeunterricht“ und „Aufbau eines Wasserkraftwerkes im Sandkasten im Geographie- oder Physikunterricht“ (vgl. AEBLI 1990 S. 196 ff.) die Struktur des Handlungslernens auf. Obwohl die Schüler verschiedene Projekte durchführen, folgen sie dem gleichen Handlungsablauf, den AEBLI mit diesen vier Schritten beschreibt:

1. Problem stellen
2. Handlung planen
3. Handlung durchführen
4. Handlung verinnerlichen

Im Weiteren sollen die Schritte des Handlungslernens tiefer gehend dargestellt werden.

Problem stellen

Ein Problem ist Ausgangspunkt für eine Handlung. Es regt den Denkprozess an und richtet auf ein Ziel aus. Das Erkennen und das Lösen eines Problems sind von den Fähigkeiten und Erfahrungen jeder einzelnen Person abhängig. Es wird in der pädagogischen/didaktischen Literatur, einschließlich AEBLI, diskutiert, dass das Wecken des

Interesses der Lernenden an bestimmten Problemen von tragender Bedeutung ist, denn es führt den Lernenden an den Problemlösungsprozess heran und zieht eine hohe Motivation nach sich.

Handlung planen

Mit dem entwickelten Problem wird der Prozess des Denkens initiiert und in eine bestimmte Richtung gelenkt. Eine Handlung wird damit provoziert. In dieser Phase – der Planung der Handlung – wird von AEBLI eine Schrittfolge erarbeitet. Für das Planen von Handlungen schlägt er folgende Schrittfolge vor:

1. Klärung, Begründung und Rechtfertigung der Zielvorstellung
2. Beurteilung der Ausgangslage
3. Bestimmung der einzelnen Lösungsschritte
4. Beurteilung des Plans (vgl. AEBLI 1990 S. 198 f.)

Schritt 1 wird begründet durch die Fragen nach den Zielen, dem Grund als auch die Beziehung zwischen den Ideen und Zielvorstellungen. Durch das Überprüfen der zur Verfügung stehenden Methoden und Mittel wird der 2. Schritt eingeführt. Es können in diesen Schritt auch weitere Personen, z. B. Fachleute, einbezogen werden. Der dritte Schritt kann durch folgende Fragen charakterisiert werden: „*Welche Handlungsschritte ergeben sich, wenn wir vom Ziel her planen?*“, „*Welche Bedingungen müssen erfüllt sein?*“ oder umgekehrt „*Wie können wir von der gegebenen Situation her zum Ziel kommen?*“, „*Welches sind die ersten Schritte? Welches die folgenden?*“ (AEBLI 1990, S. 198 f.) Im letzten Schritt werden die Chancen des Erreichens des Zieles abgeschätzt.

Handlung durchführen

Sowie bei der Planung der Handlung schlägt AEBLI auch bei der Handlungsdurchführung eine Schrittfolge vor:

1. Einbringen der Vorschläge
2. Präzisierung und Begründung durch den Vorschlagenden
3. Beurteilung durch die Klasse
4. Ausführung durch einen Schüler oder durch den Lehrer
5. Gemeinsame Prüfung des Ergebnisses

Alle Lernenden nehmen an dem Handlungsprozess teil, obwohl eine einfache Aufgabe gelegentlich nur das Handeln eines Lernenden notwendig macht. Der Lehrende hat die

Rolle des Beobachters inne oder es kommt ihm die Rolle eines Mitarbeiters nach den Anleitungen der Lernenden zu. Obwohl der Lehrer alle wichtigen Schritte des Handlungsprozesses kennt, sind den Lernenden Freiheitsgrade einzuräumen und ein „Experimentieren“ zu ermöglichen. U. u. können die Lernenden durch offene Fragen des Lehrenden unterstützt werden.

Handlung verinnerlichen

Wie bereits in den vorangegangenen Phasen geschehen, wird auch in dieser Phase von AEBLI eine Binnendifferenzierung vorgenommen. Die Verinnerlichung der Handlung wird durch drei Einzelschritte charakterisiert (vgl. AEBLI 1990, S. 199 f.):

Die erste Stufe der Verinnerlichung wird als ein Rückblick auf den gewählten Lösungsweg beschrieben. Nach dem Ende der Arbeit betrachten die Lernenden das Produkt und alle implementierten Handlungen werden gedanklich zusammengefasst.

Die schriftliche Fixierung der wichtigsten Handlungsschritte ist die zweite Stufe der Verinnerlichung. Durch die mündliche Präsentation des Handlungsprozesses der Schüler in der ersten Stufe werden die Stichpunkte gesammelt und in der folgenden Stufe festgehalten. Es entstehen keine konkreten Produkte, sondern es entsteht ein Überblick der Handlungsprozesse.

Die dritte Stufe ist die mündliche Beschreibung des Handlungsablaufs ohne jede anschauliche Unterstützung. Während der Verinnerlichung erfassen die Lernenden nicht nur eigene Handlungen, sondern auch die der anderen. Durch das Erfassen der gemeinsamen Beschreibung der Handlungsschritte werden die Lernenden befähigt, die nicht selbst durchgeführten Aufgaben nachzuvollziehen und durchzuführen.

3.3.3 Handlung und Begriff

Wie bereits herausgearbeitet, bilden Handeln und Denken für AEBLI eine Einheit. In diesem Kontext wird den Begriffen eine besondere Rolle zugewiesen. Sie sind „... ein Gefüge von Beziehungen innerhalb von Handlungen, von sachlichen Gegebenheiten oder irgendwelcher anderer Aspekte der Wirklichkeit zu objektivieren, d.h. in eine quasi-gegenständliche Form zu überführen“ (AEBLI 1993, S. 23).

Im Kontrast zur Handlung haben die Begriffe keinen unmittelbaren/realen Nutzen, sondern ihnen kommt die Aufgabe zu, die Wirklichkeit fassbar zu machen. Sie sind damit Werkzeuge des Denkens. „...Begriffe sind nicht einfach Inhalte des geistigen Lebens. Begriffe sind seine Instrumente. Mit ihrer Hilfe arbeiten wir. Indem wir sie auf neue Erscheinungen anwenden, werden diese gefasst, und die ordnen sich in unserem Geiste“ (vgl. AEBLI 1990, S. 245).

Begriffe sind Abstraktionen der Realität; sie bilden Strukturen der Realität ab. Begriffe und Handlung bilden eine Einheit. Handlungen sind der Ursprung der Begriffsbildung. Sie sind im Netz des Handlungswissens verankert bzw. Begriffe sind Teil des Wissensnetzes. Bei der Rekonstruktion von Handlungsschemata sind Begriffe von tragender Bedeutung; sie sind in die Rekonstruktion von hierarchischen Handlungsschemata involviert, die letztendlich wieder in einer Handlung münden.

Der Verbindung zwischen Handlung und Begriff wird in der folgenden Grafik verdeutlicht.

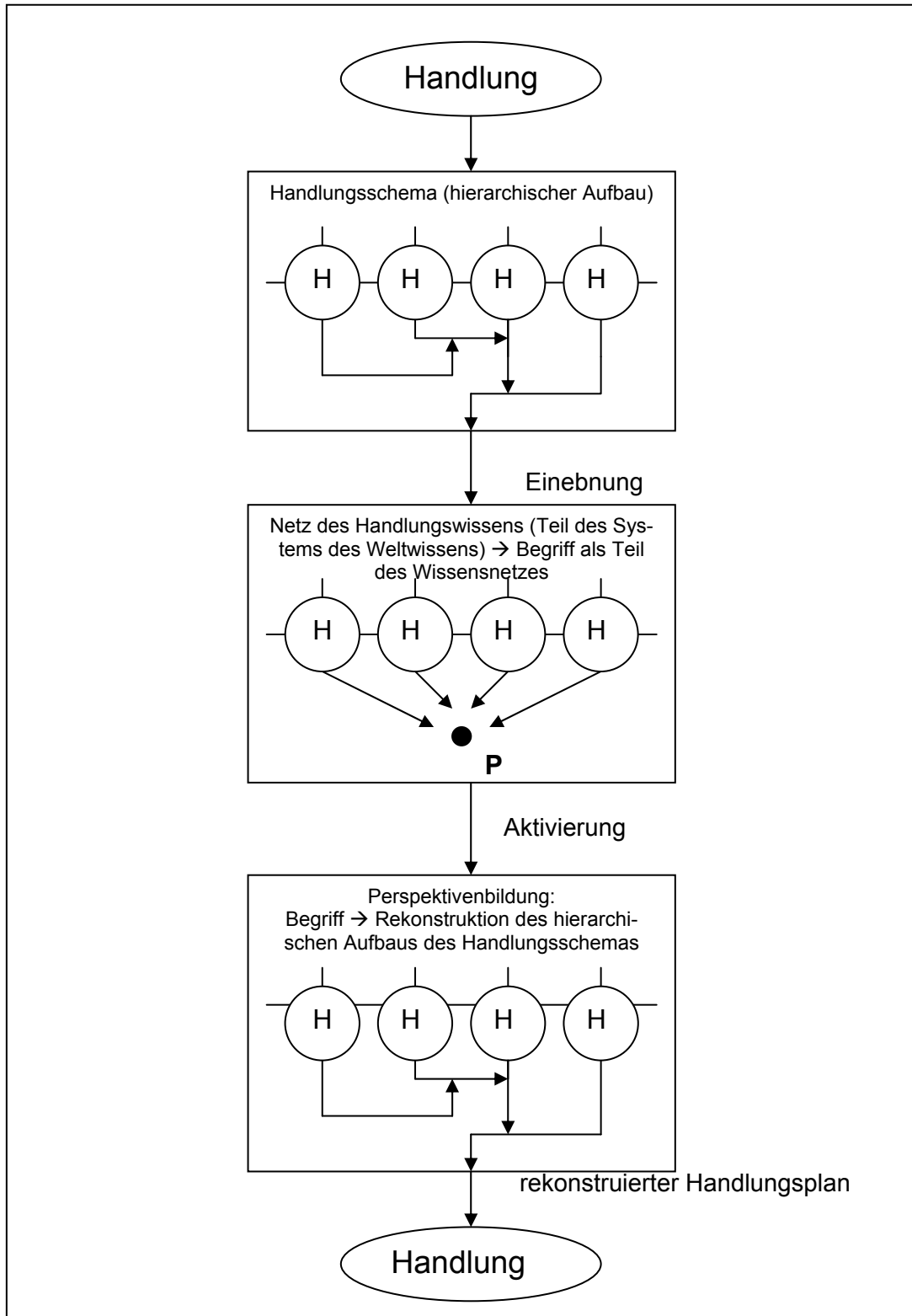


Abbildung 11: Zusammenhang von Handlung und Begriffsbildung (AEBLI 1981, S. 195)

4 Anspruch des handlungsorientierten Unterrichts und experimentierenden Lernens

Die Differenzierung zwischen „handelndem“ Unterricht und „handlungsorientiertem“ Unterricht – wie von JANK und MEYER (1994) vorgenommen – und den damit verbundenen unterschiedlichen Wurzeln erscheint für eine weitere Arbeit wenig zweckmäßig, da die Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht nicht zu unterscheiden sind. Ferner konnte sich diese begriffliche Unterscheidung bei den Lehrkräften der beruflichen Bildung nicht durchsetzen. Daher wird diese Differenzierung nicht vorgenommen.

Über die Begründung aus psychologischer Sicht hinaus ist eine Handlungsorientierung des Unterrichts aus pädagogischer Sicht wichtig. Das Plädoyer aus Sicht der Pädagogik für eine Orientierung des Lehrens und Lernens an der Handlung ist die „überfällige Antwort auf den tiefgreifenden Wandel in der Aneignung von Kultur“ (GUDJONS 1997, S. 61). GUDJONS arbeitet drei Begründungsebenen für eine handlungsorientierte Gestaltung von Unterricht heraus:

1. eine sozialisationstheoretische,
2. eine anthropologisch-lernpsychologische und
3. eine didaktisch-methodische

1. Aus sozialisationstheoretischer Sicht wird handlungsorientierter Unterricht, vor allem durch die demographische Entwicklung und durch den Einsatz der digitalen Medien, begründet. Nach GUDJONS Auffassung klafft zwischen realer Lebenswelt und dem Bewusstsein der Schüler eine Erfahrungslücke. Sie weisen demnach eine „zurückgebliebene Sozial- und Wirklichkeitserfahrung auf“, sitzen aber dennoch zukünftig an den „Schaltplätzen von Bürokratie, Industrie und Rüstung“ (GUDJONS 1997, S. 61). Daher ist es notwendig, den Schülerinnen und Schülern die widersprüchliche Realität wieder näher zu bringen sowie in „pädagogisch unkontrollierte Lernorte und Erfahrungsräume der außerschulischen Welt“ (GUDJONS 1997, S. 61) einzudringen.

JANK und MEYER bezeichnen diese Forderung als „Entschleunigung des Unterrichts“ (JANK & MEYER 1994, S. 345) und meinen damit, dass die Schulen in Zukunft, stärker als bisher üblich, ein differenziertes Schulleben entfalten müssen, in dem Schülerinnen und Schüler sowie Lehrerinnen und Lehrer Erfahrungen sammeln und Handlungsmöglichkeiten erproben können, die außerhalb der Schule vernachlässigt werden. Ohne Handlungsorientierung sieht GUDJONS den Lernort Schule in Frage gestellt. Neue Medien könnten die Arbeit der Lehrerinnen und Lehrer übernehmen, beispielsweise durch Simulations- und Instruktionsprogramme. Ihren Bedeutungsanspruch kann die Schule

demnach nur aufrechterhalten, wenn sie über Sinnlichkeit, Erfahrung, Tätigkeit und Handeln kognitive Strukturen entwickelt. Dabei sollen die neuen Informationstechnologien nicht ausgeschlossen, sondern müssen in den Lernprozess integriert werden.

2. Die anthropologisch-lernpsychologische Begründung resultiert aus der dialektischen Person-Umwelt-Beziehung, bei dem das Denken aus der Tätigkeit hervorgeht und als Handlungsregulation auf diese zurückwirkt. Unterricht kann und darf nicht ausschließlich einer Aufbereitung von Wissen dienen, sondern vielmehr ist der Organisation von aktiven, zielgerichteten Tätigkeiten und Handlungen Rechnung zu tragen.

3. Die didaktisch-methodische Ebene proklamiert neue Prämissen der didaktischen Gestaltung von Unterricht. Die inhaltliche Vollständigkeit eines Unterrichtsgegenstandes wird nicht länger angestrebt. An die Stelle der Vollständigkeit tritt die Exemplarik. Damit ist die Offenheit bezüglich der Ziele, Inhalte und Methoden von Unterricht verbunden. Interessen und Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler müssen mit berücksichtigt werden.

Als notwendige Bedingungen für einen solchen Unterricht werden vor allem die Bereitschaft der Lehrenden sowie die institutionellen Voraussetzungen, wie fachübergreifender Unterricht, Pausenzeiten und die Lehrerkooperation hervorgehoben.

Die von GUDJONS aufgestellten Begründungen für einen handlungsorientierten Unterricht sind ebenfalls für die berufliche Bildung gültig, jedoch muss eine Argumentation, die sich speziell der beruflichen Bildung widmet, einen weiteren Aspekt aufnehmen: die berufliche Handlungskompetenz. Sie wird hier als Ebene der Arbeitsprozessorientierung bezeichnet.

4. Die Arbeitsprozessorientierung reflektiert den Paradigmenwechsel in der beruflichen Bildung. Die Entwicklung einer beruflichen Handlungskompetenz ist ein erklärtes Ziel beruflicher Bildung. Die Didaktik korrespondiert mit dem Leitziel der Entwicklung einer beruflichen Handlungskompetenz. Dem liegt die Hypothese zu Grunde, dass die Entwicklung einer beruflichen Handlungskompetenz Lehr- und Lernarrangements erfordert, die sich am Arbeits- und Produktionsprozess orientieren. Die Orientierung der Berufsbildung an Handlungen ist spätestens mit der Etablierung der Lernfelder in den KMK-Rahmenlehrplänen essenziell. Neben den rechtlichen Vorgaben erfordert eine Praxisorientierung des beruflichen Unterrichts und einer beschäftigungsadäquaten Ausbildung eine Handlungsorientierung in der beruflichen Bildung. Desgleichen erfordert eine zukunftsorientierte berufliche Bildung eine Orientierung an Handlungen.

Der Handlungsorientierung liegt die Hypothese zugrunde, dass eine berufliche Handlungskompetenz durch solche Lehr-Lern-Arrangements besonders gefördert werden

kann, in denen sich Lernprozesse an Handlungen orientieren (vgl. BADER 2004, S. 1). Worin diese Orientierung an Handlungen genauer bestehen soll, darüber gibt es sehr unterschiedliche Vorstellungen und z. T. auch Begriffsunschärfen. Auf handlungs- und erkenntnistheoretische Grundlagen wurde bereits eingegangen. Über die Ausprägung der Handlungsorientierung in Lernprozessen zur Förderung und Entwicklung der Handlungskompetenz existieren differenzierte und teilweise auch kontroverse Vorstellungen. BADER arbeitete sieben Verständnisvarianten, Konzepte und Positionen heraus, die nachfolgend dargelegt werden.

- Handlungsorientierung der betrieblichen Ausbildung an „vollständigen Handlungen“, die selbstständiges Planen, Durchführen und Kontrollieren bzw. Bewerten beruflicher Arbeit einschließt.
- Handlungsorientierung des Schulunterrichts im Sinne des Lernens an Sachverhalten und Problemen, die eine Entsprechung im Erfahrungsraum der Lernenden haben oder absehbar erhalten werden.
- Handlungsorientierung als psychologisch begründete Strukturierung aller Lernprozesse – meist auf Basis von kognitionspsychologischen Theorien, von Handlungsregulationstheorien oder von pragmatischen Verbindungen beider Theoriestränge.
- Handlungsorientierung als Gestaltung von Lernprozessen, in denen die Lernenden möglichst durch selbstständiges Handeln, mindestens jedoch durch aktives Tun, jedenfalls nicht allein durch gedankliches Nachvollziehen von Handlungen anderer aktiv werden.
- Handlungsorientierung als Lernen an konkreten Handlungen, deren Ergebnis nicht aufgrund gesicherter Erkenntnisse feststeht, sondern offen ist.
- Handlungsorientierung als Gestaltung von Lernprozessen mit dem Ziel der Fähigkeit, aus gewonnenen Erkenntnissen gesellschaftliche Konsequenzen zu ziehen, um vorgefundene Situationen in Richtung auf erstrebenswert erkannte Ziele mit den geplanten Methoden zu verändern.
- Handlungsorientierung als Ansatz der Curriculumentwicklung. (vgl. BADER 2004, S. 2 ff.)

Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und lernaktiver Unterricht, in dem Kopf- und Handarbeit in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen. HORTSCH charakterisiert ihn anhand von 12 Merkmalen, die im Folgenden zusammengefasst werden sollen.

- Es handelt sich hierbei um keine Methode, sondern um ein Konzept für die Gestaltung von Unterricht. Der handlungsorientierte Unterricht ist offen für Gestaltungsmöglichkeiten entsprechend der institutionellen und organisatorischen Bedingungen.
- Der Lernende steht als handelndes Individuum im Zentrum des Unterrichts, wobei der Lernende den Lernprozess weitestgehend selbst bestimmt, aktiv und reflektiv gestaltet.
- Der Lernprozess ist überwiegend selbst bestimmt. Der Lehrer tritt aus seiner dominierenden Rolle zurück, ihm obliegt es, Lernhandlungen zu initiieren.
- Selbst gesteuertes Lernen ist kennzeichnend für das Konzept.
- Das Gestalten von Lernprozessen auf der Grundlage eines handlungstheoretischen Ansatzes erfordert das Schaffen von angemessenen Lernbedingungen.
- Die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz unter Einschluss der fachlichen, methodischen und sozialen Kompetenz ist das Ziel.
- Das Handeln der Lernenden bezieht sich auf zwei Ebenen: Das Handeln in Bezug auf den organisierten Lernprozess und das Handeln außerhalb dieses organisierten Lernprozesses im beruflichen und privaten Leben.
- Handlungsorientierter Unterricht zielt gleichermaßen auf die Entwicklung von kognitiven, emotionalen und psychomotorischen Dispositionen. Individuelle und kollektive Lernaktivitäten ergänzen sich. Aneignungsgegenstände sprechen möglichst viele Sinne an.
- Die Gestaltung des Lernprozesses ist an der Grundstruktur des menschlichen Handelns auszurichten (vollständige Handlung).
- Das Konzept folgt der inneren Logik des Lernens, damit orientiert es sich nicht an Fächerstrukturen, sondern ist fächerübergreifend angelegt.
- Exemplarische Gegenstände der geistigen Aneignung treten an die Stelle eines breit angelegten oberflächlichen Lernens.
- Es sind institutionelle und organisatorische Rahmenbedingungen erforderlich, die den Lernenden Handlungsspielräume eröffnen und flexibles Arbeiten ermöglichen (HORTSCH 1999, S. 56 f.).

Das Experimentieren im Unterricht als Möglichkeit der Realisierung von handlungsorientiertem Unterricht trägt diesen Merkmalen Rechnung.

Das experimentierende Lernen ist dadurch gekennzeichnet, dass die Schüler eine Problem- bzw. Fragestellung selbstständig lösen, Erkenntnisse selbsttätig gewinnen. Die Lehrkraft nimmt hier die Rolle des Initiators und Moderators ein. Das setzt jedoch voraus, dass die Lehrkraft die Lernenden mit Einfühlungsvermögen führt. Grundlage dafür ist die eigene Vertrautheit der auszuführenden Handlungen. Demzufolge muss die Lehrkraft den Ablauf des Experiments erprobt haben, denn nur dann ist es möglich, die Lernenden auf alle (z. T. auch pragmatische) Aspekte des Experiments aufmerksam zu machen, die von Bedeutung sind. Die Lehrkraft ist mit möglichen Durchführungsvarianten vertraut. Somit ist es dem Lehrer möglich, die von den Lernenden erarbeiteten Lösungen zu würdigen und jeden Fortschritt der Schüler zu honorieren (vgl. AEBLI 2001, S. 199).

Während der Durchführung des Experiments tritt die Lehrkraft aus ihrer führenden Rolle zurück und eröffnet damit den Lernenden Handlungsspielräume. Es ist von Bedeutung, dass die Lernenden aktiv in die Versuchsvorbereitung, -durchführung und -auswertung eingebunden sind. Die Lehrkraft kann durch entsprechende Hinweise und Fragestellungen die Aktivitäten der Lernenden unterstützen und lenken (vgl. AEBLI 2001, S. 199).

Das experimentierende Lernen auf handlungstheoretischer Basis setzt mindestens zwei mögliche Lösungswege voraus. Es ist daher eine folgerichtige Forderung, dass die Lehrkraft nicht auf einen bestimmten Lösungsweg und Experimentieransatz besteht. Vielmehr ist auf Vorschläge von Seiten der Lernenden einzugehen und die Vorgehensweise variabel zu gestalten (vgl. AEBLI 2001, S. 200).

Experimente für die Realisierung von handlungsorientiertem Unterricht sind damit an Kriterien gebunden. Sie „können handlungsorientiert wirksam werden, wenn sie den Anforderungen einer vollständigen Handlung entsprechen und den didaktischen Leitlinien des Handlungslernen folgen“ (BLOY & BLOY 2000, S. 72). Diese Kriterien können wie folgt zusammengefasst werden:

- Varianten des Lösungsweges müssen vorhanden sein, die Entscheidungen der Lernenden erfordern;
- die Versuchsdurchführung muss technologisch möglich und sicherheitstechnisch verantwortbar sein;
- die Aufgabenstellung muss ganzheitlich und das Ergebnis mehrdimensional auswertbar sein;
- der Schülerversuch muss einen sinnvollen Bezug zur Praxis haben;

- der Versuchsablauf muss die Lernenden vor Probleme stellen, die für sie lösbar sind;
- die Versuchsdurchführung muss Freiräume im Lösungsweg offen halten (vgl. BLOY & BLOY 2000, S. 72).

Aus den diskutierten Charakteristika des handlungsorientierten Unterrichts und dessen psychologische Begründung können Grundregeln für die Planung und Durchführung des Experimentierens im Unterricht abgeleitet werden, die von Autoren wie BLOY (2000, S. 72 ff.), HASPAS (1974, S. 96 ff.) und PAHL (1998, S. 185 ff.) erörtert werden. Die anschließende Aufstellung basiert auf Arbeiten der erwähnten Autoren.

Das Experiment ist von der Lehrkraft zuvor zu testen.

Nur wenn die Lehrkraft mit den zu erwartenden Ergebnissen und der Experimentieranordnung vertraut ist, kann sie den Lernenden die erforderliche Unterstützung bieten und eventuelle Gefahrenquellen einschätzen. Es muss jedoch diskutiert werden, ob es erforderlich ist, bei ähnlich gelagerten Experimenten jedes einzelne zu testen oder ob es hinlänglich ist, ein Experiment exemplarisch zu testen.

Das Experiment muss zu eindeutigen und für Lernende verständlichen Ergebnissen führen.

Es ist darauf zu achten, dass Messgeräte für die Lernenden gut einsehbar, die Reaktionen der Messgeräte eindeutig sind und das Ergebnis klar und eindeutig für die Lernenden erkennbar ist. Der wesentliche Teil des Experiments sollte im Mittelpunkt der Beobachtungen stehen. Die Ergebnisse des Experiments müssen sich in den Erfahrungshorizont der Lernenden einordnen.

Experimentieranordnungen sind zuvor in einer Prinzipskizze durch die Lernenden festzuhalten.

Die Prinzipskizze der Experimentieranordnung dient der Analyse der Experimentieranordnung, der Heraushebung des Wesentlichen und der Analyse der räumlichen sowie technischen Anforderungen.

Die Experimentieranordnungen sind auf mögliche Gefahrenquellen zu prüfen.

Die Lehrkraft trägt die Verantwortung für die Gesundheit und das Leben der Lernenden und ist darüber hinaus auch für die technische Ausstattung verantwortlich. Sie ist daher verpflichtet, entsprechende Vorkehrungen zum Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz zu treffen. Die erforderlichen Vorkehrungen werden durch das vorgesehene Experiment, durch die räumlichen und technischen Bedingungen sowie durch das Klientel der Lernenden bestimmt.

Die Problemstellungen für das experimentierende Lernen sind sorgsam zu wählen.

Der Entwicklung der Problem- bzw. Aufgabenstellungen für das experimentierende Lernen kommt eine besondere Bedeutung zu. Das Problem sollte nach Möglichkeit fachübergreifend angelegt sein, z. B. können Aspekte des Arbeitsaufwands, Materialeinsatzes, des Umweltschutzes oder des Energieaufwandes eingeschlossen werden. Dem entsprechend kann die Lösung des Problems oder die Bearbeitung der Aufgabenstellung nicht nur dem Aufzeigen oder Ermitteln naturwissenschaftlicher bzw. technologischer Zusammenhänge dienen.

Fehler beim selbstständigen Experimentieren sind in Erwägung zu ziehen und zu tolerieren. Die möglichst weitgehende selbstständige Arbeit der Lernenden sollte Fehler im Erkennen der Problemlage, Mängel in der Planung des Experiments sowie in der Ausführung des Experiments zulassen. Die Lernenden können die Konsequenzen ihrer Handlungen tätig erfahren. Die „so-tun-als-ob“ – Situation der Berufsschule kann überwunden werden und realitätsnahe Erfahrungen können auch im Schonraum Schule gemacht werden. Das Zulassen von Fehlern darf jedoch nicht heißen, dass sorgfältige Planungen redundant werden. Weiterhin werden erst durch Fehler bzw. fruchtbare Umwege im Lernprozess die weiter reichenden Lernziele angesprochen.

Während der Hypothesenbildung und Auswertung der Experimente sollte darauf geachtet werden, dass unzweckmäßige Hypothesen und untaugliche Experimentierergebnisse nicht vorschnell verworfen werden. Sie können eventuell einen Beitrag zur Weiterentwicklung und Fortführung des Experiments und erneuten Hypothesenbildung leisten.

Dem vorgesehenen Experimentierablauf ist nicht unbedingt rigide zu folgen.

Ein selbstständiges Handeln der Lernenden setzt flexible Strukturen und Handlungsspielräume voraus. Während der Durchführung können sich aufgrund der gewünschten Selbsttätigkeit der Lernenden Situationen ergeben, die ein Abweichen vom geplanten Ablauf nötig machen.

5 Definition und Klassifikation von Experimenten

5.1 Begrifflicher Exkurs

Der Begriff des Experiments ist in der pädagogisch/didaktischen Literatur vielfältig belegt. Daher wird an dieser Stelle das begriffliche Verständnis dargelegt und diskutiert. Im Lateinischen steht „experientia“ in der ersten Bedeutung für ‚Versuch, Probe‘, in einer weiteren Bedeutung für ‚Erfahrung‘ (Bedeutungserweiterung: kam in der nachklassischen Periode hinzu). „Experimentum“ im Sinne des Erreichten bedeutet 1. ‚Versuch‘, ‚Probe‘, aber auch 2. ‚Beweis(mittel)‘ und wiederum 3. ‚Erfahrung‘. (vgl. PONS-Globalwörterbuch. Lateinisch-Deutsch 1995, S. 364).

Im OXFORD ENGLISH DICTIONARY (OED) findet sich als erster Verweis von „experiment“ (Substantiv): „The action of trying anything, or putting it to proof; a test, trial [...]“ (OED 1999). Hier wird auf ein allgemeines Begriffsverständnis im Sinne von etwas ausprobieren, testen, versuchen und beweisen verwiesen. Bereits an dritter Stelle findet sich ein Hinweis auf das wissenschaftliche Experimentieren. „An action or operation undertaken in order to discover something unknown, to test a hypothesis [...]“ (OED). Es wird darauf eingegangen, dass es sich um ein Vorgehen der Erkenntnisgewinnung und/oder der Überprüfung von Hypothesen handelt. Von Bedeutung ist es, dass auf das Verb „experiment“ abgehoben wird. „To have experience of; to experience; to feel [...]“ (OED). Dieser Bedeutungseintrag zeigt, dass auch ein Bezug zur sinnlichen Erfahrung besteht, d.h. zu experimentieren bedeutet auch, etwas selbst zu erfahren oder zu erleben und darüber eine Beziehung zwischen Sachverhalten und zu der dinglichen Welt herzustellen.

Im Sinne von Prüfen und Erproben wird „Experiment“ auch in zahlreichen Begriffsbeschreibungen und -definitionen verwendet.

Nach EICKER ist das Experimentieren ein Wesen der menschlichen Tätigkeit. Das Experimentieren bildet einen Kern verschiedener Betätigungsfelder, die in ihren Randbereichen nicht mehr zum Experimentieren gehören, wohl aber alle zusammen den Begriff erst bilden. Die Betätigungsfelder, die EICKER herausarbeitet, reichen vom Ausprobieren über Trainieren, Problemlösen, Messen bis zum denkenden Erkennen (vgl. EICKER 1983, S. 143).

Um den Begriff Experimentieren zweckmäßig bestimmen zu können, ist es seiner Meinung nach notwendig, die angrenzenden Felder vom Experimentieren deutlich zu trennen (vgl. EICKER 1983, S. 143 ff.). Dieser Versuch soll im Folgenden zusammenfassend dargestellt werden.

Experimentieren als Erkenntnistätigkeit

Das denkende Erkennen gehört zur Symbolebene menschlichen Erkennens und ist von der Gegenständlichkeit sinnlicher Erkenntnis befreit. Es beinhaltet die Möglichkeit des Irrtums und kann der Überprüfung des Gedachten dienen. Als „klassisches“ Beispiel für die experimentierende Erkenntnistätigkeit wird das naturwissenschaftliche Experiment genannt. Dies setzt eine gedankliche Vorwegnahme voraus, die so präzise sein muss, dass sie experimentell überprüfbar ist.

Experimentieren als Ausprobieren

In dieser Form des Experimentierens steht das systematische Vorgehen an erster Stelle und grenzt es deutlich von einer anderen Handlung ab. Ziel ist es meist, eine psychomotorische Handlung hinsichtlich eines bestimmten Zweckes zu optimieren. Somit kann das Trainieren auch als Experimentieren bezeichnet werden, wenn es sich durch „systematisches Variieren der Teilhandlungen zu einem Gesamthandlungsvollzug dem antizipierten Handlungsmuster nähert“ (EICKER 1983, S. 146).

Experimentieren als Problemlösen

Das Experimentieren als Problemlösen ist ein Tätigkeitsfeld, indem ein Ziel anstrebt wird, zu dessen Erreichen noch nicht die notwendigen Mittel zur Verfügung stehen. Das Besondere dabei ist, dass die Möglichkeit der Realisierung gedanklich oder mit einer geeigneten Anordnung überprüft wird.

Experimentieren als Optimierung der Wahrnehmung

Optimiert ein Mensch in einer Tätigkeit seine Wahrnehmung systematisch, z. B. durch das systematische Verändern der Variablen, dann zählt diese Optimierung als Experimentieren.

In allen hier aufgeführten Tätigkeitsfeldern wird deutlich, dass die zentralen Bedingungen, die EICKER anführt, eine systematische und kontrollierte Vorgehensweise bedingen.

Laut BRUHN wird durch das Experiment ein erkenntnistheoretischer Zusammenhang verfolgt, bei dem es an einen hypothetischen Ansatz anknüpft, auf den das eigentliche Experiment ausgerichtet wird. Das Ergebnis des Experiments stellt eine Widerlegung (Falsifizierung) oder eine Nichtwiderlegung (Verifizierung) des Ansatzes dar (vgl. BRUHN 1993, S. 437).

Als Voraussetzung eines Experiments wird ein System bewusst gesetzter Bedingungen aufgeführt, welches der Überprüfung der Hypothese dient. Die aus einem Experiment gewonnenen Aussagen gelten zunächst nur für den besonderen Fall und nach

mehrmaliger Wiederholung kann ein Induktionsschluss hin zur Allgemeingültigkeit des Ansatzes führen. Dieser unterliegt aber nur einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, nicht der Gewissheit (vgl. BRUHN 1993, S. 437).

In ähnlicher Weise kennzeichnet KARPETZ das Experiment. Er bezeichnet es als eine „Phase des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses [...]“ mit einer „Vorgehensweise zur Verifizierung oder Falsifizierung von Hypothesen, wobei ganz bestimmte Voraussetzungen gegeben sein müssen. Diese Voraussetzungen beziehen sich auf den Inhalt der hypothetischen Aussagen und auf ihre Messbarkeit. Die Hypothese beschreibt theoretisch gewonnene naturwissenschaftliche Tatbestände in Form von Aussagesystemen und gibt die Indikatoren an, an denen diese in der Realität in Form quantitativer Größen erscheinen“ (KARPETZ 1975, S. 37). Das Experiment dient dann zum Nachweis der theoretischen Vorgaben, „durch den in der experimentellen Anordnung nachgebildeten Ausschnitt der Realität“ (KARPETZ 1975, S. 37).

Diese Sicht auf das Experimentieren ist auf die Naturwissenschaft begrenzt. Andere Autoren legen ein weiteres Begriffsverständnis zu Grunde.

MEYER versteht unter einem Experiment „einen planmäßigen und kontrollierten Versuch zur Überprüfung einer Fragestellung oder zur Klärung eines unklaren Sachverhalts“ (MEYER 1989, S. 313).

Er nennt folgende vier Eigenschaften, die ein Experiment kennzeichnen:

- planmäßige Durchführung;
- künstliche Herstellung und damit Unterscheidung von einer Beobachtung;
- beliebige Anzahl von Wiederholungen möglich;
- zu Tage getretene Gesetzmäßigkeiten oder Regelmäßigkeiten können kontrolliert werden (vgl. MEYER 1989, S. 313 ff.).

Folglich kann als Grundlage für eine Fortführung des Exkurses festgehalten werden:

Ein Experiment ist ein empirisches Verfahren zur Daten- bzw. Informationsgewinnung. Es dient dabei der Überprüfung von Hypothesen. Beim Experimentieren wird die Veränderung einer oder mehrerer unabhängiger Variablen und deren Ursachen sowie die Veränderung der Versuchsanordnung und deren Wirkung untersucht. Geistiges und gegenständliches Probedhandeln ist kennzeichnend für das Experimentieren.

Grundsätzlich können Experimente in Forschungsexperimente, sowie Lehr- und Lernexperimente unterteilt werden. Beide unterscheiden sich in ihrer Zielsetzung. Das Forschungsexperiment dient dazu, bisher unbekannte Zusammenhänge durch quantitative

oder qualitative Verfahren zu untersuchen. Dazu werden in der Regel Hypothesen aufgestellt und reproduzierbare Versuchsanordnungen entwickelt, Auswertungskriterien entworfen und schließlich Rückschlüsse gezogen. Das Ergebnis eines wissenschaftlichen Experiments ist nur begrenzt vorhersehbar. In einem Lehr- und Lernexperiment werden bereits bekannte Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge zum Zwecke der Vermittlung experimentell nachvollzogen. Der Ausgang des Experiments ist dem Lehrenden bekannt, die Versuchsanordnungen sind erprobt, so dass das avisierte Ziel erreicht werden kann (vgl. ACKSTEINER 2001, S. 3). Dem Lernenden sind jedoch die Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge unbekannt. Er muss sie sich erschließen. Dabei handelt der Lernende im Sinne des Forschungsexperiments. Forschungsexperimente werden in der Berufsschule aufgrund ihrer Zielsetzung und ihres Anspruches im Rahmen der Berufsausbildung nicht durchgeführt. Lehr- und Lernexperimente dienen dem Gewinn gewerblich-technisch verwertbarer Erkenntnisse. Daher werden sich die weiteren Ausführungen ausschließlich auf die Lehr- und Lernexperimente beschränken.

Es wird deutlich, dass Lehr- und Lernexperimente in Arten differenziert werden können. Zur Differenzierung bedarf es eines Klassifikationsaspekts. Der Klassifikationsaspekt dient hier der Unterscheidung von Arten des Experimentierens. Im Weiteren wird der Versuch unternommen, die Arten von Experimenten zu differenzieren.

5.2 Klassifikation von Experimenten

5.2.1 *Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach dem Zusammenhang von Variablen und Wirkung*

- Experimente zur Untersuchung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen (kausale Zusammenhänge);
- Experimente zur Untersuchung von Zweck-Mittel-Zusammenhängen.

Experimente in den Naturwissenschaften dienen zur Erklärung von Ursachen-Wirkungs-Zusammenhängen, während z. B. technische Experimente zur Erklärung von Zweck-Mittel-Zusammenhängen unter Berücksichtigung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen dienen (vgl. BADER (b) 1990, S. 26). Technische Experimente unterscheiden sich gegenüber naturwissenschaftlichen Experimenten durch ihre stärkere Zweckgerichtetheit. (vgl. ACKSTEINER 2001, S. 3). Die unterschiedlichen Zielsetzungen der Experimente in den Natur- und Technikwissenschaften basieren auf unterschiedliche Frage- und Problemstellungen. Während dem Experiment in den Naturwissenschaften ein Erkenntnisproblem zu Grunde liegt, widmen sich Experimente in den Technikwissenschaften den Gestaltungsproblemen.

Auch wenn sich das technische Experiment in seinem Erkenntnisinteresse vom naturwissenschaftlichen Experiment unterscheidet, so muss dennoch darauf hingewiesen werden, dass beide außerordentlich eng miteinander verbunden sind, zumal die Übergänge vom naturwissenschaftlichen hin zum technischen Experiment fließend sein können. Das naturwissenschaftliche Experiment stellt in vielen Fällen die Grundlagen bereit, die zur Lösung technischer Probleme benötigt werden und auf der anderen Seite werden durch technische Experimente Geräte entwickelt, die für die Untersuchung naturgesetzlicher Zusammenhänge erforderlich sind.

5.2.2 *Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach ihrer didaktischen Funktion*

- Experimente zum Einstieg in eine bestimmte Thematik;
- Experimente für die Erarbeitung von Erkenntnissen;
- Experimente zur Übung, Festigung, Falsifikation und Verifikation;
- Experimente zur Leistungskontrolle.

Experimente zum Einstieg in eine bestimmte Thematik verfolgen die Intention, die Lernenden für neue Unterrichtsinhalte zu gewinnen. Sie dienen somit vorrangig der Motivation und Einstimmung der Lernenden. Experimente können auch der Erarbeitung neuer Erkenntnisse im Sinne der didaktischen Funktionen dienen. Bereits bekannte

Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten können ebenfalls durch Experimente gefestigt und vertieft und erneut experimentell bestätigt werden. Es ist ebenfalls denkbar, Experimente zur Leistungskontrolle zu nutzen.

5.2.3 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach ihrer Organisationsform

- Lehrerexperiment (Demonstration)
- Schülerexperiment
 - o Experiment in Einzelarbeit
 - o Experiment in Partnerarbeit
 - o Experiment in Gruppenarbeit

Mit Blick auf die Einbeziehung der Beteiligten und deren sozialer Interaktion können Experimente unterschieden werden. In Demonstrationsexperimenten durch die Lehrkraft werden Objekte und Prozesse bzw. Probleme aus der betrieblichen Praxis durch den Lehrer vorgegeben und von ihm werden die Experimentiereinrichtungen vorbereitet. Die Lehrkraft führt das Experiment durch. Diese Form des experimentierenden Lernens kann u. U. zielgerichtet und wenig zeitintensiv sein, da die Lehrkraft mit den Voraussetzungen, Abläufen und Ergebnissen des Experiments vertraut ist. Mit dem Demonstrationsexperiment durch die Lehrkraft kann jedoch nur begrenzt berufliche Handlungsfähigkeit entwickelt werden, da die Lernenden nicht unmittelbar in das Experimentiergeschehen einbezogen sind.

Im Rahmen von Schülerexperimenten können Auszubildende selbstständig zu neuen Erkenntnissen gelangen, wodurch Handlungsfähigkeit und problemlösendes Denken entwickelt wird. Beim selbsttätigen Schülerexperiment ist der Lernende von der Hypothesenbildung über den Aufbau der Experimentiereinrichtung bis hin zur Durchführung des Experiments allein oder mit Unterstützung tätig. Der Nachteil des selbsttätigen Schülerexperiments besteht jedoch darin, dass dieses sehr zeitaufwändig ist und von der Lehrkraft sehr gründlicher Vorbereitung, Begleitung und Nachbereitung bedarf. Schülerexperimente können in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit realisiert werden.

5.2.4 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach ihrem Wirklichkeitsbezug bzw. Abstraktionsgrad

- Realexperimente (gegenständlich)
- Experimente mit Modellen (vergegenständlicht)
- Gedankenexperimente (begrifflich abstrakt)

Werden an originalen Objekten und Prozessen neue Erkenntnisse gewonnen, so wird von Realexperimenten gesprochen. Realexperimente können zum einen direkt in der Praxis, z. B. am Arbeitsplatz, durchgeführt werden und zum anderen im Unterricht an realen Objekten und Prozessen aus der Praxis des Bauens. Mit Realexperimenten wird ein Bezug zur Praxis hergestellt, hierbei besteht jedoch die Gefahr, dass das Realexperiment für den Schüler schwer zu durchschauen ist, wenn es nicht unter Berücksichtigung didaktischer Gesichtspunkte gestaltet wurde (vgl. PAHL 1998, S. 168).

Modellexperimente bieten die Möglichkeit, die Praxis für den Lernenden fassbar zu gestalten. Modellexperimente werden unter didaktischen Gesichtspunkten gestaltet, wobei sie ähnliche Eigenschaften wie die Realität aufweisen. Unter dem Modell wird hierbei ein Ersatzobjekt verstanden, das die objektive Realität vereinfacht widerspiegelt oder abbildet. Da Modelle nie die gesamte Realität wiedergeben können, sind im Unterricht die Möglichkeiten und Grenzen der Modelle aufzuzeigen und der Bezug zur Realität bzw. Praxis herzustellen. Das Modellexperiment ist das im Unterricht am meisten verwendete Experiment (vgl. PAHL 1998, S. 168; vgl. TOLZIEN 2006).

Mittels Gedankenexperiment können Objekte und Prozesse aus dem Bereich der Realität allein mit geistigen Mitteln nachvollzogen werden. Gedankenexperimente sind sehr realitätsfern, sie erfordern von den Schülern oder Auszubildenden ein hohes Maß an Abstraktionsfähigkeit. Aus diesem Grund werden im Unterricht nur selten neue Erkenntnisse mit Gedankenexperimenten erarbeitet. Vor allem in der Berufsschule mit ihrer Ausrichtung auf die berufliche Baupraxis sollen Gedankenexperimente unter Berücksichtigung der Handlungsorientierung und dem Praxisbezug begrenzt eingesetzt werden (vgl. PAHL 1998, S. 169).

5.2.5 Lehr- und Lernexperimente klassifiziert nach den zu entwickelnden Persönlichkeitsdispositionen

- erkenntnisorientierte Experimente
- anwendungsorientierte Experimente/Trainingsexperimente

Erkenntnisorientierte Experimente dienen der Gewinnung, Aneignung und Vermittlung naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse und verfolgen damit ein vorrangig kognitives Ziel. In anwendungsorientierten Experimenten/ Trainingsexperimenten steht hingegen die Gewinnung und Vermittlung naturwissenschaftlicher oder technologischer Erkenntnisse nicht im Vordergrund, sondern sie zielen darauf ab, berufliche Handlungsfähigkeit zu entwickeln. Bereits bekannte Phänomene und Gesetzmäßigkeiten werden in eine Anwendung überführt. Kognitive und psychomotorische Aspekte der beruflichen Handlungsfähigkeit werden angesprochen.

Das Experimentieren im Unterricht ist aus unterschiedlicher Sicht und mit Blick auf die vielfältigen Entwicklungsmöglichkeiten der Persönlichkeit notwendig. Es kann dem Wissenserwerb dienen. Dieser Aspekt wird in zahlreichen Publikationen herausgestellt. Der Wissenserwerb beschränkt sich nicht ausschließlich auf die untersuchten Zusammenhänge, sondern schließt auch Methoden, Verfahren und Mittel der Erkenntnisgewinnung ein. Während des Experimentierens wird abstraktes Wissen mit sinnlichen Erfahrungen verbunden, indem die Lernenden ihre Kenntnisse auf realitätsnahe Situationen anwenden. Dem Lernenden werden unter Umständen Wissensdefizite bewusst. Dieser Aspekt des Experimentierens tritt dann vorrangig auf, wenn der Lernende „[...] auch gezwungen ist, Abbild und Realität miteinander zu vergleichen. Daraus resultiert u. a. dass [...]“ die Lernenden „[...] im Rahmen ihrer Experimentiertätigkeit verstärkt selbst entwickelte Lösungen im Versuchsaufbau realisieren sollen. Unzulänglichkeiten in den Kenntnissen [...] werden dann sofort offenbar“ (TUSCHKE u. a. 1983, S. 95).

Weitere Aspekte der Persönlichkeitsentwicklung der Lernenden durch das Experimentieren – über den Wissenserwerb hinaus – ist die Entwicklung von Schöpferium. Schöpferium setzt die Fähigkeit voraus, Wissen umzustrukturieren und auf neue Situationen anzupassen. Schöpferium wird vorrangig in selbst gesteuerten Handlungen entwickelt und besonders dann, wenn das Ergebnis der Handlung in Abhängigkeit von der voran gegangenen Handlung steht (vgl. TUSCHKE u. a. 1983, S. 96). Das Experimentieren bietet erzieherische Potenzen. In dieser Hinsicht wird auf die aktivitätsfördernde Rolle des Experimentierens verwiesen. Durch das selbstständige Experimentieren können Grundhaltungen wie Gewissenhaftigkeit, Sorgfalt und Disziplin entwickelt werden. Es ist auch aus dieser Sicht besonders wichtig, das Anforderungsniveau an

das Leistungsniveau der Lernenden anzupassen. Letztlich sollen die motivationalen Aspekte des Experimentierens betont werden. Erfolgserlebnisse stellen sich ein, wenn der Lernende eine Leistung vollbracht hat. Dabei ist allerdings zu beachten, dass nur, wenn der Lernende eine für ihn wirklich anspruchsvolle Leistung erbracht hat, das Empfinden eines Erfolgserlebnisses gegeben ist (vgl. TUSCHKE u. a. 1983, S. 96). Die selbstständige Tätigkeit der Lernenden, verbunden mit Erfolgsaussichten, ist entscheidend für die Motivation und Initiierung von Lernprozessen.

5.3 Phasenstruktur des Experimentierens

5.3.1 Bedeutung des Experimentierens

Die menschliche Fähigkeit des experimentierenden Lernens kann man angemessen verstehen, wenn sie aus ihrer sozialen Entstehung heraus betrachtet wird. Ursprung aller experimentellen Verhaltensweisen ist danach das Neugier- und Erkundungsverhalten eines jeden Individuums, besonders der höher entwickelten Lebensformen. Durch dieses „explorative Lernen“ erwerben die höher entwickelten Lebensformen die Fähigkeit, sich auf Situationen gezielt einzustellen. Es kann einen individuellen und arterhaltenden Selektionsvorteil bedeuten. Daher liegt die Vermutung nahe, dass sich die Tätigkeit des experimentierenden Lernens des Menschen aus dem explorativen Lernen entwickelt hat und somit eine historisch entwickelte Form des Neugierverhaltens ist (vgl. EICKER 1983, S. 161 ff.).

Folglich stellt u. a. die Weiterentwicklung des Menschen ein Produkt des Experimentierens dar. Die Besonderheit besteht darin, „daß die Menschen die Wirkungen möglichen eigenen Handelns und mögliche Ursachen von Fehlhandlungen im Rahmen ihrer gesellschaftlichen Tätigkeit völlig losgelöst von aktuellen Auslösern – von den Zufälligkeiten bloß natürlicher Lebensumstände – untersuchen“ (EICKER 1983, S. 169 f.).

Die Menschen sind somit in der Lage, durch experimentierendes Lernen Naturgesetze für ihre Arbeit nutzbar zu machen, in dem sie sich mit Hilfe von Werkzeugen „ihre gegenständliche und gesellschaftliche Umwelt aneignen“ (EICKER 1983, S. 171). Damit erhält der Werkzeuggebrauch für die Lernenden eine besondere Bedeutung. Er ist gleichzeitig kennzeichnend für die experimentierende Tätigkeit von Menschen in Lernprozessen. Die Verbindung von Experiment und Werkzeug ist zusätzlich ein notwendiger Bestandteil des Lernens. Durch diese Qualität von Werkzeugen gewinnt das experimentierende Lernen gegenüber dem Erkundungsverhalten der höher entwickelten Individuen einen neuen Stellenwert. Menschen erlangen eine höhere Stufe experimentierenden Lernens, dessen sie „sich auf einer Symbol- bzw. Begriffsebene in einer verallgemeinerten Form die in den Gegenständen und Phänomenen ihrer Arbeits- und Lebenswelt vergegenständlichten gesellschaftlich-historischen Erfahrungen von Menschen“ (EICKER 1983, S. 172) bedienen.

EICKER schlussfolgert, dass das experimentierende Lernen Aneignungsprozesse fördert, indem durch die Lernenden der Gebrauchswert von Lerngegenständen erschlossen und erweitert wird. Es sollte zunächst auf einer „gegenständlichen Lernebene, später mehr oder weniger in einer sprachlich vermittelten Form“ (EICKER 1983, S. 174) geschehen.

Für das experimentierende Lernen in der beruflichen Bildung ergeben sich damit folgende Konsequenzen: Die Lernenden eignen sich im beruflichen Unterricht, d.h. an einem Lernort außerhalb ihrer Arbeitswelt, mit Hilfe von und an Lerngegenständen „in einer verallgemeinerten Form und in besonderer Weise die gesellschaftlich-historische Erfahrung in ihrem Arbeitsbereich“ (EICKER 1983, S. 176) an. Die Schülerinnen und Schüler erschließen und erweitern den Gebrauchswert der Lerngegenstände durch die Erzeugung von „willkürlich wiederholbaren, variierbaren, qualitativ und quantitativ vergleichbaren Effekten“ (EICKER 1984, S. 81). Solche Lerngegenstände müssen den unten genannten Anforderungen entsprechen und werden von EICKER als Experimentiereinrichtungen bezeichnet. Darunter versteht er ein System von Lernmitteln, die es den Lernenden gestatten, auf einer gegenständlichen Ebene zu arbeiten. Je nach Lernfortschritten können sie auch auf verschiedenen höheren Ebenen, die Kenntnisse, Fertigkeiten und Verhaltensorientierungen eingehen, die den Lernenden in ihrer Arbeit beim Umgang mit den Produktionsgegenständen von Nutzen sind. Auf diese verweist die Experimentiereinrichtung. Sie erfordert systematisches Lernen und begünstigt Lernprozesse, in denen die Lernenden in ständiger Abfolge eine Hypothese aufstellen, gezielt auf die Gegenstände einwirken, die Folgen dieser Einwirkung beobachten und vor dem Hintergrund dieser Beobachtung die Hypothese bestätigen, verwerfen oder verändern. Diese Experimentiereinrichtungen verlangen von den Lernenden ein verantwortungsbewusstes Handeln.

Abschließend soll das experimentierende Lernen in der beruflichen Bildung wie folgt charakterisiert werden:

- Experimentierendes Lernen bedeutet für die Lernenden die Aneignung gesellschaftlich-historischer Erfahrung mittels Experimentiereinrichtungen.
- Experimentierendes Lernen ist eine Tätigkeit, mit der die Lernenden mittels Experimentiereinrichtungen den Gebrauchswert von Vergegenständlichungen aus ihrem Arbeitsbereich erschließen und erweitern.
- Experimentierendes Lernen ist eine Tätigkeit, in der die Lernenden mit Hilfe von und an Experimentiereinrichtungen willkürlich verursachte, wiederholbare, variierbare, qualitativ und quantitativ vergleichbare Effekte erzeugen und sich dadurch die gesellschaftlich-historische Erfahrung in ihrem Arbeitsbereich aneignen.
- Experimentierendes Lernen ist kooperative Tätigkeit, in der jeder Lernende sich über das Motiv zur gemeinsamen Aneignung von Gebrauchswert – Vergegenständlichungen mittels Experimentiereinrichtungen einen Sinn für das Ziel

seines jeweiligen Lernens schafft und über die Ziele im gemeinsamen Aneignungsprozess mitbestimmt.

- Experimentierendes Lernen ist eine Tätigkeit, in der die Lernenden sich den Tauschwert von Vergegenständlichungen aus ihrem Arbeitsbereich aneignen.
- Experimentierendes Lernen ist eine absichtsvolle Tätigkeit, in der Ziele als vorweg genommene Ergebnisse den Lernenden von Beginn an bewusst sind.
- Experimentierendes Lernen ist planvoll in seiner Zielsetzung und auf den Lernprozess selbst als Erkenntnisgegenstand gerichtet.
- Experimentierendes Lernen ist stets eine planvolle Tätigkeit, die hierarchisch-sequenziell organisiert ist und die von den Schülerinnen und Schülern immer in ihren Teilzielen auf das Gesamtziel hin kontrolliert (rückgekoppelt) ist.
- Experimentierendes Lernen ist eine Tätigkeit, die stets in Planung und Durchführung von den Lernenden weitestgehend selbst organisiert ist.
- Experimentierendes Lernen ist eine Tätigkeit, in der sich Lernende zunächst auf einer gegenständlichen Lernebene den Gebrauchswert von Vergegenständlichungen aneignen, in der die Lernenden aber auch zunehmend sprachlich vermittelt die Gebrauchswert – Vergegenständlichung erschließen und erweitern.
- Experimentierendes Lernen ist nicht nur geistiges Erlernen von Sachverhalten, Fakten usw., nicht nur einseitige Entwicklung von Körper und Geist, nicht nur eine Verzahnung von Denken und Tun, Arbeiten und Lernen. Es ist die Persönlichkeitsentwicklung von Lernenden insofern, als sie „Lernen lernen“, kompetent handeln lernen, um den gegenwärtigen und zukünftigen Schul- und Berufsanforderungen im Berufsfeld und angrenzenden Berufsfeldern gewachsen zu sein und die gesellschaftliche Entwicklung im Sinne einer stetigen Demokratisierung mitgestalten zu können.
- Experimentierendes Lernen ist in seiner Zielsetzung eine auf die Erschließung der gesellschaftlich-historischen Erfahrungen im Arbeitsbereich der Lernenden gerichtete Tätigkeit.
- Experimentierendes Lernen ist eine Tätigkeit, mit der die Lernenden eine Verbesserung ihrer Arbeitstätigkeit und damit eine Verbesserung ihrer Lebenssituation anstreben (vgl. Eicker 1984, S. 177 ff.).

Das experimentierende Lernen folgt einer Phasenstruktur. Einige der in einschlägiger Literatur vorgestellten Phasenmodelle sollen an dieser Stelle zusammenfassend dargestellt werden.

5.3.2 Phasen des Experimentierens nach BERNARD

BERNARD legt seinem Phasenmodell das Verständnis von einem Experiment als eine „geplante und kontrollierte Einwirkung auf einen zu untersuchenden Gegenstand“ zugrunde, „um bestimmte Hypothesen zu überprüfen bzw. experimentelle Fragestellungen zu beantworten“ (BERNARD 1995, S. 72).

Voraussetzung dafür ist:

- Die Lernenden sind in der Lage, Probleme auf der Basis bereits erworbenen Wissens zu erkennen sowie Hypothesen und experimentelle Fragestellungen zu formulieren.
- Die Möglichkeiten zur Durchführung eines Experiments sind materiell technisch abgesichert.

BERNARD stellt vier Phasen des Experimentierens vor, die an Hand eines Beispiels erläutert werden:

- Aufstellen von Hypothesen auf der Basis einer Problemstellung und des bereits erworbenen Wissens;
- Herausarbeiten experimenteller Fragestellungen;
- Vorbereiten und Durchführen des Experiments;
- Auswerten der Ergebnisse des Experiments zur Beantwortung der experimentellen Fragestellungen und Überprüfung der Hypothesen.

Beispiel: HOOKE´sches Gesetz für das elastische Verhalten von Werkstoffen

- Analyse der Problemstellung: Verhältnis von Dehnung bei vorliegender Belastung
- Hypothesenbildung und experimentelle Fragestellung:
 - o Erfolgt die Dehnung proportional zur Spannung?
 - o Ergibt die grafische Auswertung eine Gerade?
 - o Wo liegt die Proportionalitätsgrenze?
- Durchführung des Experiments
- Auswertung der Ergebnisse des Experiments

- Kurven im Spannungs-Dehnungs-Diagramm
- Beantwortung der Fragen
- Bestätigung der Hypothese (vgl. BERNHARD 1995, S. 72 ff.)

BERNARDS Phasenmodell bezieht sich dabei sowohl auf das Forschungsexperiment als auch auf das Experiment zu Lern- und Lehrzwecken.

5.3.3 Phasen des Experimentierens nach BADER

Im Folgenden wird das Phasenmodell nach BADER vorgestellt. Dabei wird eine Verbindung zum BERNARDSchen Beispiel hergestellt, um die bestehenden Parallelen aufzuzeigen.

- Beobachten eines Phänomens (z. B. Bauteile verformen sich unter Belastung);
- Formulieren einer Frage bzw. einer Hypothese (z. B.: Welcher Zusammenhang besteht zwischen wirkender Kraft und der Formveränderung eines Bauteils?);
- Planen eines Experiments, d.h. Schaffen einer künstlichen, technischen Wirklichkeit unter Beachtung bestimmter Randbedingungen (z. B. Planen eines Zug-Versuchs: Festlegen von Variablen und Konstanten; Einspannvorrichtung; Aufbringen der Last, usw.);
- Durchführung eines Experiments (beobachten, messen, protokollieren, auswerten, ...);
- Formulieren einer Aussage (eines Ergebnisses) bzw. stützen oder falsifizieren der Ausgangshypothese unter Berücksichtigung der Randbedingungen und der Messgenauigkeit (z. B. Gültigkeit des Hooke'schen Gesetzes für einen bestimmten Werkstoff, für einen bestimmten Lastbereich);
- Einordnen der Teilaussagen in eine umfassende Theorie (z. B. Annahme eines einachsigen Spannungszustandes);
- Reflexion über Konsequenzen der Aussagen, über Anwendungsmöglichkeiten (z. B. Übereinstimmung der experimentellen Ergebnisse mit dem Verhalten eines Bauteils im Gebrauchszustand; Möglichkeiten der rechnerischen Dimensionierung von Bauteilen) (vgl. BADER 1990, S. 12 ff.).

Auch in diesem Modell treten die Phasen der Motivation sowie Hypothesenbildung, der Versuchsplanung, der Durchführung und der Versuchsauswertung, wie schon bei BERNARD, deutlich hervor.

5.3.4 Phasen des Experimentierens nach HASPAS

HASPAS bezieht sich in seinem Ansatz vorrangig auf den polytechnischen Unterricht. Dennoch besteht Konsens zu den Modellen anderer Autoren. Das Modell von HASPAS folgt den Phasen:

- Gewinnung einer Problemsituation, Herausbildung einer Motivation,
- Erarbeitung von Problemstellungen, Bildung von Stimuli,
- Aufstellen von Hypothesen,
- Konstruieren der Versuchsanordnung entsprechend den Hypothesen,
- Durchführungen der Messungen,
- Auswerten der Messergebnisse,
- Bestätigung oder Verwerfung der Hypothesen,
- Lösen des Problems,
- Formulieren der Lösung als quantitatives Gesetz oder funktionale Beziehung und
- Prüfung der Problemlösung und Anwendung (vgl. HASPAS 1974, S. 96 ff.).

Es können ebenfalls mindestens die vier grundlegenden Phasen Motivation, Versuchsplanung, Versuchdurchführung und Versuchsauswertung herausgearbeitet werden.

5.3.5 Phasen des Experimentierens nach MEYER

MEYER basiert sein Modell maßgeblich auf den Phasen des Experimentierens im Forschungsexperiment.

- Lehrer, sowie die Lernenden, entwickeln eine Fragestellung, eine Hypothese, ein Hypothesenbündel, eine Vermutung über eine gesetzmäßige Beziehung. Dies kann in einem gelenkten Gespräch, durch Lehrervortrag, durch zufällige Beobachtungen, durch eine Lehrerdemonstration, durch Berichte der Lernenden usw. erfolgen.
- Der Lehrer und/oder die Lernenden (einzeln, in Partner- oder Gruppenarbeit) entwickeln ein Experiment zur Überprüfung der Fragestellung. Bei entsprechendem Material- und Zeitbudget, können die Lernenden gesamte Serien konzipieren. Es ist auch denkbar, themendifferenzierte Gruppenarbeit zu integrieren.
- Das Experiment wird durchgeführt. Der Experimentaufbau, die Durchführung und die Ergebnisse werden genau beobachtet und in der Regel schriftlich do-

kumentiert (schriftliche Versuchsbeschreibung, Zeichnung, tabellarische Dokumentation von Messdaten usw.). Besonders in dieser dritten Phase ist die Selbsttätigkeit der Lernenden sehr wichtig. Meyer bezeichnet es als „Unding, vorn am Pult ein Lehrerexperiment zu veranstalten und dann auch noch als Lehrer den Versuchsaufbau, -ablauf und die Versuchsergebnisse den Schülern ins Heft zu diktieren“ (MEYER 1989, S. 318). Nur in der aktiven Arbeit kann dem Anspruch des handlungsorientierten Unterrichts entsprochen werden, dass die Lernenden selbst Verantwortung für ihren Lernerfolg übernehmen.

- Interpretation der Versuchsergebnisse: Rückbezug auf die eingangs gestellte Frage oder Hypothese; Beurteilung des Versuchsverlaufs. Es wird erörtert, ob Kontrollversuche oder Versuchsvariationen erforderlich sind. Konsequenzen des Versuchs (Anwendungsmöglichkeiten, Verallgemeinerungen, technische oder soziale Folgen usw.) werden diskutiert. (vgl. MEYER 1998, S. 313 ff.)

MEYER formuliert weiterhin Teilfertigkeiten, welche die Lernenden beim Experimentieren erwerben können. So unterscheidet er zwischen kognitiven, manuellen und affektiv-emotionalen Teilfertigkeiten.

Kognitiv und manuelle Teilfertigkeiten:

Die Lernenden entwickeln beim Experimentieren die Fertigkeit

- des genauen Beobachtens,
- Raum-Zeit-Beziehungen herzustellen und damit zu arbeiten,
- Kennwerte zu gebrauchen und mit ihnen sachbezogen zu arbeiten,
- Messungen vorzunehmen,
- Gegenstände oder Beobachtungsergebnisse zu klassifizieren, sie also Oberbegriffen zuzuordnen,
- Prognosen über den mutmaßlichen Versuchsaufbau zu formulieren und diese mit dem tatsächlichen Verlauf zu vergleichen,
- Schlussfolgerungen aus den Beobachtungsergebnissen zu ziehen,
- die im Experiment ermittelten Daten zu interpretieren,
- Hypothesen über gesetzmäßige Zusammenhänge zu formulieren,
- Variablen zu kontrollieren und
- Fragestellungen und Probleme zu operationalisieren, also so zu formulieren, dass sie durch Messoperationen einer Überprüfung zugänglich werden.

Affektiv-emotionale Teilfertigkeiten:

Die Auszubildenden lernen

- ihre Neugierde zu befriedigen,
- sich zu konzentrieren und einen Sachverhalt zielstrebig zu verfolgen und
- verantwortungsbewusst mit Materialien, mit den am Experiment beteiligten Personen, mit der Natur umzugehen usw.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die hier dargestellten Phasenmodelle als „kleinsten gemeinsamen Nenner“ die Motivation sowie Hypothesenbildung, Versuchsvorbereitung, Durchführung und Versuchsauswertung aufweisen. Auch wenn teilweise ein differenzierteres Modell vorgeschlagen wird, ist diese Struktur deutlich zu erkennen.

Die theoretischen Aufarbeitungen in den vorangegangenen Kapiteln zum handlungsorientierten Lernen und Experimentieren finden Eingang in die Entwicklung eines Experimentalkonzepts für die Bau- und Holztechnik. Sie werden daher in den nachfolgenden Kapiteln noch einmal aufgegriffen und kontextbezogen diskutiert. Insbesondere werden die handlungstheoretischen Ansätze von VOLPERT und die Modelle der Handlungsregulation (VVR-Einheit, TOTE-Einheit) für die Entwicklung eines Phasenschemas des Experimentierens herangezogen. Als Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Phasenmodells des Experimentierens in der Holz- und Bautechnik wurden Phasenmodelle des Experimentierens verschiedener Autoren, die der beruflichen Bildung zuzuordnen sind, aber auch Autoren, die der Allgemeinbildung angehören (z. B. MEYER), analysiert.

6 Entwicklung eines Konzepts des Experimentierens in der Bau- und Holztechnik

6.1 Handlungstheoretische Begründung eines Phasenschemas des Experimentierens

Auch wenn ein idealtypischer Phasenablauf eines Experiments die Komplexität des Experimentierens nur mit Einschränkung widerspiegeln kann, so hat doch die Entwicklung eines Phasenschemas enorme fachdidaktische Bedeutung. Es kann als Leitfaden für die Entwicklung, Planung und Durchführung von Experimenten in der beruflichen Bildung dienen.

Das im Kontext der beruflichen Fachrichtungen Bau- und Holztechnik entwickelte und hier vorgestellte Phasenmodell reduziert die Komplexität auf die Elemente Orientierung und Entwicklung der Problemsituation, Entwicklung von Hypothesen, Planung des Experiments, Durchführung des Experiments, Verifikation/Falsifikation der Hypothesen und Einordnung der Beziehungen/Gesetzmäßigkeiten in eine Theorie.

Das entwickelte Phasenschema kann sehr wohl als Vorbild für die Durchführung von Experimenten im beruflichen Unterricht genutzt werden.

Das Experimentieren setzt die Auswahl geeigneter Aufgaben- und Problemstellungen voraus. Die Entwicklung und Analyse von möglichen beruflichen Handlungssituationen, die im Experiment thematisiert werden sollen, sind nicht Bestandteil der Phasenstruktur des Experimentierens. Die Aufgabenstellungen müssen komplex und problemhaltig sein, d.h. sie müssen auch einen gewissen Schwierigkeitsgrad für das einbezogene Lernerlientel darstellen.

Orientierung und Entwicklung der Problemsituation

Als Einstieg wird den Auszubildenden durch den Lehrenden ein problembehaftetes Phänomen, welches aus dem beruflichen Erfahrungsbereich der Lernenden stammen sollte, dargelegt oder durch die Lernenden selbst aufgezeigt und eine Problemstellung formuliert. Es ist darauf zu achten, dass dieses von den Auszubildenden erkannt und als Herausforderung angenommen wird. Ist dies nicht der Fall, so können u. a. Folgen, die das Problem mit sich bringt, bedacht oder ein Einzelproblem aus dem Gesamtzusammenhang herausgestellt werden. Ferner ist es Ziel dieser Phase des Experimentierens, bei den Lernenden eine Vorstellung (Orientierung) über die Ziele, Mittel, Bedingungen und den Ablauf des Experiments zu entwickeln.

Der Entwicklung einer Orientierungsgrundlage kommt eine besondere Bedeutung zu. Forschungsergebnisse aus der Psychologie (GALPERIN u. a.) konnten belegen, dass

die Qualität und Effektivität maßgeblich von einer adäquat entwickelten Orientierungsgrundlage abhängen. Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit und Übertragbarkeit der durch das Experimentieren gewonnenen Erkenntnisse und Fertigkeiten ist es wichtig, dass die Lernenden klare und auf das Wesentliche ausgerichtete Vorstellungen vom Ziel, von den Mitteln, Bedingungen und Phasen ihrer Tätigkeit haben (vgl. WARNIK 1987, S. 13).

Entwicklung von Hypothesen

Das problembehaftete Phänomen wird von den Lernenden analysiert, wodurch eventuell bestehende Wissensdefizite deutlich werden. Von den Lernenden sind die eigenen Defizite zu analysieren und in Bezug zu dem Experimentiervorhaben zu bringen, so dass sie in der Lage sind, Problem- bzw. Fragestellungen zu formulieren.

Nachdem die Fragestellungen erfasst wurden, sind Vermutungen über die erwarteten Ergebnisse des Experiments zu verfassen und zu dokumentieren. Die Erwartungen werden als zu überprüfende Hypothesen formuliert. Die theoretische Fundierung für die Bedeutsamkeit der Formulierung von Hypothesen und der gedanklichen Vorwegnahme des Ergebnisses ist in der Handlungstheorie zu suchen. HACKER unterstreicht, dass es sich nur um eine Handlung handelt, wenn die gedankliche Vorwegnahme des Endzustandes im Vorfeld der Handlung getroffen wurde (vgl. HACKER 1986, S. 56 ff.). Dieser Aspekt der Handlung hebt die Beziehung zwischen Denken und Handeln hervor, wobei das Handeln und das Denken als Tätigkeiten begriffen werden, die in einem engen Verhältnis zueinander stehen (HACKER 1986, S.112 f.).

Planung des Experiments

Nachdem die Problemstellungen geklärt und die Hypothesen formuliert wurden, ist die Grundlage für das Experiment geschaffen. Die Auszubildenden entwickeln eine Konzeption des Experiments. Es ist Bestandteil der Überlegung, mit welchen Prüf- bzw. Experimentierverfahren die aufgestellten Hypothesen überprüft werden können.

Haben sich die Lernenden auf ein Experimentierverfahren geeinigt, so planen sie die erforderlichen Arbeitsschritte, entwickeln Vorstellungen über die erforderlichen Experimentiergeräte und skizzieren den Aufbau des Experiments.

Im Rahmen der Planung des Experiments sind dem Lernenden gewisse Freiheiten (in der Psychologie auch als Freiheitsgrade bezeichnet) in Bezug zum aufgabenbezogenen Handeln einzuräumen. Die Spielräume in der Entscheidung über Mittel und Wege des Experimentierens stellen entsprechende kognitive Ansprüche dar, die sich progressiv auf die Entwicklung des Lernenden auswirken (vgl. WARNIK 1987, S. 13).

Ferner bedeutet jegliches Handeln auch immer die Bereitschaft und das Vermögen, Verantwortung für das Handeln zu übernehmen. Dem ist natürlich auch hier Rechnung zu tragen.

Bei der Planung des Experiments durch die einzelnen Lernenden oder Lernendengruppen kann es hilfreich sein, wenn der Lehrende zunächst zur Verfügung stehende Experimentiervorrichtungen vorstellt. Während der gesamten Planungsphase muss der Lehrende die einzelnen Experimentierverfahren auf ihre Eignung hin überprüfen und gegebenenfalls auf Einschränkungen durch Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz achten bzw. hinweisen.

Durchführung des Experiments

In der Phase der Realisierung werden die Experimentiervorrichtungen entsprechend der Planung aufgebaut und das Experiment durchgeführt sowie Ergebnisse dokumentiert bzw. Messreihen aufgenommen. Während der Durchführung der Experimente obliegt es der Lehrkraft, die Aktivitäten der Lernenden zu unterstützen und gegebenenfalls bei sicherheitsrelevanten Belangen einzugreifen.

Verifikation/Falsifikation der Hypothesen

Ziel der Auswertung der Messergebnisse ist es, qualitative oder quantitative experimentelle Aussagen zu gewinnen. Hierzu kann es erforderlich sein, dass die Auszubildenden Berechnungen anstellen oder Messreihen und Diagramme aufstellen. Ist die Auswertung der Messergebnisse mathematisch anspruchsvoll, so sollte der Lehrende die Berechnungsgrundlagen, Messwerttabellen oder Diagrammvorlagen (eventuell in digitaler Form) bereitstellen. Die Ergebnisse sind dann ebenfalls verbal darzulegen. Sie werden anschließend den aufgestellten Hypothesen gegenübergestellt. Ziel ist es hierbei, die aufgestellten Hypothesen zu verifizieren oder zu falsifizieren.

Einordnung der Beziehungen/Gesetzmäßigkeiten in eine Theorie

Die gewonnenen Erkenntnisse und Beziehungen sind in ein übergeordnetes Theoriegebilde einzuordnen. Das Experiment verfolgt u. a. die Zielstellung, einen theoretischen Zusammenhang zu erkunden. Die durch das Experiment gewonnenen Teilaussagen können zu Illustrationen und Veranschaulichungen von sonst u. U. sehr abstrakten Gesetzmäßigkeiten dienen. Die mit dem Experiment untersuchten Gesetzmäßigkeiten können jedoch nur einen Teil eines Theoriegebildes repräsentieren. Folglich sind die aufgezeigten Gesetzmäßigkeiten in das betreffende Theoriegebilde einzuordnen.

Die Einordnung der experimentell gewonnenen Erkenntnisse in einen Zusammenhang und ein übergeordnetes Theoriegebilde soll an dieser Stelle noch einmal exemplarisch dargelegt werden. Die erforderliche Vorholzlänge bei diversen Versätzen (Holzverbindungen) kann experimentell hergeleitet werden. Im engeren Sinne werden die aufnehmbaren Kräfte der Versätze ermittelt. Holzverbindungen sind ein Element von Tragwerkskonstruktionen wie z. B. Dachtragwerke, Brücken. Die Anforderungen, wie die aufzunehmenden Schubkräfte parallel zur Faserrichtung und Druckspannungen quer zu Faserrichtung, resultieren aus der Tragwerkskonstruktion. Daher ist dieser übergeordnete Zusammenhang von Bedeutung für ein Verständnis der Konstruktion und des Details (des Versatzes) darzulegen. Folglich ist in diesem Fall die übergeordnete Theorie die Festigkeitslehre. Darüber hinaus ergeben sich Bezugspunkte zur Tragwerkslehre.

Die hier dargelegten Phasen des Experimentierens können jedoch **keinen** linearen Ablauf darstellen. Es soll an dieser Stelle auf die Modelle der Tätigkeitsregulation Bezug genommen werden. Das Modell der VVR-Einheiten HACKERS (1986) und MILLERS, GALLANTERS und PRIBRAMS (1973) TOTE-Einheiten sind Modelle, die für eine Betrachtung des Phasenablaufes herangezogen werden sollen. Jede Phase des Experiments ist Bestandteil des Gesamtkonzeptes und verfügt demzufolge über Beziehungen zu anderen Phasen. Aus dem Vergleich zwischen dem Ergebnis einer Phase und dem Ziel kann sich die Notwendigkeit der Rückkopplung zu vorherigen Stufen ergeben. Es kann daher nicht davon ausgegangen werden, dass die Stufen bei der Bearbeitung eines Falles linear nacheinander ablaufen. Wie wichtig eine Rückkopplung zu vorherigen Stufen sein kann, soll mittels eines Beispiels belegt werden. In der Phase der „Entwicklung von Hypothesen“, in welcher das Ergebnis hypothetisch vorweggenommen werden soll, stellt man fest, dass noch wichtige Informationen für die Erarbeitung einer Hypothese fehlen. Folglich ist nochmals mit der Phase „Orientierung und Entwicklung der Problemsituation“ rückzukoppeln, in der jetzt präziser als zuvor nach Informationen zu suchen ist, die für die Hypothesenbildung erforderlich sind.

Die wechselseitigen Beziehungen der Phasen des Experimentierens korrespondieren im Weiteren mit handlungstheoretischen Vorstellungen von VOLPERT (1999). VOLPERT betont, dass die gesamte Handlungspyramide nicht vor der Handlung feststeht. Diese Annahme, dass die Handlungspyramide bereits vor oder mit dem Beginn der Handlung feststeht, wird nur im äußersten Extremfall auftreten, jedoch existiert vor der tatsächlichen Ausführung ein gewisser Vorlauf der Planung. Der gewisse Vorlauf der Planung bedeutet, die jeweiligen Starteinheiten entstehen erst kurz vor Beginn einer Handlung, d.h. jeweils nur die nächsten Schritte werden im Voraus genauer geplant. Der Plan der

folgenden Schritte wird immer vager und gröber, je weiter man sich von den Starteinheiten entfernt.

Unerwartete Ereignisse erfordern, dass der gesamte Handlungsplan verändert wird. Die neuen Bedingungen werden flexibel in den Handlungsplan integriert und das Ziel wird – wenn möglich – beibehalten. Wenn eine Teilhandlung ihr Ziel nicht erreicht, bietet das VOLPERTSche Handlungsmodell trotzdem die Möglichkeit, das jeweils nächst höhere Ziel in anderer Weise zu erreichen. Nur wenn das nicht möglich ist, wird das Ziel verändert oder revidiert.

Bei VOLPERT sind Handlungen situationsbezogen, sie konkretisieren sich in den Problemstellungen und ihre Ziele bilden sich im Fluss des Handelns. Die Handlungsziele werden abgeleitet aus der Konstellation der Handlung, in der Durchführung werden die Handlungsziele ständig weiterentwickelt bzw. neu entwickelt oder auch revidiert (vgl. VOLPERT 1999, S. 69).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Vorstellung des linearen Ablaufes des Experimentierens nicht angemessen ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich um einen dynamischen Prozess handelt, der sich anhand der beschriebenen Modelle durch ineinander greifende Schleifen unterschiedlicher Hierarchien beschreiben lässt. Die Verbindungen, die zwischen unterschiedlichen Phasen eingegangen werden, sind zahlreich und nicht im Voraus erfassbar. Sie sind abhängig von einer Anzahl von Faktoren, wie die Art des Experiments, Arbeitsstil der Lernenden u. a.

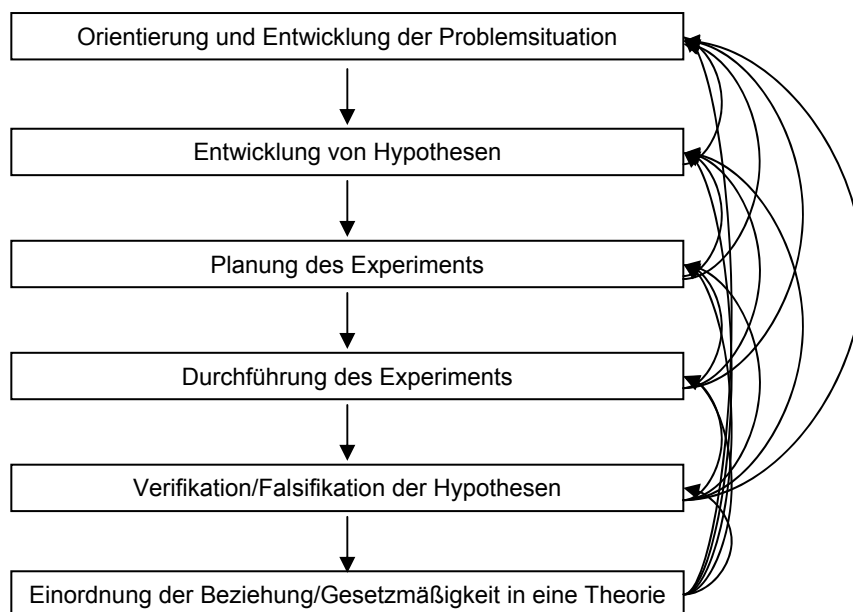


Abbildung 12: Modell des Phasenablaufs des Experimentierens unter Einbeziehung handlungstheoretischer Grundlagen

6.2 Exemplarische Integration eines Experiments in ein Lernfeld

Die in den vorangegangenen Abschnitten geführte Diskussion wirft u. a. die Frage auf, inwiefern das entwickelte Konzept des Experimentierens in Einklang mit der Lernfeldstruktur steht. Grundlage für den Einsatz eines Experiments in einem Lernfeld ist, dass den zuvor dargelegten Prämissen des Lernfeldkonzepts Rechnung getragen wird. Die vom Autor entwickelten Experimente sind grundsätzlich so angelegt, dass sie Verbindungen zu beruflichen Handlungsfeldern aufweisen. Das Experiment „Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit“ (siehe Anhang I.2) z. B. weist einen klaren Bezug zum beruflichen Handlungsfeld „Herstellen eines Stahlbetonteils“ auf und bietet damit klare Anknüpfungspunkte für die Entwicklung einer Lernsituation. Des Weiteren wurde die Handlungsorientierung u. a. mit der Neuordnung der Stufenausbildung der Bauwirtschaft als methodische Herangehensweise forciert. Zur Umsetzung eines handlungsorientierten Unterrichts ist das Experimentieren ein möglicher methodischer Ansatz. Im nachfolgenden Abschnitt wird die Integration eines Experiments in ein Lernfeld exemplarisch dargelegt.

Die Umsetzung des entwickelten Phasenmodells innerhalb der strukturellen Vorgaben eines Lernfeldes im Rahmen der entwickelten Experimente soll folgend durch ein Beispiel illustriert werden. Es wird hierzu eines der entwickelten Experimente herangezogen, um zu verdeutlichen, dass die im Rahmen der Arbeit entwickelten Experimente entsprechen angelegt sind, um den Vorgaben eines Lernfeldes Rechnung zu tragen.

Im Folgenden soll die Integration zur Ermittlung des Zusammenhanges von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge bei Stirn- und Doppelversatz exemplarisch diskutiert werden. (Das Experiment ist ausführlich im Anhang I.1 dargestellt.)

Die in diesem Experiment thematisierten Inhalte sind u. a. im Lernfeld 4 (Grundstufe der Stufenausbildung der Bauwirtschaft) „Herstellen einer Holzkonstruktion“ vorgesehen. Als Ziel dieses Lernfeldes wird formuliert: „Die Schülerinnen und Schüler entwickeln die Konstruktion eines Holzbauteiles unter Berücksichtigung entsprechender Holzwahl, Verbindung und Verbindungsmittel. Sie berücksichtigen den Kräfteverlauf im Bauteil, wählen Bearbeitungswerkzeuge aus und treffen Entscheidungen zum Holzschutz. Sie erkennen die gesellschaftliche und ökologische Bedeutung des Waldes. Die Schülerinnen und Schüler zeichnen Verbindungen und Holzkonstruktionen und ermitteln den Materialbedarf“ (KMK 1999, S. 13).

Folgende Inhalte sollten innerhalb des Lernfeldes behandelt werden:

- Laub- und Nadelhölzer, Wachstum, Aufbau;
- Bauschnittholz;
- Arbeiten des Holzes, Holzfeuchte;
- Holzschädlinge, chemischer und konstruktiver Holzschutz;
- Zimmermanns- und ingenieurmäßige Holzverbindungen;
- Holzliste, Verschnitt;
- Knotenpunkte.

Für dieses Lernfeld sind ca. 60 Unterrichtsstunden vorgesehen (vgl. KMK 1999, S. 13).

Den Ausgangspunkt für die Realisierung eines Lernfeldes bietet eine „Lernsituation“, in der ein berufliches Handlungsfeld (bzw. mehrere berufliche Handlungsfelder) aufgegriffen wird (werden). Lernsituationen sollten von der Bildungsgangkonferenz festgelegt werden, folglich kann es sich bei diesem Beispiel nur um eine hypothetische Lernsituation handeln.

Für das hier dargestellte Beispiel könnte eine Lernsituation „Ausbilden eines Kopfpunktes in einem Hängewerk“ lauten. Bei der Ausbildung von Anschlusspunkten in Hängewerken muss den Kopf- und Fußpunkten große Aufmerksamkeit gewidmet werden, da diese die auftretenden Kräfte aufnehmen müssen. Die Kopf- und Fußpunkte werden durch Versätze ausgebildet, vorrangig kommt der Stirnversatz zur Anwendung.

Ausgehend von dem vorliegenden Experiment können Anknüpfungspunkte zu den Inhalten, Eigenschaften von Holz (Laub- und Nadelhölzer, Wachstum, Aufbau, Arbeiten des Holzes, Einfluss der Holzfeuchte), Bauschnittholz, zimmermanns- und ingenieurmäßige Holzverbindungen, Holzliste sowie Verschnitt, hergestellt werden.

Es kann als vorteilhaft angesehen werden, wenn das Experiment zu Beginn des Lernfeldes 4 bzw. 5 durchgeführt wird, um einen Anknüpfungspunkt für das weitere Vorgehen im Lernfeld zu etablieren. Ausgehend von den Beobachtungen aus dem Experiment lassen sich Regeln des Holzbaues herleiten. Jedoch auch als Zusammenfassung des Lernfeldes kann das Experiment eingesetzt werden, indem die Lernenden die angeeigneten theoretischen Grundlagen mit den beobachteten Ergebnissen in Beziehung bringen. Dies kann zum Beispiel durch die vom Lernenden selbstständig entwickelten Begründungen für das Eintreten von Ereignissen geschehen.

Durch die Gestaltung und Variation des Experiments lassen sich unterschiedliche Fragestellungen herausarbeiten. Der Lehrer sollte also bei der Vorstellung des Phäno-

mens berücksichtigen, welche Aussage gewonnen werden soll oder welcher Sachverhalt durch das Experiment erklärt wird. Bei der Untersuchung des Zusammenhangs von aufgewendeter Kraft und der Ausführung der zimmermannsmäßigen Holzverbindung bietet es sich an, zum Beispiel Bruchstücke der zerstörten Holzverbindungen zu analysieren.

Durch die Verwendung von zwei verschiedenen Verbindungen bzw. Versätzen lässt sich z. B. die Fragestellung nach der Belastbarkeit der Verbindungsarten herausarbeiten. Wenn unterschiedliche Holzarten verwendet werden, kann die Fragestellung nach der Eignung verschiedener Holzarten für die zimmermannsmäßigen Holzverbindungen untersucht werden.

In dem Experiment wurden vier Experimentierreihen mit Brettschichtholz aus Kiefer und Vollholz aus Fichte durchgeführt. In beiden Holzarten wurden der Stirnversatz und der Doppelversatz untersucht. Es lassen sich also Erkenntnisse über die Belastbarkeit dieser beiden Versätze gewinnen. Aus dem Bruchverhalten lassen sich auch Aussagen über Vor- und Nachteile von Brettschicht- bzw. Vollholz bei der Verwendung von zimmermannsmäßigen Holzverbindungen abgeleitet werden.

Neben den Vorgaben des Rahmenlehrplanes sind durch den Einsatz des Experiments bedingt auch Aspekte zum Arbeitsschutz beim Experimentieren, der Maßgenauigkeit der Verbindungen und Einsatz von Maschinen zu behandeln.

Ein möglicher Ablauf des Experiments soll im Folgenden diskutiert werden. Hier wird im besonderen Bezug auf das in 6.1 vorgestellte Phasenmodell für das Experimentieren in der Bau- und Holztechnik genommen.

Lernsituation „Ausbilden eines Kopfpunktes in einem Hängewerk“

Das Handwerksunternehmen X erhält den Auftrag, ein Hängewerk in Anlehnung an historische Vorbilder zu erstellen. Für das Ableiten der Kräfte ist ein Kopfpunkt zu konzipieren. Für die Ausbildung des Hängewerkes werden Vollhölzer aus Fichte mit den Abmaßen 8 x 7 cm (hier: tatsächlich im Experiment genutzte Abmaße) verwendet. Die Strebenneigung beträgt 40°. Der Architekt führte weiter an, dass mit Druckkräften von ca. 65 kN zu rechnen ist.

In Anlehnung an historische Originale und im Sinne der Authentizität hat der Architekt nur 10 cm Vorholzlänge vorgesehen. Er überlässt den Handwerkern die Entscheidung, ob ein Stirnversatz oder ein Doppelversatz verwendet wird. Obwohl in solchen Situationen gewöhnlich ein Stirnversatz verwendet wird, gibt der Meister zu bedenken, dass bei den hier auftretenden Kräften und verwendeten Holzarten eventuell ein Doppelversatz erforderlich sein könnte.

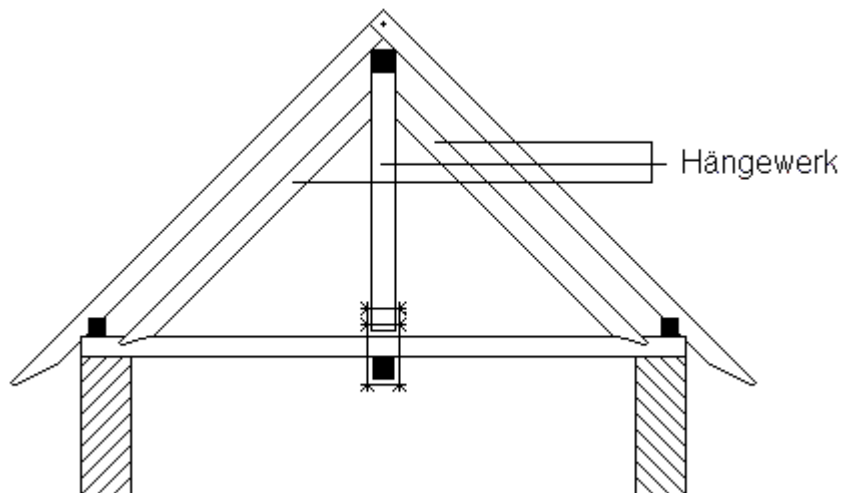


Abbildung 13: Systemskizze des Hängewerks

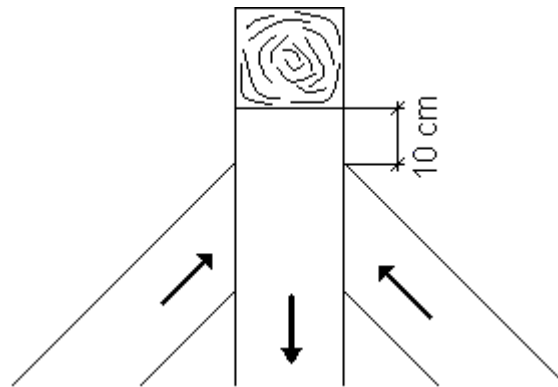


Abbildung 14: Kopfpunkt des Hängewerkes ohne Versatzdetails

Ferner entwickelte sich eine Diskussion der Handwerker über die Unterschiede der beiden Versätze hinsichtlich ihrer maximalen Kraftaufnahme. Während die eine Gruppe die Vermutung äußerte, dass der doppelte Versatz generell eine größere Kraft aufnehmen kann – ganz gleich bei welcher Vorholzlänge –, geht die andere Gruppe davon aus, dass die Unterschiede bei geringen Vorholzlängen am größten sind und mit sehr großen Vorholzlängen keine Unterschiede bestehen.

Diese Frage ist für alle in dem kleinen Unternehmen beschäftigten Handwerker von Bedeutung, da in Zukunft mit mehr Aufträgen dieser Art und der Sanierung von historischem Konstruktionen zu rechnen ist.

Auftrag an die Lernenden

- 1.) Untersuchen Sie experimentell die aufnehmbaren Druckkräfte des Doppel- und des Stirnversatzes für die oben beschriebene Situation.
- 2.) Entscheiden Sie sich auf der Grundlage der Ergebnisse des Experiments für einen der beiden Versätze. Fertigen Sie eine technische Skizze für den Kopfpunkt – unter Berücksichtigung des gewählten Versatzes – an.
- 3.) Entwickeln Sie eine Übersicht über Vor- und Nachteile der beiden Versätze.

Orientierung und Entwicklung der Problemsituation

Im Rahmen der dargestellten Lernsituation sind die Lernenden im Besonderen mit dem Problem konfrontiert, sich mit den Vorgaben (z. B. der Vorholzlänge) des Architekten kritisch auseinander zusetzen. Im Rahmen der labortechnischen Möglichkeiten der berufsbildenden Einrichtung soll der Zusammenhang zwischen Vorholzlänge und aufnehmbarer Druckkraft beim Stirn- und Doppelversatz experimentell bestimmt werden.

Es sind natürlich noch weitere Fragestellungen möglich, die mit diesem Experiment verbunden werden können. Z. B. könnten neben dem Stirn- und Doppelversatz auch andere Versätze verwendet werden, wie der Fersen- oder Brustversatz oder es könnten bei einem Versatz mit gleichen Abmessungen verschiedene Holzarten experimentell untersucht werden.

In der oben dargestellten Lernsituation werden zwei Fragestellungen deutlich:

Welcher Versatz ist für den geschilderten Fall angemessen?

Wie gestaltet sich die Beziehung Vorholzlänge und aufnehmbare Druckkraft bei den beiden Versätzen?

Entwicklung von Hypothesen

Für die Fragestellung A sind lediglich zwei Hypothesen möglich:

1. Für diesen Fall ist ein Stirnversatz ausreichend.
2. Für diesen Fall ist ein Doppelversatz erforderlich.

Für die Fragestellung B sind folgende Hypothesen denkbar:

1. Der Stirnversatz ist belastbarer.
2. Der Doppelversatz ist belastbarer.
3. Beide Versätze sind gleich belastbar.

...

Planung des Experiments

Das Phänomen der Zerstörung der zimmermannsmäßigen Holzverbindungen lässt sich durch einen Experimentalaufbau simulieren. Es bietet sich an, die Dimensionen der verwendeten Hölzer in Abhängigkeit zur Leistungsfähigkeit des Prüfstandes zu wählen.

Je nach Experiment werden verschieden lange Hölzer und verschiedene Holzarten benötigt.

Für das illustrierte Experiment wurde benötigt:

- ca. 6 lfm Brettschichtholz 7x8 cm, Kiefer;
- ca. 6 lfm Vollholz 7x8 cm, Fichte;
- Ein Prüfstand, der für die Prüfung von Holzverbindungen zugelassen ist (z. B. Universalprüfeinheit).
- Für die Bearbeitung der Hölzer ist eine Tischlersäge, Pendelfuchsschwanz oder Bandsäge erforderlich. Es empfiehlt sich die Anfertigung von Schablonen für die uniforme Herstellung der Versätze.

In dieser Phase bedarf es einer besonderen Unterstützung der Lernenden durch den Lehrenden, da die angestrebte Selbsttätigkeit der Lernenden in Einklang mit ihren Möglichkeiten gebracht werden muss.

Durchführung des Experiments

Aus den Materialien sind Probekörper mit unterschiedlichen Vorholzlängen anzufertigen. Für die Aufnahme der Messwerte ist eine Wertetabelle zu entwerfen und zu erstellen. Das Experiment kann in kleinen Gruppen unter Aufsicht des Lehrers selbstständig durchgeführt werden.

Für die Darstellung der Messwerte ist ein Diagramm ein geeignetes Mittel, da aus dem Verlauf und der Form des angepassten Graphen wichtige Erkenntnisse gewonnen werden können.

Verifikation/Falsifikation der Hypothesen

Fragestellung A

Aus den Ergebnissen des Experiments wird deutlich, dass in diesem Fall der Einsatz des Stirnversatzes kritisch zu bewerten ist. Demzufolge sollte hier ein Doppelversatz eingesetzt werden.

Fragestellung B

Die direkte Proportionalität zwischen Druckkraft und Vorholzlängen ist nur bei geringen Vorholzlängen gegeben. Übersteigt die Vorholzlänge einen Wert der größer ist als das Achtfache der Einschnitttiefe t_{V1} , so ist keine direkte Proportionalität mehr gegeben, da das Holz unter der Belastung zerstört wird. Der Stirnversatz ist im Vergleich zum Doppelversatz nicht weniger belastbar. Dieses lässt sich mit den größeren Druckflächen und mit den zwei parallelen Scherflächen begründen. Durch die relativ klare Abzeichnung der Messkurve ist die Bestätigung einzelner Hypothesen möglich.

Die 2. Hypothese wird mit den aus den Messwerten gewonnenen Ergebnissen bestätigt. Die 1. und 3. Hypothese muss verworfen werden, da diese durch die Ergebnisse falsifiziert werden.

Aus den Messwerten wird ersichtlich, dass die Belastbarkeit des Doppelversatzes größer ist als die des Stirnversatzes. Demzufolge wird die 2. Hypothese durch diesen Sachverhalt eindeutig bestätigt und die 1. und 3. Hypothese werden somit verworfen.

Einordnung der Beziehungen/Gesetzmäßigkeiten in eine Theorie

Die 2. Hypothese der Fragestellung B kann in die folgende Theorie eingeordnet werden: Der direkt proportionale Bereich zwischen Vorholzlänge und Druckkraft lässt sich auf die Theorie der Spannungslehre zurückführen. Aus der Definition der Spannung lässt sich die direkte Proportionalität zwischen Vorholzlänge und Druckkraft ableiten. Die Spannung ist definiert durch Kraft pro Fläche, also ist auch die Abscherspannung

definiert durch Abscherkraft pro Abscherfläche. Wird Abscherfläche die in Abhängigkeit von der Vorholzlänge verändert, so ergibt sich eine größere Abscherfläche bei größerer Vorholzlänge. Da die maximale Spannung des Holzes nahezu konstant ist, wird bei größer werdenden Abscherflächen eine größere Abscherkraft benötigt, um die maximale Spannung zu überschreiten. Beim nicht proportionalen Bereich ist der Pressdruck der einwirkenden Kraft so groß, dass das Holz zerquetscht wird. Die dabei auftretenden Spannungen erreichen nicht die maximale Spannung des Holzes, somit tritt der Bruch nicht ein.

Die 2. Hypothese der Fragestellung B lässt sich auch mit der Spannungslehre begründen. Da durch die Geometrie des Doppelversatzes zwei Druckflächen sowie zwei Abscherflächen entstehen und diese in der Summe größer sind als die des Stirnversatzes, wird eine größere Kraft benötigt um die maximale Spannung des Holzes zu überschreiten bzw. um das Holz zu zerstören.

Herstellung eines Bezuges zum Auftrag an die Lernenden

Die Lernenden entwickeln eine technische Skizze, in der der erforderliche Versatz fachlich richtig dargestellt ist. Ferner fertigen sie u. a. in Gruppenarbeit eine Powerpointpräsentation an, in der die Vor- und Nachteile der Versätze illustriert sind.

6.3 Konzeption der holz- und bautechnischen Experimente

Ausgangspunkt für die Konzeption sind zunächst Experimente, die für die Baustoffprüfung genormt bzw. Vorgaben, die durch Regelwerke fixiert sind (z. B. Vorholzlänge) und einen klaren Bezug zu einem oder mehreren beruflichen Bildungsgängen in der Bautechnik und Holztechnik aufweisen. Die entwickelten Experimente haben jedoch nicht zum Ziel, die genormten Experimente nachzuvollziehen, da es sich hier um einen um eine Domäne der Ingenieurwissenschaften handelt und zum anderen diese Experimente häufig nur von begrenztem Wert für die berufliche Bildung sind. Es handelt sich hierbei häufig um Experimente, die das Einhalten von bestimmten Werten und Normen überprüfen, ohne zu erklären, warum diese Werte so festgelegt sind. Mit anderen Worten, sie stellen keinen Erklärungszusammenhang zur Verfügung, der für den beruflichen Unterricht unerlässlich ist. Diese in technischen Richtlinien, wie in der DIN standardisierten Versuche, werden jedoch als Ausgangspunkt für die Entwicklung von Experimenten für die Bau- und Holztechnik genutzt, d.h. sie werden entsprechend der fachdidaktischen Zielstellungen „manipuliert“ oder abgewandelt. Die Abwandlung verfolgt das Ziel, eine Begründung für Regeln und Normen zu entwickeln, d.h. zu illustrieren, was passiert, wenn Normen und Regeln nicht eingehalten werden. Ein großer Teil der im Folgenden kurz umrissenen Versuche wurden so abgeleitet. Eine andere Gruppe von Experimenten verfügt über keine genormten Wurzeln, sie wurden frei entwickelt.

Wie bereits skizziert, können die Experimente hinsichtlich ihres Ursprungs in zwei großen Kategorien zusammengefasst werden:

- abgeleitet aus genormten ingenieurtechnischen Experimenten (z. B. Biegezugprüfung von Betonbalken);
- frei entwickelte Experimente (z. B. Nachweis von Kristallwasser in Gips).

In Bezug zur ihrer Stellung in der technologischen Kette können die vorgesehenen Experimente in folgende Kategorien gruppiert werden:

Tabelle 3: Arten von Experimenten in Bezug zu ihrer Stellung in der technologischen Kette

Kategorie	Experimente
Experimente zur Prüfung von Ausgangsstoffen	Erstarrungsverhalten von Zement und Gips Quell- und Schwindverhalten des Holzes Biegezugfestigkeit von Holz Spaltbarkeit von Holz Druckfestigkeit von Holz Kristallwasser im Gips Einfluss von Gips und Anhydrit auf das Korrosionsverhalten von Eisenmetallen
Experimente zur Prüfung von Halbprodukten	Konsistenz von Frischbeton durch Ermittlung des Ausbreitmaßes Einfluss der Zementleimmenge und des w/z-Wertes auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Wasseraufnahme von Baustoffen – Kapillare Wasseraufnahmefähigkeit Einfluss von Fließmitteln auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Einfluss organischer Bestandteile im Beton auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Einfluss der Verdichtung auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Einfluss des Verdichtens auf das Sedimentationsverhalten des Frischbetons Druckfestigkeit von Beton
Experimente zur Prüfung von Konstruktionen und Bausubstanz	Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens Zusammenhang von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge beim Stirn- und Doppelversatz Nagel- und Schraubenauszugswiderstand

Alle zuvor aufgeführten Experimente lassen sich nicht eindeutig den Kategorien

- Versuche zur Prüfung von Ausgangsstoffen,
- Versuche zur Prüfung von Halbprodukten und
- Versuche zur Prüfung von Konstruktionen und Bausubstanz zuordnen.

Daher erscheint es sinnvoll, eine Ordnung hinsichtlich ihres Aussagewertes zu bauchemischen, bauphysikalischen und mechanisch/konstruktiven Problemstellungen vorzunehmen.

Tabelle 4: Arten von Experimenten in Bezug zur Wissenschaftsdisziplin

Kategorie	Experimente
Experimente zur Erklärung bauphysikalischer Sachverhalte	Wasseraufnahme von Baustoffen – Kapillare Wasseraufnahmefähigkeit Nachweis von Kristallwasser im Gips Quell- und Schwindverhalten des Holzes Biegezugfestigkeit von Holz Spaltbarkeit von Holz Einfluss der Verdichtung auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Einfluss des Verdichtens auf das Sedimentationsverhalten des Frischbetons Druckfestigkeit von Beton Konsistenz von Frischbeton durch Ermittlung des Ausbreitmaßes Druckfestigkeit von Holz
Experimente zur Erklärung bauchemischer Sachverhalte	Einfluss von Gips und Anhydrit auf das Korrosionsverhalten von Eisenmetallen Einfluss der Zementleimenge und des w/z-Wertes auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Einfluss von Fließmitteln auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Einfluss organischer Bestandteile im Beton auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons Erstarrungsverhalten von Zement und Gips
Experimente zur Erklärung mechanisch/ konstruktiver Sachverhalte	Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens Zusammenhang von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge beim Stirn- und Doppelversatz Nagel- und Schraubenauszugswiderstand

Die Differenzierung zwischen Experimenten zur Erklärung bauphysikalischer, bauchemischer und mechanisch/konstruktiver Sachverhalte ist nicht immer überschneidungsfrei, denn aus bestimmten bauphysikalischen und -chemischen Eigenschaften resultieren konstruktive Prinzipien. Als Beispiel kann der Nachweis des kapillaren Wassertransports angeführt werden. Kapillarer Wassertransport führt zum Aufsteigen von Feuchtigkeit in Bauwerken, daher ist die Anordnung von Sperrungen erforderlich – ein Konstruktionsprinzip. Die Trennung zwischen Experimenten zur Erklärung von bauphysikalischen, bauchemischen und mechanisch/konstruktiven Sachverhalten ist dennoch zweckmäßig, da die Schwerpunktsetzung in diesen Experimenten entsprechend ist.

Für alle der vorgestellten Experimente werden zunächst die ingenieurwissenschaftlichen bzw. naturwissenschaftlichen Grundlagen zusammengefasst. Dabei liegen die Schwerpunkte auf dem Abriss der ingenieurwissenschaftlichen bzw. naturwissenschaftlichen Grundlagen, denjenigen Gesetzmäßigkeiten, die unmittelbar für das Experiment relevant sind. Folglich stellt die Zusammenfassung der Grundlagen keinen An-

spruch der Vollständigkeit und kann auch kein Fachbuch ersetzen. Die Zusammenfassung erhebt jedoch den Anspruch, einen Überblick über die für das Experiment relevanten Zusammenhänge, Vorschriften oder Arbeitsregeln zu geben.

Alle vorgestellten Experimente wurden getestet und entsprechend dokumentiert. Es muss jedoch eingestanden werden, dass nicht alle der ursprünglich vorgesehenen Experimente erwartete und klare/eindeutige Ergebnisse lieferten, sodass diese Experimente nicht weiterentwickelt worden sind. Die Experimente, die sich für einen Einsatz im beruflichen Unterricht eignen, sind dagegen entsprechend dokumentiert. Die Dokumentation legt die Experimentierkonzeption dar. Der Ausgangspunkt mit Annahmen sowie die Einbettung in berufliche Arbeitsprozesse werden aufgezeigt. Der Versuchsaufbau wird beschrieben und Erfahrungen in dem betreffenden Experiment erörtert. Es kristallisierten sich dabei günstige Herangehensweisen heraus, die das Experimentieren erleichtern. Die so genannten „Does and Don'ts“ werden beschrieben und den künftigen Anwendern als Hilfe zur Verfügung gestellt. Wichtige Phasen sowie gegebenenfalls Ergebnisse wurden mittels Fotos festgehalten.

Ein sehr wichtiger Bestandteil der Dokumentation ist die Offenlegung der Messergebnisse für die entsprechenden Experimente. Da es sich bei den vorgestellten Experimenten nicht um nach entsprechenden Regelwerken standardisierte Versuche handelt, sind die zu erwartenden Ergebnisse nicht ohne weiteres zu ermitteln. Daher werden z. B. die zu erwartenden Betondruckfestigkeiten bei der Zugabe durch Fremdstoffe wie Torf offen gelegt. Die Aufbereitung der Ergebnisse verfügt über eine Orientierungsfunktion für die Lehrkraft. Sie verfügt damit über einen Richtwert der zu erwartenden Ergebnisse. Es ist ein besonderes Anliegen des Autors, dass auch Lehrkräfte zur selbstständigen Entwicklung und Abwandlung von Experimenten ermuntert werden. In diesem Sinne soll die Arbeit auch als Anregung für die Lehrenden der Holz- und Bautechnik verstanden werden.

Die im Rahmen der Arbeit entwickelten Experimente (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4) wurden bereits in Buchform veröffentlicht (BÜNNING, F.: Experimentierendes Lernen in der Holz- und Bautechnik – Fachwissenschaftlich und handlungstheoretisch begründete Experimente für die Berufsfelder Bau- und Holztechnik. Bielefeld: Bertelsmann Verlag 2006). Exemplarisch sind zwei Experimente im Anhang dokumentiert. Es wurde darauf verzichtet, alle entwickelten Experimente in vollem Umfang hier nochmals darzulegen.

Abschließend soll noch betont werden, dass das Experimentieren nur eine Möglichkeit der Realisierung eines handlungsorientierten Unterrichts ist. Jede methodische Vorge-

hensweise, „[...] und sei sie noch so gut, läuft bei ständiger Anwendung Gefahr, monoton zu werden“ (ACKSTEINER 2001, S. 11). Daher ist die methodische Vorgehensweise zu variieren und den Anforderungen anzupassen.

7 Untersuchungsansatz der empirischen Evaluation der entwickelten Experimentalkonzeption

7.1 Analyse affiner internationaler Studien zu Effekten methodischer Entscheidungen auf den Lernerfolg

7.1.1 Studie: *Comparing experiential versus lecture methods of instruction*

Hintergrund und Ansatz der Studie

Die Studie untersuchte den Einfluss von Unterrichtskonzeptionen auf den Lernerfolg. Ausgangspunkt waren die Überlegungen des Autors, dass Trainings- und Fortbildungsmaßnahmen in technisch orientierten Unternehmen an Bedeutung gewinnen. Durchgeführte Trainings- und Fortbildungsmaßnahmen sind oft mit entsprechenden Kosten für die Unternehmen verbunden. Es sollte daher die Kosteneffizienz von methodischen Konzeptionen untersucht werden. Aus diesem Grund analysierte LIGHTSEY (2000) die Wirkung von zwei verschiedenen Unterrichtskonzeptionen (eine experimentell ausgerichtete und eine vorlesungsbasierte Konzeption) auf den Lernerfolg. Untersucht wurden Teilnehmer des *Advanced Program Management Course* APMC am *Defense Systems Management College* DSCM. Das Ziel bestand darin, den Einfluss von methodischen Konzeptionen auf den Lernerfolg empirisch zu belegen. Die Ergebnisse flossen wiederum in die Entwicklung von Trainings- und Fortbildungsmaßnahmen ein (LIGHTSEY 2000, S. 1 ff.).

Den Ansatz für LIGHTSEY's Studie bildete eine umfassende Analyse von ähnlichen Studien. Er stellte zunächst die Ergebnisse der analysierten Studien zu verschiedenen Unterrichtskonzeptionen und deren Auswirkungen auf den Lernerfolg gegenüber. Die folgende Tabelle 5 zeigt diese Zusammenfassung:

Tabelle 5: *Related Studies of Corporative Teaching Methods (LIGHTSEY 2000, S. 4)*

<i>Author</i>	<i>Group</i>	<i>N</i>	<i>Methods Compared</i>	<i>Instruments</i>	<i>Analytic Methods</i>	<i>Results (Learning)</i>
BRETZ and THOMPSETT (1992)	Kodak Corp. MRP Training	180	Lecture vs. integration	Survey, pretest, learning	ANOVA Correlation posttest	No difference P = .01
CARR (1982)	University (Economics)	26	Lecture vs. Case study	Pretest, posttest	T-test ANOVA	No difference P = .05
CARTER (1995)	University (physical training)	36	Lecture vs. Case study	Survey, posttest (only)	MANOVA	No difference P = .10
JAMES (1991)	Adult (education)	31	Lecture vs. Case study	Pretest, posttest	ANOVA T-test Regression	No difference P = .05
MERRILL (1995)	Adult medical (cardiac)	37	Lecture vs. self-study	Pretest, posttest	ANCOVA	No difference P = .05
THOMS and KLEIN (1994)	Adult (hospital management)	64	Nonparticipation vs. participation	Survey, multiple tests	ANOVA Correlation Chi-Square	No difference r = .16
WARD (1993)	Navy (medical)	300	Nonparticipation vs. participation	Survey, posttest (only)	T-test, ANOVA	Learning not assessed
WELCH (1990)	University students (business)	181	Lecture vs. Active methods	Pretest, posttest	ANOVA	No difference P = .05
WHITE (1995)	University students (tech)	112	Lecture vs. computer-aided training	Survey, pretest, posttest	ANOVA	No difference P = .10

In diesem Zusammenhang weist der Autor auf Unzulänglichkeiten der analysierten Studien hin. Insbesondere macht LIGHTSEY darauf aufmerksam, dass diese nur unzureichend die untersuchten methodischen Unterrichtsformen bestimmen, d.h. die untersuchten methodischen Konzepte wurden nicht hinreichend definiert. Weiterhin wird angeführt, dass viele Studien nur mit einer unzureichenden Probandenanzahl arbeiten und damit die Ergebnisse nur sehr begrenzt von Wert sind. In den Fällen, in denen die Studien mit einer größeren Anzahl von Probanden arbeiteten, wurden wiederum äußere Einflüsse auf die Probanden nicht hinreichend ausgeschlossen. Diesen hier zusammengefassten Defiziten versuchte LIGHTSEY in seiner Studie zu begegnen. Er arbeitete mit einer entsprechend großen Anzahl von Probanden und versuchte die Teilnehmer „abzuschirmen“. Die Durchführung der Studie am *Defense Systems Management College* schien dafür ideal, da die Teilnehmer für die Zeit der Studie von ihren beruflichen Tätigkeiten entbunden wurden und auch nur in Einrichtungen des *Defense Systems Management College* lebten.

Die Teilnehmer der von LIGHTSEY durchgeführten Studie waren berufserfahrene Führungskräfte oder solche, die sich auf eine Führungsaufgabe vorbereiteten. Bei der Trainings- und Fortbildungsmaßnahme handelte es sich um einen Vollzeitkurs. Zum Zweck der Untersuchung wurden eine Experimental- und eine Kontrollgruppe gebildet. Die Kontrollgruppe erhielt Vorlesungen und Diskussionen mit eingeschränkten Übungen. Die Experimentalgruppe führte ein selbst entwickeltes Projekt mit experimenteller Prägung durch. Dabei sollten sie ein Fahrzeug selbst planen, entwickeln, konstruieren und testen (experimentell) und das oder die entwickelten Modelle auf Tauglichkeit prüfen. Die Studie arbeitete mit 420 Probanden. Alle Teilnehmer waren in der Forschung und Entwicklung des Ministeriums für Verteidigung tätig. Die Homogenität der beiden Gruppen war somit gewährleistet. Die Teilnehmer der Studie wurden in 14 Einheiten mit 30 Studenten aufgeteilt. Die Zuteilung der Aufgabe jeder Einheit geschah zufällig, wobei die Gruppen prozentual gleichmäßig (Army, Navy, Air Force) gebildet wurden. Somit war jede Gruppe repräsentativ für die ganze Klasse, denen zufällig Aufgaben in den einzelnen Einheiten zugeteilt wurden. Jede Einheit wurde von einem zugeordneten Lehrer unterrichtet. Fünf unterrichteten beide Gruppen. Keiner wurde vor der Studie informiert (vgl. LIGHTSEY 2000, S. 4 ff.).

Für die Testkonzeption wählte LIGHTSEY einen Vor- und einen Nachtest. Als Vortest dienten ein Wissenstest zu dem entsprechenden Aufgabenbereich und ein demografischer Fragebogen. Der Nachtest bestand aus einem weiteren Fragenbogen und einem Wissenstest. Dieser Fragebogen sollte Aufschluss über die Reaktion der Teilnehmer auf den Kurs geben. Der Wissenstest wurde von Experten des entsprechenden Fach-

gebiets entwickelt und sollte den Lernerfolg bestimmen. Die interne Validität des Tests wurde durch eine vorangegangene Erprobung gewährleistet. Es handelte sich dabei um ein Multiple Choice Antwortdesign. Die 15 Aufgaben behandelten Problemstellungen aus dem Arbeitsbereich der Teilnehmer. In der Studie wurde der Frage nachgegangen, wie sich der Einsatz des Experiments auf die Motivation der Teilnehmer und auf den Lernerfolg auswirkt.

Beide Gruppen führten den Vor- und Nachtest durch. Der Zeitraum zwischen den beiden Tests betrug zehn Wochen. Die Fragen des Vortests unterschieden sich von denen des Nachtests. Die Daten wurden mit Hilfe einer Kovarianzanalyse (ANCOVA), eines Signifikanztests und einer Korrelationsanalyse statistisch ausgewertet (vgl. LIGHTSEY 2000, S. 7 ff.).

Ergebnisse der Studie

Wie in der Tabelle „Related Studies of Comparative Teaching Methods“ deutlich wird, sind die statistischen Instrumente von LIGHTSEY denen anderer Studien sehr ähnlich. Ebenfalls zeigt diese Übersicht, dass vorangegangene Studien keine Unterschiede zwischen den methodischen Konzeptionen für Unterricht und dem Lernerfolg nachweisen konnten.

Der Vortest in der Studie von LIGHTSEY bestätigte die Homogenität der beiden Gruppen im Hinblick auf das Vorwissen. Die Auswertung des Fragebogens zur Wahrnehmung der methodischen Konzeption der Teilnehmer ergab, dass die Teilnehmer das experimentelle Konzept des Kurses als informativer, unterhaltsamer und als weniger belastend empfanden. Dieses Ergebnis ist umso erstaunlicher, da die Teilnehmer im Gegensatz zu ihrer Empfindung einer höheren Arbeitsbelastung als die Kontrollgruppe ausgesetzt waren. Der Lernerfolg war in beiden Gruppen nachweisbar, trotzdem wies die Experimentalgruppe einen größeren Wissenszuwachs auf. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich im technischen Unterricht das Experimentieren positiv auf den Lernerfolg auswirkt. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war jedoch nicht signifikant. Die weitere Analyse der Ergebnisse ergab, dass der Lernerfolg keine starke Korrelation mit Vortestergebnissen besaß. Hingegen spielten technische oder nicht-technische Ausbildung, Erfahrung mit Managementprogrammen und die Art der schon gemachten Trainings eine weitaus größere Rolle für den Lernerfolg. Insgesamt war bemerkenswert, dass der Unterschied zwischen den beiden untersuchten methodischen Konzeptionen geringer als erwartet ausfiel (vgl. LIGHTSEY 2000, S. 12 ff.).

7.1.2 Studie: *Experimenting on classroom experiments: Do they increase learning in introductory microeconomics?*

Hintergrund und Ansatz der Studie

Diese Studie untersuchte den Einfluss von Experimenten auf den Lernerfolg von Studenten in einem Einführungskurs „Mikroökonomie“ an der *University of Southern Mississippi*. Es wurde der Frage nach der Wirksamkeit von Experimenten und der Auswirkung auf den Lernerfolg nachgegangen, besonders im Hinblick auf ökonomische Aspekte. Tatsächlich werden im wirtschaftswissenschaftlichen Bereich zunehmend Experimente eingesetzt, ohne jedoch empirisch zu belegen, dass der Lernerfolg dadurch tatsächlich positiv beeinflusst wird. In der einschlägigen Literatur lassen sich bereits durchgeführte Studien auf diesem Gebiet finden. Die Befundlage ist jedoch sehr widersprüchlich: Einige belegen und andere dementieren einen positiven Einfluss von Experimenten auf den Lernerfolg.

Das Ziel der Studie von DICKIE war es nachzuweisen, dass die Einführung von einer Anzahl von Experimenten in einem Semester den Lernerfolg der Studenten positiv beeinflusst. Des Weiteren sollte geklärt werden, inwieweit der Einfluss von Experimenten auf den Lernerfolg von der Disposition der Lernenden abhängt. Ein weiterer Aspekt, der untersucht werden sollte, war der Einfluss externer Stimuli auf den Lernerfolg. Daher wurde ein Bonus für die Profite, die im Experiment erwirtschaftet wurden, vergeben (vgl. DICKIE 2000, S. 4 ff.).

Die Studie arbeitete mit 100 Studentinnen und Studenten mit einem Durchschnittsalter von 23 Jahren. Die Klasse wurde in drei Sektionen bzw. Gruppen aufgeteilt, alle wurden von demselben Lehrenden in 15 Semesterwochen unterrichtet. Der Lehrende verfügte über nur geringe Erfahrung mit Experimenten in Mikroökonomiekursen. Die beiden Experimentalgruppen erhielten sieben Experimente, aber nur eine der beiden Gruppen erhielt Bonusse für erzielte Profite im Experiment in Form von Noten. Sie konnten maximal fünf Punkte als Bonus erreichen, die ihnen auf die Semesterabschlussnote (auf einer 100er Skala basierend) hinzugerechnet wurden. Die dritte Sektion beinhaltete keinen Experimentalunterricht, sondern Vorlesungen. Sie bildete die Kontrollgruppe. Die Studie setzte einen Vor- und Nachtest ein. Als Vor- und Nachtest diente der standardisierte weit verbreitete *Test of Understanding in College Economics* TUCE mit 33 Fragen, der das Verständnis von ökonomischen Prinzipien testet. Darüber hinaus flossen die Testergebnisse in die Semesterabschlussnote mit ein. Es sollte so sichergestellt werden, dass sich die Studierenden mit dem nötigen Ernst engagierten (vgl. DICKIE 2000, S. 6 ff.).

Ergebnisse der Studie

Der Vergleich der Vortest- und der Nachtestergebnisse zeigte, dass im Durchschnitt die Studenten der Experimentalgruppen 3,6 Fragen mehr richtig beantworteten. Demgegenüber verbesserten sich die Leistungen der Studenten der Kontrollgruppe nur um 1,9 richtig beantwortete Fragen beim Vergleich (vgl. DICKIE 2000, S. 9). Das bedeutet, dass Experimente im Mikroökonomiekurs dieser Studie den Lernerfolg in Form von Vorlesungen statistisch signifikant verbesserten im Vergleich zu Lehrveranstaltungen. Die beiden Experimentalgruppen unterschieden sich ebenfalls in ihrer akademischen Erfahrung jedoch nicht in den Testergebnissen. Die Studenten der ersten Gruppe mit einem Bonussystem wiesen durchschnittlich mehr akademische Erfahrung auf. Nichtsdestotrotz zeigen die Ergebnisse des Vortests und des Nachtests keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Experimentalgruppen. Es wurde verzeichnet, dass die Studenten mit dem Bonussystem häufiger angebotene Leistungstests wahrnahmen. Die Analyse des Ergebnisses der Studie zeigte jedoch, dass der Einfluss von Bonussystemen auf den Lernerfolg nicht nachweisbar war. Die Experimente hatten in dieser Untersuchung einen positiveren Einfluss auf den Lernerfolg (vgl. DICKIE 2000, S. 9 ff.).

7.1.3 Studie: Effects of the cooperative class experiment teaching method on secondary school students' Chemistry achievement in Kenya's Nakuru District

Hintergrund und Ansatz der Studie

WACHANGA und MWANGI untersuchten den Einfluss von Gruppenexperimenten als Unterrichtskonzeption auf den Lernerfolg kenianischer Sekundarschüler im Fach Chemie. Anlass dieser Untersuchung war das schlechte Klausurabschneiden von Sekundarschülern im Fach Chemie und der damit vermuteten Notwendigkeit der Ausrichtung des Lehrplans hin zu handlungsorientierteren Formen der Unterrichtsgestaltung. Die Autoren belegten diese Aussagen durch statistische Daten, ihrer Meinung nach sind kooperative und experimentelle Unterrichtskonzepte ein Ansatz der ganzheitlichen Gestaltung von Unterricht. Folglich wollten sie mit der durchgeführten Studie die Effizienz der Unterrichtskonzeption „Gruppenexperiment“ empirisch untersuchen.

Das Ziel der Studie war es, den Einfluss von Gruppenexperimenten auf den Lernerfolg im Fach Chemie empirisch zu untersuchen. Im Speziellen sollte untersucht werden, ob der Lernerfolg durch Gruppenexperimente im Vergleich zu traditionell lehrerzentrierten Unterrichtskonzeptionen (inklusive Demonstrationsexperimente des Lehrers) statistisch positive Effekte auf den Lernerfolg aufweisen. In diesem Zusammenhang wurde gleichzeitig untersucht, ob die Gruppenzusammenstellung und das Geschlecht der Schüler den Lernerfolg beeinflussen (vgl. WACHANGA & MWANGI 2004, S. 28).

MWANGI und WACHANGA stellten folgende Nullhypothesen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit (α) von 5% auf:

1. Es existiert kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen den Lernergebnissen von den Schülern mit Gruppenexperimenten und denen, die keine Gruppenexperimente durchgeführt haben.
2. Es existiert kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen den Lernergebnissen der weiblichen und männlichen Schüler, die alle Gruppenexperimente durchgeführt haben.
3. Es existiert kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen den Lernergebnissen von den weiblichen Schülern mit Gruppenexperimenten und denen ohne durchgeführte Gruppenexperimente.
4. Es existiert kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen den Lernergebnissen von den männlichen Schülern mit Gruppenexperimenten und denen ohne durchgeführte Gruppenexperimente.

5. Es existiert kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen den Lernergebnissen von den weiblichen Schülern in Mischklassen und denen in gleichgeschlechtlichen Klassen.
6. Es existiert kein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen den Lernergebnissen von den männlichen Schülern in Mischklassen und denen in gleichgeschlechtlichen Klassen. (vgl. WACHANGA & MWANGI 2004, S. 28)

Der konzeptionelle Ansatz der Studie wird in der folgenden Abbildung dargestellt. Hier wird deutlich, dass ebenso externe Variablen mit einbezogen wurden. Die unabhängigen Variablen waren Gruppenexperiment (*Cooperative Class Experiments*) und traditionell lehrerzentrierte Unterrichtskonzeptionen. Die Lernergebnisse der Schüler im Fach Chemie stellen die abhängige Variable dar.

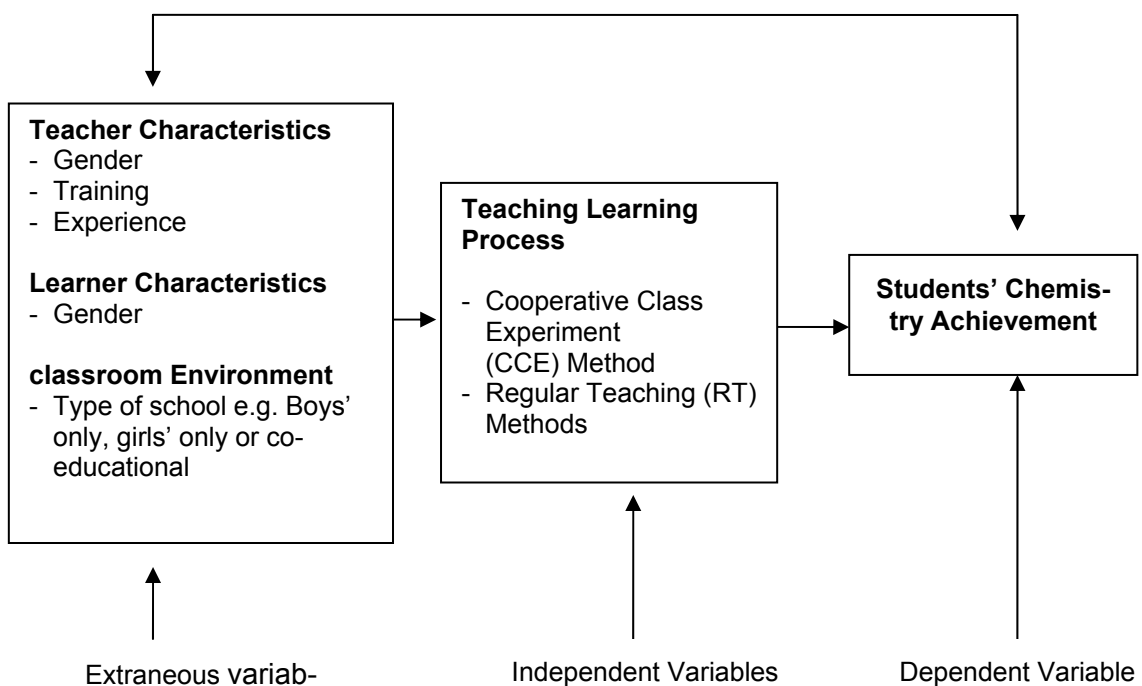


Abbildung 15: Konzeptioneller Ansatz der Studie (WACHANGA & MWANGI 2004, S. 28)

Den Autoren war es nicht möglich, bei der Zusammenstellung der Klassen Einfluss zu nehmen. Aus diesem Grund entschieden sie sich für die Solomon-Vier-Gruppen-Anordnung. Die Gruppe 1 als Experimentalgruppe erhielt einen Vortest, den Stimulus (= Gruppenexperiment) und einen Nachtest. Die Gruppe 2 hingegen fungierte als Kontrollgruppe und erhielt keinen Stimulus, d.h. sie wurde traditionell lehrerzentriert unterrichtet. Die Gruppen 3 und 4 folgten dem gleichen Schema wie die ersten beiden Gruppen, mit dem Unterschied, dass keine von beiden einen Vortest durchführen musste (vgl. WACHANGA & MWANGI 2004, S. 29).

Group 1 (N = 142)	O ₁	X	O ₂	(Experimental Group)
Group 2 (N = 129)	O ₃	X	O ₄	(Control Group)
Group 3 (N = 120)	*	X	O ₅	(Experimental Group)
Group 4 (N = 130)	*	*	O ₆	(Control Group)

Key: Pre-tests: O₁ and O₃; Posttests: O₂, O₄, O₅ and O₆; Treatment: X

Abbildung 16: Solomon 4 Gruppen Anordnung (Mwangi & Wachanga 2004, S. 29)

Alle einbezogenen Lernenden kamen aus dem Nakuru Bezirk in Kenia. Es wurde eine Stichprobe (*stratified random sample*) von 12 Schulen gebildet. Dabei handelte es sich um vier reine Jungenschulen, vier reine Mädchenschulen und vier gemischte Schulen. Allerdings sind nur Schulen berücksichtigt worden, die die räumlichen und materiellen Voraussetzungen zur Durchführung von chemischen Experimenten im Unterricht erfüllt haben. Um die interne Validität zu gewährleisten, wurden nur männliche Lehrer mit gleicher Erfahrung und Ausbildung und Schüler mit ungefähr gleichem Alter ausgewählt. Für die vier Schulen jeder Kategorie wurde per Zufallsverfahren entschieden, welche als Experimentalgruppe und welche als Kontrollgruppe fungiert, so dass jede Gruppe eine Jungen-, eine Mädchen- und eine gemischte Schule aufwies.

In den zwei Monaten vor dem Vortest erhielten die Schüler der Gruppen 1 und 3 von ihren Lehrern Training im kooperativen Lernen.

„Each week during five-week treatment period had one lesson of 80 minutes in which students performed experiments and one of 40 minutes in which they discussed the topic or performed additional experiments. Students in the control Groups 2 and 4 were taught through regular methods whose experiments involved teacher demonstrations” (WACHANGA & MWANGI 2004, S. 29 f.).

Als Test wurde ein 30-Fragen Chemie-Kurzantworttest (*Chemistry achievement test [CAT]*) verwendet. Vor der Studie wurde dieser in anderen Schulen, die ähnliche Charakteristika aufzeigten, aber nicht an der Studie teilgenommen haben, auf seine Validität getestet. Nachdem der Nachtest kurz nach dem Stimulus durchgeführt wurde, werten die Autoren die Ergebnisse mit der Kovarianzanalyse (ANCOVA) und einem T-Test als Signifikanztest aus.

Ergebnisse der Studie

Die Ergebnisse der Vortests zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe 1 und 2 und zwischen männlichen und weiblichen Schülern. Weiterhin machte der T-Test für unabhängige Stichproben deutlich, dass Schüler in den

gleichgeschlechtlichen Schulen bessere Ergebnisse beim Vortest erreichten als Schüler von gemischten Schulen. Die Eingangsunterschiede zwischen den Gruppen wurden mit Hilfe von einer Kovarianzanalyse (ANCOVA) korrigiert (vgl. WACHANGA & MWANGI 2004, S. 30).

Die Analyse der Daten ergab, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 3 sowie den Gruppen 2 und 4 nicht signifikant, aber die Mittelwerte der Gruppen 1 und 3 höher als die der beiden anderen Gruppen waren. Mit anderen Worten: Die Schüler mit Gruppenexperimenten erreichten bessere Ergebnisse als die Schüler, die traditionell lehrerzentriert unterrichtet wurden. Damit konnte die Hypothese (1) nicht bestätigt werden. Jedoch konnten die Gruppen 1 und 2 beide einen Lernzuwachs verzeichnen, wobei der Zuwachs der Gruppe 1 höher ausfiel. Zwischen den beiden Geschlechtern wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt, so dass die Hypothese (2) beibehalten werden konnte. Beim Vergleich der Mittelwerte der nur weiblichen Schüler erreichten ebenfalls diejenigen mit Experimentalunterricht bessere Ergebnisse. Daraus folgt, dass die Hypothese (3) verworfen werden konnte. Das Gleiche galt für die männlichen Schüler, es wurde die Hypothese (4) nicht bestätigt. Die Hypothese (5) hingegen wurde beibehalten, da die Unterschiede statistisch nicht signifikant waren. Bei den männlichen Schülern zeigte sich, dass die Schüler von gleichgeschlechtlichen Schulen signifikant höhere Mittelwerte erreichten als diejenigen von gemischten Schulen. Aus diesem Grund wurde die Hypothese (6) verworfen (vgl. WACHANGA & MWANGI 2004, S. 30 f.).

Insgesamt zeigten die Autoren durch ihre Studie, dass Gruppenexperimente als Unterrichtskonzeption im Vergleich zu traditionell lehrerzentrierten Unterrichtsmethoden leicht höhere Lernerfolge bei den Schülern erzielen können. Sie weisen jedoch gleichzeitig darauf hin, dass die Schüler Zeit benötigen, um sich Vorraussetzungen anzueignen, die sie bei kooperativen Konzeptionen wie dem untersuchten Gruppenexperiment benötigen. Aus diesem Grund sollte kooperatives Lernen Frontalunterricht nicht ausschließen. Vielmehr sollte er als Unterstützung bei der Vermittlung der nötigen Fähigkeiten für kooperatives Lernen in Betracht gezogen werden. Die Ergebnisse zeigten ebenso, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern bestehen. Beide profitieren gleichermaßen von Gruppenexperimenten. Der Schultyp scheint nur bei männlichen Schülern einen Einfluss zu haben, denn diejenigen in gleichgeschlechtlichen Schulen erreichten höhere Ergebnisse (vgl. WACHANGA & MWANGI 2004, S. 33 f.).

Die Redaktion vom *International Education Journal* – in dem diese Studie veröffentlicht wurde – verweist darauf, dass sie Zweifel an der statistisch korrekten Auswertung der Studie hat:

“As a consequence the findings reported in this otherwise excellently conducted and well-reported study must be viewed with some caution because the errors used in testing for statistical significance are inappropriately estimated” (WACHANGA & MWANGI 2004, S. 35).

7.1.4 Studie: *The relationship between school laboratory experiments and academic achievement of Palestinian students in introductory university science courses*

Hintergrund und Ansatz der Studie

EMUAS und SABRI untersuchten den Einfluss von Laborexperimenten in der Sekundarstufe auf die akademischen Leistungen von Studenten im Grundstudium in den Kursen Physik, Chemie oder Biologie (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 87 ff.). Diese Studie fand in West Bank Palästina statt. Es sollte der Nutzen von Experimenten im Unterricht im Hinblick auf den Einfluss auf die spätere akademische Ausbildung analysiert werden. Laut EMUAS und SABRI bedarf es einer ständigen Überprüfung, ob die durch das Experimentieren und den damit verbundenen höheren Kosten für Labore im Vergleich zu anderen Unterrichtskonzeptionen im naturwissenschaftlichen Unterricht gerechtfertigt sind (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 87).

Die Studie folgte dabei drei Fragestellungen:

1. Verbessert eine Erhöhung der Anzahl von Laborexperimenten in der Sekundarstufe die akademische Leistung in naturwissenschaftlichen universitären Lehrveranstaltungen?
2. Verbessert eine Erhöhung der Anzahl von Laborexperimenten in der Sekundarstufe in einem der naturwissenschaftlichen Fächer die akademische Leistung in den universitären Lehrveranstaltungen genau dieses Faches (der betreffenden Naturwissenschaft)?
3. Verbessert eine Erhöhung der Anzahl von Laborexperimenten im Lehrplan in der Sekundarstufe die Prognose von akademischen Ergebnissen in universitären Lehrveranstaltungen? (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 89)

Für die Untersuchung wählten EMUAS und SABRI den Nullhypothesen-Ansatz und stellten folgende Nullhypothesen auf:

1. Die Gesamtzahl der mit palästinischen Schülern der neunten bis zwölften Klassenstufe untersuchten Laborexperimente, hat keinen signifikanten Einfluss auf ihre akademischen Ergebnisse in universitären Einführungslaborkursen in den Fachrichtungen Physik, Chemie und Biologie.
2. Die Gesamtzahl, der mit palästinischen Schülern der neunten bis zwölften Klassenstufe untersuchten Laborexperimente hat keinen signifikanten Einfluss auf ihre akademischen Ergebnisse in universitären Einführungstheoriekursen in den Fachrichtungen Physik, Chemie und Biologie.

3. Die bei palästinischen Schülern der neunten bis zwölften Klassenstufe untersuchten Laborexperimente eines der naturwissenschaftlichen Fächer haben keinen signifikanten Einfluss auf ihre akademischen Ergebnisse in Theoriekursen dieser Fachrichtung (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 89).

In einen nächsten Schritt der Untersuchung wurde die Stichprobe ausgewählt. EMUAS und SABRI zogen für ihren Ansatz offizielle Erhebungen des Ministeriums für Bildung und der Birzeit Universität heran. Des Weiteren wurde der Lehrplan der Sekundarstufe analysiert. Aus der Gesamtpopulation wurde ein Sample genommen, wobei nur Studenten an der Birzeit Universität in der Untersuchung betrachtet wurden. Die zufällig ausgewählten 120 von 250 Erstsemesterstudenten der naturwissenschaftlichen Fachrichtungen im Jahre 1994 stellten das zu untersuchende Sample dar (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 90).

Es fand eine Befragung unter den ausgewählten Studenten statt, in der diese die Anzahl der durchgeführten Experimente in der Sekundarstufe identifizieren sollten. Zusätzlich wurde auf Grundlage der Rahmenlehrpläne eine Liste von Laborexperimenten erstellt, dabei wurden die Experimente in drei Gruppen aufgeteilt: Physikalische, Chemische und Biologische. Zudem wurden die akademischen Leistungsergebnisse der Studenten in den naturwissenschaftlichen Grundstudiumskursen an der Birzeit Universität ermittelt.

Für jede einzelne aufgestellte Hypothese umfasste die statistische Analyse die Berechnung der Korrelation (r) zwischen der Anzahl der Experimente in der Sekundarstufe und der akademischen Noten. Die Berechnung des Bestimmtheitsmaßes (r^2) gab Aufschluss über den Einfluss der Anzahl von Experimenten auf die akademischen Noten. Zudem wurden die Signifikanzniveaus der Korrelationskoeffizienten berechnet und eine Regressionsanalyse durchgeführt. Letzteres diente zur Bestimmung des erwarteten Wertes, wenn zusätzlich ein weiteres Experiment im Unterricht durchgeführt werden würde.

Ergebnisse der Studie

Die Berechnungen ergaben, dass die Hypothese (1) nicht bestätigt werden konnte, d.h. die Anzahl durchgeführter Experimente in der Sekundarstufe hat einen Einfluss auf die akademischen Leistungen in den Laborkursen an der Universität. Darüber hinaus zeigte die Regressionsanalyse, dass ein zusätzlich durchgeführtes Experiment die akademischen Leistungen zwischen 1,4 % und 1,9 % verbessern kann (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 90 f.).

Die Hypothese (2) musste ebenfalls verworfen werden, d.h. die Anzahl durchgeführter Experimenten besitzt auch einen Einfluss auf die akademische Leistung in den naturwissenschaftlichen Theoriekursen. Zudem zeigt die Regressionsanalyse, dass die akademische Leistung in den Theoriekursen zwischen 1,1 % und 2,6 % durch ein zusätzlich durchgeführtes Experiment verbessert werden kann (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 92 f.).

Die Hypothese (3) muss vorläufig beibehalten werden, da die Untersuchung ergab, dass einige Laborexperimente keinen Einfluss auf die akademischen Ergebnisse haben, andere wiederum einen Einfluss besitzen. Die Wahrscheinlichkeit war zu gering, um die Hypothese (3) zu verwerfen. Die Untersuchung gab keinen genauen Aufschluss über die aufgestellte Hypothese (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 92 f.).

Insgesamt dokumentieren die Ergebnisse dieser Studie, dass ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der durchgeführten Experimente in der Sekundarstufe und den akademischen Leistungen der Studenten in Labor- und Theoriekursen besteht. Es wurde festgestellt, dass Experimentieren als Unterrichtskonzept in der Sekundarstufe, einen Einfluss von 26 % bis zu 50 % auf die akademische Leistung besitzt. Jedoch ist der Einfluss auf die akademischen Leistungen in Laborkursen (41 %) höher als in den Theoriekursen (33 %). Gleichzeitig wird deutlich, dass die akademischen Leistungen zwischen 50 % und 74 % von anderen Faktoren, als vom Experimentieren selbst abhängen (vgl. EMUAS & SABRI 1999, S. 94).

7.1.5 Studie: The influence of teaching methods on student achievement on Virginia's End of Course Standards of Learning Test for Algebra I

Hintergrund und Ansatz der Studie

Der Anlass der Studie war das schlechte Abschneiden US-amerikanischer Schüler im Fach Mathematik im internationalen Vergleich. Als Reaktion darauf setzte die US-Regierung in den 90er Jahren eine Kampagne in Kraft, deren Ziel eine Verbesserung der Leistungen im Fach Mathematik in US-amerikanischen Schulen war. Neue Ansätze für die Curriculumentwicklung im Fach Mathematik gingen damit einher. Trotz der erkennbaren Erfolge wurden in einer Studie im Jahre 2000 deutlich, dass noch immer Handlungsbedarf besteht (vgl. HAAS 2002, S. 1 ff.).

Die hier dargestellte empirische Studie wurde ausschließlich in dem US-amerikanischen Bundesstaat Virginia durchgeführt. Ziel der Studie war es, den Einfluss verschiedener wissenschaftlich basierter Unterrichtskonzepte auf den Lernerfolg im Bereich der Algebra zu untersuchen. Dabei sollte die Wirksamkeit dieser Unterrichtskonzepte unter Berücksichtigung der festgelegten Standards in Virginia quantitativ ermittelt werden.

Die Grundlage für die Studie bildete eine Meta-Literaturrecherche. Diese Meta-Analyse beinhaltete wissenschaftliche Veröffentlichungen von 1980 bis 2001, die sich mit Unterrichtsmethoden für Algebra im Sekundarbereich beschäftigten. Die ausgewählten Untersuchungen wurden im Anschluss ausgewertet, dabei wurden die Unterrichtskonzepte in sechs Kategorien unterschieden:

1. *Cooperative Learning* (kooperatives Lernen der Schüler zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels)
2. *Communication and Study Skills* (Entwicklung von Lese- und Studierfertigkeiten, sowie Disposition zur verbalen und schriftlichen Kommunikation von mathematischen Vorstellungen)
3. *Technology Aided Instruction* (Entwicklung der Fähigkeit und Fertigkeit mit computerunterstützter Software und/oder Taschenrechnern umzugehen)
4. *Problem-based Learning* (problemorientiertes Lernen)
5. *Manipulatives, Models, and Multiple Representations* (Vermittlung von Techniken zur Entwicklung und Manipulation von algebraischen Inhalten und Prozessen)

6. *Direct Instruction* (Direkte Instruktion, Lehrer geleiteter Unterricht)
(vgl. HAAS 2002, S. 33)

Die Kategorien schließen sich nicht völlig aus, d.h. es war dem Autor bewusst, dass Überschneidungsbereiche der Kategorien existieren.

In einem nächsten Schritt wurden die Effektgrößen (*effect size*) ermittelt. Die Effektgröße ist das Verhältnis der Differenz der Mittelwerte der Experimental- und der Kontrollgruppe sowie der Standardabweichung von der Kontrollgruppe unter der Annahme der Varianzgleichheit zwischen den beiden Gruppen. Dadurch können verschiedene Studien auf Grundlage der Effektgröße miteinander verglichen werden. Jede Kategorie wies eine positive Effektgröße auf, dabei offenbarte *Direct Instruction* die höchste Effektivität (vgl. HAAS 2002, S. 35 ff.).

Als nächstes wurde unter folgender Fragestellung die empirische Untersuchung durchgeführt: Zu welchem Grad und in welcher Weise hängen die Testergebnisse in Algebra I von den Unterrichtskonzepten der sechs identifizierten Kategorien ab? Als Test wurde der so genannte *End of Course Standards of Learning (SOL) Test for Algebra I* zur Messung des Lernerfolgs eingesetzt. Die Studie wurde in einer von acht Regionen im Bundesstaat Virginia durchgeführt. Diese unterteilte sich in 19 Schulbezirke, von denen sieben als Untersuchungsstandorte durch ein Zufallsverfahren ausgewählt wurden. Es nahmen 53 Lehrer, die Algebra I unterrichteten, an der Studie teil. Sie stellten die Stichproben dar. Für die Datenerfassung wurde ein Fragebogen entwickelt, der Aufschluss über die Häufigkeit der Anwendung der ausgewählten Methoden im Unterricht jedes einzelnen Lehrers geben sollte. Die Lehrer gaben die Häufigkeit der Anwendung des Unterrichtskonzepts in fünf Unterrichtsstunden an. Das Untersuchungsdesign ermöglichte eine statistische Bewertung der Häufigkeit der angewandten Unterrichtskonzepte. Des Weiteren wurden die Ergebnisse des *End of Course Standards of Learning (SOL) Test for Algebra I* aus dem Jahr 2002 herangezogen. Für die statistische Auswertung der gesammelten Daten wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse des Fragebogens und des Tests ermittelt, um eine hierarchische multiple Regressionsanalyse durchzuführen. Diese zeigte, zu welchem Grad und in welcher Weise die Anwendung jeder einzelnen Unterrichtskonzeption die Testergebnisse der Schüler beeinflusste (vgl. HAAS 2002, S. 70 ff.).

Folgend kann der Untersuchungsansatz von HAAS (2002) dargestellt werden, es wurde zunächst eine Meta-Analyse in Form einer Literaturrecherche durchgeführt. Auf Grund der Ergebnisse der Literaturrecherche wurden sechs Kategorien von Unterrichtskonzeptionen festgelegt. Diese Kategorien bildeten die Basis für den Fragebogen, der die

Häufigkeit der Anwendung im Unterricht quantitativ ermittelt hat. Die abhängige Variable waren die Testergebnisse der Schüler. Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wurden die Daten ausgewertet.

Ergebnisse der Studie

Die Tabelle *Descriptive Statistics for Participating Algebra I Teachers* gibt ein Überblick über Ergebnisse der Befragung der Lehrer. Die durchschnittliche Erfahrung der untersuchten Lehrer betrug 9,32 Jahre. Aufgelistet sind ebenso die verschiedenen Schultypen, Unterrichtsformen und die prozentuale Anzahl der untersuchten Lehrer in den einzelnen Schultypen. Die Befragung der Lehrer ergab, dass *Direct Instruction* (DI) mit 3,75 am häufigsten angewendet wurde, gefolgt von *Technology Aided Instruction* (TAI) mit 3,2 usw.

Tabelle 6: *Descriptive Statistics for Participating Algebra I Teachers (n=53) (HAAS 2002, S. 82)*

Characteristic		M or %	SD
Years of Experience Teaching Algebra I in Virginia		9.32	8.89
School Grade Level	Middle School	20.8%	-
	High School	79.2%	
School Schedule Type	Alternating Day Block	-	-
	4 x 4 Block	37.7%	
	Seven Period Day	62.3%	
Credit Value for Class Taught	One Credit	83%	-
	Two Credits	17%	
Scale Score for the End of Course SOL Test for Algebra I		438.01	32.67
Frequency of Use of Cooperative Learning		2.63*	0.98
Frequency of Use of Communication and Study Skills		3.08*	1.07
Frequency of Use of Technology Aided Instruction		3.20*	0.95
Frequency of Use of Problem-Based Learning		2.66*	1.08
Frequency of Use of Manipulatives, Models and Multiple Representations		2.56*	0.95
Frequency of Use of Direct Instruction		3.75*	0.75

*Represents the mean number of times teachers used this method, given five typical class periods (0-5)

Die Korrelation zwischen den Testergebnissen, den Unterrichtskonzepten und den Charakteristika der untersuchten Lehrer sind in der *Correlational Matrix* dargestellt. Es wird deutlich, dass die Unterrichtskonzeption eine statistisch signifikante positive Korrelation aufwies, wobei *Communication and Study Skills* (CS) und *Problem-based learning* (PBL) die stärkste Korrelation unter den Unterrichtskonzeptionen besaßen. Von allen Unterrichtskonzepten offenbart *Direct Instruction* (DI) die geringste Korrelation mit allen anderen Methoden, aber die stärkste mit den Testergebnissen (siehe auch Tabelle *Rank Comparisons of Teaching Method Categories from Meta-Analysis to Regression Analysis*).

Tabelle 7: *Correlational Matrix for Mean End of Course Algebra I Test Scores, Teaching Method Category, and Background Characteristics of Participants (n=53) (HAAS 2002, S. 86)*

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Mean SOL Test Score	–										
2. CL	.09	–									
3. CS	-.01	.54**	–								
4. TAI	.19	.30*	.54**	–							
5. PBL	.10	.52**	.68**	.43**	–						
6. MMR	.002	.43**	.64**	.39**	.65**	–					
7. DI	.18	.33*	.38*	.32*	.41*	.35*	–				
8. Years Experience	.23	.16	.14	.13	.08	.17	.16	–			
9. School Level (0-middle school; 1-high school)	.63**	.05	-.15	-.20	-.12	-.07	-.08	-.01	–		
10. Schedule Type (0-4x4 Block; 1-7Period)	-.19	.06	.09	-.17	-.006	.06	.18	.02	-.01	–	
11. Credit Value of Class (1or2)	-.46**	-.19	-.006	-.04	-.21	-.05	-.15	-.22	.23	.04	–

* Significant at $p < .05$

** Significant at $p < .01$

CL Cooperative Learning

CS Communication and Study Skills

TAI Technologie Aided Instruction

PBL Problem-Based Learning

MMR Manipulatives, Models, and Multiple Representations

DI Direct Instruction

Die Tabelle *Rank Comparisons of Teaching Method Categories from Meta-Analysis to Regression Analysis* zeigt die einzelnen Unterrichtskonzepte klassifiziert nach ihrer Effektivität (1 = höchste Effektivität) in der Meta-Analyse und in der Regressionsanalyse. Es wird deutlich, dass die Ergebnisse der Meta-Analyse und der Regressionsana-

lyse einige Unterschiede aufzeigen. Die Ergebnisse legten dar, dass alle einbezogenen Lehrer alle sechs verschiedenen Unterrichtskonzepte im Unterricht anwenden. *Direct Instruction* (DI) hatte die höchste Effektgröße in der Meta-Analyse. Die größte Veränderung im Rangplatz im Vergleich der beiden Analysen wies *Technology Aided Instruction* (TAI) auf. In der Regressionsanalyse belegte sie den ersten Platz, d.h. die Schüler, die am häufigsten im Unterricht mit diesem Konzept unterrichtet wurden, erzielten sehr hohe Lernergebnisse. Es wurde auch festgestellt, dass 9,7 % der Varianz der Mittelwerte der Testergebnisse (SOL Test) durch die Unterrichtsmethoden begründet werden kann.

Tabelle 8: Rank Comparisons of Teaching Method Categories from Meta-Analysis to Regression Analysis (HAAS 2002, S. 47)

Place (Strongest First)	Meta-Analysis "Good" Studies	Regression Analysis
1	Direct Instruction	Technology Aided Instruction
2	Problem-Based Learning	Direct Instruction
3	Technology Aided Instruction	Problem-Based Learning
4	Cooperative Learning	Cooperative Learning
5	Manipulatives, Models, and Multiple Representations	Communication and Study Skills
6	Communication and Study Skills	Manipulatives, Models, and Multiple Representations

Der Autor dieser Studie (HAAS) leitet aus den Ergebnissen ab, dass *Direct instruction* (DI), *Problem-based Learning* (PBL) und *Technology Aided Instruction* (TAI) mehr Priorität im Unterricht gegeben werden sollte. Diese Unterrichtskonzepte sollten die Grundlage für die Vermittlung von Wissen und Fertigkeiten bilden. Es wurde deutlich, dass Unterrichtskonzepte einen entscheidenden Einfluss auf Lernergebnisse haben können. Nichtsdestotrotz hat die Studie auch gezeigt, dass noch viele andere Faktoren eine wesentlich entscheidende Rolle spielen und damit ebenfalls von Bedeutung sind.

Für künftige Studien kann daraus abgeleitet werden, dass bei der Untersuchung von Effekten methodischer Konzeptionen die Rahmenbedingungen möglichst kontrolliert werden sollten. Wenn dies nicht möglich ist, ist zumindest eine aufschlussreiche Dokumentation erforderlich.

7.2 Schlussfolgerungen aus der Analyse zusammengefasster Studien

Es scheint eine relevante Fragestellung für internationale Forscherteams zu sein, den „Wert“ des Experiments als methodische Konzeption für die Gestaltung von Unterricht zu bestimmen. Dabei ist sehr bemerkenswert, dass sich Forschungen in sehr unterschiedlichen Ländern, vom Entwicklungsland bis zum Industrieland, mit dieser Frage auseinandersetzen.

Die Analyse von Untersuchungen zu dieser Forschungsfrage hatte zum einen zum Ziel, den internationalen Forschungsstand zu erkunden. Zum anderen sollten Konsequenzen für den konzeptionellen Ansatz der eigenen Studie zum experimentierenden Lernen in der Bautechnik abgeleitet werden. Die Konsequenzen für das Design der eigenen Studie können wie folgt dargelegt werden.

Die Analyse der hier zusammengefassten empirischen Studien zeigt u. a., dass die untersuchten Konzepte häufig begrifflich nicht hinreichend bestimmt sind, z. B. die methodische Konzeption, die LIGHTSEY (2000) dem Vorlesungstyp gegenüberstellt, bezeichnet er als Experiment bzw. als experimentelle Instruktion. Analysiert man, was der Autor darunter versteht, dann kommen Zweifel an der hinreichenden Bestimmung der methodischen Konzeption auf. Seine methodische Konzeption beschreibend hält er fest: „The students [...] were required to plan, design, build and then test a vehicle based on a set of performance requirements“ (LIGHTSEY 2000, S. 5). Diese methodische Konzeption erfüllt durchaus auch die Kriterien eines Projekts. Es wäre daher angemessen, von einem Projekt mit experimenteller Prägung zu sprechen.

Die Befundlage zum Einfluss des Experimentierens auf den Lernerfolg ist uneinheitlich und teilweise sehr widersprüchlich. Die Tendenz zeigt jedoch, dass ein Experimentalunterricht auf den Lernerfolg einen positiven Einfluss ausübt (vgl. LIGHTSEY 2000; DICKIE, 2000; WACHANGA & MWANGI, 2004).

Eine mögliche Erklärung für diese sehr differierenden Forschungsergebnisse ist, dass der „Lernerfolg“ nur sehr vage bestimmt ist, d.h. was als Lernerfolg betrachtet und letztlich gemessen wird, ist nicht hinreichend definiert. Daher ist es in weiterführenden Studien unbedingt erforderlich, den Lernerfolg differenzierter zu betrachten.

Ferner zeigte sich, dass Einflüsse, die außerhalb des Unterrichtskonzepts liegen, ebenfalls von großer Bedeutung sein können.

Die Konsequenzen für den Ansatz der empirischen Studie zum experimentierenden Lernen in der Bautechnik können wie folgt zusammengefasst werden: Es bedarf einer hinreichenden begrifflichen Bestimmung des im Zentrum der Studie stehenden Unter-

richtskonzepts. (Die begriffliche Fixierung des untersuchten Konzepts der Arbeit erfolgte in Kapitel 5.1)

Weiterhin bedarf es einer differenzierten Betrachtung des Lernerfolgs. D.h. es ist ein methodischer Ansatz von Nöten, um den Lernerfolg spezifischer zu erfassen, denn es hatte sich sehr deutlich gezeigt, dass eine „pauschale“ Proklamation von „Lernerfolg“ zu wenig brauchbaren Ergebnissen führt. Folglich bedient sich der Autor eines differenzierten Konzeptes der Ausweisung des Lernerfolgs.

Da sich ebenfalls zeigte, dass Einflüsse außerhalb der Unterrichtskonzeption von Bedeutung sind, ist Wert darauf zu legen, weitere Einflüsse zu erfassen bzw. zu kontrollieren.

8 Konzeption der Studie und Einordnung in die berufsbezogene Kompetenzforschung

8.1 Bildungspolitische Rahmenbedingungen

Im Mai 1972 vereinbarten die Bundesregierung und die Kultusminister der Länder das Verfahren zur Abstimmung von Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrplänen im Bereich der beruflichen Bildung. Seitdem wurden nach diesem Verfahren der überwiegende Teil der anerkannten Ausbildungsberufe neu geordnet. Ziel der Neuordnungsprozesse ist es, das (duale) Ausbildungssystem den wirtschaftlichen Veränderungen und technologischen Entwicklungen strukturell und inhaltlich anzupassen (vgl. KMK FORDERUNGSKATALOG 2003, S. 4).

Unternehmen, Institutionen der Wirtschaft, Gewerkschaften und der Bund sowie die Länder sehen im dualen System der Berufsausbildung ein unverzichtbares Instrument zur Gewinnung und Sicherstellung des Bedarfs an Fach- und Führungskräften in Wirtschaft und Verwaltung. Die internationale Wettbewerbsfähigkeit wird durch dieses Qualifizierungssystem entscheidend geprägt und begünstigt. Die Globalisierung der Wirtschaft, die Entwicklung und die dynamischen Veränderungen in den Berufsbildern stellen auch im europäischen Rahmen hohe Anforderungen an eine zeitgemäße Berufsausbildung (vgl. KMK FORDERUNGSKATALOG 2003, S. 2).

Die Kultusministerkonferenz (KMK) formulierte bereits 1991 in der Rahmenvereinbarung über die Berufsschule ihre Aufgaben und Ziele. Sie hat die Aufgabe, neben einem allgemeinen Bildungsauftrag auch beruflichen Anforderungen Rechnung zu tragen. Die Berufsschule hat demnach das Ziel, die Lernenden für Aufgaben im Berufsleben sowie zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und der gesellschaftlichen Entwicklung in sozialer und ökologischer Verantwortung zu befähigen, d.h. die Berufsschule hat im Besonderen auch die Aufgabe, entsprechende die Rahmenbedingungen für die Entwicklung einer Berufsfähigkeit seitens der Lernenden zur Verfügung zu stellen, um Fachkompetenz mit allgemeinen Fähigkeiten humaner und sozialer Art zu verbinden. Diese Ziele werden u. a. durch Unterricht umgesetzt, der an einer für ihre Aufgaben spezifischen, handlungsorientierten Methodenkonzeption ausgerichtet ist und unter Berücksichtigung notwendiger beruflicher Spezialisierung berufs- und berufsfeldübergreifende Qualifikationen vermittelt (vgl. KMK/RAHMENVEREINBARUNG ÜBER DIE BERUFSSCHULE 1991, S. 2 ff.).

Um den erhobenen Forderungen Rechnung zu tragen, wurde in den Neuordnungen der Berufsausbildung die bisherige Fächersystematik zugunsten (handlungsorientierter) Lernfelder aufgegeben (die Konsequenzen der Neuordnung für die Stufenausbil-

derung der Bauwirtschaft 1999 wurden im Kapitel 2 tiefer gehend diskutiert). Lernfelder sind inhaltlich ausgerichtet an konkreten beruflichen Aufgabenstellungen und Handlungsabläufen, d.h. der Berufsschulunterricht findet nicht mehr in einzelnen fachsystematischen Strukturen statt, sondern es werden fachsystematische Inhalte durch ihre Verbindung mit beruflichen Arbeitsprozessen vermittelt. Im Unterricht, der diesen Grundsätzen folgt, wird die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz in den Vordergrund gestellt.

Die methodische Umsetzung eines Unterrichts, der diesen Prämissen Rechnung trägt, ist in einschlägigen Dokumenten nicht explizit geregelt. „Der Rahmenlehrplan enthält keine methodischen Vorgaben für den Unterricht. Selbstständiges und verantwortungsbewusstes Denken und Handeln wird vorzugsweise in solchen Unterrichtsformen vermittelt, in denen es Teil des methodischen Gesamtkonzeptes ist. Dabei kann grundsätzlich jedes methodische Vorgehen zum Erreichen des Zieles beitragen; Methoden, welche Handlungskompetenz unmittelbar fördern, sind besonders geeignet und sollten deshalb in der Unterrichtsgestaltung angemessen berücksichtigt werden“ (KMK/RLP BGJ 1999, S. 2).

Dem entsprechend stehen handlungsorientierte Unterrichtskonzeptionen im Mittelpunkt einer fachdidaktischen Diskussion. Problematisch ist in diesem Kontext jedoch, dass verglichen mit der Literaturlage zur Diskussion über Probleme der Theoriebildung hinsichtlich der Förderung und Entwicklung einer beruflichen Handlungskompetenz durch entsprechende methodische Ansätze nur in geringem Umfang adäquate Evaluationen-ergebnisse handlungsorientierter Lernprozesse in gewerblich-technischen Bereichen vorliegen. „Oftmals bleiben die Vermittlungsmethoden generell den Nachweis schuldig, ob und in welchem Umfang sie solche Ziele erreichen“ (JENEWEIN & RICHTER 2001, S. 325).

Es ist Anliegen der Arbeit, einen wissenschaftlichen Beitrag zur Evaluation von handlungsorientiertem Lernen zu leisten, um fundierte Ergebnisse für die derzeitige Debatte zu den Effekten handlungsorientierter Methodenkonzeptionen voranzutreiben.

8.2 Bezugskompetenzmodell der Studie

8.2.1 Begründung des theoretischen Bezugsrahmens

Ein zentraler Begriff in den Neuordnungsprozessen ist die Arbeitsprozessorientierung. Die Arbeitsprozessorientierung dient in den KMK-Rahmenlehrplänen dazu, für die Arbeit in der Berufsschule die Zielstellung, das Lernen im Kontext von fachsystematisch strukturierten Inhalten zugunsten eines Lernens an Inhalten, die auf Arbeitsprozesse gerichtet sind, zu überwinden.

„Als Modellvorstellung wird angenommen, dass berufliche Handlungskompetenz sich im denkenden und handelnden Umgang mit Technik in den Phasen Planen, Entwickeln, Fertigen, Verteilen, Nutzen, Beseitigen entfaltet und dass diese Handlungskompetenz sich insbesondere im Prozess theoretischer Aufklärung und Anleitung von Praxis entwickelt“ (MÜLLER & BADER 2004, S. 82 ff.). Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass sich dieser Prozess in den Dimensionen des Verstehens von Technik und des Gestaltens von Technik sowie in deren Verknüpfung vollzieht (vgl. MÜLLER & BADER 2004, S. 84).

Die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz bedeutet demzufolge, einen Prozess der Aneignung von Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten bis zum Niveau theoriegeleiteten, selbstständigen sowie verantwortungsbewussten Verstehens und Gestaltens von Technik zu initiieren (vgl. MÜLLER & BADER 2004, S. 84).

Die Übertragung des dargelegten Grundverständnisses auf ein Kompetenzmodell zieht nach sich, dass es eines Ansatzes bedarf, der über fachlich-deklaratives Wissen hinausgehende Dimensionen reflektiert, d.h. es bedarf eines Ansatzes, welcher die fachlichen Aspekte der Kompetenz angemessen akzentuiert und differenziert darstellt und betrachtet.

Es ist in diesem Kontext ferner zu berücksichtigen, dass es Anliegen der Arbeit ist, ein unter fachdidaktischen Gesichtspunkten entwickeltes Experimentalkonzept, das auf die spezifischen Belange der Holz- und Bautechnik abgestimmt ist, zu evaluieren. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass sich eine Evaluation differenziert auf fachliche Dimensionen der Handlungskompetenz konzentrieren muss.

Insgesamt liegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur wenige empirische Befunde vor, welche die Effekte eines handlungsorientierten Lernens im beruflichen Kontext in Deutschland dokumentieren. Eine Vorreiterrolle kommt in diesem Zusammenhang einer Forschergruppe um NICKOLAUS zu. Diese hat in jüngerer Vergangenheit einige Studien durchgeführt, die Diskussionen zu Effekten des handlungsorientierten Lernens

stark geprägt haben. Als Untersuchungsansatz dient ein fachlich akzentuiertes Kompetenzmodell. Das Kompetenzmodell der Arbeitsgruppe um NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL differenziert die berufliche Handlungskompetenz in folgende Komponenten wie:

- deklaratives Wissen (d. h. sachstrukturelles Wissen) und damit Entwicklung einerseits von Wissenselementen und andererseits die Vertiefung des Wissens im Sinne einer stärkeren Vernetzung;
- prozedurales Wissen (d. h. methodisches Verfahrenswissen), welche gegebenenfalls situationsspezifisch anzupassen und zu spezifizieren ist;
- die Fähigkeit, problemhaltige, fachspezifische Aufgaben adäquat zu lösen (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN & KNÖLL 2005, S. 60).

Für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Studie wird dieses Modell zu Grunde gelegt.

Das Kompetenzmodell von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL wird herangezogen, da es:

- die Prämissen der beruflichen Handlungskompetenz hinsichtlich des denkenden und handelnden Umgangs mit Technik angemessen aufgreift. (Dem Grundsatz der Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz, die sich auf das Handeln im Umgang mit Technik konzentriert, wird durch die Betonung des prozeduralen Wissens und die Fähigkeit, problemhaltige, fachspezifische Aufgaben adäquat zu lösen, im Modell von Nickolaus, Heinzmann und Knöll entsprochen.)
- dem Evaluationsgegenstand – das entwickelte fachlich akzentuierte Experimentalkonzept für die beruflichen Fachrichtungen Holz- und Bautechnik – Rechnung trägt.¹
- die Einordnung der Untersuchungsergebnisse in den spezifisch deutschen aktuellen Forschungskontext bzw. eine Vergleichbarkeit zu den Pionierstudien von Nickolaus, Heinzmann und Knöll ermöglicht.

* Die Konzentration auf fachliche Aspekte muss jedoch auch kritisch diskutiert werden.

Das zu Grunde gelegte Kompetenzmodell von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL fokussiert die fachlichen Komponenten der beruflichen Handlungskompetenz: deklaratives und prozedurales Wissen sowie die Problemlösefähigkeit. Damit werden Komponenten der beruflichen Handlungskompetenz, wie z. B. Humankompetenz und Sozialkompetenz entsprechend des Kompetenzmodells von BADER (vgl. BADER 1989,

¹ Die Konzentration auf fachliche Aspekte muss jedoch auch kritisch diskutiert werden.

S. 75), nur randständig betrachtet, was als Defizit zu werten ist. Gleichzeitig weist der Ansatz von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL den Vorteil auf, dass die fachlichen Komponenten der beruflichen Handlungskompetenz sehr differenziert betrachtet werden. Die analytische Betrachtung der fachlichen Komponenten der beruflichen Handlungskompetenz als Konstrukt, welches sich aus deklarativen und prozeduralen Wissen sowie aus der Problemlösefähigkeit konstruiert, erlaubt im Rahmen dieser Studie eine sehr differenzierte Betrachtung der erzielten Lernerfolge und damit der Effekte der entwickelten Experimente. Die Konzentration auf die fachlichen Komponenten dieses Modells ist im Rahmen von wissenschaftlichen Untersuchungen legitim, da im Sinne der Durchführbarkeit und Klarheit von empirischen Studien auch Betrachtungsgrenzen gesetzt werden dürfen bzw. auch gesetzt werden müssen.

Es wird daher das Modell von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL dieser Studie zu Grunde gelegt, obwohl sich der Autor darüber bewusst ist, dass in diesem Modell nur die fachlichen Komponenten – die dafür aber sehr differenziert – der beruflichen Handlungskompetenz betrachtet werden.

Eine Analyse des Kompetenzmodells der Autoren verdeutlicht, dass eine Anlehnung an Modellvorstellungen der ACT*-Theorie erfolgt. Für eine weiterreichende Betrachtung der Dimensionen des Kompetenzmodells wird im Folgenden die ACT*-Theorie nach ANDERSON (1983) in Bezug auf die Entwicklung des deklarativen und prozeduralen Wissens sowie des Problemlösungswissens dargelegt und diskutiert.

8.2.2 Kognitionspsychologischer Ansatz der Studie

8.2.2.1 Grundgedanke der ACT-Theorie*

Die ACT*-Theorie des amerikanischen Kognitionspsychologen ANDERSON wird zu den bekanntesten informationstheoretisch orientierten Modellvorstellungen der Kognitionsforschung gezählt. Sie arbeitet auf der Basis von kognitiven Leistungen des Menschen wie Lernen, Denkvorgängen, Behalten, Vergessen, Problemlösen u.a.m. Diese Theorie ist von vielen Autoren aufgegriffen und weiterentwickelt worden z. B. KIERA & BOVAIR 1986, SINGLEY & ANDERSON 1989. ACT steht in diesem Zusammenhang für *Adaptive Control of Thought*. (*) besagt, dass es sich um eine Weiterentwicklung der ACT-Basistheorie handelt.

ANDERSON baut sein theoretisches Modell auf der kognitiven Struktur des menschlichen Gedächtnisses auf. Die Prämisse ist, dass die Unterteilung des Gedächtnisses in deklaratives und prozedurales Wissen vorgenommen wird. Im deklarativen Teil des Gedächtnisses wird das Faktenwissen gespeichert, im prozeduralen Teil das Handlungswissen. Anderson hebt darüber hinaus auch die Existenz eines Arbeitsgedäch-

nisses hervor. Es enthält alle Informationen, die zur aktuellen Informationsverarbeitung erforderlich werden.

Das deklarative Gedächtnis (*declarative memory*) speichert Wissen in Form eines semantischen Netzwerks. Die jeweiligen kognitiven Einheiten repräsentieren die Knoten des Netzwerks. Zwischen diesen kognitiven Elementen bestehen semantische Relationen. Jedem Knoten im semantischen Netzwerk ist ein bestimmter Stärkewert zugeordnet, der durch die Verwendungshäufigkeit des Knotens bestimmt wird. Parallel mit der Erhöhung der Aktivität eines Knotens wird auch der Aktivitätszustand der Verbindungslinien zwischen den Knoten erhöht.

Das prozedurale Gedächtnis (*production memory*) speichert Wissen in Form von modularen, d.h. von unabhängigen Produktionsregeln. Die Repräsentation des Handlungswissens erfolgt entsprechend dem in der informationstheoretisch ausgerichteten Psychologie weit verbreiteten Ansatz der Produktionsregeln: Es besteht folglich aus Aktionsteil und Bedingungsteil. Die Produktionsregeln korrespondieren damit mit dem deklarativen Wissen. Sie steuern den Informationsfluss zwischen Arbeitsgedächtnis (*working memory*) und dem Langzeitgedächtnis. Das prozedurale Gedächtnis ist ähnlich dem deklarativen als Netzwerkstruktur aufgebaut. Die Knoten des Netzwerks stellen die einzelnen Bedingungen der Produktionsregeln dar.

Performance (Verhaltensausführung) bezeichnet die im Arbeitsgedächtnis vorliegenden Aktionsteile von Produktionsregeln, die in Verhaltensausführungen (Handlungen) umgesetzt werden.

8.2.2.2 Wissensstrukturen und Problemlösefähigkeit

ANDERSONS Theorie hebt hervor, dass der Erwerb von Problemlösefähigkeit durch den Erwerb und die Modifizierung prozeduraler Wissensstrukturen zu erklären ist. Die Entwicklung prozeduralen Wissens unterscheidet sich stark von der Entwicklung des deklarativem Wissens, das Aneignen von Fakten oder Sachverhalten etc. Die Entwicklung von prozeduralem Wissen ist ein sukzessiver Prozess, der nur durch Lernen in Handlungen erfolgen kann (vgl. ANDERSON 1983, S. 215).

Diese Aussage wird durch ANDERSONS empirische Untersuchungen bekräftigt (Anderson 1996, S. 274). In seinen Untersuchungen, die sich auf das Lösen von Geometrie-problemen bezogen, zeigt sich, dass erst mit zunehmender Anzahl von bearbeiteten Problemen die Bearbeitungszeit für die Problemlösung sank. Ein Zusammenhang zwischen Bearbeitungszeit und Anzahl der bereits gelösten Probleme ist ablesbar.

Die didaktische Konsequenz der ACT*-Theorie ist, dass prozedurales Wissen nur durch Handeln entwickelt werden kann (vgl. ANDERSON 1983, S. 215). In diesem Punkt wird ein unmittelbarer Bezug zu dem aktuellen didaktischen Ansatz des handlungsorientierten Lernens in der beruflichen Bildung deutlich.

Die Entwicklung einer Problemlösefähigkeit kann laut der ACT*-Theorie in drei Phasen gegliedert werden. Der Erwerb von deklarativem und problemrelevantem Wissen stellt die Grundlage für diesen Prozess dar. Dieser Phase folgt die Wissenskompilierung, in der durch häufige Anwendung Prozeduren entwickelt werden. Die dritte Phase umfasst die Modifizierung und Optimierung der Wissensstrukturen.

Phase 1

Der deklarativen Enkodierung des Wissens folgt die Speicherung von deklarativen Wissens-elementen und die Aktivierung semantisch verwandter Knoten im Gedächtnis, d.h. der Lernende nimmt Informationen, die er als wichtig für den Problemlösevorgang erachtet, in sein Arbeitsgedächtnis auf. Diese Wissens-elemente stellen nun Aktivationsquellen dar, von denen ausgehend die Aktivierung semantisch verwandter Knoten des deklarativen Netzwerks erfolgt. Eine Aktivierung von Wissens-elementen des deklarativen Netzwerks, die im direkten Zusammenhang mit den neu erworbenen Wissens-elementen stehen, folgt. Das Ergebnis dieses Prozesses ist die Verknüpfung von gespeichertem Wissen mit den neu enkodierten Informationselementen im Arbeitsgedächtnis. In einem zweiten Schritt erfolgt der Vergleich zwischen den Bedin-

gungsteilen (Wenn-Teil) der Produktionsregeln im prozeduralen Gedächtnisteil und den Inhalten des Arbeitsgedächtnisses. ANDERSON bezeichnet diesen Prozess der Informationsverarbeitung als *pattern matching*. Die Anwendung einer bestimmten Produktionsregel hängt davon ab, inwieweit die Bedingungskomponente mit der deklarativen Datenstruktur übereinstimmt.

Der Aktionsteil der ausgewählten Produktionsregel wird in das Arbeitsgedächtnis übertragen und in eine Anwendung überführt (motorische Umsetzung); es wird eine Aktion ausgeführt. Die allgemeinen Produktionsregeln wenden das im Arbeitsgedächtnis vorhandene deklarative Wissen an, um ein Problem zu lösen. Diese Anwendung erfolgt in Etappen. Der Lerner ist gezwungen, das deklarativ gespeicherte Wissen auf einen neuen Sachverhalt zu übertragen.

Phase 2

Diese Phase der Wissenskompilierung (*knowledge compilation*) beschreibt den Aufbau von speziellen Prozeduren, in denen das deklarative Wissen zusammen mit den Operationen herausgebildet wird. Diese erlauben eine schnellere Wissensanwendung. Es muss in diesem Zusammenhang darauf verwiesen werden, dass nur eine erfolgreiche Anwendung der neu erworbenen Wissens Elemente zum Aufbau neuer Prozeduren führt.

Die Kombination erfolgt, wenn zwei oder mehrere Produktionsregeln, die in fester Reihenfolge angewendet und zu einer einzigen zusammengefasst werden. Es werden hier Bedingungsteile (Wenn-Teile) der einzelnen Regeln durch Konjunktion/Disjunktion miteinander verbunden. Der Aktionsteil (Dann-Teil) umfasst alle Einzelaktionen der Ausgangsproduktionen von Zwischenzielen.

Die Prozeduralisierung ist ein Bestandteil der Wissenskompilierung, bei dem deklarative Informationen, die sonst aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden müssten, direkt in die Produktionsregel integriert werden. Damit kann eine bedeutend schnellere Ausführung der Produktionsregel erfolgen.

Phase 3

Diese wird Phase der Wissensoptimierung (*tuning production*) bezeichnet. Es werden alle Vorgänge in dieser Phase zusammengefasst, die zu einer fortlaufenden Verbesserung der erworbenen Fertigkeiten durch Optimierung der Produktionsregeln führen. ANDERSON beschreibt diesen Optimierungseffekt mittels drei Mechanismen: Generalisation, Diskrimination und Verstärkung.

Generalisation bezeichnet den Prozess der Verallgemeinerung von Produktionsregeln. Eine neue Produktionsregel fasst die Gemeinsamkeiten von einzelnen Produktionsregeln zusammen. Ein spezielles Objekt wird in der Regel durch eine allgemeine Variable ersetzt, die dann mit unterschiedlichen Werten bzw. Aufgaben belegt werden kann.

Diskrimination ist ein Prozess, der der Generalisation gegenübersteht. Der Anwendungsbereich einer Produktionsregel wird auf nur betreffende Fälle begrenzt. Bedingung hierfür ist der Erwerb und das Vorliegen von Erfahrungen, in denen der Lerner festgestellt hat, dass diese nur in bestimmten Anwendungssituationen zum Ziel führt.

Die Wissensoptimierung ist ebenfalls Gegenstand der Verstärkung von Produktionsregeln. Es wird ihnen entsprechend ihres Ausführungserfolgs ein so genannter Stärkewert zugeordnet. Er ist ausschlaggebend für den Grad der Aktivierung einer Produktionsregel und entscheidet dementsprechend darüber, wie schnell eine Produktion zur Anwendung kommt. Größere Stärkewerte führen zur Automation von Fertigkeiten, die dann ohne weitere Belastung des Arbeitsgedächtnisses zur Anwendung kommen.

Die verkürzt beschriebenen Prozesse der Entwicklung von Problemlösevermögen können in der folgenden Grafik folgendermaßen zusammengefasst werden:

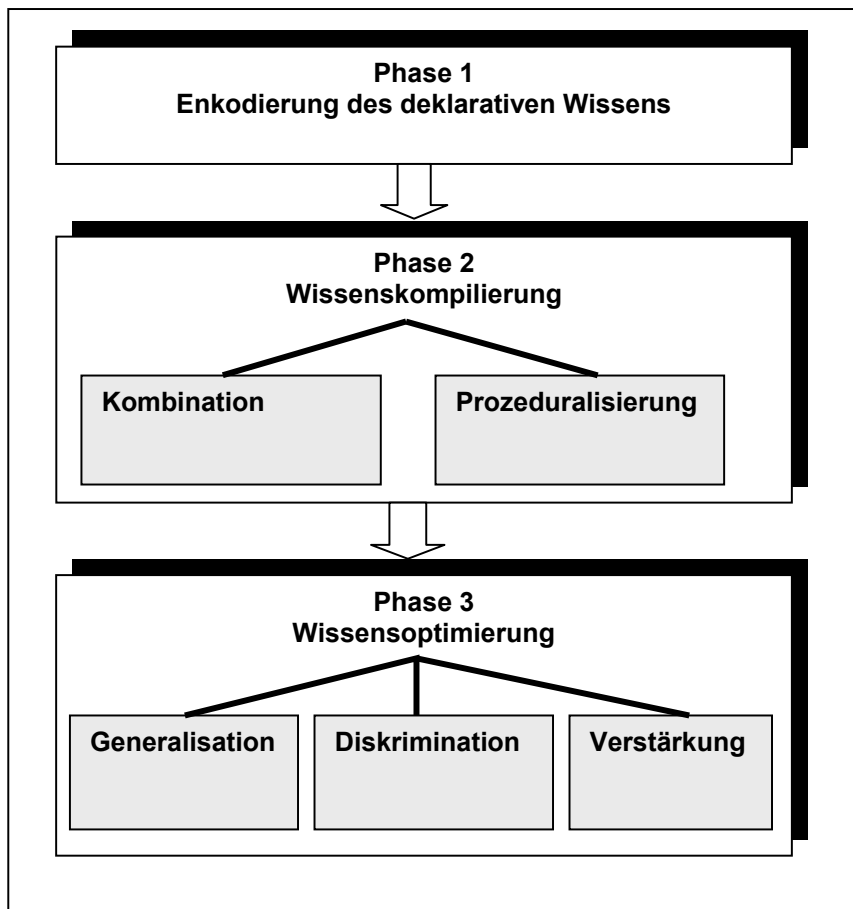


Abbildung 18: Phasen der Entwicklung des Problemlösevermögens entsprechend der ACT*-Theorie (FLETCHER 2004, S. 167)

Zusammenfassend kann die Entwicklung von Problemlösefähigkeit durch die Entwicklung der Verbesserung prozeduraler Wissensbestände erklärt werden. Hierzu zählen der Erwerb von neuen Produktionsregeln und die ständige Optimierung von schon vorhandenen Produktionsregeln. Der Entwicklungsprozess kann im Wesentlichen in drei Teilprozesse gegliedert werden. Im ersten Schritt erwirbt der Lernende Faktenwissen über den Gegenstandsbereich, aus dem das Problem stammt und versucht, die Problemstellung durch einfache Heuristiken zu lösen. Dieser Vorgang vollzieht sich langsam, da alles Faktenwissen im Arbeitsgedächtnis bereitgehalten werden muss. In einem nächsten Schritt – der Kompilierung – werden die problemrelevanten Fakten mit Heuristiken zu neuen Prozeduren verknüpft. Diese gestatten eine wesentlich schnellere Ausführung von Handlungsschritten. In der letzten Phase werden die erlernten Prozeduren optimiert. Der umrissene Prozess verdeutlicht, dass der Erwerb und die Ent-

wicklung von Problemlösefähigkeit nur durch das Lösen von Problemen möglich ist. Damit erfordert die Entwicklung des Problemlösevermögens die Bewältigung einer Vielzahl von Problemsituationen, um den Aufbau und die Anpassung von domänen-spezifischen Produktionsregeln auf dem Niveau eines Experten zu erzielen.

Die ACT*-Theorie wird in der Psychologie kontrovers diskutiert (vgl. BEER & DIEHL 2001). Sie wurde durch andere Untersuchungen in Frage gestellt. Die ACT*-Theorie geht davon aus, dass die Aktivierung eines Knotens zeitabhängig ist. Das dritte Axiom der ANDERSONSchen Theorie besagt u. a., dass der Aktivationsgrad eines Knotens eine Größe ist, die sich kontinuierlich in Abhängigkeit von der Zeit t verändern kann (vgl. ANDERSON 1983, S. 22 f.). Die Untersuchungen von RATCLIFF und MCKOON (MCKOON & RATCLIFF 1992, S. 1155 ff.) zeigten, dass diese Annahme nicht haltbar ist. Das Priming-Experiment dieser Autoren belegte, dass die Zeit für die Aktivierungsausbreitung im Gedächtnis vernachlässigbar klein ist.

Der Aspekt der Aktivierungsausbreitung der ACT*-Theorie wird in dieser Studie nicht fokussiert, sondern es wird voranging auf die Klassifikation von Wissen (deklaratives und prozedurales Wissen sowie Problemlösungswissen) zurückgegriffen.

Unabhängig von der Diskussion der ACT*-Theorie in der Psychologie dient sie in der aktuellen didaktischen Forschung als Grundlage für empirische Untersuchungen, zum Beispiel: *Konzeptionelles und prozedurales Wissen als latente Variablen: Ihre Interaktion beim Lernen mit Dezimalbrüchen*, Dissertation an der Technischen Universität Berlin (vgl. SCHNEIDER 2006) und *Konstruktion lehren – Wirkung einer konstruktionsmethodischen Ausbildung auf das Konstruieren bei Studenten und Konstrukteuren*, Dissertation an der Technischen Universität Dresden (vgl. PIETZCKER 2004).

8.2.2.3 Anwendung der Theorie auf die Entwicklung eines Tests zur Evaluation des Experimentierenden Lernens

Anliegen der Untersuchung ist es, den Beitrag des experimentierenden Lernens zur Entwicklung der beruflichen Handlungskompetenz zu untersuchen. Als Ansatz wird das Kompetenzmodell von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL herangezogen. Dieses Modell bezieht sich maßgeblich auf deklaratives und prozedurales Wissen sowie das Problemlösevermögen. Daher muss es Anliegen des Tests sein, diese Komponenten zu ermitteln. Um die drei Elemente des angewandten Kompetenzmodells wissenschaftlich zu untermauern, werden die Grundaussagen der ACT*-Theorie genutzt.

Die ACT*-Theorie geht davon aus, dass die Fähigkeit, Probleme zu lösen, zurückzuführen ist auf die Existenz von gut auf den Problembereich abgestimmten Wissensstrukturen. Hierzu gehören Zustands- und Faktenwissen (deklaratives Wissen) und

Handlungswissen (prozedurales Wissen), mit denen Zustandsänderungen vorgenommen werden können. Prozedurales Wissen umfasst dabei sowohl bereichsspezifisches Wissen als auch allgemeines Strategiewissen und heuristisches Wissen. Dementsprechend verfügen Lerner mit einer hohen Problemlösefähigkeit über eine große Anzahl problemspezifischer Produktionsregeln, die ohne zusätzliche Anpassungsprozesse (Spezialisierung, Konkretisierung) zum Einsatz kommen können. Darüber hinaus verfügen Lerner mit entwickeltem Problemlösevermögen natürlich auch über Faktenwissen über den jeweiligen Fachbereich.

Auf der Basis des verwendeten Kompetenzmodells und der ACT*-Theorie ist es folgerichtig, dass der in der Studie verwendete Test die Bereiche des deklarativen und prozeduralen Wissens sowie das Problemlösevermögen fokussiert. Dementsprechend gliedert sich der eingesetzte Test in drei Teile.

- Im ersten Teil wird vorrangig das deklarative Wissen angesprochen. Die Aufgaben thematisieren damit Inhalte wie Werkstoffeigenschaften und -spezifika, Normenwissen etc.
- Der zweite Aufgabenkomplex konzentriert sich auf technologische Aspekte. In der Bautechnik wird prozedurales Wissen durch technologisch bedingte Bauabläufe und handwerkliche Arbeitsregeln dokumentiert. Diese Abläufe stellen in diesem Aufgabenkomplex den Schwerpunkt dar.
- Der Komplex drei zielt auf die Ermittlung der Problemlösefähigkeit. Die Entwicklung dieses Komplexes sind im Besonderen die grundlegenden Merkmale des Problemlösens zu berücksichtigen. ANDERSON fasst diese grundlegenden Merkmale in drei Punkten zusammen:
 - o Zielgerichtetheit;
 - o Die Strategie zur Lösung des Problems gliedert das Gesamtziel in Teilziele, die zur Lösung des Problems beitragen;
 - o Anwendung von Operatoren (Der Begriff Operator bezeichnet eine Handlung, die den vorliegenden Problemzustand in einen anderen Problemzustand transformiert. Die Lösung des Gesamtproblems ist durch eine Sequenz aus solchen bekannten Operatoren.) (vgl. ANDERSON 1996, S. 234).

Weitere wichtige Beschreibungsmerkmale sind der Problemraum, der Problemzustand und der Zielzustand. Der Problemraum ist die interne Repräsentation der Problemumwelt, d.h. eine subjektive Abbildung der Problemumwelt im Gedächtnis des Problemlö-

sers. Unter dem Problemzustand wird die Repräsentation eines Problems zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb des Lösungsvorgangs angesprochen. Die Ausgangssituation wird als Ausgangszustand bezeichnet, die angestrebte Lösung als Zielzustand.

Dieser theoretischen Grundlage wird im Design des dritten Testkomplexes entsprochen. Damit werden zur Erfassung der Problemlösefähigkeit im dritten Teil des Tests Aufgaben eingesetzt, die über das Rekapitulieren und Anwenden hinausgehen. Die Aufgaben wurden so gewählt, dass bereits bei den Lernenden vorausgesetztes deklaratives und prozedurales Wissen selbständig zur Lösung der betreffenden Aufgaben zusammengeführt werden muss. Es wurde in dieser Hinsicht darauf geachtet, dass die Aufgabenstellungen prozedurales und deklaratives Wissen vereinen. Weiterhin wurden die Aufgaben so gewählt, dass sie eine Gliederung in Teilziele erlauben und unterstützen.

Alle Aufgabenstellungen der drei Testsegmente wurden für die vier Tests nur leicht variiert, um neben den Vergleichen zu den einzelnen Messpunkten auch einen Zuwachs im Wissensstand der Lernenden von Messzeitpunkt zu Messzeitpunkt beobachten zu können.

8.3 Generierung der Hypothesen

Die Generierung der Hypothesen erfolgt auf der Grundlage der ANDERSONSchen ACT*-Theorie und vorliegenden Untersuchungsergebnissen im deutschen Kontext.

H1: Experimentalunterricht fördert die Aneignung von deklarativem Wissen ebenso wie ein direkter Unterricht.

Deklaratives Wissen wird in Form von semantischen Netzwerken – z. B. in Form von Daten und Sachinformationen – gespeichert. Semantische Netze sind hierbei Repräsentationsformen, bei denen Wissenseinheiten als Knoten dargestellt sind und durch Kanten verbunden werden. Die Knoten bilden Begriffe und Eigenschaften ab, die Kanten geben die Relationen zwischen den Knoten wieder (vgl. ANDERSON 1996, S. 147). Folglich ist ein Netzwerk ein System, das aus Knoten, die Fakten durch Begriffe repräsentieren, und Relationen, auch Kanten genannt, die Fakten miteinander in Beziehung bringen, besteht. Grundsätzlich ist jedoch dafür nicht zwingend ein Anwendungsbezug erforderlich. Deklaratives Wissen wird erst in Handlungen umgesetzt, d.h. prozeduralisiert (vgl. FLETCHER 2004, S. 298). Es kann damit zunächst auch ohne einen konkreten Handlungsbezug abgebildet werden. Damit wird deutlich, dass deklaratives Wissen auch ohne Handlung entwickelt werden kann. Mit anderen Worten: Die Übertragung dieser Modellvorstellung auf den hier vorliegenden Untersuchungskontext zieht folgerichtig nach sich, dass grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass deklaratives Wissen auch ohne einen handlungsorientierten Unterricht entwickelt wird. Tatsächlich stützen die empirischen Befunde anderer Autoren diese Annahme.

Studien von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL bestätigen diese Vermutung. Die Autoren führten eine groß angelegte Studie über Effekten methodischer Grundentscheidungen auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in gewerblich-technischen Berufsschulen durch. Im Rahmen dieser Studie wurden Gruppen (Klassen) handlungsorientiert und andere direktiv unterrichtet. Im Hannoverschen Teil der Untersuchung zur Kompetenzentwicklung wiesen die direktiv unterrichteten Klassen hoch signifikant bessere Leistungen in den Zwischen- und Abschlusstests auf als die handlungsorientiert unterrichteten Klassen.

In einer Teilstudie in Stuttgart unterschieden sich die direktiv unterrichteten Klassen wider Erwarten nicht von den handlungsorientiert unterrichteten Klassen. Jedoch erreichten die direktiv unterrichteten Klassen trotz leicht schlechterer Leistungen im Eingangstest bessere Mittelwerte als die handlungsorientiert unterrichteten Klassen in den Zwischen- und Abschlusstests. Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN & KNÖLL 2005, S. 64 ff.)

Insgesamt wird daher folgerichtig die Hypothese formuliert, dass deklaratives Wissen durch Experimentalunterricht ebenso wie durch direkte Unterrichtsvarianten angeeignet werden kann.

H2: Experimentalunterricht fördert die Aneignung von prozeduralem Wissen und damit die Fähigkeit, Prozesse eigenständig nachzuvollziehen und zu modifizieren.

Deklaratives Wissen und prozedurales Wissen bilden eine enge Beziehung; dies wird u. a. in der ACT*-Theorie hervorgehoben. Die ACT*-Theorie besagt, dass die meisten Wissens Elemente sowohl deklarativ als auch prozedural dargestellt werden können. Der Unterschied zwischen diesen Wissensbereichen tritt erst im Anwendungskontext zu Tage. Prozedurales Wissen hat immer einen direkten Handlungsbezug, während das deklarative Wissen zuerst in eine Handlung „übersetzt“ (prozeduralisiert) werden muss. Prozedurales Wissen wird in einer anderen Form abgebildet – beispielsweise durch Algorithmen oder Regeln – als deklaratives Wissen, welches in Form von Daten gespeichert wird (vgl. FLETCHER 2004, S. 298). Ergo umfasst prozedurales Wissen „alle Wissens Elemente, aus denen sich direkt konkrete Handlungsvollzüge ableiten lassen. Hierzu zählen in erster Linie Handlungsanweisungen und Handlungsempfehlungen“ (FLETCHER 2004, S. 298).

Es ist ohne Zweifel der Fall, dass das Handeln für die Herausbildung von prozeduralem Wissen von entscheidender Bedeutung ist. ANDERSON hebt hervor, dass sich die Entwicklung von prozeduralem Wissen maßgeblich von dem Aufbau deklarativen Wissen unterscheidet. Prozedurales Wissen wird in einem allmählichen Prozess durch Lernen aus Handlungen aufgebaut: „It is not possible to simply add a production in the way it is possible to simply encode a cognitive unit. Rather, procedural learning occurs only in executing a skill; one learns by doing. This is one of the reasons why procedural learning is a much more gradual process than declarative learning“ (ANDERSON 1983, S. 215).

Die theoretisch herausgearbeitete besondere Bedeutung des Handelns für den Aufbau von prozeduralen Wissensstrukturen kann jedoch durch die aktuell vorliegenden empirischen Studien im deutschen beruflichen Kontext nur bedingt bestätigt werden.

Die bereits angeführten Studien von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL zeigten, dass sich handlungsorientierte Unterrichtskonzepte nur mit Einschränkung förderlich auf die Entwicklung von prozeduralem Wissen auswirken. „Vor allem die Entwicklung von deklarativen und prozeduralen Wissens [...] vollzieht sich [...] in eher direktiv unterrichteten Klassen partiell günstiger“ (NICKOLAUS, HEINZMANN & KNÖLL 2005, S. 72).

Die Studie von WÜLKER (2004) zeigt ein ähnliches Ergebnis: „Als wesentlicher Effekt zeigt sich beim Vergleich der Lernumgebungen, dass global am Ende der Lerneinheit und hinsichtlich der Ausprägung deklarativen und prozeduralen Wissens, keine signifikanten Unterschiede identifiziert werden können“ (WÜLKER 2004, S. 237 f.).

H3: Experimentalunterricht fördert die Aneignung von Problemlösungswissen hinsichtlich der Befähigung zum Lösen problemhaltiger Aufgaben aus dem beruflichen Umfeld bei den Lernenden.

Die ACT*-Theorie hebt hervor, dass die Fähigkeit, Probleme zu lösen, auf die Existenz von entwickelten, auf den Problembereich abgestimmten Wissensstrukturen zurückzuführen ist. Dazu zählt Zustands- und Faktenwissen (deklaratives Wissen) und Handlungswissen (prozedurales Wissen). Prozedurales Wissen umfasst dabei sowohl bereichsspezifisches Wissen als auch allgemeines Strategiewissen sowie heuristisches Wissen. Die Entwicklung von Problemlösefähigkeit wird durch die Verbesserung prozeduraler Wissensbestände erklärt; die Aneignung von neuen Produktionsregeln und die ständige Optimierung von schon vorhandenen Produktionsregeln führen damit zu dieser Verbesserung. Dieser Prozess impliziert, dass der Erwerb und die Entwicklung von Problemlösefähigkeit nur durch die Arbeit an Problemen möglich ist. Somit erfordert die Entwicklung des Problemlösevermögens die selbstständige Bewältigung von Problemsituationen, um den Aufbau und die Anpassung von domänenspezifischen Produktionsregeln zu erreichen (vgl. FLETCHER 2004, S. 171 ff.). Damit kann davon ausgegangen werden, dass das eigenständige Handeln im Rahmen von Problemlösungsprozessen für die Entwicklung eines Problemlösungsvermögens Voraussetzung ist.

Ausgangspunkt für ein Experiment ist eine klärungsbedürftige Situation und im Zuge des Experiments wird der problembehafteten Situation über Hypothesenbildung bis hin zur Verifikation bzw. Falsifikation nachgegangen. Insgesamt wird damit das Lösen von problemhaltigen Aufgaben ins Zentrum des Unterrichts gestellt. Damit liegt der Schluss nahe, dass ein Experimentalunterricht im Besonderen zur Lösung von problemhaltigen Aufgaben befähigt.

Empirisch ist jedoch gegenwärtig nicht gesichert, ob sich ein handlungsorientierter Unterricht besonders positiv auf die Entwicklung eines Problemlösungswissens auswirkt. „Vor allem die Entwicklung deklarativen und prozeduralen Wissens aber auch die Entwicklung der Fähigkeit ‚alltagstypische‘ problemhaltige Aufgaben (Fehleranalyse in technischen Systemen) zu bewältigen, vollzieht sich in der elektrotechnischen Grund-

ausbildung in eher direktiv unterrichteten Klassen partiell günstiger“ (NICKOLAUS, HEINZMANN & KNÖLL 2005, S. 72).

Die hier dargelegten Hypothesen finden sich im Design der eingesetzten Tests wieder. Der Test besteht folglich aus drei Teilen, in denen die drei dargelegten Bereiche des fachlich akzentuierten Kompetenzmodells nach NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL reflektiert werden.

Darüber hinaus wird eine vierte Hypothese formuliert, welche sich auf die differenzierte Förderung von leistungsstarken Lernenden durch den Experimentalunterricht konzentriert.

H4: Experimentalunterricht fördert die Aneignung der drei Wissensbereiche (deklaratives, prozedurales und Problemlösungswissen) bei leistungsstarken Lernenden, leistungsschwache Lernende werden demgegenüber benachteiligt.

In der Studie von WÜLKER wurde gezeigt, dass handlungsorientierte Methodenkonzeptionen leistungsstärkere Lernende besonders fördern. Dieser Autor untersuchte u. a. die Effekte von handlungsorientiertem Lernen in der Erstausbildung von Zimmerern und legt damit seine Studie ebenfalls im Berufsfeld Bautechnik an, d.h. es wurde ein vergleichbares Klientel untersucht. Er kommt durch seine Untersuchung u. a. zu folgendem Ergebnis:

Es „kann eine höhere Leistungsstreuung in handlungssystematisch angelegten Lernumgebungen festgestellt werden. Lernschwache Schüler zeigen sich anhand der Ergebnisse als eher benachteiligt, leistungsstärkere Schüler nutzen das Angebot des offenen und auf Selbststeuerung angelegten Unterrichts besonders erfolgreich [...] (WÜLKER 2004, S. 238). „Als eher negativ sind die großen Leistungsstreuungen zu bewerten: Mit einer Ausrichtung auf die kognitiv leistungsstärkeren Schüler und einer deutlichen Benachteiligung der lernschwächeren Schüler“ (WÜLKER 2004, S. 241).

Im Rahmen der Studie war es nicht gestattet, personenbezogene Daten der Lernenden zu erheben (Auflage der Schulbehörde), daher konnten auch keine Noten aus vorangegangenen Lernfeldern o.ä. für die Definition von leistungsschwachen bzw. leistungsstärkeren Lernenden herangezogen werden. Somit erfolgte die Differenzierung zwischen leistungsstarken und weniger leistungsstarken Lernenden über den vorliegenden Bildungsabschluss (erweiterter Realschulabschluss = leistungsstarke Lernende, ohne Abschluss = weniger leistungsstarke Lernende). Es wird zunächst davon ausgegangen, dass der Experimentalunterricht als Form von handlungsorientiertem Unterricht zu ähnlichen Ergebnissen führt.

9 Konzeption der Studie

9.1 Testverfahren

Wie bereits vom Autor dargelegt, wurde ein Ansatz des Experimentierens in holz- und bautechnischen Berufen entwickelt. Es war daher Anliegen der Studie, dieses entwickelte Konzept empirisch zu evaluieren. Vor diesem Hintergrund wurden zwei ausgewählte Experimente (*Zimmermannsmäßige Verbindungen im Holzbau: Experimentelle Ermittlung des Zusammenhangs von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge bei Stirn- und Dopperversatz* und *Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens*) in der Berufsbildenden Schule I in Stendal unter Praxisbedingungen getestet. Für diese Studie standen vier Klassen des 1. Ausbildungsjahres zur Verfügung. Zum Zwecke der Studie wurden die entwickelten Experimente in Lernfelder integriert. Das Experiment: *Zimmermannsmäßige Verbindungen im Holzbau: Experimentelle Ermittlung des Zusammenhangs von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge bei Stirn- und Dopperversatz* wurde in das Lernfeld „Herstellen einer Holzkonstruktion“ und das Experiment: *Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens* wurde in das Lernfeld „Herstellen eines Stahlbetonteils“ eingeordnet. Vor diesem Hintergrund wurden die Experimente in eine Lernsituation integriert. Die Experimente und die Lernsituation sind im Anhang (siehe Anlage II) dokumentiert. Die Studie gliedert sich entsprechend der zwei evaluierten Experimente in zwei Teilstudien:

- Die Teilstudie I stellt dabei die Evaluation des Experiments: *Zimmermannsmäßige Verbindungen im Holzbau: Experimentelle Ermittlung des Zusammenhangs von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge bei Stirn- und Dopperversatz* dar.
- Bei der Teilstudie II handelt es sich um die Evaluation des Experiments: *Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens*.

Im Weiteren wird die Terminologie „Teilstudie I“ und „Teilstudie II“ verwendet.

Generell dienten drei der vier Klassen als Experimentalgruppe, während eine Klasse als Kontrollgruppe fungierte. Diese drei zu eins Aufteilung wurde gewählt, um das entwickelte Experimentalkonzept sicher zu evaluieren. Wie anfangs hervorgehoben, war es vordergründig Ziel der Studie, die entwickelte Konzeption hinsichtlich ihrer Effekte auf den Lernerfolg zu bewerten. Dieser Zielstellung wird Rechnung getragen, indem drei Klassen als Experimentalgruppen dienen und damit die Ergebnisse durch eine höhere Fallzahl absichern.

Vom Ansatz her findet bei beiden Teilstudien eine ähnliche Herangehensweise Anwendung. Es wurde jeweils mit drei Experimentalgruppen und einer Kontrollgruppe gearbeitet. In der Teilstudie I fungierte die Klasse S.05 als Kontrollgruppe, während in der Teilstudie II die Klasse AB.05 als Kontrollgruppe diente.

Für die Evaluation der entwickelten bautechnischen Experimente standen vier Klassen zur Verfügung, folglich konnten vier Versuchsgruppen gebildet werden. Für den Ansatz der Studien war die Anwendung einer quasi-experimentellen Untersuchung mit einer Kontrollgruppe (ohne Intervention) angemessen. Es wurde keine Randomisierung vorgenommen, da die Lernenden auf Grund ihrer Berufswahl in Klassen eingeteilt waren und nicht für die Untersuchung durch zufällige Auswahl neu zusammengesetzt werden konnten. Daher war die Durchführung von Vortests zur Bestimmung der abhängigen Variablen erforderlich, um Aussagen über die Veränderung in den Experimentalgruppen treffen zu können. Die Vortests hatten hier die Funktion, eventuelle Ausgangsunterschiede zwischen den Experimental- und den Kontrollgruppen zu Beginn der Untersuchungen zu ermitteln. Die Ausgangsbedingungen sind Referenzdaten, auf die sich interventionsbedingte Veränderungen beziehen (vgl. BORTZ & DÖRING 2002, S. 530).

Die zu untersuchenden Gruppen in den beiden Teilstudien weichen insofern voneinander ab, dass in den Experimentalgruppen zwischen den Vortests und den Nachtests eine Intervention in Form eines Experiments eingeführt wurde, während die Kontrollgruppe sich ausschließlich den Vortests und den Nachtests unterzog. Sowohl die Prätestwerte der Versuchsgruppen als auch alle denkbaren Einflüsse zwischen Erst- und Zweitmessung, abgesehen von der Intervention, sollten dabei annähernd gleich sein. BORTZ und DÖRING empfehlen, mehr als zwei Vergleichsgruppen bzw. Experimentalgruppen zu untersuchen, wenn sich theoretisch begründen lässt, dass die Gruppen unterschiedlich (stärker und andere weniger stark) auf die Intervention reagieren. Infolgedessen werden die anderen Versuchsgruppen zu Experimentalgruppen. Werden derartige Erwartungen empirisch bestätigt, kann dies als interne Validität der Studie angesehen werden. Diese Gruppen werden jeweils mindestens zweimal, besser häufiger, untersucht.

Die Vorgehensweise in Teilstudie I und II entspricht der „Anordnung mit nicht gleichzeitiger Kontrollgruppe“ von CAMPBELL UND STANLEY² (Tabelle 9). Dabei erhält eine Experimental- und eine Kontrollgruppe je einen Vor- und Nachtest.

² Bei der hier verwendeten älteren Literatur handelt es sich um Grundlagenwerke der empirischen Unterrichtsforschung, die nach wie vor im Rahmen der universitären Lehre und Forschung anerkannt ist. Ähnliches gilt auch für PETERMANN 1978; ROSSI, FREEMAN & HOFMANN 1988 und INGENKAMP 1978.

Tabelle 9: Anordnung mit nicht gleichartiger Kontrollgruppe

	Vortest	Experiment	Nachtest
Experimentalgruppe	O	X	O
Kontrollgruppe	O		O

O Test
X Experiment

Diese Anordnung ist besonders für vorgegebene Einheiten, wie zum Beispiel Schulklassen, geeignet, da diese zwar so ähnlich wie möglich sind, aber doch nicht ähnlich genug, um auf einen Vortest verzichten zu können. „Je ähnlicher einander Experimental- und Kontrollgruppe in der Zusammensetzung sind und je mehr sich diese Ähnlichkeit durch die Ergebnisse des Vortests bestätigt, desto wirksamer ist die Kontrolle“ (CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 562 f.). Der Vorteil einer Prätest-Posttest-Kontrollgruppen-Konzeption gegenüber dem reinen Prätest-Posttest-Konzept besteht darin, dass die „wahre“ Veränderung auf Grund der Intervention durch die Berechnung von Differenz- oder Veränderungswerten zwischen den beiden Messzeitpunkten verzichtet werden kann. Stattdessen können die Nachtestwerte der Versuchsgruppen direkt miteinander verglichen werden. Aus dem Unterschied der Nachtestwerte der beiden Versuchsgruppen kann der Effekt der Intervention unmittelbar abgeschätzt werden (vgl. BORTZ & DÖRING 2002, S. 531).

Darüber hinaus legen BORTZ und DÖRING nahe, zur Verbesserung der Reliabilität die Anzahl der Messungen zu erhöhen, wobei der größte Zuwachs der Reliabilität zu verzeichnen ist, wenn statt zwei Messpunkten (Prätest- bzw. Posttestmessungen) drei Messpunkte vorgesehen werden (vgl. BORTZ & DÖRING 2002, S. 554 ff.).

Auch ROSSI, FREEMAN und HOFMANN halten übereinstimmend fest: „Je größer die Zahl der Untersuchungseinheiten im Experiment, desto kleiner wird der Zufallsfehler und um so wahrscheinlicher ist, daß sich die Wirkung einer Intervention zeigt“ (ROSSI, FREEMAN & HOFMANN 1988, S. 130).

In Anbetracht dessen wäre die Möglichkeit der Untersuchung durch „Mehrfache Zeitreihen“ (CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 582 f.) von besonderer Bedeutung (Tabelle 10).

Tabelle 10: Mehrfache Zeitreihen

	Vortest	Vortest	Vortest	Exp.	Nachtest	Nachtest	Nacht.
Experimentalgruppe	O	O	O	X	O	O	O
Kontrollgruppe	O	O	O		O	O	O

Aus der Kombination dieser beiden Anordnungen von CAMPBELL UND STANLEY und unter Beachtung von BORTZ und DÖRING ergibt sich für diese Untersuchung folgende Anordnung in Tabelle 11:

Tabelle 11: Anordnung für die Untersuchung der bautechnischen Experimente

Klasse	1. Vortest	2. Vortest	Experiment	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	O	O	X	O	O
AB.05	O	O	X	O	O
Da.05	O	O	X	O	O
S.05	O	O		O	O

Erläuterungen dazu:

- 1. Vortest vor Beginn des Lernfeldes;
- 2. Vortest vor dem Experiment;
- Durchführung des Experiments (2-6 Unterrichtsstunden);
- 1. Nachtest nach dem Experiment;
- 2. Nachtest im nächsten Block (Ermittlung der Langfristigkeit des erworbenen Wissens).

Nur wenn die beiden Gruppen (Experimental- und Kontrollgruppe) im Vortest in ihren Ausgangswerten (Mittelwerte und Streuungen) nicht deutlich voneinander abweichen, kann der statistische Regressionseffekt [„Messwerte von Personen tendieren dazu, bei einer weiteren Messung näher am Mittelwert zu liegen“ (NACHTIGALL & SUHL 2002, S. 3).] kontrolliert, jedoch nicht eliminiert werden. Die interne Validität ist somit akzeptabel, wenn ein möglicher Gruppenunterschied im Posttest eindeutig kausal auf die Intervention zurückgeführt werden kann (vgl. PETERMANN 1978, S. 30).

Besteht ein Unterschied zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe hinsichtlich ihrer Ausgangswerte im Prätest, kann die Veränderung der Werte der Experimentalgruppe beim Posttest (auch) auf die Ausgangsunterschiede und nicht (allein) auf die Intervention zurückgeführt werden.

Für die Untersuchung in den Berufsbildenden Schulen I in Stendal standen drei Experimentalgruppen und eine Kontrollgruppe zur Verfügung. Es zeigt sich hier die besondere Problematik, dass gegenwärtig auf Grund der geringen Anzahl von Auszubildenden pro Ausbildungsjahr nur noch eine Klasse in den relevanten Ausbildungsberufen vorhanden ist. Diesem Problem wurde dadurch begegnet, dass die Untersuchung für das erste Ausbildungsjahr (berufliche Grundbildung) angelegt wurde. Diese Herange-

hensweise ist gerechtfertigt, da die Ausbildungsinhalte für alle Berufe der Stufenausbildung der Bauwirtschaft deckungsgleich sind. Somit setzt sich die Studie aus einer Klasse Maurern/Hochbaufacharbeitern, einer Klasse Dachdeckern, einer Klasse Ausbaufacharbeitern (Trockenbau) und einer Klasse Straßenbauern/Tiefbauern zusammen.

Da nicht auf standardisierte Tests für die Bautechnik zurückgegriffen werden konnte, war es notwendig, einen eigenständigen Test zu entwickeln. Auf die Entwicklung dieses eigenständigen Tests wird im folgenden Gliederungspunkt eingegangen.

9.2 Testentwicklung und Testdurchführung

9.2.1 Entwicklung der verwendeten Tests

Dem Anliegen der Untersuchung zufolge wurden folgende Ausbildungsberufe des ersten Lehrjahres in die Untersuchung einbezogen: Maurer, Hochbaufacharbeiter, Ausbaufacharbeiter (Trockenbau), Dachdecker, Straßenbauer und Tiefbauer. Die Untersuchung konzentrierte sich dabei auf die Lernfelder „Herstellen einer Holzkonstruktion“ und „Herstellen eines Stahlbetonteils“. Die Lernenden werden in vier Klassen unterrichtet und die einbezogenen Lernfelder wurden in Form eines Blockes unterrichtet.

INGENKAMP empfiehlt für die Entwicklung eines Tests die Untergliederung in:

- Kenntnisse;
- Verständnis;
- Anwendung;
- Analyse;
- Synthese;
- Beurteilung (INGENKAMP 1978, S. 48 f.).

Bei der Entwicklung der hier verwendeten Tests wurde von der von INGENKAMP empfohlenen Untergliederung abgewichen. Für den Zweck der Untersuchung wurde auf das Kompetenzmodell von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL sowie auf die Kategorien des Wissens nach ANDERSON zurückgegriffen. Dies erfolgt auf Grund der Forderung der KMK nach einer Kompetenzförderung. Die Umsetzung dieses Testmodells zieht letztendlich die Unterteilung des Tests in einen deklarativen, einen prozeduralen und einen Teil mit Problemlösungsaufgaben nach sich.

Mit Hilfe des Tests wird eine Lernerfolgsmessung über deklaratives, prozedurales und Problemlösungswissen durchgeführt. Daher wird der Test in drei Teile eingeteilt, welche jeweils Fragen zum deklarativen, prozeduralen und Problemlösungswissen beinhalten.

Die Tests wurden aus veröffentlichten Prüfungsaufgaben der Industrie- und Handelskammer (IHK) und aus Prüfungsliteratur zusammengestellt. Daraus wurde ein Testinstrumentarium entwickelt. Unter Umständen wurden einige veröffentlichte Aufgaben der o. g. Quellen leicht variiert. Insgesamt basieren damit die verwendeten Aufgaben auf erprobten und veröffentlichten Prüfungsaufgaben in PESCHEL, BEDER, KIRCHHOFF, REINECKE und ZWER (2005); DIETZMANN (1997) und BETTENDORF, FORTNER, MATTES, MÜLLER und ZELLER (1995).

Es wurde somit auf bewährte Aufgaben zurückgegriffen, die bereits getestet sind und als zuverlässig erachtet werden können.

Es wurde bei der Testkonstruktion für den angestrebten Zweck ein angemessener Aufgabentyp gewählt.

Deklaratives Wissen ist entsprechend der ACT*-Theorie von ANDERSON, Wissen, welches in Form von semantischen Netzwerken gespeichert wird. Mit anderen Worten, im deklarativen Teil des Gedächtnisses wird Faktenwissen gespeichert. Für einen Teil des Tests, der sich auf deklaratives Wissen konzentriert, bot sich somit die *Antwort-Auswahl-Form* als Aufgabentyp für deklaratives Wissen an. Diese Form des Tests verfügt über Vor-, jedoch auch Nachteile. Entscheidend ist das zur Verfügung stehende Spektrum der Antwortmöglichkeiten. Bei einem zu geringen Angebot an Antwortmöglichkeiten besteht die Gefahr, durch blindes Raten zur richtigen Lösung zu gelangen, d.h. das Untersuchungsergebnis als solches kann dadurch verzerrt werden, denn diese Variante verlockt bei mangelhafter Beherrschung des Gelernten. Eine Erhöhung der Zufallschancen für blindes Raten bei geringem Antwortangebot führt dazu, dass der Test mehr Aufgaben enthalten muss, um hinreichend zuverlässig (reliabel) zu sein. Untersuchungen wiederum zeigen, dass das Angebot von mehr als fünf oder gar sechs Antworten keine Erhöhung der Zuverlässigkeit zur Folge hat. Bei den Aufgabentypen können Schwierigkeit, Anforderungen an Verständnis und Einsicht gesteigert werden. Folglich wurden im verwendeten Test fünf Antwortmöglichkeiten zur Verfügung gestellt.

Beispiel für eine Testaufgabe zum deklarativen Wissen:

Welche Gesteinskörnung ist günstig für Normalbeton?

- ① Sand- und Kiesgemisch aus verschiedenen Korngrößen
- ② Kiesgemisch aus großen, festen Körnern
- ③ Grobkies
- ④ Schotter
- ⑤ Kleine, feste Körner

Das prozedurale Gedächtnis speichert Wissen in Form von Modulen bzw. in Form von unabhängigen Produktionsregeln. Die Repräsentation von Handlungswissen erfolgt dementsprechend anhand von Produktionsregeln. Produktionsregeln sind an einen Aktionsteil und Bedingungsteil geknüpft. Die Produktionsregeln korrespondieren damit

mit dem deklarativen Gedächtnis. Aus diesem Grund wurde für diesen Teil des Tests der *Konstruktions-/Anwendungs-Typ* herangezogen.

Das angeführte Beispiel soll den Typ der Aufgabe für die Messung des prozeduralen Wissens illustrieren. In der hier dargestellten Aufgabe werden Produktionsregeln abgefragt, die, wie bereits dargelegt, aus Aktions- und Bedingungsteil bestehen. Das heißt, zunächst ist ein bestimmtes deklaratives Wissen/Fachwissen erforderlich. Dieses Fachwissen wird in Beziehung zum Bedingungsteil gesetzt. Das Fachwissen in diesem Sinne wäre: Aufbau von Holz, Arten der Holz Trocknung und wirtschaftliche Maßstäbe der Holz Trocknung. Der Bedingungsteil wäre die Anwendung des Wissens auf diesen spezifischen Sachverhalt mit der Zielstellung der Trocknung von Holz für die langfristig geplante Baumaßnahme.

Beispiel für eine Testaufgabe zum prozeduralen Wissen:

Wie würden Sie frisch gefälltes Holz für eine langfristig (ca. 3 Jahre) geplante Baumaßnahme trocknen? Begründen Sie ihre Entscheidung in zwei kurzen Stichpunkten!

Das Problemlösungswissen wird nach ANDERSON anhand von drei Merkmalen beschrieben:

1. Zielgerichtetheit
2. Die Strategie der Lösung des Problems gliedert sich in Teilziele, die alle zur Lösung des Problems beitragen.
3. Es kommen Operatoren zur Anwendung.

Im Testteil des Problemlösungswissens wurde der Aufgabentypus der *Konstruktions-Art* verwendet, bei dem die Lernenden die Lösung selbst entwickeln mussten.

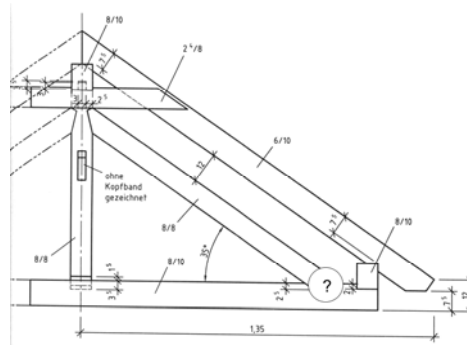
Die Teilziele dieser Aufgabenstellung (siehe Beispiel) sind Erkennen des Kraftverlaufes, Erkennen der in Frage kommenden zimmermannsmäßigen Verbindungsarten und

Einpassen der vorgesehenen Verbindung (selbstständige Ermittlung der Versatztiefe, der Vorholzlänge, des Anschlusswinkels).

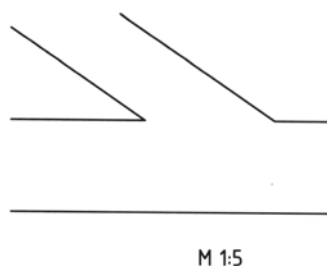
Die Operatoren in diesem Fall ergeben sich aus den Aufgabenvorgaben. In der Aufgabe wurde formuliert, dass die Lernenden einen Doppelversatz entsprechend der konstruktiven Vorgaben im Detail entwickeln. Der doppelte Versatz war den Lernenden bis dahin weitestgehend unbekannt. Im Lernfeld wurde lediglich der Stirn- und der Fersenversatz behandelt. Die zur Anwendung kommenden Operatoren ergeben sich aus dem Stirn- und Fersenversatz, da der Doppelversatz eine Kombination aus Stirn- und Fersenversatz darstellt.

Beispiel für eine Testaufgabe zum Problemlösungswissen:

Für die in der Zeichnung dargestellte Holzkonstruktion ist der Fußpunkt der Strebe nicht dargestellt.



Skizzieren Sie einen Doppelversatz für den Fußpunkt der Strebe im Maßstab 1:5 cm und bemaßen Sie die Tiefe der Versätze.



Beschreiben Sie eine wesentliche konstruktive Ausführung dieses Versatzes.

Der Nachteil dieser beiden Aufgabentypen (*Konstruktions-/Anwendungs-Typ* und *Konstruktions-Art*) ist, dass die Beurteilung der Antworten stärker subjektiven Einflüssen unterliegt (je umfangreicher und komplexer die Antwortmöglichkeiten sind). Um die Ob-

ektivität der Bewertung zu gewährleisten, wurde ein Bewertungsschlüssel (siehe Anlage III) erstellt.

Sowie in der Teilstudie I als auch in der Teilstudie II gliederten sich die eingesetzten Tests in drei Teile (deklarativer, prozeduraler und Problemlösungsteil). Für jeden Teil der Tests wurden neun Punkte in beiden Teilstudien vergeben. Im deklarativen Teil des Tests wurden jeweils neun Aufgaben gestellt; insgesamt konnten somit maximal neun Punkte im ersten Teil erreicht werden. Im prozeduralen Teil wurden drei Aufgaben gestellt. Es konnten im prozeduralen Teil somit neun Punkte erreicht werden. Im Teil des Problemlösungswissens wurde nur eine Aufgabe gestellt, in der ebenfalls neun Punkte erreicht werden konnten.

9.2.2 Gütekriterien des Tests

Objektivität

Objektivität bedeutet, dass die Testergebnisse weder während der Realisierung des Tests (Durchführungsobjektivität), noch bei deren Auswertung (Auswertungsobjektivität), noch bei der Interpretation (Interpretationsobjektivität) vom Prüfer beeinflusst werden (vgl. VÖLKL, LOIBNEGGER, VORDEREGGER & OFFNER 1980, S. 140).

Man versucht demnach zu erreichen, dass die Durchführung und Auswertung möglichst unabhängig von subjektiven Einflüssen des Prüfers ist (vgl. INGENKAMP 1989, S. 181).

Die Durchführungsobjektivität wurde gewährleistet, indem die Durchführung des Tests standardisiert war. D.h. allen Klassen wurden 30 Minuten zur Beantwortung der Fragen zur Verfügung gestellt, es wurden gleiche Hilfsmittel zugelassen etc. Die Auswertungs- und Interpretationsobjektivität wurde erreicht, indem ein Auswertungsschlüssel entwickelt wurde und die Bewertung des Tests auf diesem Auswertungsschlüssel basierte.

Reliabilität (Zuverlässigkeit)

Reliabilität bezeichnet die Stabilität und Genauigkeit der Messung sowie die Konstanz der Messbedingungen. Es ist das Ziel, systematische und statistische Fehler möglichst gering zu halten. Maßnahmen zur Gewährleistung der Reliabilität (vgl. OTT 1997, S. 214) sind unter anderem: Mehrfachmessungen, Festlegen eines mittleren Schwierigkeitsgrades und Beachtung einer hohen Trennschärfe der Aufgaben. Mit anderen Worten versteht man unter Reliabilität den Grad der Genauigkeit, mit dem der Test ein bestimmtes Merkmal misst, gleichgültig, ob er dieses auch zu messen beansprucht (vgl. VÖLKL, LOIBNEGGER, VORDEREGGER & OFFNER 1980, S. 141 f.). Die Reliabilität ist erfüllt, wenn man bei wiederholten Messungen möglichst das gleiche Ergebnis erhält.

Validität (Gültigkeit)

Die Validität eines Tests gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem dieser Test dasjenige Merkmal, das er zu messen vorgibt, auch tatsächlich misst. Dabei wird in der Regel nach zwei Hauptkriterien, der inhaltlichen und der empirischen Validität, überprüft.

Die *inhaltliche* Validität ist bei Schulleistungstests gegeben, wenn die Testaufgaben Kenntnisse und Fertigkeiten prüfen, die im Lehrplan gefordert werden.

Die *empirische* Validität ist gegeben, wenn der Test das misst, was er auch vorgibt zu messen (vgl. VÖLKL, LOIBNEGGER, VORDEREGGER & OFFNER, 1980, S. 141). Wenn die Intervention zu einem deutlichen Anstieg der Testergebnisse führt, während bei anderen Schülern ohne diese Intervention kein Punktezuwachs eintritt, dann wäre die Gültigkeit des Tests nachgewiesen.

Bei diesem Test ist die Validität erfüllt, da die Schüler nur zu inhaltlichen Sachverhalten aus den entsprechenden Lernfeldern befragt wurden und weiterhin auch der Lernfortschritt durch einen Punktezuwachs erkennbar war. Die empirische Validität wurde in der Studie belegt, indem ohne Intervention in bestimmten Bereichen des Tests kein Zuwachs erkennbar war. Dieses Merkmal war in den beiden Teilstudien gegeben.

Störfaktoren

Zusätzlich zu den Gütekriterien eines Tests sind auch Störfaktoren, die die Untersuchung in seiner Gültigkeit beeinflussen können, zu beachten. CAMPBELL und STANLEY (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 464 ff.) nennen 12 Störvariablen, die Ursachen für mangelnde Gültigkeit sein können und ordnen diese nach inneren und äußeren Störvariablen der Gültigkeit. Für das hier gewählte Untersuchungsdesign sind laut CAMPBELL und STANLEY besonders Störvariablen, die die innere Gültigkeit beeinflussen, relevant, folglich wurden auch nur Störvariablen der inneren Gültigkeit kurz beschrieben und der Bezug zu dieser Studie hergestellt.

Zwischenzeitliches Geschehen

Zwischen den Tests können Ereignisse liegen, die zusätzlich zum Experiment eine Änderung verursacht haben können. So zum Beispiel Einstellungsänderungen als Folge von Ereignissen (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 465 f.). Während dieser Studie waren keine außergewöhnlichen Ereignisse zu beobachten. Es wird daher davon ausgegangen, dass dieser Störvariable keine Beachtung geschenkt werden muss.

Reifung

Unter Reifung sind biologische und psychische Vorgänge zu verstehen, die sich systematisch und unabhängig von besonderen äußeren Ereignissen im Laufe der Zeit ändern (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 466). Da sich die Studie aber über einen relativ kurzen Zeitraum von circa acht Monaten erstreckte, kann diese Störvariable als vernachlässigbar angesehen werden.

Testen

Wenn Versuchspersonen einen Test bearbeiten, verursacht dieser Test Lernprozesse, die sich auf die Ergebnisse der nachfolgenden Tests auswirken können. Wenn Schüler Leistungstests oder eine Parallellform des Tests erhalten, schneiden sie im Allgemeinen besser ab als diejenigen, die den Test zum ersten Mal bearbeiten (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 466 ff.). In dieser Studie wirkt dieser Effekt auf die Versuchspersonen der Experimentalgruppen gleichermaßen, wie auf die Versuchspersonen der Kontrollgruppe. Weiterhin wurde versucht, diese Variable einzuschränken, indem der Test nach jedem Einsatz leicht variiert wurde.

Hilfsmittel

Veränderungen der Beschaffenheit der Messinstrumente oder Änderungen der Auswerter können Unterschiede zwischen Vor- und Nachtests verursachen (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 470 f.). Weil in dieser Studie aber keine Veränderungen an den Messinstrumenten vorgenommen und die Tests immer von derselben Person durchgeführt wurden, kann auch diese Störvariable außer Acht gelassen werden.

Statistische Regression

Wenn die Lernenden für das Experiment zur Verbesserung der Schulleistung ausgesucht werden, weil sie zum Beispiel im Vortest besonders schlecht abgeschnitten haben, wird bei einer weiteren Testdurchführung mit einem Paralleltest der Nachtest für diese Gruppe fast immer im Durchschnitt höher liegen als der Vortest. Somit kann das Ergebnis nicht der echten Wirkung des Experiments oder der Wirkung eines Übungsfortschrittes vom Test zum Wiederholungstest zugeschrieben werden (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 471 ff.). Da in dieser Studie die Klassen nicht verändert wurden, ist auch diese Störvariable vernachlässigbar.

Auswahl von Probanden

Wenn sich der Vortest und der Nachtest voneinander unterscheiden, kann diese Differenz u. a. durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Gruppen zustande gekommen sein, d.h. die Gruppen hätten sich auch ohne das Experiment voneinander unterscheiden können (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 477). Da sich die Klassen aus verschiedenen Ausbildungsberufen zusammensetzen, haben bestimmte Klassen in dem Lernfeld schon umfangreichere Vorkenntnisse, weil sie sich damit auch schon einmal in der beruflichen Praxis auseinandersetzen mussten, während für andere dieses Themengebiet völlig neu war. Um diese vorliegenden Unterschiede zu dokumentieren, wurden zwei Vortests durchgeführt.

Einbuße von Probanden

Zwischen dem Vortest und dem Nachtest treten Unterschiede auf, weil die Probanden bei der Fortführung des Experimentes in unterschiedlicher Weise die Gruppe verlassen (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 477 f.). Dieser Faktor wurde bei der Auswertung der Tests berücksichtigt, indem alle Lernenden, die nicht an allen Tests teilgenommen hatten, nicht in die Studie mit einfließen.

Wechselwirkungen

Weiterhin treten Wechselwirkungen zwischen Auswahl und Reifung, Auswahl und zwischenzeitlichem Geschehen oder Auswahl und Testen auf. Besonders dann, wenn sich Probanden selbst für Teilnahme am Experiment melden (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 488 ff.). In dieser Untersuchung wurde auf vier Klassen zurückgegriffen. Eine freiwillige Teilnahme als Proband war nicht möglich. Es kann daher der Einfluss dieser Wechselwirkungen vernachlässigt werden.

Durchführung der Tests

Für die Durchführung der Studie standen vier Klassen der Berufsbildenden Schule I in Stendal zur Verfügung. Die empirisch zu evaluierenden Experimente wurden in die entsprechenden und relevanten Lernfelder eingebettet. Ferner wurden Lernsituationen (siehe Anlage II) entwickelt, in denen die Experimente zum Einsatz kamen. Die betreffenden Lernfelder für die Studie umfassten jeweils 60 Unterrichtsstunden. Beide Teilstudien integrierten die Lernsituation und das Experiment nach ca. 30 Unterrichtsstunden. Zunächst wurde vor Beginn des Lernfeldes ein Vortest und kurz vor der Durchführung des Experiments ein zweiter Vortest durchgeführt. Im Anschluss an den Experimententeil wurde ein erster Nachtest durchgeführt. In der Teilstudie I wurde zu

Beginn des nächsten Unterrichtsblockes (nach ca. 1 ½ Monaten) ein weiterer Nachtest durchgeführt. In der Teilstudie II wurde der zweite Nachtest ebenfalls zu Beginn des nachfolgenden Blockes durchgeführt. Jedoch vergingen zwischen dem ersten Nachtest und dem zweiten Nachtest auf Grund der Sommerferien 2 ½ Monate. Zweck des zweiten Nachtests war es festzuhalten, inwieweit die erworbenen Erkenntnisse über eine gewisse Nachhaltigkeit verfügten.

Für die Bearbeitung des Tests war eine Durchführungszeit von 30 Minuten angesetzt. Darüber hinaus wurden den Probanden ca. zehn Minuten für das Durchlesen der Instruktionen zur Verfügung gestellt. Alle Anweisungen und Erläuterungen wurden vollständig vorgelesen, während die Teilnehmer den Text gleichzeitig in ihren Unterlagen verfolgen konnten.

9.3 Auswertungsmethoden

9.3.1 Begründung des Auswertungskonzepts

In einschlägiger empirischer Grundlagenliteratur wird für die Auswertung von Studien dieser Art eine Kombination von Mittelwertanalyse, T-Test und Varianzanalyse sowie ggf. einer Korrelationsanalyse empfohlen (vgl. BORTZ & DÖRING 2002, S. 153). Diesen Empfehlungen folgend wird zunächst ein Mittelwertvergleich vorgenommen. Im Weiteren wird die gemessene Veränderung durch einen T-Test und eine Varianzanalyse auf Signifikanz geprüft und darüber hinaus gehend die Effektstärkemaß η^2 ermittelt. Darüber hinaus wurde eine Korrelationsanalyse zwischen Bildungsabschluss und der Entwicklung zwischen 2. Vortest und 1. Nachtest vorgenommen. Im Folgenden werden die verwendeten Instrumentarien nochmals dargestellt und erläutert.

9.3.2 Mittelwertvergleich

Der *Mittelwert* ist eine mathematische, statistisch definierte Kenngröße. Er wird auch als arithmetisches Mittel bezeichnet und errechnet sich aus der Summe aller Messwerte geteilt durch ihre Anzahl. In der vorliegenden Studie ergibt sich der Mittelwert aus der Summe der erreichten Punkte im jeweiligen Test und Testbereich bezogen auf die Anzahl der Teilnehmer. Der Mittelwert gibt Aufschluss über die durchschnittliche Veränderung, d.h. in dem Fall gibt der Vergleich der Mittelwerte Auskunft über den Lernerfolg der in der Untersuchung involvierten Versuchspersonen. An Hand des Mittelwertvergleichs wird eine allgemeine Entwicklung deutlich. Der Mittelwertvergleich gibt jedoch keine Auskunft darüber, inwiefern die aufgezeigte Entwicklung signifikant ist. Hierfür sind Signifikanztests erforderlich (siehe nachfolgenden T-Test).

9.3.3 T-Test für abhängige Stichproben

Für die Auswertung der Untersuchung wird zunächst das Verfahren des *T-Tests* zum Einsatz gebracht und zu einer Varianzanalyse ausgeweitet. Der *T-Test* dient zum Vergleich zweier abhängiger Stichproben aus normal verteilten Grundgesamtheiten hinsichtlich ihrer Mittelwerte. Der *T-Test* prüft den Mittelwertunterschied auf Signifikanz (vgl. ZÖFEL 1992, S. 109).

Tabelle 12: Signifikanz und Bezeichnung (vgl. BÜHL & ZÖFEL 2005, S. 111; ZÖFEL 1992, S. 78)

Irrtumswahrscheinlichkeit		Bedeutung	Symbolisierung
$\alpha > 5 \%$	$p > 0.05$	nicht signifikant	ns
$\alpha \leq 5 \%$	$p \leq 0.05$	signifikant	*
$\alpha \leq 1 \%$	$p \leq 0.01$	sehr signifikant	**
$\alpha \leq 0,1 \%$	$p \leq 0.001$	höchst signifikant	***

In der Statistik sind Unterschiede signifikant, wenn eine geringe Irrtumswahrscheinlichkeit vorliegt. Die Überprüfung der statistischen Signifikanz geschieht mit Hilfe einer Hypothese, die verworfen oder bestätigt wird, wenn das zufällige Eintreten des Unterschiedes sehr unwahrscheinlich ist. Das Quantil der zu überprüfenden Unwahrscheinlichkeit ist festgelegt und mit α bezeichnet, beispielsweise $\alpha = 0,05$ für 5% Irrtumswahrscheinlichkeit. Je geringer diese, desto höher die Informationsqualität.

Die statistische Signifikanz beschreibt folglich den Informationsgehalt eines Ereignisses bzw. einer Messung. Die Ermittlung des *T-Tests* wird durch computergestützte Programme vereinfacht. In diesem Falle wurde zur Auswertung der Studie die Software „SPSS“ verwendet.

9.3.4 Varianzanalyse einer unabhängigen Variablen

Allgemein ist die Varianzanalyse (ANOVA) eine Methode zur Prüfung einer Hypothese. Varianzanalysen werden u. a. danach unterschieden, wieviele unabhängige Variablen in ihrer Bedeutung für die abhängige Variable untersucht werden. Die einfache Varianzanalyse dient zum Vergleich von mehr als zwei unabhängigen Stichproben aus normal verteilten Grundgesamtheiten (vgl. ZÖFEL 1992, S. 116).

Die hier verwendete, einfaktorische Varianzanalyse prüft den Einfluss der unabhängigen Variablen (Experiment) auf die abhängige Variable (Lernerfolg in den drei definierten Bereichen) (vgl. BORTZ 1993, S. 225). Mittels der Varianzanalyse wird die Signifikanz der erreichten Ergebnisse ermittelt. Diese dient wiederum dazu, die Hypothesen zu prüfen. Dieses Verfahren ist eine Erweiterung des *T-Tests* bei zwei Stichproben.

Die einfaktorische Varianzanalyse führt bei der Signifikanzprüfung zu gleichen Ergebnissen wie der *T-Test*. Die Varianzanalyse dient daher hier der Ergebnissicherung. Diese Vorgehensweise ist bei Versuchsanordnungen dieser Art üblich und ist auch in ähnlich gelagerten Studien dokumentiert, z. B. ERNST, A. et al (2004): *Assessment of student learning outcomes*; CARR, N. J. (1982): *An evaluation of the use of case studies in economics at advanced levels in schools*.

Durch die Anwendung verschiedener Auswertungsmethoden wird die Gültigkeit der Ergebnisse erhöht. „Wenn verschiedene Methoden auf denselben Gegenstand angewandt werden, erfassen sie nicht automatisch ‚dasselbe‘. Inwieweit die Wahl der Methode die mit einem Untersuchungsgegenstand verbundenen Erkenntnisse bestimmt, ist durch Methodenvergleiche abschätzbar, bei denen man dasselbe Untersuchungsobjekt mit verschiedenen Methoden untersucht [...]. Übereinstimmende Ergebnisse verschiedener Operationalisierungen [können] als Indiz für die Gültigkeit der Methoden interpretiert werden“ (BORTZ & DÖRING 2002, S. 370).

Durch die Varianzaufklärung (Eta-Quadrat [η^2]) kann ermittelt werden, welcher prozentuale Anteil der Variation in der unabhängigen Variablen auf die Haupteffekte und die Interaktion zurückgeführt werden können (vgl. BORTZ 1993, S. 228 u. 240).

Um auf die praktische Bedeutsamkeit eines Effekts zu schließen, genügt es nicht, den statistischen Nachweis eines signifikanten Unterschiedes zwischen den Gruppen zu erbringen. Der Nachweis der Zuverlässigkeit eines Effekts erfolgt zwar in der Regel über einen signifikanten Unterschied, ist allein jedoch problematisch.

Die Signifikanz ist als ein Beleg für die Bedeutung eines Effekts allein unzureichend. Damit stellt die Ermittlung des Effektstärkemaßes eine wirkungsvolle Ergänzung zu einem Signifikanztest dar (vgl. SCHNELL et al, 1999, S. 416).

Ein solches Effektstärkemaß ist neben anderen (z. B. Effektgröße [d]) η^2 . Das Effektstärkemaß η^2 ist unempfindlich gegenüber der Zahl der Fälle (vgl. BENNINGHAUS 2001, S. 359 ff.). Um die praktische Bedeutung der Signifikanzen abschätzen zu können, wird für diese Studie die Festlegung für die Effektstärke η^2 (klein, mittel, hoch) nach COHEN (1988) zu Grunde gelegt.

Tabelle 13: Interpretation des Effektstärkemaßes η^2 (vgl. COHEN 1988, S. 24 ff.)

Effektstärkemaß	klein	mittel	hoch
aufgeklärte Varianz η^2	.01	.06	.14

Über die Effektstärke kann die Bedeutung eines Ergebnisses abgeschätzt und damit auf den Nutzen der Intervention zurück geschlossen werden.

Die Effektstärke allein ist jedoch kein hinreichendes Kriterium für den Einfluss der Intervention, es muss vielmehr in einem größeren Interpretationszusammenhang gesehen werden (vgl. COHEN 1988, S. 24 ff.)

9.3.5 Korrelationsanalyse

Die *Korrelation* drückt den Zusammenhang zwischen zwei Variablen aus. Dieser Zusammenhang entsteht durch Beobachtungen von Paaren am gleichen Element der Stichprobe. Ein häufig angeführtes Beispiel ist der Zusammenhang von Körpergröße und Körpergewicht. Man spricht von einer *Korrelation* zwischen den beiden Variablen. Zum Beispiel in der vorliegenden Untersuchung vom Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest und dem entsprechendem Bildungsabschluss und gibt die Stärke und Richtung des Zusammenhangs mit einer Maßzahl an, die als *Korrelationskoeffizient* bezeichnet wird (vgl. JANSSEN & LAATZ 1999, S. 347 f.; ZÖFEL 1992, S. 209 f.; ZWERENZ 2001, S. 214). Dieser *Korrelationskoeffizient*, der mit r bezeichnet wird, liegt zwischen -1 und $+1$ (vgl. LEHMANN 2000, S. 70; ZÖFEL 1992, S. 209 f.), wobei ein Wert nahe bei eins einen starken und ein Wert nahe bei null einen schwachen Zusammenhang bedeutet. Ist der *Korrelationskoeffizient* negativ, bedeutet dies einen gegenläufigen Zusammenhang (vgl. ZÖFEL 1992, S. 209 f.).

Tabelle 14: *Korrelationskoeffizient und verbale Beschreibung (ZÖFEL, 1992, S. 211)*

<i>Korrelationskoeffizient</i>	<i>verbale Beschreibung</i>
$0 < r < 0.2$	sehr geringe Korrelation
$0.2 < r < 0.5$	geringe Korrelation
$0.5 < r < 0.9$	hohe Korrelation
$0.9 < r < 1$	sehr hohe Korrelation

10 Rahmenbedingungen der Studie

10.1 Vorbemerkungen

Die Studie bezog vier Klassen der Grundstufe (1. Lehrjahr) für das Berufsfeld Bautechnik ein. Insgesamt waren folgende Ausbildungsberufe Gegenstand der Untersuchung: Dachdecker, Ausbaufacharbeiter, Maurer, Hochbaufacharbeiter, Straßenbauer und Tiefbauer. Die Gesamtanzahl der involvierten Lernenden betrug 74.

Da in der Teilstudie I an den Tests aus unterschiedlichen Umständen nicht alle Lernenden teilnehmen konnten, bezog sich die Auswertung auf 59 Lernende, d.h. 15 Lernende wurden in die Auswertung nicht einbezogen. In der Teilstudie II konnten nur 44 Lernende in die Auswertung einbezogen werden, da zu diesem Zeitpunkt einige Probanden das Lernfeld nicht abschlossen. Die Gründe hierfür waren sehr vielschichtig: Wechsel der Ausbildung aus gesundheitlichen Gründen, Einweisung in den Strafvollzug etc.

Es wurden nur die Testergebnisse der Lernenden in die Auswertung einbezogen, die alle vier Tests der jeweiligen Teilstudie absolvierten. Dieses Vorgehen verfolgte den Zweck, eine Stichprobenverzerrung zu vermeiden. Beispielsweise würde ein Lernender, der am 1. Vortest nicht teilnehmen konnte, jedoch am 2. Vortest teilnahm, die Ergebnisse der Untersuchung verzerren (vgl. CAMPBELL & STANLEY 1970, S. 486).

Für die Auswertung der Untersuchung wurde zunächst der Mittelwertvergleich vorgenommen. Die Mittelwerte wurden hinsichtlich ihrer Veränderung in den drei definierten Bereichen des Tests (deklaratives, prozedurales und Problemlösungswissen) analysiert. Weiterhin wird eine Korrelationsanalyse, ein T-Test für abhängige Stichproben und eine Varianzanalyse mit einer unabhängigen Variablen durchgeführt.

10.2 Zusammensetzung der Klassen

Die Zusammensetzung der Klassen wird anhand quantitativer Daten nachfolgend beschrieben. Dabei wurde mit natürlichen Gruppen gearbeitet, d.h. der Klassenverband wurde beibehalten. Daher ist es erforderlich, die Zusammensetzung der Gesamtuntersuchungsstichprobe, sowie der Experimental- und der Kontrollgruppe zu beschreiben. Die Beschreibung der zwei Gruppen ist erforderlich, um die Ergebnisse der Untersuchung interpretieren zu können. Im Folgenden wird die Zusammensetzung der Kontroll- und Experimentalgruppe hinsichtlich nachfolgender Merkmale charakterisiert:

- Klassenzugehörigkeit;
- Ausbildungsberufe;

- Form der Ausbildung (betrieblich/überbetrieblich);
- Art der Vorbildung (Realschul-, Hauptschulabschluss, ohne Abschluss u. a.).

Für die Untersuchung standen vier Klassen der Berufsbildenden Schule I in Stendal zur Verfügung. Die Klassen setzten sich nur aus männlichen Auszubildenden zusammen. Die Auszubildenden können sechs unterschiedlichen Berufen der Bauwirtschaft zugeordnet werden. Dabei setzt sich die Klasse M.05 aus Maurern (3-jährige Ausbildung) und Hochbaufacharbeitern (2-jährige Ausbildung) zusammen. In der Klasse AB.05 befinden sich Ausbaufacharbeiter mit der Vertiefung Trockenbau (2-jährige Ausbildung). Die Klasse Da.05 besteht vollständig aus Dachdeckern (3-jährige Ausbildung). Die Straßenbauer (3-jährige Ausbildung) und Tiefbauer (2-jährige Ausbildung) sind in der Klasse S.05 zusammengefasst (Tabelle 15, Tabelle 16).

Tabelle 15: Klassen Versuchsgruppen

	<i>Häufigkeit</i>	<i>Prozent</i>	<i>Kumulierte Prozente</i>
<i>M.05</i>	19	25,7	25,7
<i>AB.05</i>	24	32,4	58,1
<i>Da.05</i>	14	18,9	77,0
<i>S.05</i>	17	23,0	100,0
<i>Gesamt</i>	74	100,0	

Tabelle 16: Ausbildungsberufe Versuchsgruppen

	<i>Häufigkeit</i>	<i>Prozent</i>	<i>Kumulierte Prozente</i>
<i>Maurer (M.05)</i>	9	12,2	12,2
<i>Hochbaufacharbeiter (M.05)</i>	10	13,5	25,7
<i>Ausbaufacharbeiter (AB.05)</i>	24	32,4	58,1
<i>Dachdecker (Da.05)</i>	14	18,9	77,0
<i>Straßenbauer (S.05)</i>	10	13,5	90,5
<i>Tiefbauer (S.05)</i>	7	9,5	100,0
<i>Gesamt</i>	74	100,0	

Etwa die Hälfte der Auszubildenden verfügt über ein Ausbildungsverhältnis mit einem Unternehmen. Die verbleibenden 48,6 % sind einer überbetrieblichen Einrichtung nach § 241, Abs. 2, SGB III (Arbeitsförderung) zugeordnet (Tabelle 17, Abbildung 17). Förderungsfähige Maßnahmen nach § 241, Abs. 2, SGB III sind wie folgt definiert:

„§ 241 Förderungsfähige Maßnahmen:

(2) Maßnahmen, die anstelle einer Ausbildung in einem Betrieb als berufliche Ausbildung im ersten Jahr in einer außerbetrieblichen Einrichtung im Rahmen eines Berufsausbildungsvertrages nach dem Berufsbildungsgesetz durchgeführt werden, sind förderungsfähig, wenn

1. den an der Maßnahme teilnehmenden Auszubildenden auch mit ausbildungsbegleitenden Hilfen eine Ausbildungsstelle in einem Betrieb nicht vermittelt werden kann,
2. die Auszubildenden nach Erfüllung der allgemein bildenden Vollzeitschulpflicht an einer berufsvorbereitenden Bildungsmaßnahme mit einer Dauer von mindestens sechs Monaten teilgenommen haben und
3. der Anteil betrieblicher Praktikumsphasen sechs Monate je Ausbildungsjahr nicht überschreitet.

Nach Ablauf des ersten Jahres der Ausbildung in einer außerbetrieblichen Einrichtung ist eine weitere Förderung nur möglich, solange dem Auszubildenden auch mit ausbildungsbegleitenden Hilfen eine Ausbildungsstelle in einem Betrieb nicht vermittelt werden kann. Im Zusammenwirken mit den Trägern der Maßnahmen sind alle Möglichkeiten wahrzunehmen, um den Übergang der Auszubildenden auf einen betrieblichen Ausbildungsplatz zu fördern. Falls erforderlich, ist dieser Übergang mit ausbildungsbegleitenden Hilfen zu unterstützen. Wenn die betriebliche Ausbildung innerhalb von drei Monaten nach dem Übergang nicht fortgeführt werden kann, ist die weitere Teilnahme an der außerbetrieblichen Ausbildungsmaßnahme möglich.“

(WISSING, MUTSCHLER, BARTZ & SCHMIDT-DE CALUWE 2004, S. 1791)

Tabelle 17: Betriebliche/Überbetriebliche Ausbildung Versuchsgruppen

	<i>Häufigkeit</i>	<i>Prozent</i>	<i>Kumulierte Prozente</i>
<i>im Betrieb</i>	38	51,4	51,4
<i>Überbetrieblich/Maßnahme</i>	36	48,6	100,0
<i>Gesamt</i>	74	100,0	

10.3 Vergleich der Zusammensetzung der Experimental- und der Kontrollgruppe Teilstudie I

Die vorangegangene Darstellung der Struktur der Gesamtzusammensetzung der in die Untersuchung einbezogenen Klassen soll im Folgenden noch einmal für die Klassen der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe spezifiziert werden. Dabei werden die gleichen Merkmale der Charakterisierung wie vorangegangen genutzt.

Insgesamt waren 74 Lernende involviert, davon bildeten 57 Lernende die Experimentalgruppe und 17 Lernende die Kontrollgruppe. Die Klasse S.05 diente vollständig als Kontrollgruppe, während die Klassen M.05, AB.05 und Da.05 als Experimentalgruppe fungierten (Tabelle 18). Die 3:1 Aufteilung wurde gewählt, weil durch die empirische Studie vorrangig die Wirksamkeit der entwickelten Experimentalkonzeption belegt werden sollte. Demzufolge wurde angestrebt, möglichst viele Probanden der Intervention bzw. Treatment auszusetzen.

Tabelle 18: Klassen der Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I

	<i>Experimentalgruppen [%]</i>	<i>Kontrollgruppe [%]</i>
<i>M.05</i>	34,0	
<i>AB.05</i>	44,7	
<i>Da.05</i>	21,3	
<i>S.05</i>		100,0

Ein wichtiges Merkmal der Kontroll- und Experimentalgruppe war die Form der vorliegenden schulischen Abschlüsse. Insgesamt bildet der Hauptschulabschluss die häufigste Form der vorhandenen Schulabschlüsse. Alle Schüler ohne Abschluss (bzw. mit Abgangszeugnis der Klassen 6 bis 9) sind in den Experimentalgruppen (19,3 %) vertreten. Die Experimental- und Kontrollgruppe unterscheiden sich maßgeblich in der Zusammensetzung hinsichtlich Lernender ohne Abschluss. Die Experimentalgruppe weist in der Teilstudie I 19,3 % Lernende auf, während in der Kontrollgruppe keine Lernenden ohne Abschluss vertreten sind (Tabelle 19).

Da grundsätzlich die hier dargelegten Studien ohne Randomisierung arbeiteten, war es nicht möglich, vollständig ausgewogene Gruppen zusammenzustellen. Bei der Auswertung der Studie wird auf die unterschiedlichen schulischen Voraussetzungen Bezug genommen und die erzielten Ergebnisse im Zusammenhang mit dem vorliegenden Schulabschluss betrachtet (vgl. Korrelationsanalyse).

Tabelle 19: Schulische Abschlüsse Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I

	<i>Experimentalgruppen [%]</i>	<i>Kontrollgruppe [%]</i>
<i>ohne Abschluss</i>	19,3	0,0
<i>Abschluss Schule für Lernbehinderte</i>	8,8	5,9
<i>Hauptschulabschluss</i>	40,4	58,8
<i>Realschulabschluss</i>	28,1	29,4
<i>Erweiterter Realschulabschluss</i>	3,5	5,9

Die Experimental- und Kontrollgruppe sind hinsichtlich ihrer Zusammensetzung aus Lernenden, die über einen Ausbildungsvertrag mit einem Unternehmen verfügen, grob vergleichbar, d.h. 49,1 % der Experimentalgruppe und 58,8 % der Kontrollgruppe verfügen über einen Ausbildungsvertrag mit einem Unternehmen (Tabelle 20).

Tabelle 20: Betrieblich/Überbetrieblich Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I

	<i>Experimentalgruppen [%]</i>	<i>Kontrollgruppe [%]</i>
<i>im Betrieb</i>	49,1	58,8
<i>Überbetrieblich/Maßnahme</i>	50,9	41,2

10.4 Vergleich der Zusammensetzung der Experimental- und der Kontrollgruppe Teilstudie II

Analog zum Vergleich der Zusammensetzung der Experimental- und der Kontrollgruppe Teilstudie I wird nachfolgend die Zusammensetzung der Experimental- und der Kontrollgruppe der Teilstudie II erfasst und dokumentiert.

Insgesamt waren in die Teilstudie II 71 Lernende einbezogen, es bildeten 50 Lernende die Experimentalgruppe und 21 Lernende die Kontrollgruppe. Die verringerte Zahl von Lernenden im Vergleich zur Teilstudie I ist auf das Ausscheiden von 3 Lernenden aus der Ausbildung zurückzuführen.

Die Klasse AB.05 fungierte als Kontrollgruppe, die Klassen M.05, S.05 und Da.05 bildeten die Experimentalgruppe.

Tabelle 21: Klassen der Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II

	<i>Experimentalgruppen [%]</i>	<i>Kontrollgruppe [%]</i>
<i>M.05</i>	38,0	
<i>S.05</i>	32,0	
<i>Da.05</i>	30,0	
<i>AB.05</i>		100,0

Für die Studie war von Bedeutung, die vorliegenden schulischen Abschlüsse der Kontroll- und Experimentalgruppe zu dokumentieren. Der Hauptschulabschluss ist die häufigste Form der vorhandenen Schulabschlüsse. Lernende ohne Abschluss (bzw. mit Abgangszeugnis der Klassen 6 bis 9) sind in den Experimentalgruppen mit 10,0 % und in der Kontrollgruppe mit 33,3 % vertreten. Lernende mit einem Realschulabschluss sind in der Kontrollgruppe mit 23,9 % und in der Experimentalgruppe mit 36,0 % repräsentiert.

Tabelle 22: Form der schulischen Abschlüsse Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II

	<i>Experimentalgruppen [%]</i>	<i>Kontrollgruppe [%]</i>
<i>ohne Abschluss</i>	10,0	33,3
<i>Abschluss Schule für Lernbehinderte</i>	6,0	9,5
<i>Hauptschulabschluss</i>	40,0	33,3
<i>Realschulabschluss</i>	36,0	23,9
<i>Erweiterter Realschulabschluss</i>	8,0	0,0

Für die Analyse der Zusammensetzung der Experimental- und Kontrollgruppe ist der Anteil der Lernenden, die eine betrieblich/überbetriebliche Ausbildung erfahren, von

Bedeutung. Die Gruppen differieren hinsichtlich ihrer Zusammensetzung aus Lernenden, die eine Ausbildung in einem Unternehmen absolvieren und Lernenden, die eine überbetriebliche Ausbildung erfahren. Alle Lernenden der Kontrollgruppe absolvieren eine überbetriebliche Ausbildung. In der Experimentalgruppe durchlaufen 28 % eine überbetriebliche Ausbildung.

Tabelle 23: Betrieblich/Überbetriebliche Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II

	<i>Experimentalgruppen [%]</i>	<i>Kontrollgruppe [%]</i>
<i>im Betrieb</i>	72,0	0,0
<i>Überbetrieblich/Maßnahme</i>	28,0	100

10.5 Grad der Handlungsorientierung

In den betreffenden Lernfeldern wurde, wie bereits dargelegt, ein Experimentalteil integriert. Der Experimentalteil umfasste in beiden Teilstudien vier Unterrichtsstunden. Die beiden Lernfelder der Teilstudien verfügten jedoch über einen Umfang von 60 Unterrichtsstunden. Damit ist der Umfang der methodischen Intervention relativ gering. Der verbleibende Teil der Lernfelder war somit nicht methodisch definiert, d.h. es stellt mit anderen Worten eine „Black Box“ dar. Es war jedoch nicht erstrebenswert und auch nicht realisierbar, das gesamte methodische Vorgehen in den betreffenden Lernfeldern den Lehrern vorzugeben. Ein solches Vorgehen wäre mit pädagogischen Autonomieansprüchen der Lehrenden nicht vereinbar. Ferner sind methodische „Reinformen“ über einen längeren Unterrichtszeitraum nicht praktikabel und auch wirklichkeitsfremd (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN & KNÖLL 2005, S. 62). Dennoch sollte im Rahmen der Untersuchung diese methodische „Black Box“, die außerhalb der Intervention bestand, näher bestimmt werden. Es ist daher von besonderem Interesse, den Grad der Handlungsorientierung des praktizierten Unterrichts zu bestimmen. Ferner zeigten Studien von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL, dass ein handlungsorientierter Unterricht u. U. schwächere Lernende benachteiligt bzw. stärkere Lernende bevorteilt (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN & KNÖLL 2005, S. 70). Daher war es auch vor diesem Hintergrund notwendig, den Grad der Handlungsorientierung der in die Untersuchung einbezogenen Lernfelder zu ermitteln.

In diesem Zusammenhang ist es erforderlich, die involvierten Lehrer bezüglich ihres Lehrumfanges in den betreffenden Klassen (Tabelle 24) zu charakterisieren.

Die Lernfelder „Herstellen einer Holzkonstruktion“ und „Herstellen eines Stahlbetonbauteils“ wurden an der Berufsbildenden Schule I in Stendal von zwei bis drei Lehrern unterrichtet. Der Stundenanteil der jeweiligen Lehrer für dieses Lernfeld ist in der folgende Tabelle 24 dokumentiert. In beiden Lernfeldern ist die Stundenaufschlüsselung der eingesetzten Lehrer identisch.

Tabelle 24: Lehrerverteilung und Stundenanteil je Lernfeld

	M.05	AB.05	Da.05	S.05
Lehrer A	42,5	-	-	-
Lehrer B	-	27,5	-	-
Lehrer C	-	-	35	-
Lehrer D	-	-	10	40
Lehrer E	-	32,5	-	10
Lehrer F	17,5	-	-	10
Lehrer G	-	-	15	-
Gesamt	60	60	60	60

Ein wichtiges Merkmal des Unterrichts für die Untersuchung war der Grad der Ausprägung des handlungsorientierten Unterrichts, da zu vermuten ist, dass der Umfang des handlungsorientierten Lehrens und Lernens maßgeblich über den Einfluss auf das Untersuchungsergebnis verfügt.

Für die wissenschaftliche Analyse des Grades der Handlungsorientierung wurde die nichtteilnehmende Beobachtung herangezogen. Der besondere Vorteil der Beobachtung liegt darin, dass die verbale Selbstdarstellung, z. B. hier durch den Lehrer (Interview, Behauptung: Ich setze handlungsorientierten Unterricht um.), relativiert wird. Für die wissenschaftliche systematische Erfassung ist ein standardisiertes und intersubjektiv überprüfbares Analyseinstrumentarium erforderlich (vgl. BORTZ & DÖRING 2004, S. 262).

Daher musste zunächst ein Charakterisierungs- und Analyseraster für den Grad der Handlungsorientierung entwickelt werden.

Ausgangspunkt für die Entwicklung dieses Analyserasters waren die in Kapitel 4 abgeleiteten Merkmale von handlungsorientiertem Unterricht. Die Merkmale des handlungsorientierten Unterrichts wurden bei Hospitationen durch Beobachtung in den jeweiligen Klassen ermittelt bzw. bei deren Auftreten in einem Analyseraster festgehalten. Insgesamt wurden in jeder Klasse 20 Unterrichtsstunden außerhalb der Intervention hospitiert. Die Lernfelder umfassten je 60 Stunden, damit wurde ein Drittel hinsichtlich dieser Merkmale analysiert (Anlage IV). Die Merkmalshäufung wurde in einer Tabelle zusammengefasst (maximal 20-maliges Auftreten des Merkmals möglich). Die Merkmalsausprägung diente letztlich zur Abschätzung, in welchem Ausprägungsgrad handlungsorientierter Unterricht in den jeweiligen Klassen des Lernfeldes umgesetzt wurde (Abbildung 19 bis Abbildung 26).

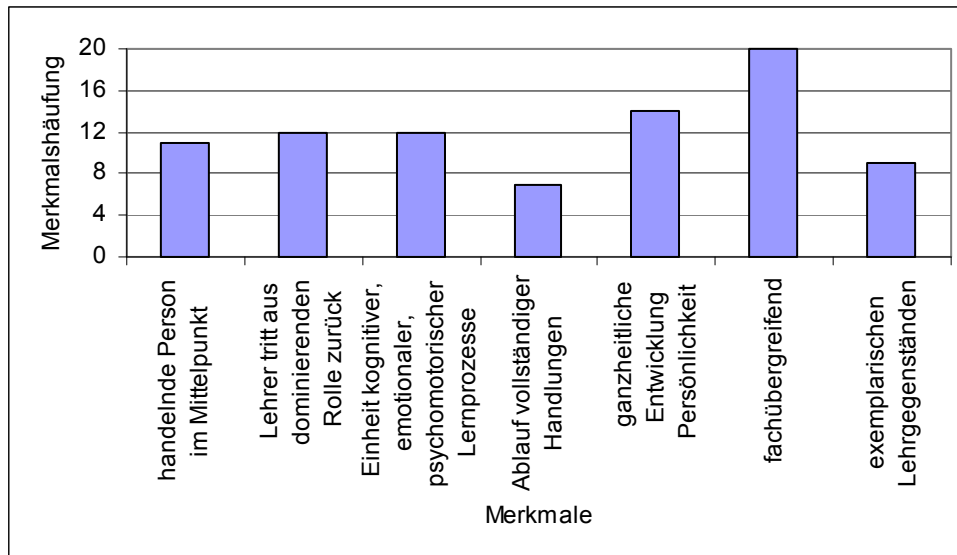


Abbildung 19: Grad der Handlungsorientierung – M.05 – Teilstudie I

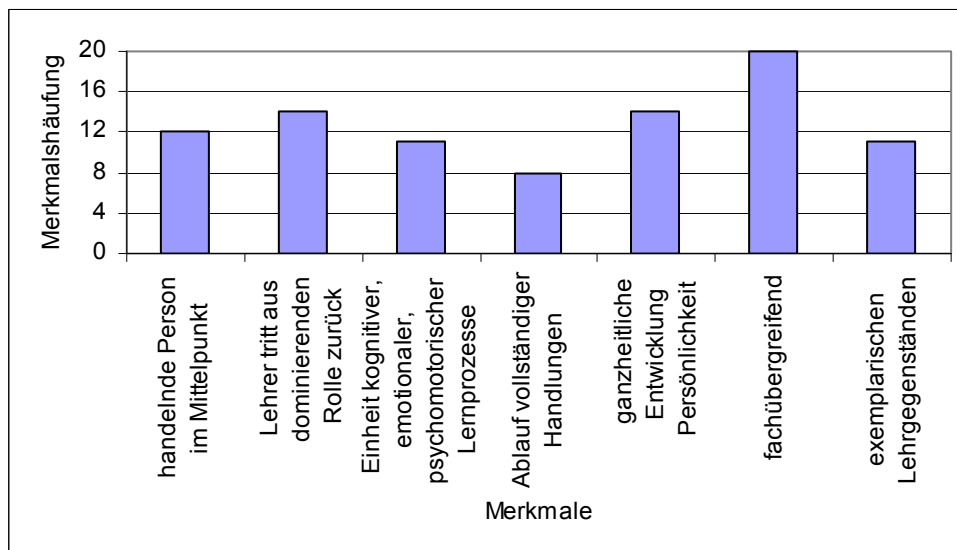


Abbildung 20: Grad der Handlungsorientierung – M.05 – Teilstudie II

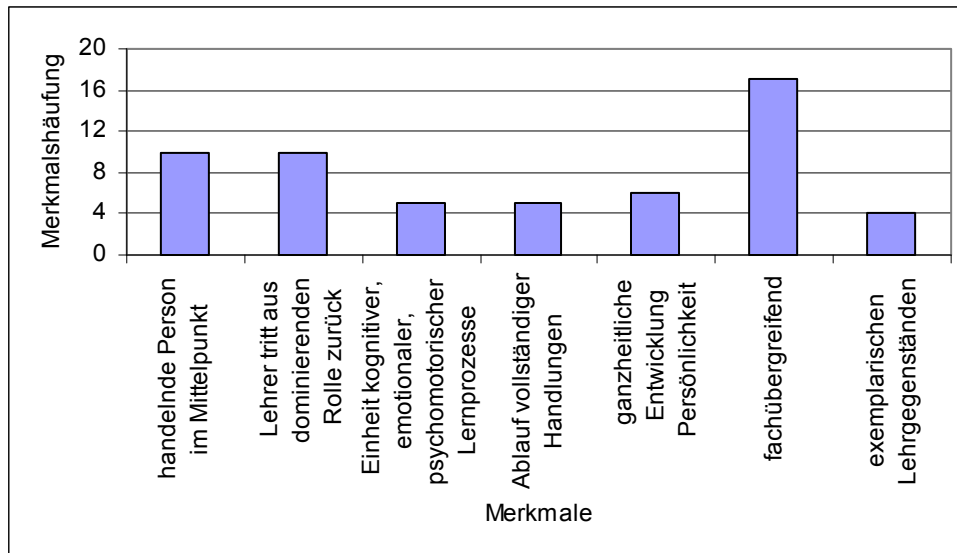


Abbildung 21: Grad der Handlungsorientierung – AB.05 – Teilstudie I

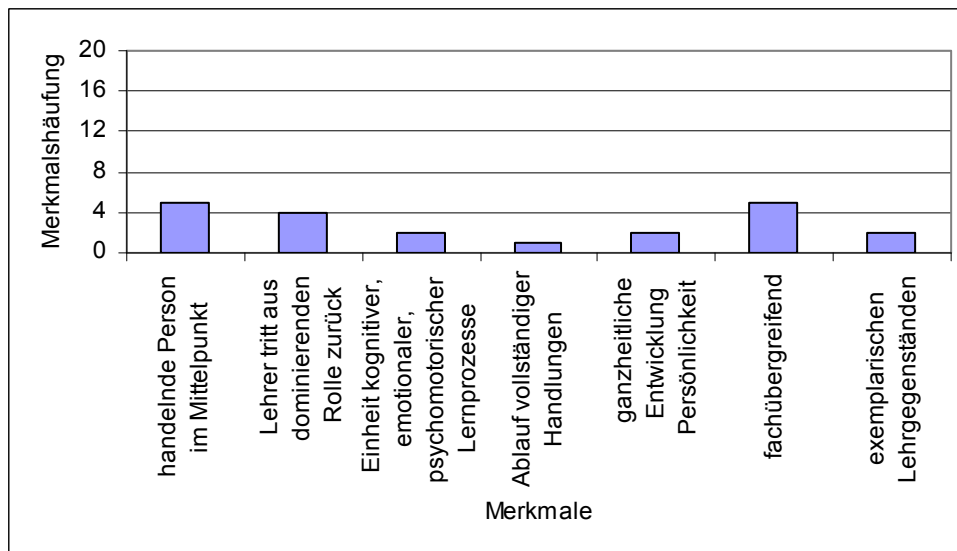


Abbildung 22: Grad der Handlungsorientierung – AB.05 (Kontrollgruppe) – Teilstudie II

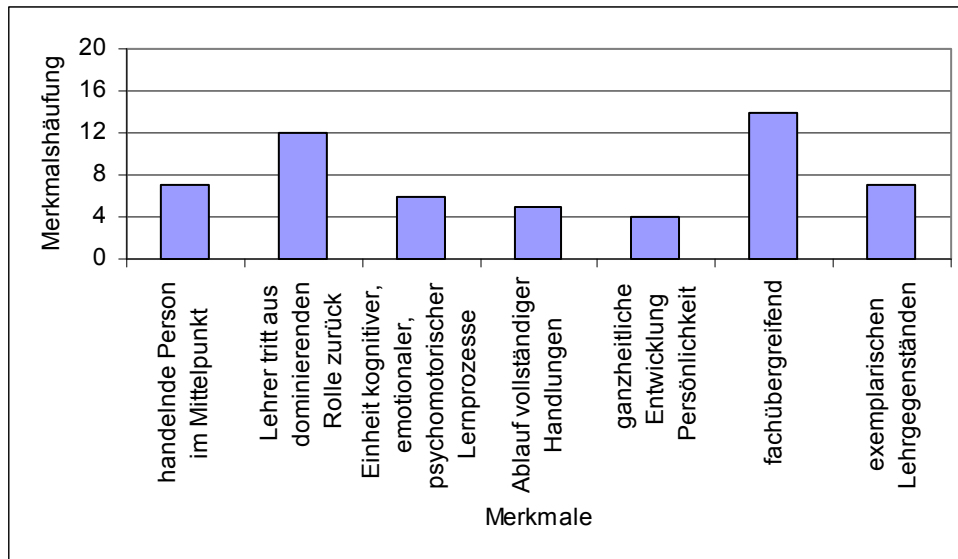


Abbildung 23: Grad der Handlungsorientierung – Da.05 – Teilstudie I

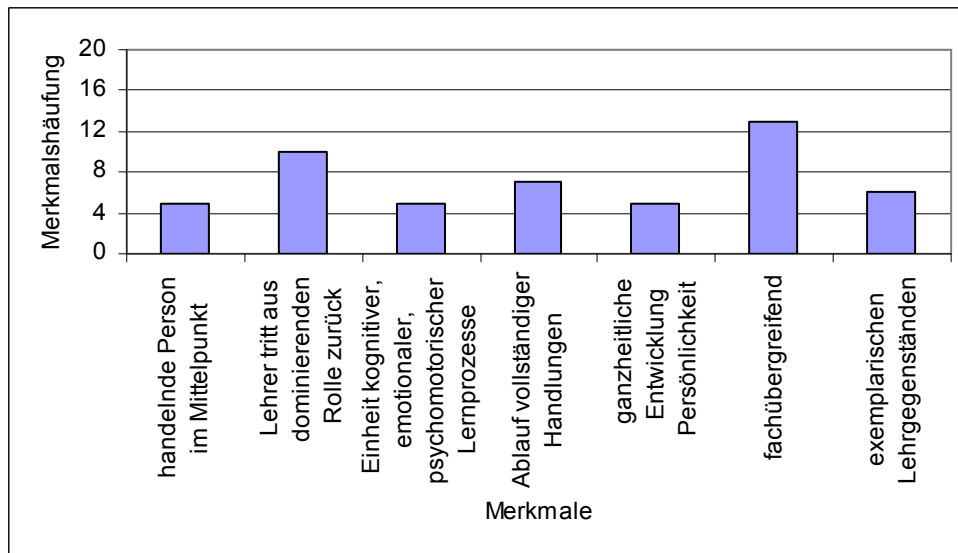


Abbildung 24: Grad der Handlungsorientierung – Da.05 – Teilstudie II

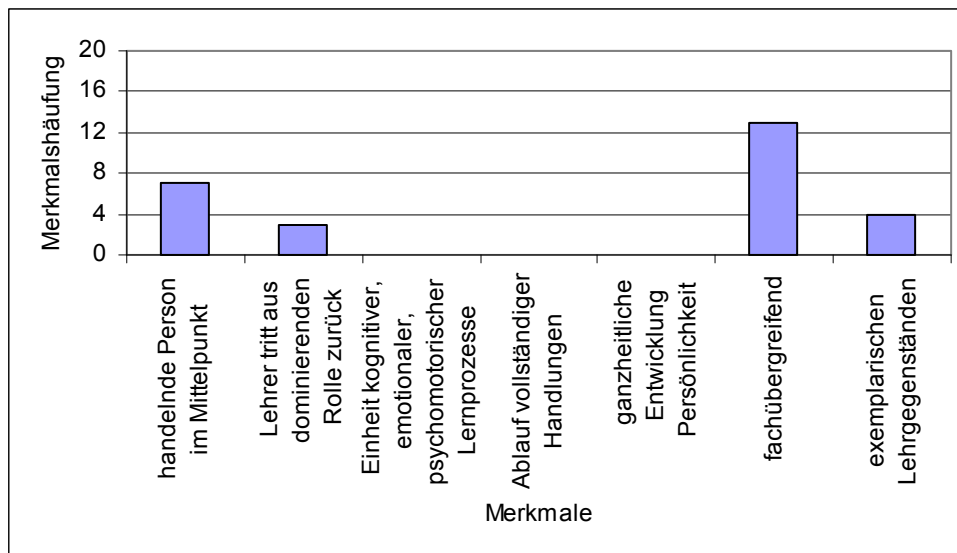


Abbildung 25: Grad der Handlungsorientierung – S.05 (Kontrollgruppe) – Teilstudie I

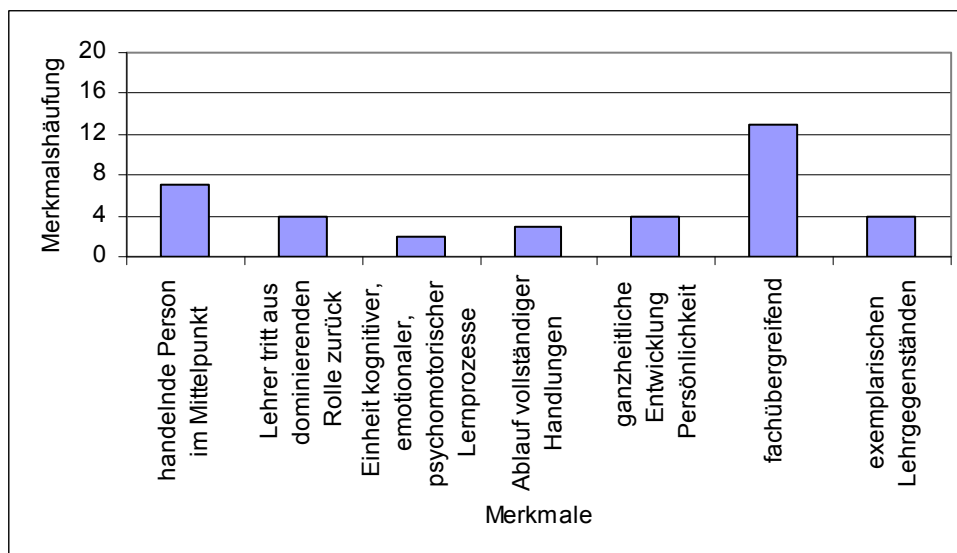


Abbildung 26: Grad der Handlungsorientierung – S.05 – Teilstudie II

Anhand der hier vorliegenden Analyse hinsichtlich der Merkmale der Handlungsorientierung kann auf den Grad der Handlungsorientierung zurückgeschlossen werden. Die stärksten Merkmalsausprägungen von handlungsorientiertem Unterricht fanden sich in den Klassen M.05, Da.05 und AB.05 (Teilstudie I) und M.05, Da.05 und S.05 (Teilstudie II). Bei diesen Klassen handelte es sich um die Experimentalgruppen. Die Kontrollgruppen (S.05 Teilstudie I, AB.05 Teilstudie II) erfuhren einen weniger handlungsorientierten Unterricht. Die stärkere Handlungsorientierung der Experimentalgruppen erscheint insofern folgerichtig, da in diesen Gruppen eine größere handlungsorientierte Einheit in Form des Experiments realisiert wurde, und damit die Merkmale von handlungsorientierten Unterricht auch wesentlich stärker zum Tragen kamen.

11 Auswertung der Studie

11.1 Allgemeiner Mittelwertvergleich

11.1.1 Darstellung der Ergebnisse

Die Auswertung und Darstellung der Studien erfolgt immer bezogen auf die jeweiligen Wissensbereiche (deklaratives, prozedurales und Problemlösungswissen). Dabei werden die statistischen Untersuchungsinstrumentarien immer in der Reihenfolge: Mittelwertvergleich – T-Test – Varianzanalyse herangezogen. Eine Betrachtung der beiden Teilstudien erfolgt in Bezug auf diese drei Bereiche immer parallel. Diese Form der Darstellung wurde gewählt, da sie eine vergleichende Analyse der beiden Teilstudien ermöglicht und unterstützt. Die Form der Darstellung in der Teilstudie I und Teilstudie II nacheinander betrachtet werden, erschwert eine vergleichende Analyse und wurde daher nicht angewandt.

Das Darstellungsraster wird im Folgenden detailliert dargelegt:

- allgemeiner Mittelwertvergleich (nach Klassen und nach Experimental- sowie Kontrollgruppe, bezogen auf alle vier Tests)
 - o deklaratives Wissen
 - Teilstudie I (bezogen auf Klassen)
 - Teilstudie II
 - Teilstudie I (bezogen auf Experimental- und Kontrollgruppe)
 - Teilstudie II
 - Zwischenfazit
 - o prozedurales Wissen
 - Teilstudie I (bezogen auf Klassen)
 - Teilstudie II
 - Teilstudie I (bezogen auf Experimental- und Kontrollgruppe)
 - Teilstudie II
 - Zwischenfazit
 - o Problemlösungswissen
 - Teilstudie I (bezogen auf Klassen)
 - Teilstudie II
 - Teilstudie I (bezogen auf Experimental- und Kontrollgruppe)
 - Teilstudie II
 - Zwischenfazit
- Ergebnisse 2. Vortest – 1. Nachtest (nach Experimental- sowie Kontrollgruppe)
 - o Mittelwertvergleich

- deklaratives Wissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
- prozedurales Wissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
- Problemlösungswissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
- Zwischenfazit
- T-Test
 - deklaratives Wissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
 - prozedurales Wissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
 - Problemlösungswissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
 - Zwischenfazit
- Varianzanalyse
 - deklaratives Wissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
 - prozedurales Wissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
 - Problemlösungswissen
 - Teilstudie I
 - Teilstudie II
 - Zwischenfazit
- Ergebnisse 1. Nachttest – 2. Nachttest (analog 2. Vortest – 1. Nachttest)
- Korrelationsanalyse

11.1.2 Deklaratives Wissen

Teilstudie I

Die Analyse der Mittelwerte erfolgt zunächst deskriptiv, eine Signifikanzprüfung im Anschluss. Eine Interpretation und Hypothesenprüfung erfolgt im Anschluss an die tiefergehende statistische Analyse.

Als Teil der Auswertung wurden die erreichten Mittelwerte der unterschiedlichen Gruppen (M.05, AB.05, Da.05 und S.05) zu unterschiedlichen Zeitpunkten (1. Vortest bis 2. Nachtest) gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung verdeutlicht die Entwicklung der Klassen, die der Intervention des Experiments ausgesetzt waren. Die Ergebnisse sind weiterhin in die drei Testbereiche aufgeschlüsselt: deklaratives Wissen, prozedurales Wissen und Problemlösungswissen.

Im Verlauf der vier durchgeführten Tests zeigte die Entwicklung der Mittelwerte im deklarativen Bereich nur geringfügige Unterschiede zwischen den involvierten Klassen. Die Kontrollgruppe liegt im 1. und 2. Nachtest jedoch leicht hinter den Experimentalgruppen (Tabelle 25, Abbildung 27).

Tabelle 25: Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Klassen – Teilstudie I

Klasse		Deklaratives Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	M	3,31	3,44	6,25	5,50
	N	16	16	16	16
	SD	1,08	2,00	1,53	1,32
AB.05	M	3,47	4,00	6,42	5,26
	N	19	19	19	19
	SD	1,31	1,11	1,54	1,63
Da.05	M	2,80	5,80	7,00	6,40
	N	10	10	10	10
	SD	1,48	,79	1,33	1,43
S.05*	M	3,21	4,07	6,07	5,14
	N	14	14	14	14
	SD	1,25	1,69	1,27	1,10

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung
 * Kontrollgruppe

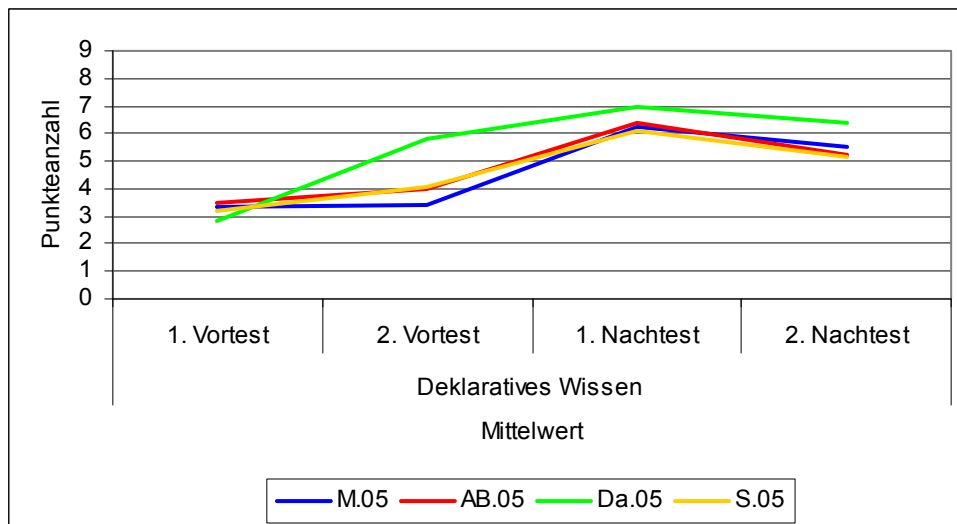


Abbildung 27: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie I

Teilstudie II

In der Teilstudie II im 1. Vortest erzielten die Experimentalgruppen folgende Ergebnisse: M.05 – 5,13 Punkte, Da.05 – 3,22 Punkte, S.05 – 3,85 Punkte. Die Kontrollgruppe AB.05 erzielte 4,43 Punkte im Mittel. Damit bewegt sich die Kontrollgruppe im „Mittelfeld“ der untersuchten Klassen. Im 2. Vortest zeichnet sich die Kontrollgruppe sogar durch ein besseres Ergebnis als die Experimentalgruppen aus (7,43 Punkte). Im 1. und im 2. Nachtest erreicht die Kontrollgruppe jedoch nur noch 6,00 Punkte. Die Experimentalgruppen zeigen im 1. und im 2. Nachtest ein besseres Ergebnis. Jedoch ist das Ergebnis der Klasse S.05 im 1. Nachtest mit 6,98 Punkten und im 2. Nachtest mit 6,54 Punkten nur geringfügig besser. Die Experimentalklasse Da.05 erreicht im 2. Nachtest 6,56 Punkte und bewegt sich damit auf einem ähnlichen Niveau wie die Kontrollgruppe (Tabelle 26 und Abbildung 28).

Tabelle 26: Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Klassen – Teilstudie II

Klasse		Deklaratives Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	M	5,13	7,00	7,47	7,47
	N	15	15	15	15
	SD	1,06	1,51	1,46	1,13
AB.05*	M	4,43	7,43	6,00	6,00
	N	7	7	7	7
	SD	1,40	,98	,58	1,91
Da.05	M	3,22	6,11	7,33	6,56
	N	9	9	9	9
	SD	1,09	1,90	1,00	1,33
S.05	M	3,85	6,15	6,98	6,54
	N	13	13	13	13
	SD	1,35	1,60	1,37	1,67

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung
* Kontrollgruppe

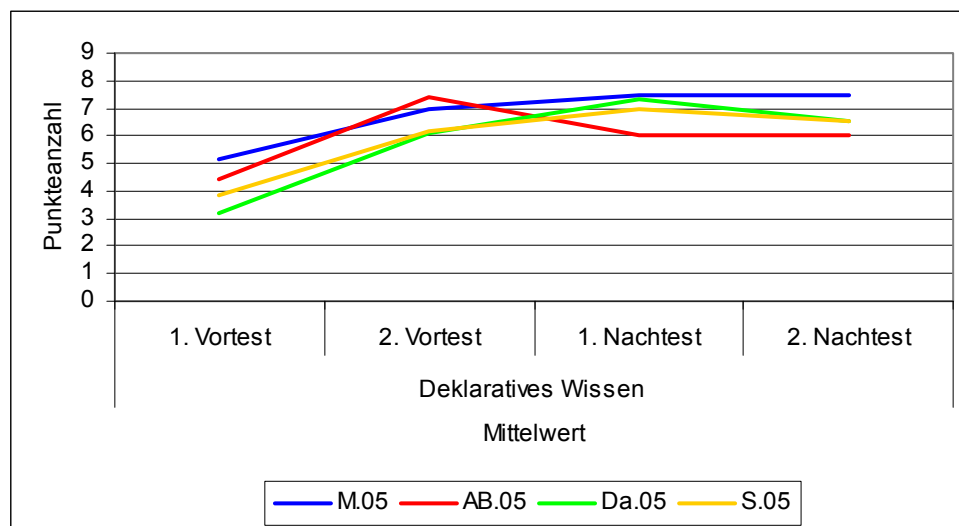


Abbildung 28: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie II

Teilstudie I

Eine direkte Gegenüberstellung der Bildung der Mittelwerte von Kontrollgruppe und Experimentalgruppe der Teilstudie I verdeutlicht, dass die Entwicklung der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe sehr ähnlich ist. Es ist jedoch anzumerken, dass die drei Experimentalgruppen ein leicht besseres Ergebnis im 1. Nachtest und im 2. Nachtest erzielen. Die Differenz zwischen Experimental- und Kontrollgruppe beträgt im 1. Nachtest ,42 Punkte und im 2. Nachtest ,46 Punkte (Tabelle 27, Abbildung 29).

Tabelle 27: Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Experimenterteilnahme – Teilstudie I

Experiment – Teilnahme		Deklaratives Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	3,27	4,20	6,49	5,60
	N	45	45	45	45
	SD	1,27	1,67	1,49	1,51
Kontrollgruppe	M	3,21	4,07	6,07	5,14
	N	14	14	14	14
	SD	1,25	1,69	1,27	1,10

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

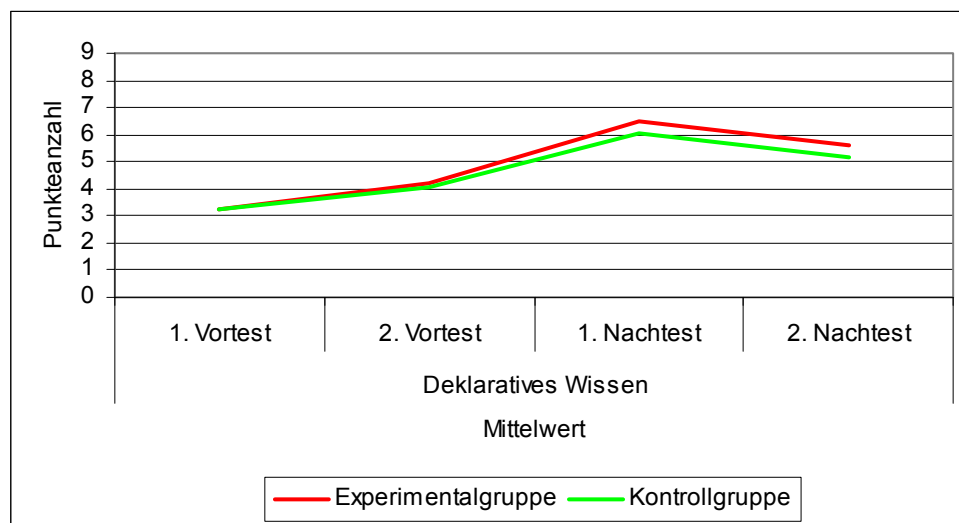


Abbildung 29: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I

Teilstudie II

Im 1. Vortest zeigen die beiden Gruppen ein ähnliches Ergebnis (Experimentalgruppe 4,22 Punkte, Kontrollgruppe 4,43 Punkte). Im 2. Vortest weist die Experimentalgruppe ein schlechteres Ergebnis als die Kontrollgruppe auf (Experimentalgruppe 6,49 Punkte, Kontrollgruppe 7,43 Punkte). Die Differenz beträgt damit nahezu 1 Punkt. Im 1. Nachtest zeigt die Experimentalgruppe ein besseres Ergebnis als die Kontrollgruppe (Experimentalgruppe 7,16 Punkte, Kontrollgruppe 6,00 Punkte). Im 2. Nachtest zeigt sich eine Differenz zwischen Experimental- und Kontrollgruppe von ,92 Punkten (Tabelle 28 und Abbildung 30).

Tabelle 28: Übersicht der Mittelwerte deklaratives Wissen bezogen auf Experimentaltteilnahme
– Teilstudie II

Experiment – Teilnahme		Deklaratives Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	4,22	6,49	7,16	6,92
	N	37	37	37	37
	SD	1,36	1,66	1,40	1,61
Kontrollgruppe	M	4,43	7,43	6,00	6,00
	N	7	7	7	7
	SD	1,40	,98	,58	1,91

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

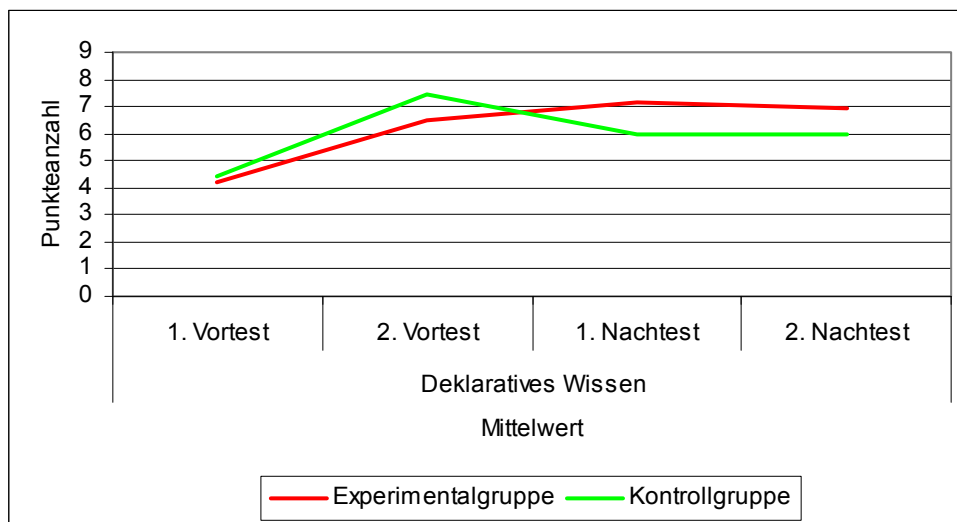


Abbildung 30: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe –
Teilstudie II

Zwischenfazit:

Die Analyse der Entwicklung der Experimentalgruppen und Kontrollgruppe (Teilstudie I und Teilstudie II) zeigte, dass durch die Intervention (das Experiment) leicht bessere Ergebnisse im deklarativen Wissensbereich des Tests erzielt wurden. Diese Tendenz war in beiden Teilstudien zu beobachten, wobei die Tendenz der besseren Ergebnisse in der Teilstudie II besser ausfällt.

11.1.3 Prozedurales Wissen

Teilstudie I

Analog zum deklarativen Wissen wurden die Ergebnisse des Testbereiches prozedurales Wissen in den unterschiedlichen Klassen und in den durchgeführten Tests gegenübergestellt. Die Analyse des Testbereiches „prozedurales Wissen“ zeigt, dass sich das Experimentieren entscheidend auf die Entwicklung des prozeduralen Wissens auswirkt. Verdeutlicht wird dies u. a. durch den gemessenen Zuwachs im Testbereich prozedurales Wissen in den Tests nach der experimentellen Unterrichtseinheit. Die Experimentalgruppe M.05 der Teilstudie I erreichte im 1. Vortest 2,00 Punkte, im 2. Vortest 2,56 Punkte, im 1. Nachtest 4,38 Punkte und im 2. Nachtest 2,75 Punkte. Die Klasse AB.05 erreichte im 1. Vortest 1,21 Punkte, im 2. Vortest 2,26 Punkte, im 1. Nachtest 3,37 Punkte und im 2. Nachtest 3,11 Punkte. Die Klasse Da.05 erreichte im 1. Vortest 1,20 Punkte, im 2. Vortest 1,60 Punkte, im 1. Nachtest 2,70 Punkte und im 2. Nachtest 2,70 Punkte. Die Kontrollgruppe S.05 erreichte im 1. Vortest 1,07 Punkte, im 2. Vortest 1,29 Punkte, im 1. Nachtest 1,29 Punkte und im 2. Nachtest 1,21 Punkte. Insgesamt stagniert die Kontrollgruppe auf nahezu einem Niveau, während die Experimentalgruppen einen deutlichen Zuwachs verzeichnen konnten. Die Differenz im 1. Nachtest zwischen M.05 und S.05 beträgt 3,09 Punkte. (Tabelle 29, Abbildung 31).

Tabelle 29: Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Klassen – Teilstudie I

Klasse		Prozedurales Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	M	2,00	2,56	4,38	2,75
	N	16	16	16	16
	SD	1,59	1,31	1,59	2,08
AB.05	M	1,21	2,26	3,37	3,11
	N	19	19	19	19
	SD	1,03	1,63	2,11	2,08
Da.05	M	1,20	1,60	2,70	2,70
	N	10	10	10	10
	SD	,79	1,35	1,64	1,57
S.05*	M	1,07	1,29	1,29	1,21
	N	14	14	14	14
	SD	,92	1,59	1,44	1,53

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung
 * Kontrollgruppe

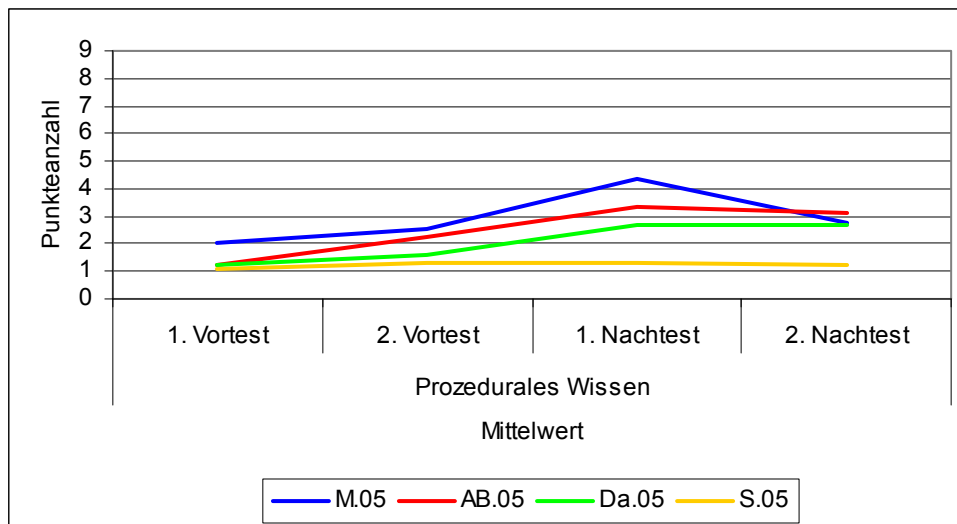


Abbildung 31: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie I

Teilstudie II

In der Teilstudie II zeigt sich ein inhomogenes Bild, welches einer genaueren Auswertung bedarf. Zunächst schneiden die Experimentalgruppen im 1. Vortest wesentlich schlechter ab, als die Kontrollgruppe. Während die Klasse AB.05 (Kontrollgruppe) im 1. Vortest 1,43 Punkte erreicht, erreichten die Klassen S.05 ,00 Punkte, Da.05 ,00 Punkte und M.05 ,20 Punkte. Im 2. Vortest steigert sich die Klasse AB.05 (Kontrollgruppe) auf 3,43 Punkte. Die Experimentalgruppe mit der Klasse M.05 erreichte 1,60 Punkte, die Klasse Da.05 erreichte 1,44 Punkte und die Klasse S.05 erreichte 1,00 Punkte. Damit zeigt die Kontrollgruppe bis zum 2. Vortest ein wesentlich besseres Ergebnis als die Experimentalgruppen. Zum Beispiel beträgt die Differenz im 2. Vortest zwischen AB.05 und S.06 2,43 Punkte. Im 1. Nachtest verändert sich dieses Bild schlagartig. Während die Kontrollgruppe 3,43 Punkte erreichte, zeigten die Experimentalgruppen einen deutlichen Punktezuwachs. Die Klasse M.05 erreichte 5,73 Punkte, die Klasse Da.05 erreichte 5,78 Punkte und die Klasse S.05 erreichte 4,38 Punkte. Die Differenz zwischen Da.05 und AB.05 (Kontrollgruppe) im 1. Nachtest beträgt 2,35 Punkte. Damit konnten die Experimentalgruppen einen entscheidenden Punktezuwachs nach der Experimentaleinheit aufzeigen. Im 2. Nachtest zeigt die Kontrollgruppe ebenfalls ein schlechteres Ergebnis als die Experimentalgruppen (Tabelle 30, Abbildung 32).

Tabelle 30: Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Klassen – Teilstudie II

Klasse		Prozedurales Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	M	,20	1,60	5,73	5,13
	N	15	15	15	15
	SD	,41	1,40	1,91	2,00
AB.05*	M	1,43	3,43	3,43	3,00
	N	7	7	7	7
	SD	1,13	2,23	,98	,82
Da.05	M	,00	1,44	5,78	4,11
	N	9	9	9	9
	SD	,00	1,33	1,72	2,26
S.05	M	,00	1,00	4,38	3,62
	N	13	13	13	13
	SD	,00	1,08	2,53	3,12

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung
* Kontrollgruppe

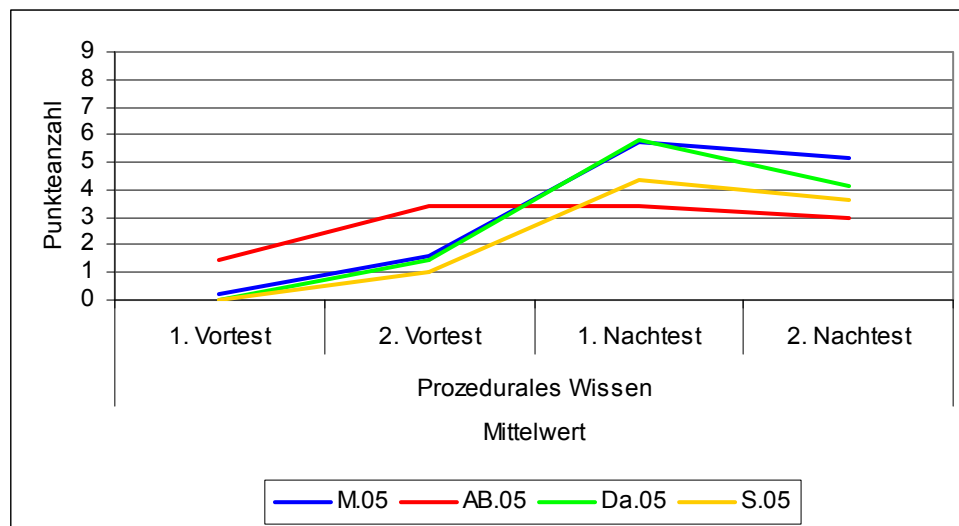


Abbildung 32: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Klassenvergleich – Teilstudie II

Teilstudie I

Bei der direkten Gegenüberstellung der Kontrollgruppe und den Gruppen, die am Experiment teilnahmen, zeigt die Experimentalgruppe einen sehr deutlichen prozeduralen Wissenszuwachs. Im 1. Vortest konnten die Klassen, die am Experiment teilnahmen, durchschnittlich 1,49 Punkte erreichen und im 2. Nachtest 2,89 Punkte erzielen. Die Kontrollgruppe zeigte im 1. Vortest Ergebnisse von durchschnittlichen 1,07 Punkten im Bereich des prozeduralen Wissens. Im 2. Nachtest erreichten sie jedoch nur 1,21 Punkte. Im weiteren Verlauf der Studie (ab 2. Vortest) differieren die Gruppen bereits

stark voneinander. Durchschnittlich erreicht die Experimentalgruppe 2,22 Punkte und die Kontrollgruppe 1,29 Punkte (Tabelle 31, Abbildung 33). Dieser Unterschied kann nicht durch die Intervention, d.h. durch das Experiment erklärt werden, da die experimentelle Einheit erst nach dem 2. Vortest erfolgte. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Unterschiede durch andere, in der Untersuchung nicht kontrollierbare Einflüsse, (Kapitel 10.5 Grad der Handlungsorientierung) zustande kamen. Neben der Auswirkung des Lernerfolgs durch das Experimentieren im engeren Sinn wurde in dieser Studie ebenfalls der Grad der Handlungsorientierung des praktizierten Unterrichts durch die Lehrenden erfasst (Abbildung 19 bis Abbildung 26). Es konnte festgestellt werden, dass die Lehrenden in der Kontrollgruppe einen weniger handlungsorientierten Unterricht umsetzten. Die hier auftretenden Unterschiede zwischen den Gruppen, können u. a. darauf zurückzuführen sein.

Tabelle 31: Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Experimentteilnahme – Teilstudie I

Experiment – Teilnahme		Prozedurales Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	1,49	2,22	3,58	2,89
	N	45	45	45	45
	SD	1,25	1,48	1,91	1,94
Kontrollgruppe	M	1,07	1,29	1,29	1,21
	N	14	14	14	14
	SD	,92	1,59	1,44	1,53

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

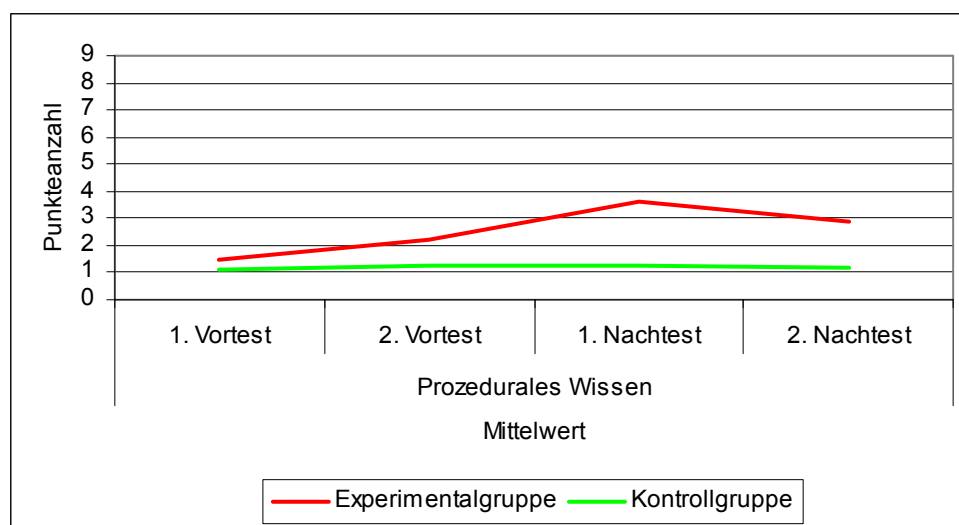


Abbildung 33: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I

Teilstudie II

Die Ergebnisse der Teilstudie II werden hinsichtlich der Kontroll- und Experimentalgruppe nochmals gegenübergestellt. Die Experimentalgruppe verzeichnet im 1. Vortest ein wesentlich schlechteres Ergebnis als die Kontrollgruppe (Experimentalgruppe 0,07 Punkte, Kontrollgruppe 1,43 Punkte). Im 2. Vortest schneidet die Experimentalgruppe ebenfalls wesentlich schlechter als die Kontrollgruppe ab. Im 1. Nachtest wandelt sich das Ergebnisbild und die Experimentalgruppe erreicht mit 5,27 Punkten ein wesentlich besseres Ergebnis als die Kontrollgruppe, die 3,43 Punkte erreichte. Auch im 2. Nachtest kann die Experimentalgruppe ein besseres Ergebnis als die Kontrollgruppe erzielen (Experimentalgruppe 4,35 Punkte, Kontrollgruppe 3,00 Punkte) (Tabelle 32, Abbildung 34).

Tabelle 32: Übersicht der Mittelwerte prozedurales Wissen bezogen auf Experimentteilnahme – Teilstudie II

Experiment – Teilnahme		Prozedurales Wissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	,07	1,36	5,27	4,35
	N	37	37	37	37
	SD	,28	1,27	2,16	2,53
Kontrollgruppe	M	1,43	3,43	3,43	3,00
	N	7	7	7	7
	SD	1,13	2,23	,98	,82

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

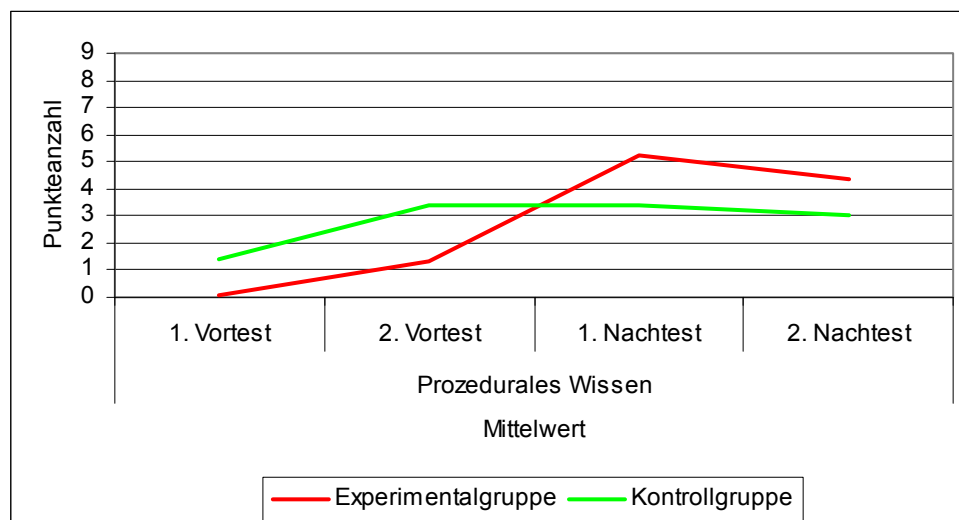


Abbildung 34: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II

Zwischenfazit:

In der Entwicklung des prozeduralen Wissens zeigt der Experimentalunterricht deutliche positive Effekte. Sowohl in Teilstudie I als auch in Teilstudie II erzielten die Experimentalgruppen deutliche Zuwächse. Während in der Teilstudie I die Kontrollgruppe stagnierte, verzeichnete die Experimentalgruppe einen deutlichen Zuwachs. In der Teilstudie II wies die Kontrollgruppe zunächst bessere Ergebnisse als die Experimentalgruppe auf. Nach der Intervention überflügelte die Experimentalgruppe die Kontrollgruppe deutlich.

11.1.4 Problemlösungswissen*Teilstudie I*

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten geschehen, werden die erreichten Ergebnisse ebenfalls im Bereich „Problemlösungswissen“ entsprechend den unterschiedlichen Klassen und der realisierten vier Tests gegenübergestellt. Eine Analyse der Ergebnisse der durchgeführten Tests zeigt, dass die Voraussetzungen leicht differieren (z. B. Klasse M.05 [,81 Punkte], S.05 [,29 Punkte], siehe Tabelle 33 und Abbildung 35). Dieser Unterschied zeigt sich ebenfalls im 2. Vortest. Im 1. Nachtest erzielten die Klassen M.05, AB.05 und Da.05 entscheidend bessere Ergebnisse als die Kontrollgruppe S.05. Während die Kontrollgruppe stagnierte, verzeichneten die anderen Klassen einen starken Zuwachs im Bereich des Problemlösungswissens. Ähnlich wie im Bereich des prozeduralen Wissens kann vermutet werden, dass der geringe Zuwachs, bzw. sogar Abfall zwischen 1. Vortest und 2. Vortest in der Kontrollgruppe auf einen geringeren Grad der Handlungsorientierung im Unterricht zurückzuführen ist (siehe Kapitel 10.5).

Tabelle 33: Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Klassen –
Teilstudie I

Klasse		Problemlösungswissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	M	,81	,81	2,31	1,50
	N	16	16	16	16
	SD	1,38	1,05	1,66	1,55
AB.05	M	,63	,53	2,16	,95
	N	19	19	19	19
	SD	1,01	,77	1,38	,97
Da.05	M	,00	,40	3,30	1,50
	N	10	10	10	10
	SD	,00	,52	3,23	2,32
S.05*	M	,29	,21	,36	,36
	N	14	14	14	14
	SD	,83	,58	,63	,74

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung
* Kontrollgruppe

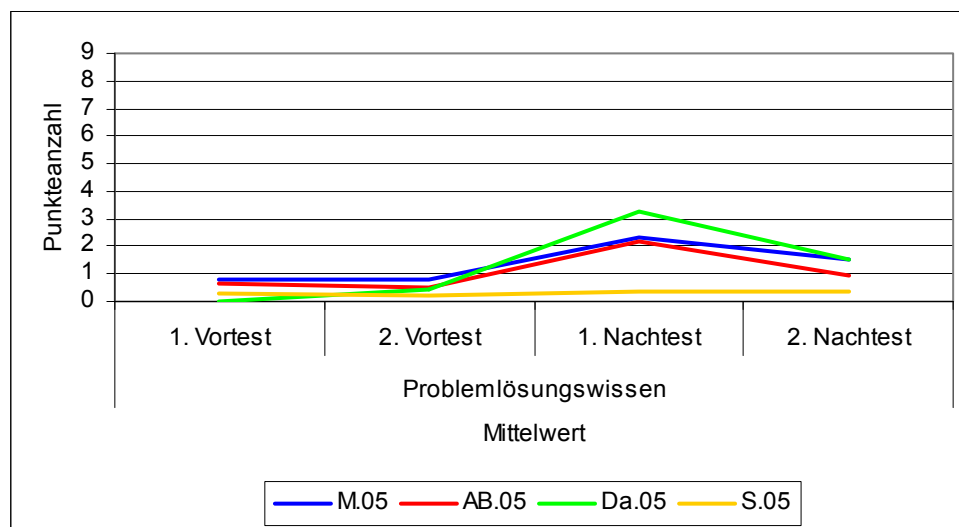


Abbildung 35: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Klassenvergleich – Teilstudie I

Teilstudie II

Im 1. Vortest der Teilstudie II weisen Kontrollgruppe und Experimentalgruppen ein identisches Bild auf. Alle erreichen ,00 Punkte. Die Kontrollgruppe (AB.05) kann sich im 2. Vortest auf ,86 Punkte steigern. Die Experimentalgruppe Klasse M.05 steigert sich auf ,27 Punkte, die Klasse Da.05 auf ,44 Punkte und die Klasse S.05 kann keinen Zuwachs verzeichnen. Sie erreicht auch hier nur ,00 Punkte. Im 1. Nachtest erreicht die Kontrollgruppe AB.05 ,71 Punkte und die Experimentalgruppen erreichen folgende Ergebnisse: M.05 – ,33 Punkte, Da.05 – 1,56 Punkte und S.05 – ,15 Punkte. Auffallend

ist dabei, dass sich die Klasse Da.05 (eine Klasse der Experimentalgruppen) von ,44 Punkten im 2. Vortest auf 1,56 Punkte im 1. Nachtest steigern konnte. Die anderen Klassen der Experimentalgruppe steigern sich nur geringfügig (M.05 von ,27 Punkten im 2. Vortest auf ,33 Punkte im 1. Nachtest und S.05 von ,00 Punkten im 2. Vortest auf ,15 Punkte im 1. Nachtest). Die Kontrollgruppe verzeichnet keinen Zuwachs (Tabelle 34, Abbildung 36). Insgesamt ist die Auswertung der Veränderungen auf Grund der geringen Punkteveränderung nur wenig aussagekräftig.

Tabelle 34: Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Klassen – Teilstudie II

Klasse		Problemlösungswissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	M	,00	,27	,33	,60
	N	15	15	15	15
	SD	,00	,59	,49	,83
AB.05*	M	,00	,86	,71	1,00
	N	7	7	7	7
	SD	,00	1,07	,76	1,41
Da.05	M	,00	,44	1,56	1,22
	N	9	9	9	9
	SD	,00	,73	2,01	1,72
S.05	M	,00	,00	,15	1,69
	N	13	13	13	13
	SD	,00	,00	,38	2,25

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung
 * Kontrollgruppe

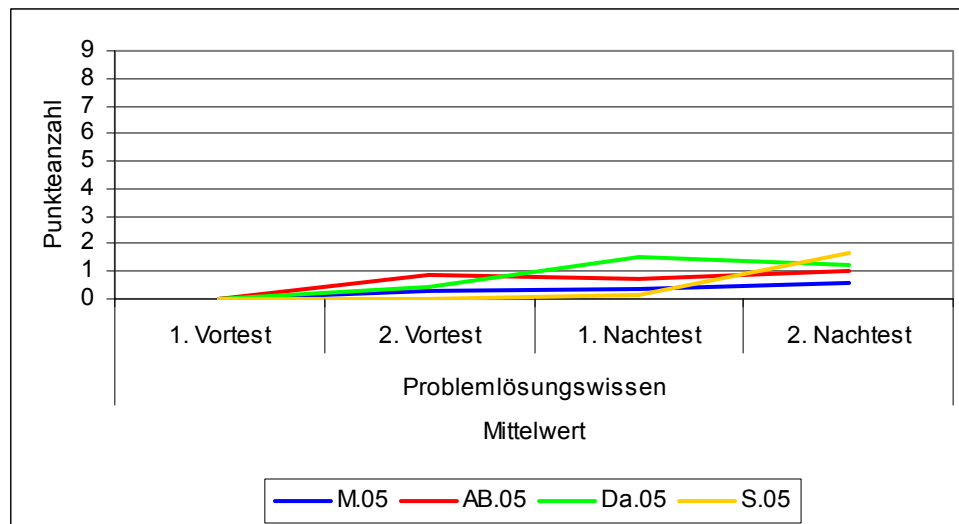


Abbildung 36: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Klassenvergleich – Teilstudie II

Teilstudie I

Eine direkte Gegenüberstellung der Ergebnisse von Experimental- und Kontrollgruppe von Teilstudie I im Bereich des Problemlösungswissens zeichnet ein deutliches Bild. Während die Experimentalgruppe im Vortest ,56 Punkte erreichte und im 1. Nachtest 2,47 Punkte, konnte sich die Kontrollgruppe von ,29 Punkten im 1. Vortest nur auf ,36 Punkte im 1. Nachtest steigern. Die Experimentalgruppe weist damit einen Zuwachs vom 1. Vortest zum 1. Nachtest von 1,91 Punkten auf. Die Kontrollgruppe steigerte sich von 1. Vortest zum 1. Nachtest um ,07 Punkte (Tabelle 35, Abbildung 37).

Tabelle 35: Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Experimenteilmahme – Teilstudie I

Experiment – Teilnahme		Problemlösungswissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	,56	,60	2,47	1,27
	N	45	45	45	45
	SD	1,08	,84	2,02	1,54
Kontrollgruppe	M	,29	,21	,36	,36
	N	14	14	14	14
	SD	,83	,58	,63	,74

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung

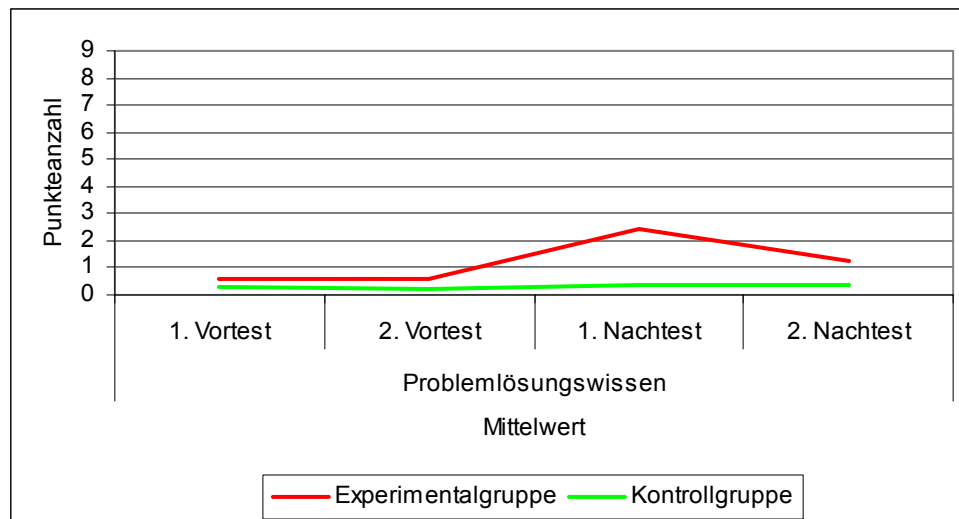


Abbildung 37: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie I

Teilstudie II

Die Auswertung der Teilstudie II in der direkten Gegenüberstellung von Kontroll- und Experimentalgruppe zeigt ein weniger deutliches Bild als die Auswertung der Teilstudie I in diesem Bereich. Die Experimentalgruppe konnte sich von ,00 im 1. Vortest auf ,57 im 1. Nachtest steigern. Die Kontrollgruppe steigerte sich von ebenfalls ,00 Punkten auf ,71 Punkte im 1. Nachtest. Damit zeigen beide Gruppen einen ähnlich geringen Punktezuwachs (Tabelle 36, Abbildung 38).

Tabelle 36: Übersicht der Mittelwerte Problemlösungswissen bezogen auf Experimenteilmahme – Teilstudie II

Experiment – Teilnahme		Problemlösungswissen			
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	,00	,22	,57	1,14
	N	37	37	37	37
	SD	,00	,53	1,17	1,69
Kontrollgruppe	M	,00	,86	,71	1,00
	N	7	7	7	7
	SD	,00	1,07	,76	1,41

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung

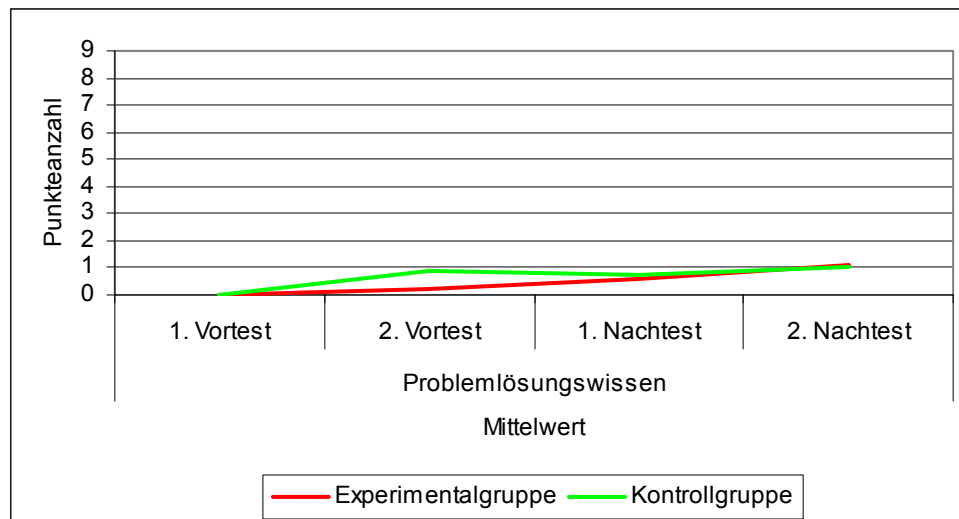


Abbildung 38: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe – Teilstudie II

Zwischenfazit:

In der Teilstudie I zeigte sich, dass die Experimentalgruppe durch die Intervention einen deutlichen Leistungszuwachs im Problemlösungswissen aufzeigen konnte. Die Kontrollgruppe hingegen zeigte nur einen sehr geringen Zuwachs in diesem Testbereich. Diese sehr deutliche Entwicklung der Teilstudie I wurde in der Teilstudie II jedoch nicht bestätigt. Die Experimentalgruppe verzeichnete durch die Intervention einen geringen Leistungszuwachs. Die Kontrollgruppe verschlechterte sich über diesen Zeitraum (2. Vortest – 1. Nachtest) geringfügig. Im 2. Nachtest weisen beide Gruppen ein nur geringfügig differierendes Ergebnis auf (zu Gunsten der Experimentalgruppe).

11.2 Kurzzeiteffekte des Experimentierens

11.2.1 Auswertung der Ergebnisse des 2. Vortests und 1. Nachtest

Im Rahmen der Auswertung der Studie ist es von besonderem Interesse, den Lernerfolg vom 2. Vortest zum 1. Nachtest zu analysieren. Dieses besondere Interesse der Analyse vom 2. Vortest und 1. Nachtest basiert darauf, dass zwischen diesen beiden Tests eine Experimentaleinheit in den betreffenden Gruppen (außer Kontrollgruppe) durchgeführt wurde. Die Auswirkung des Experiments auf den Lernerfolg wird in dieser Analyse besonders deutlich. Folglich wird dieser Bereich gesondert und detailliert betrachtet.

Wie in den vorangegangenen Abschnitten wird zunächst ein Mittelwertvergleich vorgenommen. Darüber hinaus werden ein T-Test für abhängige Stichproben und eine Varianzanalyse mit einer unabhängigen Variablen, für den Bereich des 2. Vortests und 1. Nachtests vorgenommen. Die drei Testbereiche (deklaratives Wissen, prozedurales Wissen, Problemlösungswissen) werden im Folgenden separat betrachtet. Diese Form der Auswertung wird analog in Teilstudie I und Teilstudie II durchgeführt.

11.2.2 Deklaratives Wissen

Wie im vorangegangenen Punkt dargelegt, erfolgt die Analyse der Veränderung zwischen 2. Vortest und 1. Nachtest für den Bereich des deklarativen Wissens.

Mittelwertvergleich:

Teilstudie I

Die Mittelwertanalyse zeigt, dass sowohl die Experimentalgruppe als auch die Kontrollgruppe einen deutlichen Zuwachs im deklarativen Wissen aufweisen. Das Experiment hat also folglich einen ähnlichen Einfluss auf die Entwicklung des deklarativen Wissens wie ein vorrangig direkter Unterricht. In den nachfolgenden Auswertungen wird dies detaillierter analysiert (Tabelle 37, Abbildung 39). Bei der Ermittlung der Signifikanz der gemessenen Veränderung wird auf diese Ergebnisse nochmals zurückgegriffen.

Tabelle 37: Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I

Experiment – Teilnahme		Deklaratives Wissen	
		2. Vortest	1. Nachtest
Experimentalgruppe	M	4,20	6,49
	N	45	45
	SD	1,67	1,49
Kontrollgruppe	M	4,07	6,07
	N	14	14
	SD	1,69	1,27

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

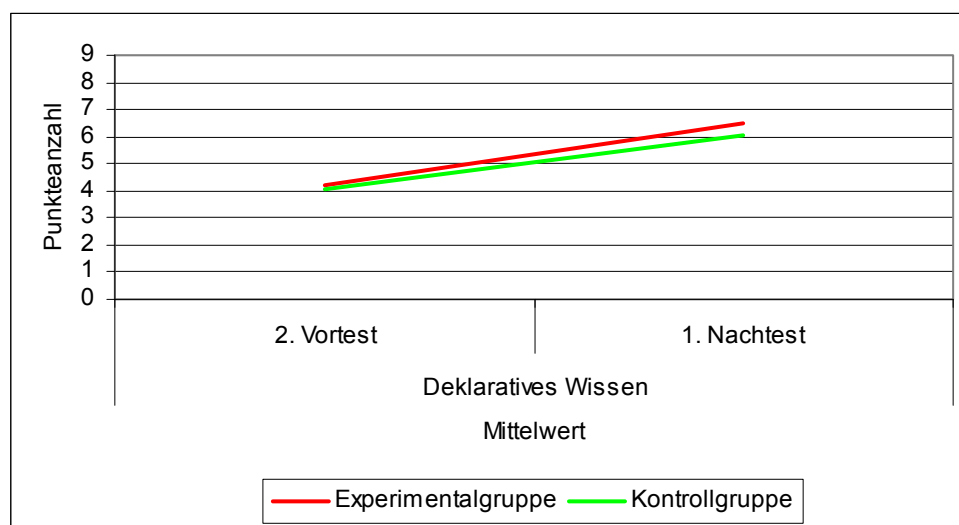


Abbildung 39: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie I

Teilstudie II

Die Experimentalgruppe weist im 2. Vortest 6,49 Punkte auf. Die Kontrollgruppe verzeichnet 7,43 Punkte. Damit schneidet die Experimentalgruppe im 2. Vortest schlechter ab als die Kontrollgruppe, die Differenz beträgt ,94 Punkte. Nach der Experimentaleinheit im 1. Nachtest verfügt die Experimentalgruppe über die besseren Leistungen. Sie konnte im Mittel 7,16 Punkte erreichen. Die Kontrollgruppe erreichte 6,00 Punkte. Die Differenz beträgt somit 1,16 Punkte (Tabelle 38, Abbildung 40).

Tabelle 38: Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II

Experiment – Teilnahme		Deklaratives Wissen	
		2. Vortest	1. Nachtest
Experimentalgruppe	M	6,49	7,16
	N	37	37
	SD	1,66	1,40
Kontrollgruppe	M	7,43	6,00
	N	7	7
	SD	,98	,58

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

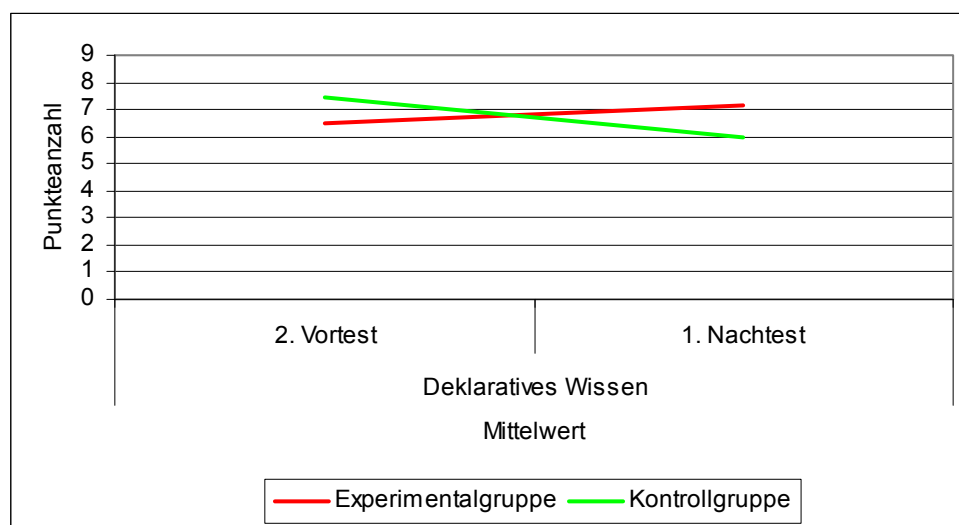


Abbildung 40: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie II

T-Test für abhängige Stichproben:

Teilstudie I

Die Veränderung zwischen 2. Vortest und 1. Nachtest wurde auf Signifikanz überprüft. Hierzu wurde der T-Test herangezogen. Der T-Test ergab für die Experimentalgruppe [T(df)=-7,923(44); p=,000] und ist somit höchst signifikant. Die Kontrollgruppe erreichte [T(df)=-4,497(13); p=,001] und ist somit ebenfalls höchst signifikant. Es wird somit deutlich, dass zunächst beide Gruppen einen deutlichen Zuwachs im Bereich des deklarativen Wissens erreichten (Tabelle 39 und Tabelle 40). Mit anderen Worten: Es zeigte sich, dass die Experimentalgruppe und die Kontrollgruppe ein ähnliches Niveau im Bereich des deklarativen Wissens entwickelt hatten.

Tabelle 39: T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 2. Vortest – Deklaratives Wissen 1. Nachtest	-2,29	1,94	,29	-7,923	44	,000***

*** höchst signifikant

Tabelle 40: T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 2. Vortest – Deklaratives Wissen 1. Nachtest	-2,00	1,66	,44	-4,497	13	,001***

*** höchst signifikant

Teilstudie II

Der T-Test für die Teilstudie II ergibt zunächst für die Experimentalgruppe ein T von [T(df)=-2,350(36); p=,024] und für die Kontrollgruppe ein T von [T(df)=3,333(6); p=,016]. Damit weist die Experimentalgruppe einen signifikanten Zuwachs nach der Intervention auf. Die Kontrollgruppe verzeichnete einen signifikanten Abfall (Tabelle 41, Tabelle 42).

Tabelle 41: T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 2. Vortest – Deklaratives Wissen 1. Nachtest	-,68	1,75	,29	-2,350	36	,024*

* signifikant

Tabelle 42: T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 2. Vortest – Deklaratives Wissen 1. Nachtest	1,43	1,13	,43	3,333	6	,016*

* signifikant

Varianzanalyse mit einer unabhängigen Variablen:

Teilstudie I

Ferner wurden die Ergebnisse der Untersuchung mittels Varianzanalyse ausgewertet. Die Varianzanalyse diente zur detaillierteren Aufarbeitung der Ergebnisse des T-Tests. Weiterhin wird der Einfluss des Experimentierens auf die Testergebnisse analysiert, d.h. der Einfluss (η^2) des Experiments auf die Testergebnisse wurde bestimmt.

Die Varianzanalyse zeigt ebenfalls, dass das Experiment über einen sehr ähnlichen Einfluss auf den Lernerfolg im deklarativen Bereich verfügt im Vergleich zu der Kontrollgruppe, die eher direktiv unterrichtet wurde. Es konnte ferner gezeigt werden, dass der Unterschied vom 2. Vortest zum 1. Nachtest nicht signifikant ist. Es wurde ein η^2 von ,004 ermittelt, d.h. es liegt kein Effekt des Experimentierens auf die Entwicklung von deklarativem Wissen vor (Tabelle 43).

Tabelle 43: ANOVA – deklaratives Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

	Effekt	Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Eta- Quadrat
FAKTOR1* EXP	Pillai-Spur	,004	,252	1,000	57,000	,617 ns	,004
	Wilks-Lambda	,996	,252	1,000	57,000	,617 ns	,004
	Hotelling-Spur	,004	,252	1,000	57,000	,617 ns	,004
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,004	,252	1,000	57,000	,617 ns	,004

ns nicht signifikant

Teilstudie II

Die Teilstudie II zeigt bei der Auswertung mittels Varianzanalyse, dass der Unterschied vom 2. Vortest zum 1. Nachtest sehr signifikant ist, d.h. dass die Intervention über einen Einfluss von $\eta^2 = ,181$ verfügt (Tabelle 44). Der T-Test wies zuvor eine ebenfalls signifikante Veränderung der Experimentalgruppe aus.

Wie anhand der Varianzaufklärung deutlich wird, verfügt das Experiment in der Teilstudie II über einen hohen Einfluss ($\eta^2 = ,181$) auf die Entwicklung deklarativen Wissens.

Tabelle 44: ANOVA – deklaratives Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Eta- Quadrat
FAKTOR1* EXP	Pillai-Spur	,181	9,291	1,000	42,000	,004**	,181
	Wilks-Lambda	,819	9,291	1,000	42,000	,004**	,181
	Hotelling-Spur	,221	9,291	1,000	42,000	,004**	,181
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,221	9,291	1,000	42,000	,004**	,181

** sehr signifikant

Zwischenfazit:

Im Bereich des deklarativen Wissens konnten in der Teilstudie I und in der Teilstudie II zwischen dem 2. Vortest und 1. Nachtest signifikante Veränderungen ermittelt werden. In der Teilstudie I waren die Veränderungen für die Experimental- und Kontrollgruppe höchst signifikant. In der Teilstudie II waren die Veränderungen der Experimental- und Kontrollgruppe signifikant. In der Teilstudie konnte kein Effekt (η^2) des Experimentierens auf den Lernerfolg zurückgeführt werden. In der Teilstudie II wurde ein hoher Einfluss des Experimentierens auf den Lernerfolg ermittelt.

11.2.3 Prozedurales Wissen

Wie bereits bei der Auswertung im Bereich des deklarativen Wissens, wird die Veränderung im Teil des prozeduralen Wissens ebenfalls gesondert und detailliert betrachtet.

Mittelwertvergleich:

Teilstudie I

Anhand der Tabelle 45 und der Abbildung 41 ist erkennbar, dass die Experimentalgruppe einen deutlich höheren Zuwachs vom 2. Vortest zum 1. Nachtest aufweist, während die Kontrollgruppe keinen Zuwachs zeigt. Daraus wird ersichtlich, dass das Experiment einen deutlichen Einfluss auf den Lernerfolg der Lernenden im Bereich des prozeduralen Wissens ausübt.

Tabelle 45: Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, prozedurales Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I

Experiment - Teilnahme		Prozedurales Wissen	
		2. Vortest	1. Nachtest
Experimentalgruppe	M	2,22	3,58
	N	45	45
	SD	1,48	1,91
Kontrollgruppe	M	1,29	1,29
	N	14	14
	SD	1,59	1,44

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

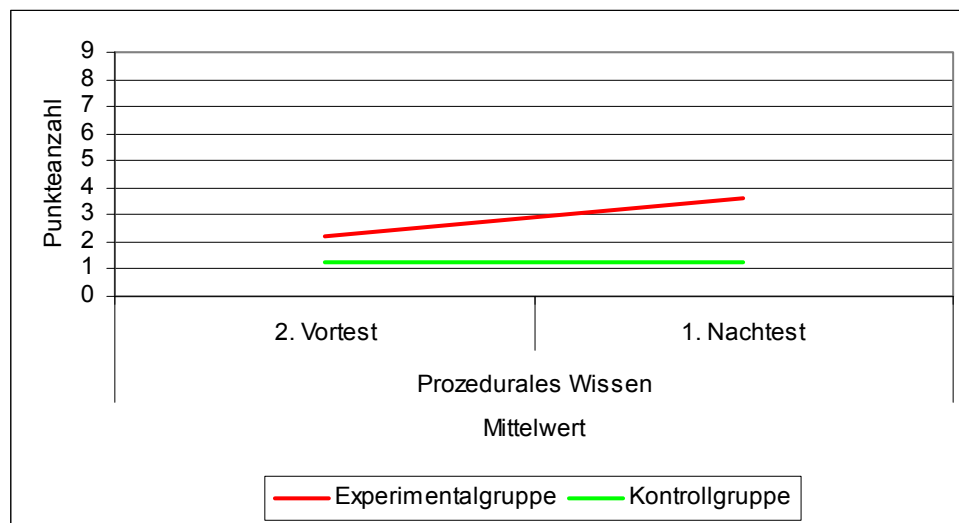


Abbildung 41: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie I

Teilstudie II

In der Teilstudie II weist die Experimentalgruppe einen erheblichen Punktezuwachs auf. Im 1. Vortest erreichte die Experimentalgruppe lediglich 1,35 Punkte. Im 1. Nachtest erzielte die Experimentalgruppe 5,27 Punkte. Die Kontrollgruppe hingegen stagnierte bei 3,43 Punkten (Tabelle 46, Abbildung 42).

Tabelle 46: Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, prozedurales Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II

Experiment - Teilnahme		Prozedurales Wissen	
		2. Vortest	1. Nachtest
Experimentalgruppe	M	1,35	5,27
	N	37	37
	SD	1,27	2,16
Kontrollgruppe	M	3,43	3,43
	N	7	7
	SD	2,23	,98

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

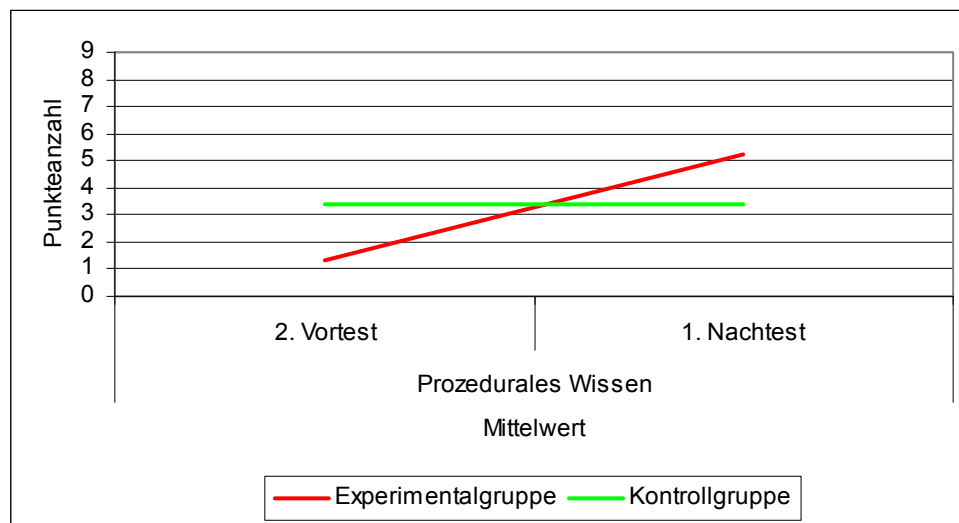


Abbildung 42: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie II

T-Test für abhängige Stichproben:

Teilstudie I

Die Analyse der Ergebnisse anhand des T-Tests zeigt, dass die Veränderung in der Experimentalgruppe zwischen 2. Vortest und 1. Nachtest höchst signifikant ist: $[T(df)=-5,869(44); p=,000]$. Die Veränderung der Kontrollgruppe beträgt $[T(df)=-,155(13); p=,879]$ und ist somit nicht signifikant. Die Ergebnisse werden mittels Varianzanalyse (ANOVA) nochmals tiefergehend untersucht (Tabelle 47 und Tabelle 48).

Tabelle 47: T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 2. Vortest – Prozedurales Wissen 1. Nachtest	-2,69	3,07	,46	-5,869	44	,000***

*** höchst signifikant

Tabelle 48: T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 2. Vortest – Prozedurales Wissen 1. Nachtest	-,14	3,44	,92	-,155	13	,879 ns

ns nicht signifikant

Teilstudie II

Die Teilstudie II liefert $[T(df)=-11,602(36); p=,000]$ für die Experimentalgruppe und $[T(df)=,000(13); p=1,000]$ für die Kontrollgruppe. Damit verfügt die Experimentalgruppe über einen höchst signifikanten Zuwachs (Tabelle 49, Tabelle 50). In diesem Punkt decken sich die Ergebnisse mit der Teilstudie I, wo die Experimentalgruppe einen ebenfalls höchst signifikanten Zuwachs verzeichnet. Die Kontrollgruppe zeigt einen nicht signifikanten Zuwachs. In diesem Punkt gleichen sich Teilstudie I und Teilstudie II.

Tabelle 49: T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 2. Vortest – Prozedurales Wissen 1. Nachtest	-7,81	4,09	,67	-11,602	36	,000***

*** höchst signifikant

Tabelle 50: T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 2. Vortest – Prozedurales Wissen 1. Nachtest	,00	5,16	1,95	,000	6	1,000 ns

ns nicht signifikant

Varianzanalyse mit einer unabhängigen Variablen:

Teilstudie I

Die Varianzanalyse für die Teilstudie I zeigt, dass das Experiment einen Einfluss auf den Lernerfolg im prozeduralen Bereich ausübt. Es konnte nachgewiesen werden, dass der Einfluss der Intervention signifikant ist. Somit übte das Experiment einen mittleren bis hohen Einfluss ($\eta^2 = ,108$) auf den Lernerfolg der Probanden aus (Tabelle 51).

Tabelle 51: ANOVA – prozedurales Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Eta- Quadrat
FAKTOR1* EXP	Pillai-Spur	,108	6,930	1,000	57,000	,011*	,108
	Wilks-Lambda	,892	6,930	1,000	57,000	,011*	,108
	Hotelling-Spur	,122	6,930	1,000	57,000	,011*	,108
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,122	6,930	1,000	57,000	,011*	,108

* signifikant

Teilstudie II

Die Varianzanalyse für die Teilstudie II zeigt ebenfalls, dass das Experiment einen Einfluss auf den Lernerfolg im prozeduralen Bereich ausübt. Folglich verfügt das Experiment über einen hohen Einfluss von $\eta^2 = ,320$ auf den Lernerfolg (Tabelle 52).

Tabelle 52: ANOVA – prozedurales Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Eta- Quadrat
FAKTOR1* EXP	Pillai-Spur	,320	19,751	1,000	42,000	,000***	,320
	Wilks-Lambda	,680	19,751	1,000	42,000	,000***	,320
	Hotelling-Spur	,470	19,751	1,000	42,000	,000***	,320
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,470	19,751	1,000	42,000	,000***	,320

*** höchst signifikant

Zwischenfazit:

In der Teilstudie I wurde vom 2. Vortest zum 1. Nachtest eine (höchst) signifikante Veränderung für die Experimentalgruppe gemessen, während die Veränderung der Kontrollgruppe nicht signifikant war. In der Teilstudie II zeichnet sich ein ähnliches Bild. Die Experimentalgruppe zeigt eine (höchst) signifikante Veränderung, die Kontrollgruppe weist eine nicht signifikante bzw. keine Veränderung auf. In der Teilstudie I und in der Teilstudie II wird ein hoher Einfluss des Experimentierens ausgewiesen.

11.2.4 Problemlösungswissen

Analog der Analyse des deklarativen Wissens und des prozeduralen Wissens erfolgt die Untersuchung der Ergebnisse im Bereich des Problemlösungswissens.

Mittelwertvergleich:

Teilstudie I

Wie im Bereich des prozeduralen Wissens zeigt sich auch im Bereich des Problemlösungswissens ein größerer Zuwachs bei der Experimentalgruppe. Im Vergleich dazu zeigt die Kontrollgruppe einen wesentlich geringeren Zuwachs im Bereich des Problemlösungswissens. Es wird ein positiver Einfluss des Experimentierens auf dem Bereich des Problemlösungswissens sichtbar (Tabelle 53, Abbildung 43).

Tabelle 53: Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimenterteilnahme – Teilstudie I

Experiment - Teilnahme		Problemlösungswissen	
		2. Vortest	1. Nachtest
Experimentalgruppe	M	,60	2,47
	N	45	45
	SD	,84	2,02
Kontrollgruppe	M	,21	,36
	N	14	14
	SD	,58	,63

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

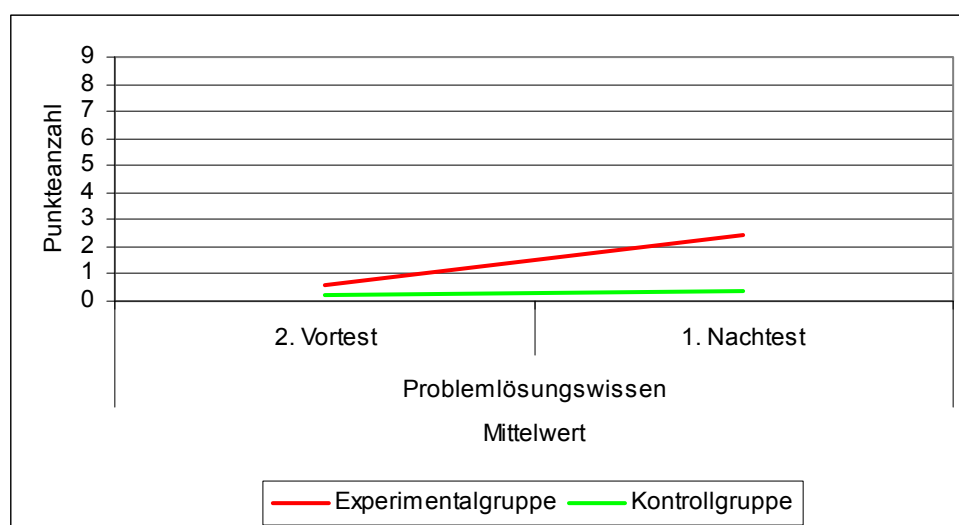


Abbildung 43: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie I

Teilstudie II

In der Teilstudie II erreichte die Experimentalgruppe im 2. Vortest ,22 Punkte und im 1. Nachtest ,57 Punkte. Die Experimentalgruppe konnte sich damit im Bereich des Problemlösungswissens nur geringfügig steigern. Die Kontrollgruppe kann keinen Zuwachs verzeichnen (Tabelle 54, Abbildung 44).

Tabelle 54: Mittelwertvergleich 2. Vortest – 1. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimenterteilnahme – Teilstudie II

Experiment - Teilnahme		Problemlösungswissen	
		2. Vortest	1. Nachtest
Experimentalgruppe	M	,22	,57
	N	37	37
	SD	,53	1,17
Kontrollgruppe	M	,86	,71
	N	7	7
	SD	1,07	,76

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

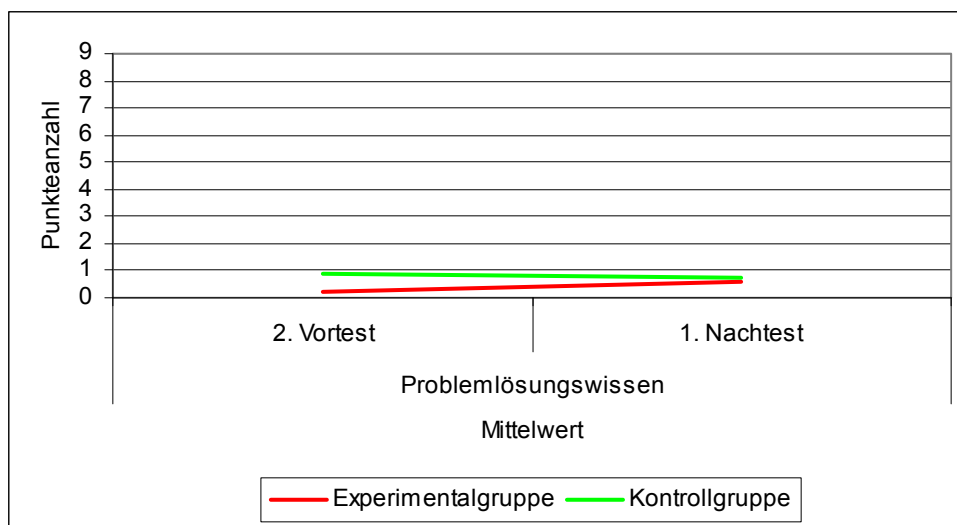


Abbildung 44: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 2. Vortest – 1. Nachtest – Teilstudie II

T-Test für abhängige Stichproben:

Teilstudie I

Der T-Wert der Experimentalgruppe beträgt $[T(df)=-6,711(44); p=,000]$ und ist somit höchst signifikant. Bei der Kontrollgruppe beläuft sich T auf $[T(df)=-1,000(13); p=,336]$ und ist folglich nicht signifikant (Tabelle 55, Tabelle 56).

Tabelle 55: T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Problemlösungswissen 2. Vortest – Problemlösungswissen 1. Nachtest	-1,87	1,87	,28	-6,711	44	,000***

*** höchst signifikant

Tabelle 56: T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Problemlösungswissen 2. Vortest – Problemlösungswissen 1. Nachtest	-,14	,53	,14	-1,000	13	,336 ns

ns nicht signifikant

Teilstudie II

In der Teilstudie II wird für die Experimentalgruppe ein $[T(df)=-2,017(36); p=,051]$ berechnet, d.h. es wird keine signifikante Veränderung dokumentiert, wobei in diesem Zusammenhang hinzuzufügen ist, dass die Signifikanzgrenze ($p \leq 0,05$) nur geringfügig überschritten wird. Die Kontrollgruppe erzielt $[T(df)=1,000(6); p=,356]$ (Tabelle 57, Tabelle 58).

Tabelle 57: T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Problemlösungswissen 2. Vortest – Problemlösungswissen 1. Nachtest	-,35	1,06	,17	,2017	36	,051 ns

ns nicht signifikant

Tabelle 58: T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Problemlösungswissen 2. Vortest – Problemlösungswissen 1. Nachtest	,14	38	,14	1,000	6	,356 ns

ns nicht signifikant

Varianzanalyse mit einer unabhängigen Variablen:*Teilstudie I*

Die Varianzanalyse für die Teilstudie I zeigt, dass das Experiment einen höchst signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg im Bereich des Problemwissens ausübt. Es konnte nachgewiesen werden, dass der Unterschied vom 2. Vortest zum 1. Nachtest höchst signifikant ist. Somit wird belegt, dass das Experiment einen hohen Einfluss ($\eta^2 = ,168$) auf den Lernerfolg der Probanden hat (Tabelle 59).

Tabelle 59: ANOVA – Problemlösungswissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie I

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Eta-Quadrat
FAKTOR1* EXP	Pillai-Spur	,168	11,526	1,000	57,000	,001***	,168
	Wilks-Lambda	,832	11,526	1,000	57,000	,001***	,168
	Hotelling-Spur	,202	11,526	1,000	57,000	,001***	,168
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,202	11,526	1,000	57,000	,001***	,168

*** höchst signifikant

Teilstudie II

Die Varianzanalyse für die Teilstudie II belegt wiederum, dass der Einfluss des Experiments auf das Problemlösungswissen nicht signifikant ist. Folglich wird nachgewiesen, dass das Experiment einen kleinen bis mittleren Einfluss ($\eta^2 = ,034$) auf den Lernerfolg der Probanden hat (Tabelle 60).

Tabelle 60: ANOVA – Problemlösungswissen (2. Vortest – 1. Nachtest) – Teilstudie II

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Eta- Quadrat
FAKTOR1* EXP	Pillai-Spur	,034	1,462	1,000	42,000	,233 ns	,034
	Wilks-Lambda	,966	1,462	1,000	42,000	,233 ns	,034
	Hotelling-Spur	,035	1,462	1,000	42,000	,233 ns	,034
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,035	1,462	1,000	42,000	,233 ns	,034

ns nicht signifikant

Zwischenfazit:

In der Teilstudie I wurde für die Experimentalgruppe eine (höchst) signifikante Entwicklung ermittelt, während die gemessene Veränderung der Kontrollgruppe in der ersten Teilstudie nicht signifikant war. Der Einfluss des Experimentierens wurde als hoch ausgewiesen. In der Teilstudie II wird für beide, Experimental- und Kontrollgruppe, eine nicht signifikante Entwicklung ausgewiesen. Der Einfluss des Experiments ist als klein bis mittel zu bezeichnen.

11.3 Langzeitergebnisse des Experimentierens

11.3.1 Auswertung 1. Nachtest und 2. Nachtest

Ziel der Untersuchung war es, neben der Auswirkung des Experimentierens auf den Lernerfolg in den drei Bereichen ebenfalls die Langfristigkeit des Lernerfolgs zu untersuchen. Folglich wurde nach ca. 1½ Monaten ein 2. Nachtest durchgeführt. Dieser 2. Nachtest wurde in Bezug zum 1. Nachtest gesetzt, d.h. es wurde geprüft, inwiefern das erworbene Wissen über Nachhaltigkeit verfügt.

Hierzu wurden die Instrumentarien der vorangegangenen Kapitel (Mittelwertvergleich, T-Test) herangezogen.

Es ist in diesem Kontext kritisch anzumerken, dass solide wissenschaftliche Schlussfolgerungen aus dieser Analyse nicht gezogen werden können, da sich zu diesem Zeitpunkt (1. Nachtest) die Gruppen bereits sehr weit auseinanderentkelt haben. D.h. einige Gruppen haben ein z. T. sehr hohes Punktniveau erreicht, während andere Gruppen, z. B. Kontrollgruppe S.05, in der Teilstudie I auf einem sehr niedrigen Niveau stagnierten. Die sehr unterschiedlich entwickelten Plateaus, von denen ausgegangen wird, ziehen folgerichtig auch sehr unterschiedlichen Langzeitergebnisse bzw. Veränderungskurven nach sich. Für eine solide, wissenschaftlich fundierte Untersuchung der Nachhaltigkeit des erworbenen Wissens ist ein anderes Untersuchungsdesign erforderlich. Ein möglicher Ansatz wäre, Experimental- und Kontrollgruppen durch unterschiedliche Lernformen auf ein Niveau zu entwickeln und die weitere Entwicklung von diesem Niveau aus zu beobachten. Wie bereits erwähnt, konnte dies durch das gewählte Untersuchungsdesign nicht geleistet werden, da es zunächst der Fokus der Untersuchung war, die Effekte des Experimentierens zu untersuchen.

Trotz dem sollen weiterreichende Betrachtungen geführt werden, um ein vollständigeres Bild der Entwicklung der Lernenden zu erstellen.

11.3.2 Deklaratives Wissen

Wie im vorangegangenen Punkt dargelegt, erfolgt die Analyse der Veränderung zwischen 1. Nachtest und 2. Nachtest für den Bereich des deklarativen Wissens.

Mittelwertvergleich:

Teilstudie I

Der Mittelwertvergleich zeigt, dass die zuvor erworbenen Kenntnisse in einem 2. Nachtest nicht mehr vollständig abgerufen werden konnten. Während der Mittelwert im deklarativen Bereich der Experimentalgruppe im 1. Nachtest 6,49 Punkte betrug, erreichten die Lernenden im 2. Nachtest 5,60 Punkte. Die Kontrollgruppe wies im 1. Nachtest einen Mittelwert vom 6,07 Punkten auf und im 2. Nachtest 5,14 Punkte (Tabelle 59, Abbildung 44). Damit kann festgehalten werden, dass sich hier Kontroll- und Experimentalgruppe nicht nennenswert unterscheiden (Tabelle 61, Abbildung 45).

Tabelle 61: Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I

Experiment - Teilnahme		Deklaratives Wissen	
		1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	6,49	5,60
	N	45	45
	SD	1,49	1,51
Kontrollgruppe	M	6,07	5,14
	N	14	14
	SD	1,27	1,10

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung

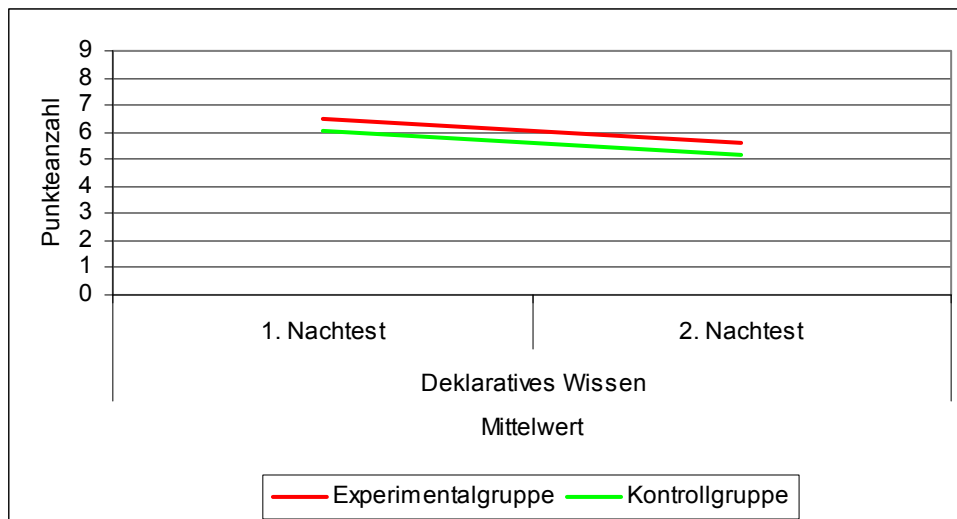


Abbildung 45: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie I

Teilstudie II

In der Teilstudie II war bei der Experimentalgruppe ein geringfügiger Abfall zu verzeichnen. Im 1. Nachtest erreichte die Experimentalgruppe im Mittelwert 7,16 Punkte, im 2. Nachtest 6,92 Punkte. Die Kontrollgruppe stagnierte bei 6,00 Punkten (Tabelle 62, Abbildung 46).

Tabelle 62: Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, deklaratives Wissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II

Experiment - Teilnahme		Deklaratives Wissen	
		1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	7,16	6,92
	N	37	37
	SD	1,40	1,61
Kontrollgruppe	M	6,00	6,00
	N	7	7
	SD	,58	1,91

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung

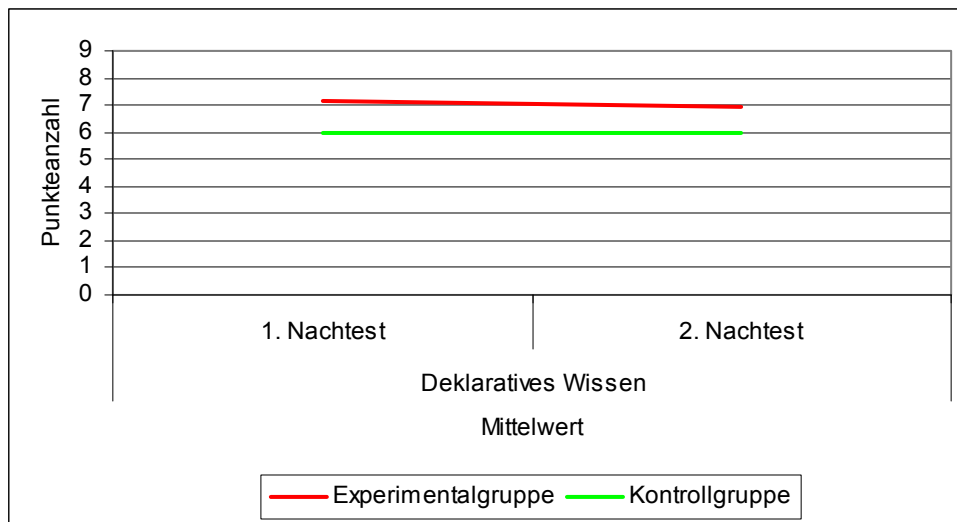


Abbildung 46: Mittelwertvergleich – deklaratives Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie II

T-Test für abhängige Stichproben:

Teilstudie I

Der Unterschied beträgt bei der Experimentalgruppe [T(df)=3,604(44); p=,001] und ist folglich höchst signifikant. Bei der Kontrollgruppe ist [T(df)=2,509(13); p=,026] und ist daher signifikant (Tabelle 63, Tabelle 64).

Tabelle 63: T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 1. Nachtest – Deklaratives Wissen 2. Nachtest	,89	1,65	,25	3,604	44	,001***

*** höchst signifikant

Tabelle 64: T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 1. Nachtest – Deklaratives Wissen 2. Nachtest	,93	1,38	,37	2,509	13	,026

* signifikant

Teilstudie II

Entsprechend der gemessenen Ergebnisse ist die Veränderung vom 1. Nachtest zum 2. Nachtest mit $[T(df)=,964(36); p=,341]$ für die Experimentalgruppe nicht signifikant. Die Kontrollgruppe verzeichnet ebenfalls eine nicht signifikante Veränderung mit $[T(df)=,000(6); p=1,000]$ (Tabelle 65, Tabelle 66). Im Gesamtergebnis unterscheiden sich zwar Teilstudie I und Teilstudie II dahingehend, dass die Veränderung in der Teilstudie I signifikant ist und die Veränderung in Teilstudie II nicht signifikant.

Tabelle 65: T-Test – deklaratives Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 1. Nachtest – Deklaratives Wissen 2. Nachtest	,24	1,53	,25	,964	36	,341 ns

ns nicht signifikant

Tabelle 66: T-Test – deklaratives Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Deklaratives Wissen 1. Nachtest – Deklaratives Wissen 2. Nachtest	,00	2,00	,76	,000	6	1,000 ns

ns nicht signifikant

Zwischenfazit:

In beiden Teilstudien verzeichneten die Experimentalgruppe und die Kontrollgruppe einen (leichten) Leistungsabfall. Diese Veränderung ist in der Teilstudie I für die Experimentalgruppe höchst signifikant und für die Kontrollgruppe signifikant. In der Teilstudie II ist die Veränderung für beide Gruppen nicht signifikant.

11.3.3 Prozedurales Wissen

Ebenfalls sollte die Langfristigkeit des erworbenen prozeduralen Wissens untersucht werden. Die beiden Gruppen wiesen zunächst sehr unterschiedliche Voraussetzungen für den 2. Nachtest auf.

Mittelwertvergleich:

Teilstudie I

Die Analyse der Mittelwerte zeigt zunächst, dass der Leistungsabfall der Experimentalgruppe deutlich höher als der Leistungsabfall der Kontrollgruppe ist. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Experimentalgruppe durch die erhaltende Intervention (das Experiment im Lernfeld 5 „Herstellen einer Holzkonstruktion“) zuvor einen deutlich höheren Mittelwert aufwies. Die Experimentalgruppe wies einen Mittelwert von 3,58 Punkten im 1. Nachtest auf und im 2. Nachtest von 2,89 Punkten, dies bedeutet einen Abfall von 0,69 Punkten bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 9. Die Kontrollgruppe erreichte im 1. Nachtest 1,29 Punkte und im 2. Nachtest 1,21 Punkte, welches einem Abfall von 0,08 Punkten entspricht (Tabelle 67, Abbildung 47). Diese Betrachtung muss jedoch relativiert werden, da die Experimentalgruppe ein wesentlich höheres Niveau im 1. Nachtest erreichte, sodass ein stärkerer Abfall im Bereich des prozeduralen Wissens im 2. Nachtest folgerichtig ist.

Tabelle 67: Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, prozedurales Wissen, Experimenterteilnahme – Teilstudie I

Experiment - Teilnahme		Prozedurales Wissen	
		1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	3,58	2,89
	N	45	45
	SD	1,91	1,94
Kontrollgruppe	M	1,29	1,21
	N	14	14
	SD	1,44	1,53

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

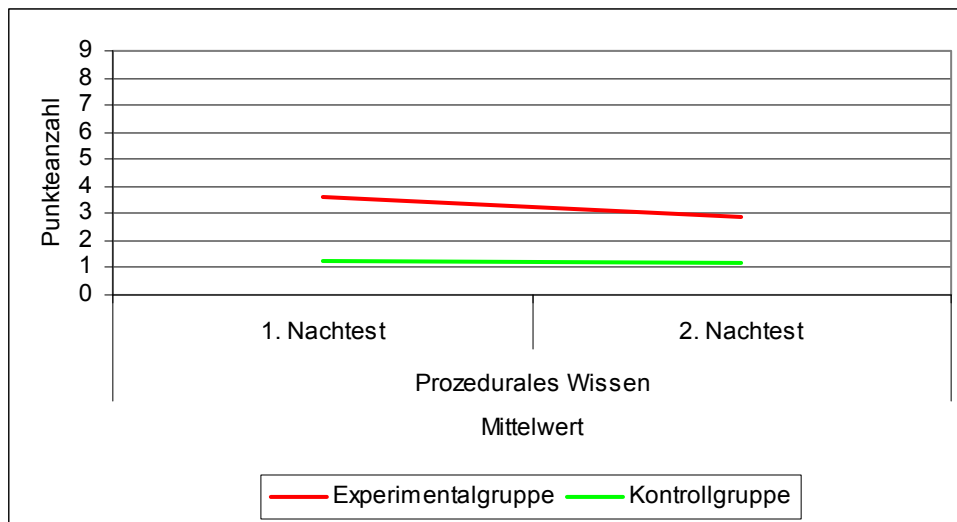


Abbildung 47: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie I

Teilstudie II

In der Teilstudie II erreichte die Experimentalgruppe im 1. Nachtest 5,27 Punkte und im 2. Nachtest 4,35 Punkte. Damit wurde ein Abfall von ,92 Punkten bei der Experimentalgruppe verzeichnet. Die Kontrollgruppe erreichte im 1. Nachtest 3,43 Punkte und im 2. Nachtest 3,00 Punkte, damit schnitt die Kontrollgruppe im 2. Nachtest um ,43 Punkte schlechter ab (Tabelle 68, Abbildung 48).

Tabelle 68: Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, prozedurales Wissen, Experiment-teilnahme – Teilstudie II

Experiment - Teilnahme		Prozedurales Wissen	
		1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	5,27	4,35
	N	37	37
	SD	2,16	2,53
Kontrollgruppe	M	3,43	3,00
	N	7	7
	SD	,98	,82

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

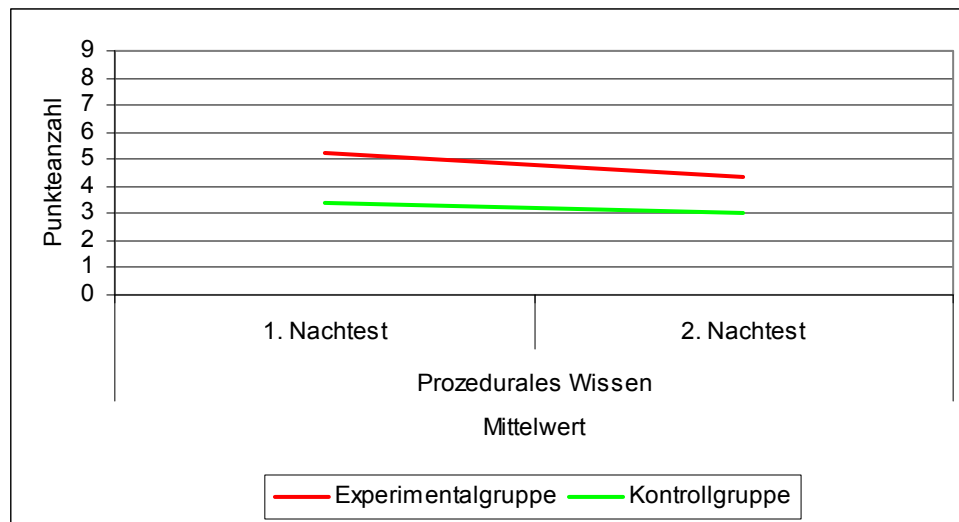


Abbildung 48: Mittelwertvergleich – prozedurales Wissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie II

T-Test für abhängige Stichproben:

Teilstudie I

Unterzieht man die Ergebnisse des 1. und 2. Nachtests einer Analyse durch den T-Test, so zeigt sich bei der Experimentalgruppe ein T von $[T(df)=2,660(44); p=,011]$ und somit ein signifikanter Abfall. Bei der Kontrollgruppe beträgt $[T(df)=,275 (13); p=,787]$ und ist somit nicht signifikant, d.h. die Kontrollgruppe stagniert auf einem relativ niedrigen Niveau (Tabelle 69 und Tabelle 70).

Tabelle 69: T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 1. Nachtest – Prozedurales Wissen 2. Nachtest	1,56	3,92	,58	2,669	44	,011*

* signifikant

Tabelle 70: T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 1. Nachtest – Prozedurales Wissen 2. Nachtest	,21	2,91	,78	,275	13	,787 ns

ns nicht signifikant

Teilstudie II

Die II. Teilstudie zeigte einen signifikanten Unterschied mit [T(df)=2,189(36); p=,035] für die Experimentalgruppe und einen nicht signifikanten Unterschied mit [T(df)=1,000(6); p=,356] für die Kontrollgruppe (Tabelle 71, Tabelle 72). Während die Experimentalgruppe von einem sehr hohen Niveau abfällt, verharrt die Kontrollgruppe auf einem wesentlich niedrigeren Niveau.

Tabelle 71: T-Test – prozedurales Wissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 1. Nachtest – Prozedurales Wissen 2. Nachtest	1,81	5,03	,83	2,189	36	,035*

* signifikant

Tabelle 72: T-Test – prozedurales Wissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Prozedurales Wissen 1. Nachtest – Prozedurales Wissen 2. Nachtest	,89	2,27	,85	1,00	6	,356 ns

ns nicht signifikant

Zwischenfazit:

In der Teilstudie I zeigt sich der Leistungsabfall der Experimentalgruppe stärker als bei der Kontrollgruppe. Diese Entwicklung vom 1. zum 2. Nachtest ist jedoch nachvollziehbar, da die Experimentalgruppe vorher ein wesentlich höheres Punkteniveau erreicht hatte. Eine ähnliche Entwicklung ist für die Teilstudie II zu verzeichnen. Die Veränderung ist in der Teilstudie I und II für die Experimentalgruppe signifikant und für die Kontrollgruppe nicht signifikant.

11.3.4 Problemlösungswissen

Die Nachhaltigkeit des erworbenen Wissens wird an dieser Stelle ebenfalls für den Bereich des Problemlösungswissens analysiert. Es wird sich der bewährten Instrumentarien, wie dem Mittelwertvergleich, T-Test und Varianzanalyse bedient.

Mittelwertvergleich:

Teilstudie I

Wie in der Tabelle 73 und in der Abbildung 49 zu erkennen ist, ergibt sich eine ähnliche Tendenz, wie sie bereits im Bereich des prozeduralen Wissens diskutiert wurde. Die Experimentalgruppe fällt stark in ihren Leistungen zurück, während die Kontrollgruppe des Mittelwertes von ,36 Punkten stagniert. Dieses Ergebnis ist jedoch nachvollziehbar, wenn man berücksichtigt, dass die Experimentalgruppen einen wesentlich höheren Mittelwert erzielt hatten.

Tabelle 73: Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimentteilnahme – Teilstudie I

Experiment - Teilnahme		Problemlösungswissen	
		1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	2,47	1,27
	N	45	45
	SD	2,02	1,54
Kontrollgruppe	M	,36	,36
	N	14	14
	SD	,63	,74

M Mittelwert
N Anzahl der Teilnehmer
SD Standardabweichung

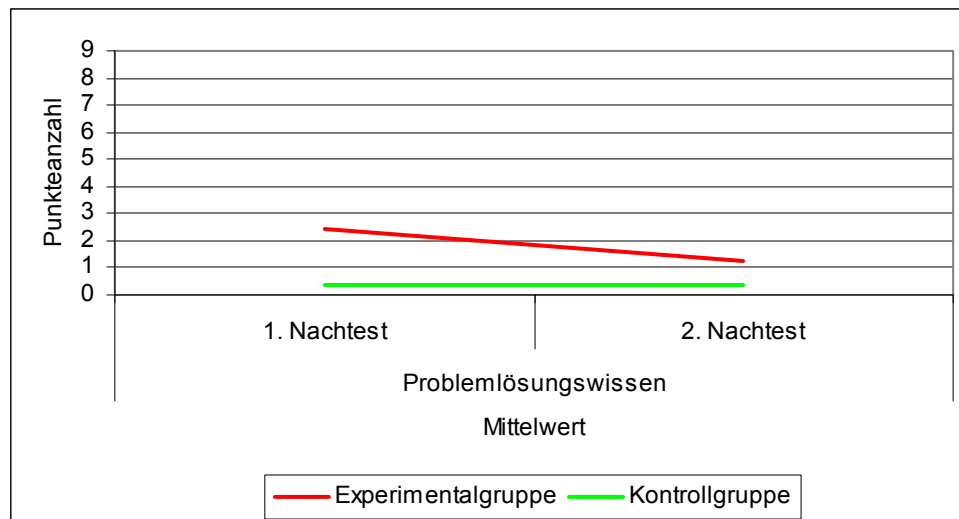


Abbildung 49: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie I

Teilstudie II

Es ist zu verzeichnen, dass die Experimentalgruppe im 1. Nachtest ,75 Punkte und im 2. Nachtest 1,14 Punkte erreicht. Die Kontrollgruppe steigerte sich von ,71 im 1. Nachtest auf 1,00 Punkte im 2. Nachtest (Tabelle 74, Abbildung 50). Es ist zu verzeichnen, dass hier kein Abfall vorliegt (wie es in den anderen Bereichen dieser Studie zu beobachten war), sondern ein Anstieg.

Tabelle 74: Mittelwertvergleich 1. Nachtest – 2. Nachtest, Problemlösungswissen, Experimentteilnahme – Teilstudie II

Experiment - Teilnahme		Problemlösungswissen	
		1. Nachtest	2. Nachtest
Experimentalgruppe	M	,57	1,14
	N	37	37
	SD	1,17	1,69
Kontrollgruppe	M	,71	1,00
	N	7	7
	SD	,76	1,41

M Mittelwert
 N Anzahl der Teilnehmer
 SD Standardabweichung

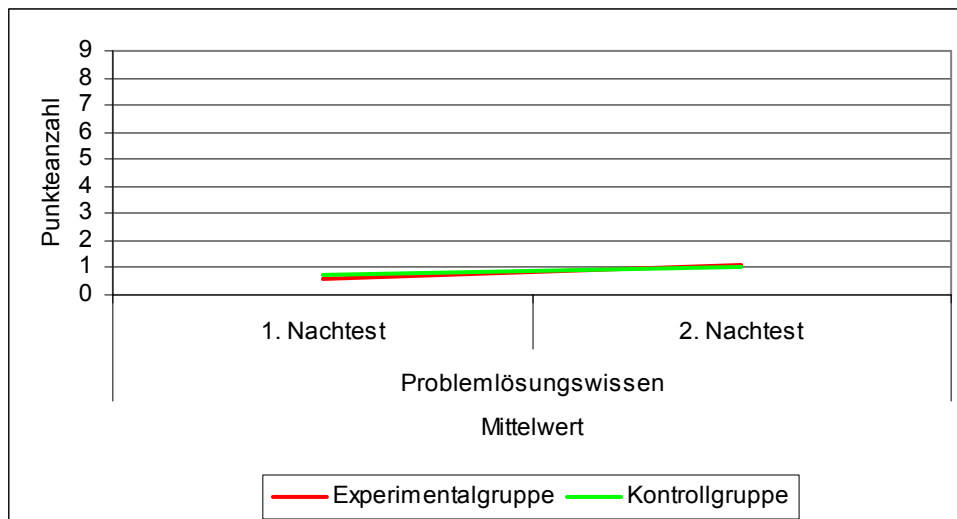


Abbildung 50: Mittelwertvergleich – Problemlösungswissen, Experimental- und Kontrollgruppe, 1. Nachtest – 2. Nachtest – Teilstudie II

T-Test für abhängige Stichproben:

Teilstudie I

Im T-Test der Experimentalgruppe wird deutlich, dass der Abfall der Experimentalgruppe höchst signifikant ist ($T(df)=4,232(44)$; $p=,000$], siehe Tabelle 75). Das T bei der Kontrollgruppe beträgt $[T(df)=,000(13)$; $p=1,000$] und ist somit nicht signifikant (Tabelle 76). D.h. während die Kontrollgruppe auf relativ niedrigem Niveau stagniert, fällt die Experimentalgruppe von ihrem hohen Niveau ab. Das erreichte Niveau der Experimentalgruppe ist jedoch immer noch um ein Vielfaches höher, als das der Kontrollgruppe.

Tabelle 75: T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I

Experimentalgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Problemlösungswissen 1. Nachtest – Problemlösungswissen 2. Nachtest	1,20	1,90	,28	4,232	44	,000***

*** höchst signifikant

Tabelle 76: T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie I

Kontrollgruppe	Gepaarte Differenzen			T	df	Sig. (2-seitig)
	M	SD	Standardfehler des Mittelwertes			
Problemlösungswissen 1. Nachtest – Problemlösungswissen 2. Nachtest	,00	,55	,15	,000	13	1,000 ns

ns nicht signifikant

Teilstudie II

In der Teilstudie II beträgt T für die Experimentalgruppe [T(df)=-1,823(36); p=,077] und für die Kontrollgruppe [T(df)=-,548(6); p=,604] (Tabelle 77, Tabelle 78). Damit weisen sowohl Kontroll- als auch Experimentalgruppe eine nicht signifikante Veränderung auf.

Tabelle 77: T-Test – Problemlösungswissen Experimentalgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II

<i>Experimentalgruppe</i>	<i>Gepaarte Differenzen</i>			<i>T</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-seitig)</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Standardfehler des Mittelwertes</i>			
<i>Problemlösungswissen 1. Nachtest – Problemlösungswissen 2. Nachtest</i>	-,57	1,89	,31	-1,823	36	,077 ns

ns nicht signifikant

Tabelle 78: T-Test – Problemlösungswissen Kontrollgruppe (1. Nachtest – 2. Nachtest) – Teilstudie II

<i>Kontrollgruppe</i>	<i>Gepaarte Differenzen</i>			<i>T</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-seitig)</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Standardfehler des Mittelwertes</i>			
<i>Problemlösungswissen 1. Nachtest – Problemlösungswissen 2. Nachtest</i>	-,29	1,38	,52	-,548	6	,604 ns

ns nicht signifikant

Zwischenfazit:

In der Teilstudie I fällt die Experimentalgruppe deutlich von ihrem Punkteniveau ab, während die Kontrollgruppe auf ihrem Punkteniveau stagniert. Diese Entwicklung scheint plausibel, da das erreichte Punkteniveau der Kontrollgruppe um ein Vielfaches höher war als das der Experimentalgruppe, welches nahe null lag. In der Teilstudie II steigern sich die Kontroll- und Experimentalgruppe. In der Teilstudie I ist die Veränderung der Experimentalgruppe zwischen 1. und 2. Nachtest höchst signifikant, die Veränderung der Kontrollgruppe ist nicht signifikant. In der Teilstudie II verzeichnen beide Gruppen keine signifikanten Veränderungen.

11.4 Korrelationsanalyse von Bildungsabschluss und der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest

Neben der Untersuchung der Auswirkungen des Experimentierens auf den Lernerfolg verfolgte die Studie ebenfalls das Ziel der Analyse der Einflüsse des Bildungsabschlusses des Probanden auf die Entwicklung in den drei Bereichen deklaratives, prozedurales Wissen und Problemlösungswissen. Hierzu wurde insbesondere die Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest herangezogen, weil sich die Auswirkungen des Experimentierens auf den Lernerfolg hier am deutlichsten zeigt, zumal in diesem Zeitraum die Experimentaleinheit lag.

Die Ergebnisse der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest wurden hinsichtlich ihrer Korrelation zu den vorliegenden Bildungsabschlüssen der Probanden untersucht. Die Entwicklung der Lernenden wird durch den Punktezuwachs zwischen 2. Vortest und 1. Nachtest verdeutlicht, d.h. von der erreichten Punktzahl im 1. Nachtest wurde die erreichte Punktzahl im 2. Vortest subtrahiert. Die ermittelte Punktzahl wurde dann mit dem Bildungsabschluss korreliert.

Allgemein würde eine (hohe) Korrelation bestehen, wenn die Differenz der erreichten Punktzahl von Probanden mit dem vorliegenden Bildungsabschluss (niedrig = ohne Abschluss – hoch = erweiterter Realschulabschluss) ansteigt.

Die Analyse der Korrelation erfolgte, wie vorangegangen, separat hinsichtlich des deklarativen Wissens, des prozeduralen Wissens sowie des Problemlösungswissens.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zusammenfassend tabellarisch dargestellt.

Tabelle 79: Korrelation Entwicklung 2. Vortest zum 1. Nachtest

		Teilstudie I		Teilstudie II	
		Experimentalgruppe	Kontrollgruppe	Experimentalgruppe	Kontrollgruppe
Deklaratives Wissen					
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	-,105 (negative sehr geringe Korrelation)	-,489 (negative geringe Korrelation)	-,195 (negative sehr geringe Korrelation)	,661 (hohe Korrelation)
	Signifikanz (2-seitig)	,492 ns	,076 ns	,247 ns	,106 ns
	N	45	14	37	7
Prozedurales Wissen					
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	-,219 (negative geringe Korrelation)	,208 (geringe Korrelation)	-,040 (negative sehr geringe Korrelation)	,573 (hohe Korrelation)
	Signifikanz (2-seitig)	,148 ns	,475 ns	,815 ns	,179 ns
	N	45	14	37	7
Problemlösungswissen					
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	,366 (geringe Korrelation)	-,354 (negative geringe Korrelation)	,179 (sehr geringe Korrelation)	-,496 (negative geringe Korrelation)
	Signifikanz (2-seitig)	,013 *	,215 ns	,289 ns	,258 ns
	N	45	14	37	7

* signifikant
ns nicht signifikant

Fazit:

Die Auswertung der Korrelationsanalyse des vorliegenden Bildungsabschlusses und der vollzogenen Entwicklung von 2. Vortest zum 1. Nachtest zeigt, dass in beiden Teilstudien und in den drei betrachteten Wissensbereichen keine Signifikanzen ermittelt wurden (Ausnahme Teilstudie I, Experimentalgruppe, Problemlösungswissen). Ferner zeichnet sich ab, dass die vorliegenden Korrelationen überwiegend im sehr geringen bis geringen Bereich liegen. Es zeigen sich jedoch einige Ausreißer; Ausreißer sind hier die Korrelation der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest zu den Bildungsabschlüssen im deklartiven Wissen bei der Kontrollgruppe – Teilstudie I; hier wurde ein Korrelationskoeffizient von $-,489$ ermittelt, der damit sehr dicht an $|,5|$ liegt; damit wurde die Grenze zur hohen Korrelation nur knapp verfehlt. Ebenfalls lag der Korrelationskoeffizient der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest zu den Bildungsabschlüssen im deklartiven Wissen bei der Kontrollgruppe – Teilstudie II bei $,661$ und ist damit als

hoch einzuschätzen. Die Korrelationsanalyse in der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest zu den Bildungsabschlüssen im prozeduralem Wissen bei der Kontrollgruppe – Teilstudie II ergab einen Wert von ,573, der damit eine hohe Korrelation aufweist. In der Untersuchung der Korrelation der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest zum Bildungsabschluss des Problemlösungswissens der Kontrollgruppe – Teilstudie II zeigte sich ein Korrelationskoeffizient nahe einer hohen Korrelation (-,496). Es fällt dabei auf, dass sich die hohen Korrelationen immer in der Kontrollgruppe der Teilstudie II einstellten. Nur einmal konnte bei der Kontrollgruppe der Teilstudie I eine nahezu hohe Korrelation ermittelt werden (-,489). Die hohen bzw. nahezu hohen Korrelationen traten immer in den Kontrollgruppen auf, die sich dadurch auszeichneten, dass hier nur mit einem geringen n im Vergleich zur Experimentalgruppe gearbeitet wurde. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind vor diesem Hintergrund zurückhaltend zu interpretieren.

Auf Grund der hier dargelegten Untersuchungsergebnisse kann kein fundierter Schluss gezogen werden. Mit anderen Worten: Es wurde nicht deutlich, dass leistungsschwächere Lernende benachteiligt werden.

11.5 Prüfung der Hypothesen

Für die übersichtliche und nachvollziehbare Prüfung der Hypothesen werden die wichtigsten Ergebnisse der Studien tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 80: Zusammenfassung der statistischen Untersuchungsergebnisse – deklaratives Wissen

	Teilstudie I	Teilstudie II
<i>Deklaratives Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest)</i>		
<i>T-Test</i>		
EG	T(df)=-7,923(44) p=,000***	T(df)=-2,350(36) p=,024*
KG	T(df)=-4,497(13) p=,001***	T(df)=3,333(6) p=,016*
ANOVA	P=,617 ns $\eta^2 = ,004$ (kein Effekt)	p=,004** $\eta^2 = ,181$ (großer Effekt)
<i>Korrelation zwischen Bildungsabschluss und Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest</i>		
EG	r=-,105 (p=,492 ns)	r=-,195 (p=,247 ns)
KG	r=-,489 (p=,076 ns)	r=,661 (p=,106 ns)

Tabelle 81: Zusammenfassung der statistischen Untersuchungsergebnisse – prozedurales Wissen

	Teilstudie I	Teilstudie II
<i>Prozedurales Wissen (2. Vortest – 1. Nachtest)</i>		
<i>T-Test</i>		
EG	T(df)=-5,869(44) p=,000***	T(df)=-11,602(36) p=,000***
KG	T(df)=-,155(13) p=,879 ns	T(df)=,000(6) p=,1,000 ns
ANOVA	p=,011* $\eta^2 = ,108$ (mittlerer bis großer Effekt)	p=,000*** $\eta^2 = ,320$ (sehr großer Effekt)
<i>Korrelation zwischen Bildungsabschluss und Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest</i>		
EG	r=-,219 (p=,148 ns)	r=-,040 (p=,815 ns)
KG	r=,208 (p=,475 ns)	r=,573 (p=,179 ns)

Tabelle 82: Zusammenfassung der statistischen Untersuchungsergebnisse -
Problemlösungswissen

	Teilstudie I	Teilstudie II
<i>Problemlösungswissen (2. Vortest – 1. Nachtest)</i>		
<i>T-Test</i>		
<i>EG</i>	T(df)=-6,711(44) p=,000***	T(df)=-2,017(36) p=,051 ns
<i>KG</i>	T(df)=-1,000(13) p=,336 ns	T(df)=1,000(6) p=,356 ns
<i>ANOVA</i>	p=,001*** $\eta^2 = ,168$ (großer Effekt)	p=,233 ns $\eta^2 = ,034$ (kleiner bis mittlerer Effekt)
<i>Korrelation zwischen Bildungsabschluss und Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest</i>		
<i>EG</i>	r=,366 (p=,013*)	r=,179 (p=,289 ns)
<i>KG</i>	r=-,354 (p=,215 ns)	r=-,496 (p=,258 ns)

EG – Experimentalgruppe

KG – Kontrollgruppe

ANOVA – Analysis of Varianz (Varianzanalyse)

Die im Kapitel 8.3 aufgestellten Hypothesen H1 bis H4 werden im Folgenden durch die statistisch ausgewerteten Untersuchungen überprüft.

H1: Experimentalunterricht fördert die Aneignung von deklarativen Wissen ebenso wie ein direkter Unterricht.

Die Hypothese H1 kann bestätigt werden.

In der Teilstudie I wurde die Hypothese sowohl im Vergleich des 2. Vortests und des 1. Nachtests, als auch im Vergleich der 1. Nachtests und 2. Nachtests bestätigt. Der T-Test für die Experimentalgruppe beim 2. Vortest und 1. Nachtest zeigte an, dass die gemessene Veränderung höchst signifikant war [T(df)=-7,923(44); p=,000]. Die Kontrollgruppe konnte ebenfalls eine höchst signifikante Veränderung verzeichnen [T(df)=-4,497(13); p=,001]. Die Varianzanalyse bestätigte die Ergebnisse des T-Tests. Sie zeigt keinen signifikanten Einfluss des Experiments im 2. Vortest – 1. Nachtest an. Ferner wird kein Effekt durch die Varianzaufklärung ausgewiesen ($\eta^2 = ,004$).

Die Analyse der Ergebnisse in der Teilstudie II mittels T-Test zeigt im Vergleich des 2. Vortest mit dem 1. Nachtest für die Experimentalgruppe ein $[T(df)=-2,350(36); p=,024]$, d. h. einen signifikanten Zuwachs durch die Intervention. Für die Kontrollgruppe wurde ein signifikanter Leistungsabfall mit $[T(df)=3,333(6); p=,016]$ verzeichnet. Damit kann interpretiert werden, dass das Experiment tendenziell zu besseren Ergebnissen als der direktive Unterricht führt. Insbesondere wird durch die Varianzaufklärung ein großer Effekt des Experiments ausgewiesen ($\eta^2 = ,181$).

Wie schon in der Analyse der Ergebnisse 2. Vortest – 1. Nachtest in Teilstudie I deutlich wurde, ähneln sich die Entwicklungen der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe ebenfalls in den nachfolgenden Tests der Untersuchung. Auch im 1. Nachtest – 2. Nachtest dokumentiert sich für Experimental- und Kontrollgruppe eine vergleichbare Entwicklung. Die Experimentalgruppe in der Teilstudie I verzeichnet im T-Test ein $[T(df)=3,604(44); p=,000]$, die Kontrollgruppe ein $[T(df)=2,509(13); p=,026]$. Die Experimentalgruppe verzeichnet damit eine höchst signifikante Veränderung, die Kontrollgruppe eine signifikante Veränderung.

In der Teilstudie II verzeichnen sowohl die Experimentalgruppe mit $[T(df)=-2,350(36); p=,024]$ als auch die Kontrollgruppe mit $[T(df)=3,333(6); p=,016]$ eine signifikante Veränderung. D.h. die Experimentalgruppen verhielten sich ähnlich wie die Kontrollgruppen in beiden Teilstudien in der Analyse der Ergebnisse 1. Nachtest – 2. Nachtest.

Auf Grund der Ergebnisse der Teilstudien I und II liegt der Schluss nahe, dass sich ein Experimentalunterricht u. U. positiver als ein direkter Unterricht auf die Entwicklung deklarativen Wissens auswirkt. Dies wurde insbesondere in der Teilstudie II deutlich.

H2: Experimentalunterricht fördert die Aneignung prozeduralen Wissens und damit die Fähigkeit, Prozesse eigenständig nachzuvollziehen und zu modifizieren.

Die Hypothese H2 kann ebenfalls verifiziert werden.

Sie wurde in der Teilstudie I im Vergleich des 2. Vortests und des 1. Nachtests klar bestätigt.

Der Leistungszuwachs der Experimentalgruppe zwischen 2. Vortest und 1. Nachtest war höchst signifikant $[T(df)=-5,869(44); p=,000]$, während die Veränderung der Kontrollgruppe nicht signifikant war $[T(df)=-,155(13); p=,879]$. Es kann daraus geschlossen werden, dass der Experimentalunterricht über entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung von prozeduralem Wissen verfügt. Die Varianzanalyse verifiziert die Er-

gebnisse des T-Tests, denn sie zeigt einen signifikanten Einfluss des Experiments an. Weiterhin besagt die Varianzaufklärung, dass ein mittlerer bis großer Effekt des Experimentierens auf den Lernerfolg im Bereich des prozeduralen Wissens vorliegt (η^2 ,108).

Der T-Test zeigt für die Teilstudie II einen höchst signifikanten Zuwachs [T(df)=-11,602(36); p=,000] bei der Experimentalgruppe 2. Vortest zum 1. Nachtest auf. Die Kontrollgruppe verzeichnete dagegen eine nicht signifikante Veränderung [T(df)=,000(6); p=1,000] vom 2. Vortest zum 1. Nachtest. Die Ergebnisse werden durch die Varianzanalyse bestätigt, da sie einen höchst signifikanten Einfluss der Intervention dokumentiert. Die Varianzaufklärung zeigt einen sehr großen Effekt an (η^2 =,320).

Beide Teilstudien zeigen deutliche Übereinstimmungen in der Befundlage, sodass die Hypothese klar bestätigt wird.

H3: Experimentalunterricht fördert die Aneignung von Problemlösungswissen hinsichtlich der Befähigung zum Lösen problemhaltiger Aufgaben aus dem fachlichen Umfeld bei den Lernenden.

Die Hypothese H3 kann nur in der Teilstudie I bestätigt werden.

Wie aus der Auswertung der Teilstudie I des 2. Vortests und 1. Nachtests hervorgeht, entwickeln sich die Experimentalgruppe und Kontrollgruppe sehr unterschiedlich. Im 2. Vortest und 1. Nachtest zeigt sich, dass die Experimentalgruppe einen höchst signifikanten [T(df)=-6,711(44); p=,000] Leistungszuwachs verzeichnete, während die Kontrollgruppe einen nicht signifikanten Leistungszuwachs [T(df)=-1,000(13); p=,336] aufwies. Die Ergebnisse werden ebenfalls durch die Varianzanalyse bestätigt, da ANOVA einen höchst signifikanten Einfluss des Experiments ausweist. Eta-Quadrat beträgt ,168 und es kann damit auf einen großen Effekt geschlossen werden.

In der Teilstudie II zeigte der T-Test für die Experimentalgruppe eine nicht signifikante Veränderung an. Für die Experimentalgruppe wird ein [T(df)=-2,017(36); p=,051] berechnet, d. h. es liegt keine signifikante Veränderung vor. In diesem Zusammenhang ist jedoch anzumerken, dass die Signifikanzgrenze ($p \leq 0,05$) nur geringfügig überschritten wird. Die Kontrollgruppe erzielt [T(df)=1,000(6); p=,356], damit wird ebenfalls eine nicht signifikante Veränderung dokumentiert. Die Varianzanalyse weist in der Teilstudie II einen nicht signifikanten Einfluss des Experiments aus. Der Eta-Quadrat beträgt in diesem Fall ,034, daher handelt es sich hiermit um einen kleinen bis mittleren Effekt.

Die beiden Teilstudien weisen damit sehr unterschiedliche Untersuchungsergebnisse auf. Während in der Teilstudie I ein Einfluss des Experiments auf die Entwicklung von Problemlösungswissen sehr deutlich nachgewiesen wird, kann in der Teilstudie II kein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden.

Dementsprechend kann kein Schluss aus den Untersuchungsergebnissen gezogen werden, da die Ergebnisse zu widersprüchlich sind. Folglich kann die Hypothese nicht bestätigt werden.

H4: Experimentalunterricht fördert die Aneignung von den drei Wissensbereichen (deklaratives, prozedurales und Problemlösungswissen) bei leistungsstarken Lernenden, leistungsschwache Lernende werden demgegenüber benachteiligt.

Die Ergebnisse der Untersuchung weder falsifizieren noch verifizieren die Hypothese H4, damit muss die Hypothese verworfen werden.

Es wurde die Korrelationen zwischen dem Bildungsabschluss und der erzielten Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest betrachtet, da zwischen dem 2. Vortest und dem 1. Nachtest der Experimentalteil durchgeführt wurde und somit mögliche Zusammenhänge zwischen Bildungsabschluss und Testergebnis hier besonders deutlich werden.

Nach statistischer Auswertung zeigt sich kein einheitliches Bild hinsichtlich der Korrelation zwischen Bildungsabschluss und Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest. Es wurde für alle ermittelten Korrelationen keine Signifikanz festgestellt. Weiterhin lagen die Korrelationen der Experimentalgruppe im sehr geringen oder geringen Bereich. In den Kontrollgruppen traten teilweise hohe oder nahezu hohe Korrelationen auf, diese sind jedoch vor dem Hintergrund der relativ kleinen n der Kontrollgruppen zurückhaltend zu bewerten.

Auf Grund der hier dargelegten Datenlage kann die Hypothese, wie bereits erwähnt, weder falsifiziert noch verifiziert werden und muss folglich verworfen werden. Für die Bearbeitung dieser Fragestellung besteht weiterer Forschungsbedarf. Insbesondere sind hierzu verfeinere Untersuchungsinstrumentarien als die hier verwendeten erforderlich, zum Beispiel eine höhere Anzahl an Versuchsgruppen, höhere Anzahl an Probanden, Einbeziehung von weiteren persönlichen Daten, die über den Bildungsabschluss hinausgehen und ein Testdesign, das sich auf diese Problematik konzentriert.

12 Bezug zu anderen Studien

In jüngster Vergangenheit wurden Studien zu ähnlichen Forschungsfragen veröffentlicht. Die hier durchgeführte Studie soll in der folgenden Tabelle 83 hinsichtlich ihrer Forschungsfragen und Ergebnisse mit diesen gegenüber gestellt werden.

WÜLKER verfolgte in seiner Studie die Frage, inwiefern durch Selbststeuerung gekennzeichnete Lernumgebungen in Bezug auf den Aufbau beruflicher Handlungskompetenz gegenüber fachsystematisch orientierten Unterrichtskonzepten überlegen sind (vgl. WÜLKER 2004). Dabei wurden Entwicklungen und Ausprägungen des deklarativen und prozeduralen Wissens sowie Aspekte der Lernmotivation bei sechs Klassen mit insgesamt 81 angehenden Zimmerern der Fachstufe II, Lernfeld 12, überprüft.

NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL untersuchten, ob sich die hohen Erwartungen der selbstgesteuerten und handlungsorientierten Unterrichtsformen in der gewerblich-technischen Erstausbildung empirisch fundieren lassen (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005). Ein Teil der Studie wurde in Hannover mit vier Klassen mit 69 Probanden (Elektroinstallateure der Grundstufe), ein anderer Teil in Stuttgart zehn Klassen mit 152 Probanden (Elektroinstallateure der Grundstufe) und ein weiterer mit sechs Zimmererklassen der Fachstufe durchgeführt.

In der hier vorliegenden Studie des Autors wird der Frage nachgegangen, wie Experimentalunterricht die Entwicklung von deklarativem, prozeduralem und Problemlösungswissen beeinflusst. Ferner wurde untersucht, ob ein Experimentalunterricht besonders leistungsstarke Lernende fördert. Es wurde mit vier Klassen mit einem n von 74 gearbeitet. Die Probanden setzten sich aus den Ausbildungsberufen des Maurers, Hochbaufacharbeiters, Ausbaufacharbeiters (Trockenbau), Straßenbauers, Tiefbauers und Dachdeckers der Grundstufe zusammen. Die Studie gliederte sich in zwei Teilstudien, in der zwei entwickelte Experimente in zwei relevante Lernfelder integriert wurden. Die Teilstudie I konzentrierte sich auf das Lernfeld „Herstellen einer Holzkonstruktion“. Die Teilstudie II betrachtete die Auswirkungen des Experimentierens im Lernfeld „Herstellen eines Stahlbetonbauteils“.

Die Forschungsfragen, das Untersuchungsdesign und die Ergebnisse dieser Studien wurden in der folgenden Tabelle 83 gegenübergestellt.

Tabelle 83: Gegenüberstellung vergleichbarer Studien

Studie	WÜLKER (2004)	NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL (2005)	BÜNNING (2007)
Forschungsfrage(n)	Inwiefern sind durch Selbststeuerung gekennzeichnete Lernumgebungen hinsichtlich ihres Aufbaus beruflicher Handlungskompetenz gegenüber fachsystematisch orientierten Unterrichtskonzepten überlegen? (vgl. WÜLKER 2004, S. 13)	Lassen sich die hohen Erwartungen der selbstgesteuerten und handlungsorientierten Unterrichtsformen in der gewerblich-technischen Erstausbildung empirisch fundieren? (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 58)	Beeinflusst Experimentalunterricht die Entwicklung von deklarativen, prozeduralen und Problemlösungswissen? Fördert ein Experimentalunterricht besonders leistungsstarke Lernende?
Testdesign	Es wurde ein experimentelles Testdesign durchgeführt, da die Probanden zufällig zu den Untersuchungsbedingungen zuordnet wurden (vgl. WÜLKER 2004, S. 71).	Die Studie wurde im Rahmen von Feldexperimenten durchgeführt (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 62).	Es wurde ein quasi-experimentelles Testdesign gewählt.
	Es wurde ein Lerntest, Intelligenztest (CFT3) und Motivationstest eingesetzt. Im Weiteren wurde die Unterrichtsorganisationsform erfasst (vgl. WÜLKER 2004, S. 13).	Unterrichtsformen wurden genau dokumentiert (inhaltsbezogene Zeitanteile), sowie die Motivationsentwicklung erfasst und dabei auf das von PRENZEL u. a. (bewährtes) entwickelten Instrumentarium zurückgegriffen. Ferner wurden Kompetenzaspekte mit den beteiligten Lehrkräften erfasst. (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 63).	Die Tests wurden auf der Grundlage von veröffentlichten Prüfungsaufgaben Literatur zur Vorbereitung von Prüfungen entwickelt.
	Es standen sechs Experimentalgruppen mit unterschiedlichen Unterrichtsorganisationsformen zur Verfügung (vgl. WÜLKER 2004, S. 13).	In der Hannover Studie standen vier, in der Studie in Stuttgart zehn und in der weiteren Studie mit Zimmerern sechs Experimentalgruppen zur Verfügung (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 59).	Es waren vier Klassen in die Untersuchung einbezogen: drei dienten als Experimentalgruppen und eine als Kontrollgruppe. Die Studie gliederte sich in zwei Teilstudien in der zwei unterschiedliche Lernfelder und unterschiedliche Experimente betrachtet wurden. In den Teilstudien wechselte die Kontrollgruppe.
Methodische Vorgehensweise	Es wurden für die Ermittlung des deklarativen und prozeduralen Wissens ein Prätest und ein Posttest verwandt ($^W T_E$ und $^W T_A$). Testplan: $KI_1; I; LM^1; ^W T_E; U_{E1}; LM^2; ^W T_A$ $KI_2; LM^1; ^W T_E; U_{E2}; LM^2; ^W T_A$	Es wurde mit Eingangs-, Zwischen- und Abschluss-test gearbeitet (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 65).	Es waren vier Messzeiträume vorgesehen. Der erste vor dem Lernfeld, der zweite direkt vor dem Experiment, der 1. Nachtest folgte nach dem Experiment und der 2. Nachtest 1½ Monate (Teilstudie I), 2 ½ Monate (Teilstudie II) später. Testplan:

	<p>Kl₃;I;LM^{1,W}_{T_E};U_{E3};LM^{2,W}_{T_A} Kl₄;I;LM^{1,W}_{T_E};U_{E4};LM^{2,W}_{T_A} Kl₅;I;LM^{1,W}_{T_E};U_{E5};LM^{2,W}_{T_A} Kl₆;I;LM^{1,W}_{T_E};U_{E6};LM^{2,W}_{T_A} Kl_i – Klasse i I – Intelligenztest ^WT_E – Eingangstest LM^t – Lernmotivation Zeitpunkt U_{Ei} – Unterrichtseinheit, Organisationsform der i ^WT_A – Ausgangstest (vgl. WÜLKER 2004, S. 70)</p>		<p>EG: Vt₁ Vt₂ X Nt₁ Nt₂ KG: Vt₁ Vt₂ – Nt₁ Nt₂ KG – Kontrollgruppe EG – Experimentalgruppe Vt – Vortest X – Experiment „-“ kein Experiment Nt – Nachtest</p>
	<p>Als Auswertungsmethoden wurden die Varianzanalyse und die Regressionsanalyse verwandt (vgl. WÜLKER 2004, S. 72).</p>	<p>Als Auswertungsmethoden wurden die Varianzanalyse und die Regressionsanalyse eingesetzt (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 70).</p>	<p>Auswertungsmethoden waren Mittelwertvergleich T-Test für abhängige Stichproben, Varianzanalyse mit einer unabhängigen Variablen (einschließlich Varianzaufklärung) und die Korrelationsanalyse.</p>
<p>Ergebnisse – deklaratives Wissen</p>	<p>Deklaratives Wissen wurde in fachsystematischen Lernumgebungen signifikant besser entwickelt als in handlungssystematischen Lernumgebungen (vgl. WÜLKER 2004, S. 155 ff.).</p>	<p>Die Ergebnisse hinsichtlich der Entwicklung von deklarativem Wissen fielen in den Untersuchungsstandorten unterschiedlich aus. Im Hannoverschen Teil der Studie entwickelten die „direktiv“ unterrichteten Klassen deklaratives Wissen besser als die handlungsorientiert unterrichteten Klassen. Die Unterschiede waren hoch signifikant. Im Stuttgarter Teil konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen festgestellt werden. In einem weiteren Standort, der nicht explizit genannt wurde (der Ausbildungsberuf des Zimmerers war dort Gegenstand), führten die „direktiv“ unterrichteten Klassen zu einem besseren Ergebnis. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 64 ff.).</p>	<p>Im Bereich des deklarativen Wissens verzeichneten die Kontrollgruppen und die Experimentalgruppe der Teilstudie I eine sehr ähnliche Entwicklung, wobei die Experimentalgruppe leicht bessere Ergebnisse aufwies. In der Teilstudie II zeigte die Experimentalgruppe einen signifikanten Leistungszuwachs nach der Intervention, während die Kontrollgruppe einen Leistungsabfall aufwies. Es wurde geschlossen, dass der Einsatz des Experiments mindestens ebenso deklaratives Wissen entwickelt wie ein direkter Unterricht. Tendenziell führt ein Experimentalunterricht zu besseren Ergebnissen im Bereich des deklarativen Wissens als ein direkter Unterricht.</p>

Ergebnisse – prozedurales Wissen	Prozedurales Wissen wurde in handlungssystematischen Lernumgebungen besser entwickelt als in fachsystematischen Lernumgebungen. Die Unterschiede zwischen den handlungssystematisch und fachsystematisch unterrichteten Klassen waren z. T. signifikant (vgl. WÜLKER 2004, S. 158 ff.).	Die Studie zeichnet im Bereich des prozeduralen Wissens kein einheitliches Bild. In Hannover zeichneten sich geringfügig bessere Ergebnisse (sig. =0.19) durch einen direktiven Unterricht ab. In Stuttgart konnte ein geringfügiger Unterschied (nicht sig.) zugunsten von direktiven Unterrichts festgestellt werden (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 66 f.).	Die experimentell unterrichteten Klassen zeichnen sich durch signifikante Lernerfolge in Bereich des prozeduralen Wissens aus, während die Kontrollgruppe keine signifikanten Zuwächse verzeichnete. Damit wird deutlich, dass sich ein Experimentalunterricht besonders förderlich auf die Entwicklung von prozeduralen Wissen auswirkt.
Ergebnisse – Problemlösungswissen	Der Bereich des Problemlösungswissens wurde in dieser Studie nicht untersucht.	Im Bereich des Problemlösungswissens zeichnet sich ebenfalls ein uneinheitliches Bild für die handlungsorientiert und direktiv unterrichteten Klassen. Die in Hannover handlungsorientiert unterrichteten Klassen erreichten bessere Ergebnisse als die direktiv unterrichteten Klassen. Der Unterschied zwischen den beiden Klassen war jedoch nicht signifikant. Im Stuttgarter Teil der Untersuchung erreichten die direktiv unterrichteten Klassen z. T. bessere Ergebnisse und diese Unterschiede waren z. T. signifikant (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 68 ff.).	Im Bereich des Problemlösungswissens zeigten nur die Experimentalklassen der Teilstudie I signifikante Zuwächse in diesem Untersuchungsbereich. Die Kontrollgruppe wies keinen signifikanten Zuwachs im Bereich des Problemlösungswissens durch einen direktiven Unterricht auf. Die Ergebnisse der Teilstudie I wurden nicht durch die Teilstudie II bestätigt, da in der Teilstudie II sowohl die Experimental- als auch die Kontrollgruppe keinen signifikanten Leistungszuwachs verzeichnen konnte.
Ergebnisse – Zusammenhang zwischen handlungsorientierten Unterricht und Benachteiligung leistungsschwächerer Lernende	Der Autor beobachtete in seiner Studie, dass kognitiv leistungsstärkere Schüler durch einen handlungsorientierten Unterricht besonders gefördert wurden und dadurch auch eine stärkere Leistungsentwicklung aufwiesen. Leistungsschwächere Lernende wurden benachteiligt (vgl. WÜLKER 2004, S. 241).	Längerfristig handlungsorientiert unterrichtete Klassen erzielten teilweise signifikant schlechtere Ergebnisse, in drei von fünf Fällen korreliert die Problemlösung signifikant mit dem IQ der Lernenden (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 70).	Die Studie konnte keine beständige Korrelation zwischen dem Bildungsabschluss und der Entwicklung vom 2. Vortest zum 1. Nachtest aufzeigen. Die Untersuchungsergebnisse differierten zu dieser Forschungsfrage stark, so dass keine Schlüsse gezogen werden konnten.
Ergebnisse – Lernmotivation	Die Lernmotivation in handlungssystematisch orientierten Lernumgebungen entwickelte sich günstig, während die fachsystematisch orientierten Lernumgebungen durch eine Amotivation gekennzeichnet sind (vgl. WÜLKER 2004, S. 216).	In der Hannoverschen Untersuchung lagen die Motivationswerte für handlungsorientiert unterrichtete Klassen günstiger, diese waren jedoch nicht signifikant (beim dritten Messzeitpunkt). In der Stuttgarter Untersuchung ließen sich keine signifikanten motivationalen Differenzen zwischen den Unterrichtsformen finden (vgl. NICKOLAUS, HEINZMANN, KNÖLL 2005, S. 71 f.).	Lernmotivation war nicht Gegenstand der Untersuchung.

Wie aus dieser tabellarischen Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aktueller Studien hervorgeht, differieren die Forschungsergebnisse anderer Autoren (WÜLKER; NICKOLAUS, HEINZMANN & KNÖLL) von den Ergebnissen der hier vorliegenden Untersuchung.

In Bezug auf die Entwicklung deklarativen Wissens durch selbstgesteuerte Lernumgebungen in der Untersuchung von WÜLKER zeigte sich, dass deklaratives Wissen in fachsystematischen Lernumgebungen signifikant besser entwickelt wurde als in handlungssystematischen Lernumgebungen. In der Untersuchung der Autorengruppe NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL differierten die Untersuchungsergebnisse zur Entwicklung von deklarativem Wissen in handlungsorientierten Unterrichtsformen je nach Standort. In einem Teil der Studie konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen handlungsorientiert unterrichteten Klassen und direktiv unterrichteten Klassen festgestellt werden. An einem anderen Standort verzeichneten die direktiv unterrichteten Klassen ein besseres Ergebnis. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Untersuchung unterscheiden sich maßgeblich von denen der hier angeführten zwei nationalen Untersuchungen, die keinen besonderen Einfluss eines handlungsorientierten Unterrichts auf die Entwicklung von deklarativem Wissen ausweisen. Die hier durchgeführte Studie legt den Schluss nahe, dass deklaratives Wissen mindestens ebenso gut durch handlungsorientierten Unterricht entwickelt werden kann. Tendenziell wirkt sich ein handlungsorientierter Unterricht sogar besser auf die Entwicklung deklarativen Wissens aus.

In der Untersuchung von WÜLKER wurde prozedurales Wissen in handlungssystematischen Lernumgebungen besser als in fachsystematischen entwickelt. Die Untersuchung der Autorengruppe NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL zeichnete kein einheitliches Bild. An einem Standort der Untersuchung verzeichneten direktiv unterrichtete Klassen eine bessere Entwicklung hinsichtlich der Entwicklung von prozeduralem Wissen. An einem anderen Standort konnte nur ein geringfügiger Unterschied zugunsten der direktiv unterrichteten Klassen festgestellt werden. Die Untersuchungsergebnisse der hier zitierten Autoren werden durch die hier vorliegende Studie nicht bestätigt. Es zeigte sich in beiden Teilstudien des Autors, dass sich die experimentell unterrichteten Klassen durch signifikante Lernerfolge in Bereich des prozeduralen Wissens auszeichnen, während die Kontrollgruppen keine signifikanten Zuwächse aufwiesen. Es wurde besonders deutlich, dass sich ein handlungsorientierter Unterricht besonders förderlich auf die Entwicklung prozeduralen Wissens auswirkt.

Die Studie von WÜLKER betrachtete die Entwicklung von Problemlösungswissen in handlungsorientierten Lernarrangements nicht. Die Autoren NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL verzeichneten in ihrer Studie ein widersprüchliches Bild. Während an einem Standort im Bereich des Problemlösungswissens die handlungsorientiert unterrichteten Klassen ein besseres Ergebnis als die direktiv unterrichteten Klassen erzielten (der Unterschied war jedoch nicht signifikant), erreichten an einem anderen Standort der Untersuchung die direktiv unterrichteten Klassen z. T. signifikant bessere Ergebnisse als die handlungsorientiert unterrichteten Klassen. Die hier vorliegende Studie weist im Bereich des Problemlösungswissens ebenfalls sehr unterschiedliche Ergebnisse aus. Sie zeigte im Bereich des Problemlösungswissens bei den Experimentalgruppen der Teilstudie I signifikante Zuwächse in diesem Untersuchungsreich. Die Kontrollgruppe konnte jedoch keinen signifikanten Zuwachs im Bereich des Problemlösungswissens durch einen direktiven Unterricht aufweisen. In der Teilstudie II wurde dieses Bild nicht bestätigt, da in der Teilstudie II sowohl die Experimental- als auch die Kontrollgruppe keinen signifikanten Leistungszuwachs verzeichnen konnte. Insgesamt ähneln sich damit die Untersuchungsergebnisse von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL und dieser Studie, indem sie keinen sicheren Einfluss von handlungsorientiertem Unterricht auf die Entwicklung von Problemlösungswissen nachweisen.

In der Untersuchung von WÜLKER wurde deutlich, dass kognitiv leistungsstärkere Schüler durch einen handlungsorientierten Unterricht besonders gefordert wurden und dadurch auch eine stärkere Leistungsentwicklung aufwiesen. Leistungsschwächere Lernende wurden benachteiligt. In der Studie von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL zeigten die längerfristig handlungsorientiert unterrichteten Klassen teilweise signifikant schlechtere Ergebnisse.

In den hier durchgeführten Korrelationsanalysen konnte nicht gezeigt werden, dass leistungsschwächere Lernende benachteiligt werden. Insgesamt differieren die Ergebnisse des Autors und die anderer Autoren voneinander.

Zusammenfassend muss an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass die durchgeführte Studie zu deutlich anderen Ergebnissen als die Studien von WÜLKER und der Autorengruppe NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL kommt. Damit wird ersichtlich, dass noch erheblicher Forschungsbedarf zu den Effekten handlungsorientierten Unterrichts besteht.

Im Kontext der vom Autor durchgeführten Studie ist ferner hervorzuheben, dass diese zu neuen wissenschaftlichen Fragestellungen führt. Wie bereits ausgeführt, konnte im

Rahmen der Studie nachgewiesen werden, dass sich ein handlungsorientierter Unterricht (in der Studie durch das Experimentieren realisiert) positiv auf den Lernerfolg auswirkt. Diese Studie des Autors untersuchte jedoch einen relativ kurzen Zeitraum. Die Frage, welche sich hieraus ergibt, ist: Wirkt sich ein handlungsorientierter Unterricht, der über einen längeren Zeitraum realisiert wird, ebenfalls so positiv auf den Lernerfolg aus, wie es diese Studie dokumentiert hat? Es ist damit eine wissenschaftliche *Desiderata*, die langfristige Wirkung von handlungsorientiertem Unterricht auf den Lernerfolg zu untersuchen. Dementsprechend sind Untersuchungsansätze zu generieren und umzusetzen, welche die Entwicklung von Lernenden unter Berücksichtigung spezifischer Lernarrangements über einen längeren Zeitraum analysieren.

13 Resümee der Arbeit

In jüngerer Vergangenheit trat die Neuordnung der Stufenausbildung in der Bauwirtschaft (1999) in Kraft. Diese zog neben neuen Berufsbezeichnungen auch die Umstrukturierung der gesamten Lehrpläne entsprechend des Lernfeldkonzeptes nach sich. Die Implementation des Lernfeldkonzeptes forciert handlungsorientierte Unterrichtskonzepte.

Es zeigt sich jedoch das Defizit, dass für die Berufsausbildung der bau- und holztechnischen Berufe nur begrenzt Konzeptionen existieren, die das handlungsorientierte und speziell das experimentierende Lernen umsetzen. Es war daher zunächst ein Anliegen der vorliegenden Arbeit, eine handlungstheoretisch begründete Konzeption zum experimentierenden Lernen in der Bau- und Holztechnik zu entwickeln. In einem weiteren Schritt der Arbeit wurde das generierte Konzept konsequent auf die Entwicklung von Experimenten in der Bau- und Holztechnik übertragen.

Es war ein erklärtes Ziel der Arbeit, ein handlungstheoretisch begründetes Konzept des Experimentierens für die Berufe der Holz- und Bautechnik zu entwickeln, sowie es in Experimente für diese Berufsfelder umzusetzen. Dieser Zielsetzung folgend wurden zunächst die handlungstheoretischen Grundlagen analysiert. Im Besonderen wurden die handlungstheoretischen Ansätze von HACKER, LEONTJEW, AEBLI und VOLPERT als Ausgangspunkt für das hier zu entwickelnde Konzept des Experimentierens in der Holz- und Bautechnik aufgegriffen. Auf Basis dieser handlungstheoretischen Modelle wurde ein Phasenschema des Experimentierens entwickelt.

In einem nächsten Schritt wurden ingenieurwissenschaftliche Grundlagen hinsichtlich ihrer Relevanz für die betreffenden Berufsfelder geprüft und aufgearbeitet. Als Ausgangspunkt für die Konzeption der entwickelten holz- und bautechnischen Experimente wurden zunächst Nachweisverfahren, die für die Baustoffprüfung genormt bzw. Vorgaben, die durch Regelwerke fixiert sind (z. B. Vorholzlänge) und einen klaren Bezug zu einen oder mehreren beruflichen Bildungsgängen in der Bautechnik und Holztechnik haben, analysiert und deren grundsätzliche Eignung für die Holz- und Bautechnik diskutiert. Die folgenden Experimente wurden in der Arbeit hergeleitet und entwickelt:

- Konsistenz von Frischbeton durch Ermittlung des Ausbreitmaßes,
- Einfluss der Zementleimmenge und des w/z-Wertes auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons,
- Einfluss von Fließmitteln auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons,

-
- Einfluss organischer Bestandteile im Beton auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons,
 - Einfluss der Verdichtung auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons,
 - Einfluss des Verdichtens auf das Sedimentationsverhalten des Frischbetons,
 - Druckfestigkeit von Beton,
 - Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens,
 - Einfluss der Zementleimmenge und des w/z-Wertes auf die Eigenschaften des Frisch- und Festbetons,
 - Erstarrungsverhalten von Zement und Gips,
 - Zusammenhang von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge beim Stirn- und Doppelversatz,
 - Quell- und Schwindverhalten des Holzes,
 - Biegezugfestigkeit von Holz,
 - Spaltbarkeit von Holz,
 - Druckfestigkeit von Holz,
 - Nagel- und Schraubenauszugswiderstand,
 - Nachweis des Kristallwassers im Gips,
 - Einfluss von Gips und Anhydrit auf das Korrosionsverhalten von Eisenmetallen.

Die entwickelten Experimente wurden bereits in einer separaten Buchpublikation veröffentlicht. Sie sind nachzulesen in:

BÜNNING, F.: *Experimentierendes Lernen in der Bau- und Holztechnik – Fachwissenschaftlich und handlungstheoretisch begründete Experimente für die Berufsfelder der Bau- und Holztechnik*. W. Bertelsmann Verlag Bielefeld 2006.

Es stellte sich jedoch die Frage, ob und inwiefern Lernprozesse im Experimentalunterricht mit Blick auf die Entwicklung der gewünschten beruflichen Handlungskompetenz erfolgreich oder sogar erfolgreicher sind, insbesondere in der Gegenüberstellung zu herkömmlichen bzw. konventionellen Unterrichtsverfahren. Für den berufsschulischen Unterricht in den Berufsfeldern der Bau- und Holztechnik liegen hierzu bislang nur unzureichende empirische Befunde vor. Insgesamt kann man zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur auf wenige empirische Befunde, welche die Effekte eines handlungsorientierten Lernens im beruflichen Kontext und im Besonderen im gewerblich-technischen Bereich in Deutschland zeigen, zurückgreifen.

Über die Entwicklung und Umsetzung einer Konzeption des experimentierenden Lernens hinaus war es damit ebenfalls eine Intention der Arbeit, die „Wirksamkeit“ des experimentierenden Lernens auf der Basis der Experimente empirisch zu untersuchen. Die Analyse der Effekte der entwickelten Konzeption sollte deren Potentiale für die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz aufzeigen und gleichzeitig auf die Grenzen hinweisen. Mit dieser Zielstellung wird durch die Arbeit auch unmittelbar ein Beitrag zur Erforschung der Effekte von handlungsorientiertem Lernen in der gewerblich-technischen Berufsausbildung geleistet.

Der Studie, welche die entwickelten Experimente evaluierte, lag das Kompetenzmodell von NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL sowie das Drei-Speicher-Modell von WISSEN nach ANDERSON zu Grunde. Die Autoren beziehen sich auf drei Komponenten eines Modells mit Fokus auf die fachlichen Aspekte der beruflichen Handlungskompetenz: deklaratives und prozedurales Wissen sowie die Problemlösefähigkeit. Auf dieser Basis wurden Hypothesen für die Studie abgeleitet und ein Testinstrumentarium entwickelt. Das Testinstrumentarium wurde aus veröffentlichten Prüfungsaufgaben der Industrie- und Handelskammer (IHK) und aus Prüfungsliteratur generiert. Es wurde somit auf bereits bewährte Aufgabenstellungen zurückgegriffen. Bei der Testkonstruktion wurde für den betreffenden Testbereich (deklaratives und prozedurales Wissen sowie Problemlösungswissen) ein entsprechender Aufgabentyp auf der Basis des Drei-Speicher-Modells von WISSEN nach ANDERSON gewählt.

Der Zielstellung der Evaluation der entwickelten Experimente folgend, wurden zwei ausgewählte Experimente (*Zimmermannsmäßige Verbindungen im Holzbau: Experimentelle Ermittlung des Zusammenhangs von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge bei Stirn- und Doppelversatz* und *Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens*) in der Berufsbildenden Schule I in Stendal unter Praxisbedingungen getestet.

Die Studie gliedert sich entsprechend der zwei evaluierten Experimente in zwei Teilstudien:

- Die Teilstudie I stellt dabei die Evaluation des Experiments: *Zimmermannsmäßige Verbindungen im Holzbau: Experimentelle Ermittlung des Zusammenhangs von maximaler Druckbelastung und Vorholzlänge bei Stirn- und Doppelversatz* dar.

- Bei der Teilstudie II handelte es sich um die Evaluation des Experiments: Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens.

Die empirische Untersuchung erbrachte zu den Effekten des Experimentierens folgende Ergebnisse:

Es konnte gezeigt werden, dass ein Experimentalunterricht die Aneignung deklarativen Wissens ebenso wie ein direkter Unterricht fördert. In einer Teilstudie erzielten die experimentell unterrichteten Lernenden sogar wesentlich bessere Ergebnisse als die direktiv unterrichteten Lernenden. Damit muss hervorgehoben werden, dass ein Experimentalunterricht u. U. zu besseren Ergebnissen führen kann als ein direkter Unterricht.

Die empirische Evaluation zeigte deutlich, dass ein Experimentalunterricht die Aneignung von prozeduralem Wissen fördert und damit die Fähigkeit, eigenständig Prozesse nachzuvollziehen und zu modifizieren. In beiden Teilstudien erzielten die Experimentalgruppen entscheidend bessere Ergebnisse als die Kontrollgruppen.

Die Frage, inwiefern ein Experimentalunterricht die Aneignung von Problemlösungswissen hinsichtlich der Befähigung zum Lösen problemhaltiger Aufgaben aus dem fachlichen Umfeld bei den Lernern fördert, konnte in der empirischen Evaluation nicht eindeutig geklärt werden. Während in einer Teilstudie ein deutlich positiver Effekt nachgewiesen werden konnte, zeigte die andere Teilstudie keine deutlichen Auswirkungen des Experimentierens im Bereich der Entwicklung des Problemlösungswissens.

Im Rahmen der empirischen Evaluation wurde ebenfalls der Frage nachgegangen, ob ein Experimentalunterricht die Aneignung der drei Wissensbereiche (deklaratives, prozedurales und Problemlösungswissen) bei leistungsstarken Lernenden fördert und leistungsschwache Lernende demgegenüber benachteiligt. Die Untersuchung konnte nicht zeigen, dass leistungsschwache Lernende durch einen Experimentalunterricht als Form des handlungsorientierten Unterrichts benachteiligt werden.

Insgesamt muss an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass die durchgeführte Studie zu deutlich anderen Ergebnissen als die Studien von WÜLKER und der Autorengruppe NICKOLAUS, HEINZMANN und KNÖLL kommt. Die Studien dieser Autoren zeigten einen weit geringeren positiven Einfluss eines handlungsorientierten Unterrichts auf den Lernerfolg. Damit wird deutlich, dass noch erheblicher Forschungsbedarf zu den Effekten von handlungsorientiertem Unterricht besteht.

Über die originären Ergebnisse hinaus führt die Studie zu neuen wissenschaftlichen Fragestellungen. Wie bereits ausgeführt, konnte im Rahmen der Studie nachgewiesen werden, dass sich ein handlungsorientierter Unterricht (in der Studie durch das Experimentieren realisiert) positiv auf den Lernerfolg auswirkt. Die Studie erstreckt sich jedoch über einen relativ kurzen Zeitraum. Hieraus ergibt sich die weiterführende Frage, inwieweit ein handlungsorientierter Unterricht, der über einen längeren Zeitraum realisiert wird, ebenfalls zu derart positiven Effekten für den Lernerfolg führt. Das Desiderat liegt mithin in der Erfassung langfristiger Wirkungen des handlungsorientierten Unterrichts in der Berufsbildung. Folglich sind Untersuchungsansätze zu entwickeln, die die Entwicklung von Lernenden unter Berücksichtigung spezifischer Lernarrangements über einen längeren Zeitraum analysieren.

Die vorliegende Arbeit hat insgesamt ein begründetes Konzept des Experimentierens in der Holz- und Bautechnik und fachspezifische Experimente hervorgebracht. In der fachdidaktischen Forschung wurde bislang kein Konzept des Experimentierens einschließlich der Umsetzung in Experimente basierend auf handlungstheoretischen Grundlagen für diese beruflichen Fachrichtungen entwickelt. Folglich ist die Entwicklung eines solchen Konzepts (sowie der Experimente) als eine Leistung der Arbeit herauszustellen. Ferner wurden das Konzept bzw. die entsprechenden Experimente unter „Praxisbedingungen“ empirisch evaluiert. Es wurde in der empirischen Studie belegt, dass sich das entwickelte Konzept bzw. die entwickelten Experimente förderlich auf die Entwicklung der beruflichen Handlungskompetenz auswirken. Im Speziellen leistet die Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Kompetenzforschung. Im Weiteren wird durch diese wissenschaftliche Arbeit auch ein methodisches Instrumentarium für die Umsetzung von handlungsorientiertem Unterricht in der beruflichen Bildung zur Verfügung gestellt. Folglich wird über die wissenschaftliche Leistung hinaus auch den Lehrkräften in der beruflichen Bildung ein erprobtes Konzept, inklusive Experimente, für die Gestaltung von handlungsorientiertem Unterricht angeboten.

Literatur

- ACKSTEINER, F. (2001). *Schüleraktiver Experimentalunterricht – Experimentalübungen, untersucht am Einsatz eines mobilen Lehrsystems im elektrotechnischen Unterricht*. In: BUNK, G. P. & SCHELLEN, A. (Hrsg.). (2001). *Beiträge zur Arbeits-, Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. (Band 19). Frankfurt am Main; Berlin; Bern; Bruxelles; New York; Oxford; Wien: Lang.
- ADOLPH, G. (1975). *Der didaktische Stellenwert von Experimenten einem theoriebildenden, wissenschaftsorientierten, berufsqualifizierenden Unterricht*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung - Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel.
- ADOLPH, G. (1996). *Handlungsorientierter Technikunterricht*. In: *Beiträge zur Pädagogik für Schule und Betrieb – Beiträge zur Fachdidaktik Elektrotechnik*. (Band 6). Stuttgart: Holland & Josenhans.
- AEBLI, H.(1981). *Denken: Das Ordnen des Tuns – Band II: Denkprozesse*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- AEBLI, H.(1990). *Zwölf Grundformen des Lehrens: eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, der Lernzyklus*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- AEBLI, H.(1993). *Denken: das Ordnen des Tuns – Band I: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- AMTHAUER, R.(1971). *PTV. Ein Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses. Handweisung für die Durchführung und Auswertung*. Göttingen: Verlag für Psychologie.
- ANDERSON, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- ANDERSON, J. R. (1984). *Acquisition of proof skills in geometry*. In: R. S. MICHALSKI, J. G. *Machine learning* (Vol.1). Berlin: Springer.
- ANDERSON, J. R.; BOYLE, C. F.; CORBETT, A. T. & LEWIS, M. W. (1990). *Cognitive modelling and intelligent tutoring*. *Artificial Intelligence* 42, 7-49.
- ANDERSON, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie*. (2. Auflage). Heidelberg: Spektrum, Akad. Verlag.
- BADER, R. (1989). *Berufliche Handlungskompetenz*. In: *Die Berufsbildende Schule* 41. (Heft 2).
- BADER, R. (a) (1990). *Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz – Zum Begriff „berufliche Handlungskompetenz“ und zur didaktischen Strukturierung handlungsorientierten Unterrichts*. Soest.
- BADER, R. (b) (1990). *Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz in der Berufsschule, Zum Begriff „berufliche Handlungskompetenz“ und zur didaktischen Strukturierung handlungsorientierten Unterrichts*. Dortmund.
- BADER, R. (1998). *Lernfelder. Erweiterter Handlungsraum für die didaktische Kompetenz der Lehrenden*. In: *Die berufsbildende Schule (BbSch)* 50. 3.
- BADER, R. (2000). *Konstruieren von Lernfeldern. Eine Handreichung für Rahmenlehrplanausschüsse und Bildungsgangkonferenzen in technischen Berufsfeldern*. In: BADER, R.; SLOANE, P. (Hrsg.). (2000). *Lernen in Lernfeldern. Theoretische Analysen*

- und Gestaltungsansätze zum Lernfeldkonzept. Markt Schwaben: Eusl-Verlagsgesellschaft.
- BADER, R. (Hrsg.) (2004). *Handreichungen für die Lehre - Handlungsorientierung als didaktisch-methodisches Konzept der Berufsbildung*. verfügbar unter <http://www.uni-magdeburg.de/ibbp/bp/downloads.html>. [10.12.2004].
- BADER, R. & MÜLLER, M. (2004). *Begriffe zum Lernfeldkonzept*. In: BADER, R. & MÜLLER, M. (Hrsg.) (2004). *Unterrichtsgestaltung nach dem Lernfeldkonzept*. Bielefeld: W. Bertelsmannverlag.
- BADER, R. & SCHÄFER, B. (1998). *Lernfelder gestalten. Vom komplexen Handlungsfeld zur didaktisch strukturierten Lernsituation*. In: DIE BERUFSBILDENDE SCHULE (BbSch) 50.
- BAMBERG, E. & MOHR, G. (2006). *Handeln im Arbeitskontext – Handlungsregulations-theorie*. http://www2.uni-hamburg.de/~peci015/abu/Lehre/ErgaenzungVorlesung/extra_handeln_im_arbeitskontext.pdf. [05.06.2006].
- BATRAN, B.; FREY, V. & KÖHLER, K. (2002). *Tabellenbuch Bau*. (16. Auflage). Hamburg: Verlag Handwerk und Technik GmbH.
- BEER, A. L. & DIEHL, V. A. (2001). *The Role of Short-Term Memory in Semantic Priming*. In: *The Journal of General Psychology*. (7/1/2001).
- BENNINGHAUS, H. (2001). *Einführung in die sozialwissenschaftliche Datenanalyse*. Buch mit CD-ROM. (6., überarbeitete Auflage). München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.
- BERNARD, F. (1995). *Kapitel 3 Planung der Lernziele, Lerninhalte sowie Unterrichtsmethoden und -mittel*. In: BERNARD, F.; EBERT, D. & SCHRÖDER, B. (1995). *Unterricht Metalltechnik, Fachdidaktische Handlungsanleitungen*. Hamburg: Handwerk und Technik.
- BERNARD, F. (2000). *Zur Herausbildung der Fachdidaktik gewerblich-technischer Fachrichtungen*. In: BERNARD, F. & SCHRÖDER, B. (Hrsg.) (2000). *Lehrerbildung im gesellschaftlichen Wandel*. Frankfurt a. M.: G.A.F.B.-Verlag.
- BETTENDORF; FORTNER; MATTES; MÜLLER & ZELLER (1995). *Prüfungsfragen und Antworten für Zimmerer. Fachkunde*. (3. Auflage). Köln: Stam Verlag.
- BEUTELSPACHER, T.; BATRAN, B.; BLÄSI, H.; EWERS, N.; FREY, V. u. a. (2004). *Lernfeld Bautechnik. Grundstufe und Fachstufen Dachdecker*. Hamburg: Verlag Handwerk und Technik.
- BLOOM, B. S. u. a. (1976). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. (5. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- BLOY, W. (1994). *Fachdidaktik Bau-, Holz- und Gestaltungstechnik – Berufliche Anforderungen und Unterricht*. Hamburg: Handwerk und Technik.
- BLOY, W. & PAHL, J.-P. (Hrsg.) (1995). *Das Unterrichtsverfahren Technisches Experiment. Beiträge zum Handlungslernen in der Versorgungstechnik*. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung GmbH.
- BLOY, I. & BLOY, W. (2000). *Umgang mit Lernfeldern im bautechnischen Unterricht – Planung und Durchführung*. Hamburg: Handwerk und Technik.
- BMW (2005). *Beschäftigungszahlen im Baugewerbe*. Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Presse/> [14.06.2006].
- BONZ, B. (1986). *Methoden und Medien in der Berufsausbildung für Bauberufe*. In BONZ, B.; LIPSMEIER, A. & SCHMEER, E. (Hrsg.). (1986). *Beiträge zur Fachdidaktik Bautechnik*. Stuttgart: Holland + Josenhans Verlag.
- BORTZ, J. (1993). *Statistik. Für Sozialwissenschaftler*. (4., vollständig überarbeitete Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

- BORTZ, J. & DÖRING, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. (3. Auflage). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- BRUHN, J. (1993). *Experiment*. In: Otto, Gunter; Schulz, Wolfgang: *Enzyklopädie Erziehungswissenschaft*. (Band 4). Stuttgart.
- BUCHHOLZ, C. & GUTSCHMIDT, F. (1975). *Einige Kriterien und Strategien zur Konzipierung und Herstellung von Experimentiereinrichtungen für das Berufsfeld Elektrotechnik*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BiBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung - Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel
- BÜHL, A. & ZÖFEL, P. (2005). *SPSS 12. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows*. (9. Auflage). München: Pearson Studium.
- BÜHRDEL, C.; REIBETANZ, H. & TÖLLE, H. (1988). *Unterrichtsmethodik Maschinenwesen*. Berlin: VEB Verlag Technik.
- BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (BiBB) (1998). *Was ist ein Beruf?* (Flyer). Berlin.
- BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (BiBB) (1999). *Berufsausbildung in der Bauwirtschaft*. Bielefeld: W. Bertelsmannverlag.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (HRSG.) (2001). *Anschluss statt Ausschluss – IT in der Bildung*. Kulmbach.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (BMWI) (HRSG.) (2005). *Konjunkturbericht über die Lage der Bauwirtschaft im 3. Quartal 2005*. Berlin.
- BÜNNING, F. (2000). *Konsequenzen aus dem Wandel berufsförmiger Facharbeit für die Qualifizierung von Facharbeiten und Gesellen in handwerklichen Baugewerken im europäischen Vergleich*. Hamburg: Kovac.
- BÜNNING, F.; HORTSCH, H. & NOVY, K. (2000). *Das britische Modell der National Vocational Qualifications (NVQs) – Ausgangspunkt für eine Modularisierung beruflicher Bildung in Deutschland?*. Hamburg: Kovac.
- BÜNNING, F. (2006). *Experimentierendes Lernen in der Holz- und Bautechnik – Fachwissenschaftlich und handlungstheoretisch begründete Experimente für die Berufsfelder Bau- und Holztechnik*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- BÜNNING, F. (2007). *Das technische Experiment als eine Möglichkeit der Realisierung handlungsorientierten Unterrichts in der Fachrichtung Bautechnik*. In: BAABE-MEIJER, S.; MEYSER, J.; STRUVE, K. (Hrsg.) (2007). *Innovation und Soziale Integration – Berufliche Bildung für Jugendliche und Erwachsene in der Bauwirtschaft, im austattenden und gestaltenden Handwerk*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- CAMPBELL, D. T. & STANLEY, J. C. (1970). *Experimentelle und quasiexperimentelle Anordnungen in der Unterrichtsforschung*. (deutsche Fassung bearbeitet von SCHWARZ, ELISABETH) In INGEKAMP, K. & PAREY, E. (Hrsg.): *Handbuch der Unterrichtsforschung. Teil I*. Weinheim: Beltz. S. 445-632.
- CARR, N. J. (1982). *An evaluation of the use of case studies in economics at advanced levels in schools*. In: *Research papers in economics education*. London: London University, Institute of Education.
- CLAUß, G.; FINZE, F.-R. & PARTSCH, L. (1995). *Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner*. (Band 1). (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Thun und Frankfurt a. M.: Verlag Harri Deutsch.
- COHEN, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (second edition). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

- CZIENSKOWSKI, U. (1996). *Wissenschaftliche Experimente: Planung, Auswertung, Interpretation*. Weinheim: Psychologische Verlagsunion.
- DEUTSCHER INDUSTRIE- UND HANDELSTAG (DIHT). Leitlinien Ausbildungsreform. Wege zu einer modernen Beruflichkeit. (2. Auflage). Bonn 1999
- DICKIE, M. (2000). *Experimenting on classroom experiments: Do they increase learning in introductory microeconomics?* unter <http://www.econ.ucsb.edu/~tedb/eep/experv2.pdf> [16.08.05, 14.00].
- DIETZMANN, H. (1997). *Prüfungsbuch für Zimmerer. Technologie in Frage und Antwort*. Stuttgart: Holland + Josenhans Verlag.
- EICKER, F. (1983). *Experimentierendes Lernen*. Bad Salzdetfurth: Franz Becker.
- ENGEL, A.; MÖHRING, M. & TROITZSCH, K. (1995). *Sozialwissenschaftliche Datenanalyse*. Mannheim: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG.
- ERNST, A.; KAWAHARA, Y. & MCGREY, D. (2004). *Assessment of student learning outcomes*. San Diego Mesa College.
- FORTNER, K.; MATTES, W.; MEYER, U.; WEIDNER, A. & ZELLER, M. (2004). *Dähmlow Prüfungsvorbereitung. Zimmerer/Zimmerin*. (1. Auflage). Troisdorf: Bildungsverlag EINS.
- EMUAS, A. H. M. & SABRI, K. S. (1999). *The relationship between School Laboratory Experiments and Academic Achievement of Palestinian Students in Introductory University Science Courses*. In: *Research in Post-Compulsory Education*, Vol. 4, Nr. 1; 87-96.
- ERNST, A.; KAWAHARA, Y. & MCGREY, D. (o.J.). *Assessment of Student Learning Outcomes. San Diego*. unter <http://www.sdmesa.sdccd.cc.ca.us/instruction/slo/research/pdf/SLOassessment.pdf> [16.08.05, 17:00]
- FLETCHER, S. (2004). *Förderung der Problemlösefähigkeit zum Konstruieren mit Hilfe eines wissensbasierten Lernsystems*. Dissertation an der Fakultät für Geistes-, Sozial- und Erziehungswissenschaften der der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- FORTNER, K.; MATTES, W.; MEYER, U.; WEIDNER, A. & ZELLER, M. (2004). *Dähmlow Prüfungsvorbereitung. Zimmerer/Zimmerin. Lösungen*. (1. Auflage). Troisdorf: Bildungsverlag EINS.
- GAGE, N. L. & BERLINER, D. C. (1996). *Pädagogische Psychologie*. (5. Auflage). Weinheim: Beltz, Psychologie Verlagsunion.
- GENSCHEL, U. & BECKER, C. (2004). *Schließende Statistik. Grundlegende Methoden*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- GRABE, L.-H. (2004). *Experimentierendes Lernen auf handlungstheoretischer Grundlage – Entwicklung einer didaktischen Theorie und exemplarische Umsetzung am Beispiel der Betonverarbeitung*. Diplomarbeit am Lehrstuhl Fachdidaktik technischer Fachrichtungen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- GRABE, L.-E. (2004). *Experimentierendes Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht, Bestandsaufnahme, Erarbeitung einer fachdidaktisch begründeten Konzeption und exemplarische Umsetzung im Bereich der Betontechnologie*. Diplomarbeit am Lehrstuhl Fachdidaktik technischer Fachrichtungen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- GROTH, G. (1975). *Der didaktische Stellenwert des Experimentierens im Unterricht*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung – Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Be-*

rufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel.

GUDJONS, H. (1997). *Handlungsorientiert lehren und lernen*. (5. Auflage). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

HAAS, M. S. (2002). *The Influence of Teaching Methods on Student Achievement on Virginia's End of Course Standards of Learning Test of Algebra I*. Dissertation an der Virginia Polytechnical Institute and State University. unter <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-10062002-202857/unrestricted/HAASDISSERTATION.PDF> [28.07.05,10.30].

HAASLER, B. & BEELMANN, G. (2006). *Kompetenzen erfassen – Berufliche Entwicklungsaufgaben. Kapitel 5.2.6. Kompetenzen erfassen – Berufliche Entwicklungsaufgaben*. In: RAUNER, F. (Hrsg.) (2006). *Handbuch Berufsbildungsforschung* (2. aktualisierte Auflage). Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

HACKER, W. (1978). *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie, Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten*. (2., durchgesehene und ergänzte Auflage). Berlin (Ost): Deutscher Verlag der Wissenschaften.

HACKER, W. (1986). *Arbeitspsychologie, Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Berlin (Ost): Deutscher Verlag der Wissenschaften.

HACKER, W. & SKELL, W. (1993). *Lernen in der Arbeit*. Berlin: Bundesinstitut für Berufsbildung.

HACKER, W. (1998). *Allgemeine Arbeitspsychologie – Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Bern; Göttingen; Toronto; Seattle: Huber.

HACKER, W. (2006). *Wissensdiagnose. Kapitel 5.2.5 Wissensdiagnose*. In: FELIX R. (Hrsg.) (2006). *Handbuch Berufsbildungsforschung* (2. aktualisierte Auflage). Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

HAHNE, K. (1999). *Was bedeuten Kunden- und Dienstleistungsorientierung für die Weiterentwicklung des auftragsorientierten Lernens in Handwerk?*. In: BLOY, W.; HAHNE, K. & UHE, E. (Hrsg.) (1999). *Dokumentation der Beiträge zu den 10. Hochschultagen Berufliche Bildung 1998 in Dresden der Fachtagung Bau/Holz/Fabe: Von den Gewerken zu ganzheitlichen Dienstleistungen*. Neusäß: Kieser.

HASPAS, K. (1974). *Methodik des Physikunterrichts*. (2. Auflage). Berlin (Ost): Volk und Wissen.

HENSELER, K. & HÖPKEN, G. (1996). *Methodik des Technikunterrichts*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

HIPP, W.; KETTLER, K.; KNOPP, H.-A. & SIEGEMUND, G. (1995). *Grundlagen der Bautechnik*. Köln: Verlag H. Stam GmbH.

HOCH, H.-D. (1999). *Generalisten oder Spezialisten – neue Portraits für die Bauberufe*. In: BLOY, W.; HAHNE, K. & UHE, E. (Hrsg.) (1999). *Dokumentation der Beiträge zu den 10. Hochschultagen Berufliche Bildung 1998 in Dresden der Fachtagung Bau/Holz/Fabe: Von den Gewerken zu ganzheitlichen Dienstleistungen*. Neusäß: Kieser.

HOCH, H.-D. (2000). *Neuland betreten – die Neuordnung der Berufsausbildung in der Bauwirtschaft*. Bonn: BWP 2/2000.

HOFMANN, J. & MAY, S. (1999). *Anwendungsorientierte Statistik mit Exel. Band 1: Deskriptive Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie*. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.

HOLLATZ, B. (Hrsg.) (1999). *Bautechnik Grundstufe*. Berlin: Cornelsen Verlag.

- HOLLE, H.-J. & STRUVE, K. (Hrsg.) (2006). *Planung von Berufsbildungsprozessen für angehende Facharbeiter in den Berufsfeldern Bautechnik, Holztechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung*. (Band 1). Hamburg: Druckerei der Universität Hamburg.
- HOLLE, H.-J. & STRUVE, K. (Hrsg.) (2006). *Planung von Berufsbildungsprozessen für angehende Facharbeiter in den Berufsfeldern Bautechnik, Holztechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung*. (Band 2). Hamburg: Druckerei der Universität Hamburg.
- HORN, W. (1975). *Didaktische Konsequenzen and Ansätzen der Curriculumforschung und normativen Bestimmungen für die Gestaltung des Experimentalunterrichts*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BiBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung – Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel.
- HORTSCH, H. (1999). *Didaktik der Berufsbildung – Merkblätter*. Dresden.
- HURTZ, A. (1996). *Handlungsorientiertes Lernen in der Maschinentchnik*. Bochum: Brockmeyer.
- HÜSTER, W. (1997). *Einführungsreferat zu den Vorgaben für Rahmenlehrpläne der KMK*. In: FREIE UND HANSESTADT HAMBURG (Hrsg.) (1997). *Zusammenarbeit der Lernorte. Dokumentation der Fachtagung des Amtes für Berufliche Bildung und Weiterbildung*. Hamburg.
- INGENKAMP, K. (1978). Die Entwicklung von Schultests. In: INGENKAMP, K. (Hrsg.) (1978). *Tests in der Schulpraxis*. (6. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- INGENKAMP, K. (1978). *Erläuterung einiger statistischer Begriffe und Vorgehensweisen als Hilfe zur Interpretation von Testergebnissen*. In: INGENKAMP, K. (Hrsg.) (1978). *Tests in der Schulpraxis*. (6. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- INGENKAMP, K. (1889). *Diagnose in der Schule. Beiträge zu Schlüsselfragen der Schülerbetreuung*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- IHK (Sommer 2003a). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in Schwerpunkt Zimmerarbeiten Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2003b). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in Schwerpunkt Zimmerarbeiten Teil 2*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2003c). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Bauwerke im Ausbau Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Winter 2003/04a). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Schwerpunkt Zimmerarbeiten Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Winter 2003/04b). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Bauwerke im Ausbau Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2004a). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Praktische Prüfung*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2004b). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Schwerpunkt Zimmerarbeiten Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2004c). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Bauwerke im Ausbau Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Winter 2004/05a). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Schwerpunkt Zimmerarbeiten Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Winter 2004/05b). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Bauwerke im Ausbau Teil 1*. PAL-Stuttgart.

- IHK (Winter 2004/05c). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Praktische Prüfung*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2005a). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Schwerpunkt Zimmerarbeiten Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2005b). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Schwerpunkt Zimmerarbeiten Teil 2*. PAL-Stuttgart.
- IHK (Sommer 2005c). *Abschlussprüfung Ausbaufacharbeiter/-in Zimmerarbeiten, Zwischenprüfung Zimmerer/-in, Bauwerke im Ausbau Teil 1*. PAL-Stuttgart.
- JANK, W. & MEYER, H. (1994). *Didaktische Modelle*. (3. Auflage). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- JANSSEN, J. & LAATZ, W. (1989). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows*. (3., neubearbeitete und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- JENEWEIN, K. (1994). *Lehrausbildung und Betriebspraxis. Band 13 Dortmunder Beiträge zur Pädagogik*. Bochum: Universitätsverlag Dr. N. Brockmeyer.
- JENEWEIN, K. (1998). *Kompetenzentwicklung als Zieldimension beruflicher Bildung und Konsequenzen für die Didaktik der beruflichen Fachrichtung Elektrotechnik*. In: ARBEITSGEMEINSCHAFT HOCHSCHULTAGE BERUFLICHE BILDUNG (Hrsg.) (1998). *Fachtagung Elektrotechnik – Standpunkte, Konzepte Perspektiven*. Neusäß: Kieser.
- JENEWEIN, K. (1998). *Überlegungen zu den Grundlagen einer Auftragsausbildung in den Elektroberufen*. In: *Lernen und Lehren* 50.
- JENEWEIN, K. (2000). *Methoden beruflichen Lernens und Handelns in der Fachrichtung Elektrotechnik – Eine fachdidaktische Aufgabe*. In: BERNARD, F. & SCHRÖDER, B. (Hrsg.) (2000). *Lehrerbildung im gesellschaftlichen Wandel*. Frankfurt a. M.: G.A.F.B.-Verlag.
- JENEWEIN, K. (2005). *Elektroberufe nach Einführung der Neuordnung*. In: *Lernen & Lehren* 20 Sonderheft 1.
- JENEWEIN, K. (2006). *Kapitel 3.2. Berufswissenschaftliche Forschung in den Berufsfeldern, 3.2.2 Elektrotechnik/Informatik*. In: FELIX R. (Hrsg.) (2006). *Handbuch Berufsbildungsforschung* (2. aktualisierte Auflage). Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- JENEWEIN, K.; PANGALOS, J.; SPÖTTL, G. & VOLLMER, T. (2006). *Perspektiven für die Lehrerbildung in der gewerblich-technischen Fachrichtung*. In: *Berufsbildung: Zeitschrift für Praxis und Theorie in Betrieb und Schule*. (Bd. 60).
- JENEWEIN, K. & RICHTER, H. (2001). *Evaluationsansätze zur Einschätzung beruflicher Kompetenzentwicklung*. In: PETERSEN, W. A.; RAUNER, F. & STUBER, F. (Hrsg.). (2001). *IT-gestützte Facharbeit – Gestaltungsorientierte Berufsbildung*. Baden-Baden: Nomos.
- KARPETZ, W.-E. (1975). *Zur Bestimmung der didaktischen Funktion des Experiments in der beruflichen Bildung*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung – Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. *Schriften zur Berufsbildungsforschung*. (Band 34). Hannover: Schroedel.
- KLAFKI, W. (1996). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik – Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. (5. Auflage). Basel: Weinheim.
- KLAUSER, F. (2000). *Deklaratives, prozedurales, strategisches Wissen und Metakognition als Leitkategorien der Lernfeldgestaltung*. In: BADER, R. & SLOANE, P. (Hrsg.) (2000). *Lernen in Lernfeldern. Theoretische Analysen und Gestaltungsansätze zum Lernfeldkonzept*. Markt Schwaben: Eusl-Verlagsgesellschaft.

- KLEIN, P. E. (1975). *Acht Fragen und Antworten zur Beurteilung von lieferbaren Experimentiergeräten für die berufliche Bildung*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (RD.)/BiBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung – Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel.
- KOCH, J. & SELKA, R. (BiBB Hrsg.) (1991). *Leittexte – ein Weg zum selbständigen Lernen/Teilnehmer-Unterlagen*. (2. Auflage). Berlin.
- KOHL; BASTIAN & NEIZEL (1990). *Baufachkunde 1. Grundlagen*. (19., neubearbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart: B. G. Teubner.
- KUHLMEIER, W. & MEYSER, J. (2003). *Gestaltung von Lernsituationen: Intention und Umsetzung*. In: *Berufsbildung*. (Heft 79).
- KUHLMEIER, W. (2003). *Berufliche Fachdidaktiken zwischen Anspruch und Realität*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK)/SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1999). *Rahmenlehrpläne für die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft*.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK)/SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Stand: 15.09.2000). *Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe*. unter <http://www.kmk.org/doc/publ/handreich.pdf> [01.08.2006, 14.00].
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK)/SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Stand 15.09.2000). *Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe*.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK)/SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2003). *Forderungskatalog zur Sicherung der Berufsausbildung und Qualifizierung junger Menschen sowie zur effektiven Nutzung aller Ressourcen in der Berufsbildung*.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK)/SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1991). *Rahmenvereinbarung über die Berufsschule*.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK)/SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1999). *Rahmenlehrplan für den berufsfeldbezogenen Lernbereich im Berufsgrundbildungsjahr Berufsfeld Bauwirtschaft (RPL BGJ)*.
- LAATZ, W. (1993). *Empirische Methoden – Ein Lehrbuch der Sozialwissenschaftler*. Thun, Frankfurt am Main: Deutsch.
- LAUR, U. & WENZEL, E.D (1975). *Lernergesteuerter Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (RD.)/BiBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung - Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel.

- LEHMANN, G. (2000). *Statistik. Mengenlehre – Kombinatorik – Wahrscheinlichkeitstheorie – Deskriptive Statistik – Interferenzstatistik – Multivariate Verfahren – Prozeßtheorien – Probabilistische Modellbildung*. Regensburg: S. Roderer Verlag.
- LIGHTSEY, R. H. (2000). *Engineering Management Training: Comparing experiential versus lecture methods of instruction*. In: *Acquisition Review Quarterly*. Winter.
- LEONTJEW, A. N. (1979). *Tätigkeit Bewußtsein Persönlichkeit*. Berlin (Ost): Volk und Wissen.
- Lompscher, J. (1976). *Verlaufsqualitäten der geistigen Tätigkeit*. Berlin: Volk und Wissen.
- MANTHEI, W. (1968). *Das Experiment im Polytechnischen Unterricht*. In: *Polytechnische Bildung und Erziehung*. (10 Jg. Heft 8/9).
- MCKOON, G. & RATCLIFF, R. (1992). *Spreading Activation Versus Compound Cue Accounts of Priming: Mediated Priming Revisited*. In: American Psychological Association (1992). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* (Vol. 18, No. 6. 1155-1172).
- METTKE, M. (1975). *Experimentalunterricht und berufliche Handlungsfähigkeit*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Eds.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung – Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel.
- MEYER, H. (1993). *Leitfaden zur Unterrichtsvorbereitung*. (12. Auflage). Frankfurt am Main: Cornelsen.
- MEYER, H. (1990). *Unterrichtsmethoden I: Theorieband*. (3. Auflage). Frankfurt am Main: Cornelsen.
- MEYER, H. (1998). *Unterrichtsmethoden II: Praxisband*. (3. Auflage) Frankfurt am Main: Cornelsen.
- MEYSER, J. (Hrsg.). (2003). *Kompetenz für die Baupraxis. Ausbilden – Lernen – Prüfen. Ausbildungskonzepte und didaktische Materialien für alle Lernorte*. Konstanz: Christiani.
- MEYSER, J. (2003). *Handelnd Lernen in der Bauwirtschaft – Die Handreichung zur Ausbildung*. In: MEYSER, J. (Hrsg.) (2003). *Kompetenz für die Baupraxis. Ausbilden – Lernen – Prüfen. Ausbildungskonzepte und didaktische Materialien für alle Lernorte*. Konstanz: Christiani.
- MEYSER, J. & UHE, E. (2006) *Handelnd Lernen in der Bauwirtschaft. Handreichung für die Ausbildung*. (3. Auflage). Konstanz: Christiani.
- MEYSER, J. & UHE, E. (2006). *Kapitel 3.2. Berufswissenschaftliche Forschung in den Berufsfeldern, 3.2.3 Bautechnik, Holztechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung*. In: RAUNER, FELIX (Hrsg.) (2006). *Handbuch Berufsbildungsforschung* (2. aktualisierte Auflage). Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- MILLER, G. A; GALLANTER, E.& PRIBRAM, K. H. (1973). *Strategien des Handelns*. Stuttgart, Klett-Cotta.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (HRSG.) (1999). *Lehrplan zu Erprobung für die Ausbildungsberufe der Bauwirtschaft/Berufliche Grundbildung*. Düsseldorf.
- MUSTER-WÄBS, H. & SCHNEIDER, K. (2001). *Umsetzung des Lernfeldkonzeptes am Beispiel der handlungstheoretischen Aneignungsdidaktik*. In: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 1*.

- MWANGI, J. G. & WACHANGA, S. W. (2004). *Effects of the Cooperative Class Experiment Teaching Method on Secondary School Students' Chemistry Achievement in Kenya's Nakuru District*. In: *International Journal*. (Vol. 5, Nr. 1, 26-36).
- NACHTIGALL, C. & SUHL, U. (2002). *Der Regressionseffekt. Mythos und Wirklichkeit*. In: *Psychologische Methodenlehre und Evaluationsforschung*. Jena. unter: http://www2.uni-jena.de/svw/metheval/materialien/reports/report_2002_02.pdf [14.03.2006, 10:54]
- NESTLE, H. (1994). *Fachmathematik Bautechnik. Lehr- und Übungsbuch*. (2. Auflage). Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel.
- NICKOLAUS, R.; HEINZMANN, H. & KNÖLL, B. (2004). *Differentielle Effekte von Unterrichtskonzeptionsformen in der gewerblichen Erstausbildung*. DFG-Zwischenbericht.
- NICKOLAUS, R.; HEINZMANN, H. & KNÖLL, B. (2005). *Ergebnisse empirischer Untersuchungen zu Effekten methodischer Grundentscheidungen auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in gewerblich-technischen Berufsschulen*. In: ZBW. (H. 1).
- NICOLAI, ANNE (2006). *Experimentierendes Lernen als Grundlage für handlungstheoretisch begründeten Unterricht und dessen Einfluss auf den Lernerfolg in der beruflichen Fachrichtung Bautechnik*. Diplomarbeit am Lehrstuhl Fachdidaktik technischer Fachrichtung der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- NICOLAS, U. (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung aus der Sicht der Bildungsindustrie*. In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BiBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung - Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin*. Schriften zur Berufsbildungsforschung. (Band 34). Hannover: Schroedel.
- NUTSCH, W. & SCHULZ, P. (2004). *Holztechnik. Prüfungsbuch*. (4. Auflage). Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel.
- O. A. (1999). *Oxford English Dictionary (OED)*, Second Edition on CD-Rom, Version 2.0. Oxford.
- O. A. (2006): *Sozialgesetzbuch*. unter http://www.sozialgesetzbuch.de/gesetze/03/index.php?norm_ID=0324100 [24.03.2006, 11:27]
- PAHL, J.-P. & VERMEHR, B. (1995). *Das Unterrichtsverfahren Technisches Experiment*. In: BLOY, W. & PAHL, J.-P. (Hrsg.) (1995). *Das Unterrichtsverfahren Technisches Experiment. Beiträge zum Handlungslernen in der Versorgungstechnik*. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung GmbH.
- PAHL, J.-P. (1998). *Bausteine beruflichen Lernens im Bereich Technik – Teil 2*. In: KATH, F. M. (Hrsg.) (1998). *Erziehung – Beruf – Wissenschaft*. (Band 14). Alsbach: Leuchtturm-Verlag.
- PAHL, J.-P. (2005). *Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- PÄTZOLD, G. (2000). *Lernfeldorientierung – Berufliches Lehren und Lernen zwischen Handlungsorientierung und Fachsystematik*. In: BADER, R. & SLOANE, P. (Hrsg.) (2000). *Lernen in Lernfeldern. Theoretische Analysen und Gestaltungsansätze zum Lernfeldkonzept*. Markt Schwaben: Eusl-Verlagsgesellschaft.
- PESCHEL, P.; BEDER, H.; KIRCHHOFF, T.; REINECKE, H.-J. & ZWER, U. (2005). *Prüfungsvorbereitung aktuell. Hochbau*. (3., neubearbeitete und erweiterte Auflage). Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel.
- PETERMANN, F. (1978). *Veränderungsmessung*. Stuttgart: Kohlhammer.

- PIETSCH, E. (1975). *Unter welchen curricularen und bildungstechnologischen Gesichtspunkten soll die systematische Integration des Experimentalunterrichts in die berufliche Bildung erfolgen?* In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung - Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin. Schriften zur Berufsbildungsforschung.* (Band 34). Hannover: Schroedel.
- PIETZCKER, F. (2004). *Konstruktion lehren – Wirkung einer konstruktionsmethodischen Ausbildung auf das Konstruieren bei Studenten und Konstrukteuren.* Dissertation Technische Universität Dresden.
- PRALLE, H. (1975). *Vorraussetzungen für die Wirksamkeit der Curriculumreform im Experimentalbereich der beruflichen Bildungspraxis.* In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung - Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin. Schriften zur Berufsbildungsforschung.* (Band 34). Hannover: Schroedel.
- PUKAS, D. (1999). *Das Lernfeld-Konzept im Spannungsfeld von Didaktik-Relevanz der Berufsschule und Praxis-Relevanz der Berufsausbildung.* In: *Berufs- und Wirtschaftspädagogik* 96.
- RAUNER, F. (1975). *Zur didaktischen Funktion von Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung.* In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Rd.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung - Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin. Schriften zur Berufsbildungsforschung.* (Band 34). Hannover: Schroedel.
- RAUNER, F. & LIPSMEIER, A. (1996). *Beiträge zur Fachdidaktik Elektrotechnik.* In: BONZ, B.; LIPSMEIER, A. & SCHANZ, H. (Hrsg.) (1996). *Beiträge zur Pädagogik für Schule und Betrieb.* (Band 16). Stuttgart: Verlag Holland + Josenhans.
- REETZ, L. (2000). *Handlung, Wissen und Kompetenz als strukturbildendes Merkmal von Lernfeldern.* In: BADER, R. & SLOANE, P. (Hrsg.) (2000). *Lernen in Lernfeldern. Theoretische Analysen und Gestaltungsansätze zum Lernfeldkonzept.* Markt Schwaben: Eusl-Verlagsgesellschaft.
- RIEDL, A. & SCHELLEN, A. (2000). *Handlungsorientiertes Lernen in technischen Lernfeldern.* In: BADER, R. & SLOANE, P. (Hrsg.) (2000). *Lernen in Lernfeldern. Theoretische Analysen und Gestaltungsansätze zum Lernfeldkonzept.* Markt Schwaben: Eusl-Verlagsgesellschaft.
- ROGGE, K.-E. (Hrsg.) (1995). *Methodenatlas. Für Sozialwissenschaftler.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- RÖHR, K. (1992). *Technisches Schülerexperiment: Gewindetribe.* In: *Berufsbildung* 46. 3.
- RÖSCH, G. (1987). *Qualifikation und Handeln. Ein Beitrag zur Bestimmung von Qualifikationselementen aus beobachtbarem Arbeitshandeln.* Frankfurt a. M.; Bern; New York: Peter Lang.
- ROSSI, P. H.; FREEMANN, H. E. & HOFMANN, G. (1988). *Programm-Evaluation. Einführung in die Methoden angewandter Sozialforschung.* Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- SCHÄFFLER, H.; BRUY, E. & SCHELLING, G. (1996). *Baustoffkunde.* (7., überarbeitete Auflage). Würzburg: Vogel Buchverlag.
- SCHNELL, R.; HILL, P. B. & ESSER, E. (1999). *Methoden der empirischen Sozialforschung.* (6. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage). München, Wien: Oldenbourg.

- SHELTON, A. (2004). *Einführung in die Berufspädagogik*. (3., vollständig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart: Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH.
- SCHMIDKUNZ, H. & LINDEMANN, H. (1992). *Das forschend – entwickelnde Unterrichtsverfahren, Problemlösung im naturwissenschaftlichen Unterricht*. (3. neubearbeitete Auflage) Essen: Westarp Wissenschaften.
- SCHNEIDER, K. & SCHMALT, H.-D. (2000). *Motivation*. (3. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- SCHNEIDER, M. (2006). *Konzretuelles und prozedurales Wissen als latente Variablen: Ihre Interaktion beim Lernen mit Dezimalbrüchen*. Dissertation Technische Universität Berlin.
- SCHNELL, R.; HILL, P. B. & ESSER, E. (1999). *Methoden der empirischen Sozialforschung*. (6. Auflage). München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.
- SCHWARZ, E. (1970). *Experimentelle und quasiexperimentelle Anordnungen in der Unterrichtsforschung*. In INGENKAMP, K. (1970). *Handbuch der Unterrichtsforschung Teil I. Theoretische und methodologische Grundlegung*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- SEIFERT, H. & WEITZ, B. O. (1999). *Handlungsorientierte Methoden und ihre Umsetzung*. Bad Homburg vor der Höhe.
- SLOANE, P. (2000). *Lernfelder und Unterrichtsgestaltung*. In: *Die berufsbildende Schule (BbSch)*. 52. 3.
- STAHNKE, T. (2004). *Experimentierendes Lernen in den neu geordneten Berufen der Bauwirtschaft*. Diplomarbeit am Lehrstuhl Fachdidaktik technischer Fachrichtungen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- STEIN, W. (1965). *Experimentelle Werkkunde für Berufsschulen*. Braunschweig: Westermann.
- STEINBÜCHEL, P. (1994). *Technisches Denken und Handeln – Unterrichtskonzepte für berufsbildende Schulen*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- STRAKA, G. (2002). *Handlungsorientierung und Lernfelder – viel Lärm um Nichts?* In: *Berufs- und Wirtschaftspädagogik* 98.
- STRUVE, K. (2000). *Auf der Suche nach sicherem Baugrund. Pädagogische Anforderungen an berufliche Bildung in den Fachrichtungen in den Fachrichtungen Bautechnik, Holztechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung*. In: PAHL, J.-P. & SCHÜTTE, F. (Hrsg.) (2000). *Berufliche Fachdidaktik im Wandel. Beiträge zur Standortbestimmung der Fachdidaktik Bautechnik*. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung GmbH.
- STRUVE, K. (2004). *Berufsperspektiven: Planen und Bauen, Ausstatten und Gestalten im Kontext beruflicher Bildung und Weiterbildung*. In: BAABE-MEIJER, S.; MEYSER J. & STRUVE, K. (2004). *Entwicklung gestalten, Verbildungen schaffen/Dokumentation der 13. Hochschultage Berufliche Bildung (Band 2)*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- TOLZIEN, O. (2006). *Lehren und Lernen mit Hilfe modellierter Bauvorhaben*. In HOLLE, H.-J. & STRUVE, K. (Hrsg.) (2006). *Planung von Berufsbildungsprozessen für angehende Facharbeiter in den Berufsfeldern Bautechnik, Holztechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung*. (Band 1). Hamburg: Druckerei der Universität Hamburg.
- TUSCHKE, S. (Leiter des Autorenkollektives)/ZENTRALINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (1983). *Methodik der technischen Grundlagenfächer*. Berlin (Ost): Volk und Wissen.
- TÜMMERS, J. (Hrsg.) (1980). *Problemlösendes Denken in der Berufserziehung*. Köln: Böhlau Verlag.

- TRAUTNER, H. M. (1992). *Lehrbuch der Entwicklungspsychologie. Band 1: Grundlagen und Methoden.* (2., überarbeitete und ergänzte Auflage). Hogrefe: Verlag für Psychologie.
- VOGEL, T. (2005). *Zum Verhältnis von Theorie und Praxis bei der Umsetzung der Lernfeldorientierung im Berufsfeld Farbtechnik und Raumgestaltung.* In: *Die berufsbildende Schule (BbSch)* 57. 9.
- VOLPERT, W. (1983). *Handlungsstrukturanalyse als Beitrag zur Qualifikationsforschung.* Köln: Pahl-Rugenstein.
- VOLPERT, W. (1994). *Wider die Maschinenmodelle des Handelns – Aufsätze zu Handlungsregulationstheorie.* Lengerich; Berlin; Prag; Riga; Scottsdale AZ (USA); Wien; Zagreb: Pabst.
- VOLPERT, W. (1999). *Wie Wir handeln - was wir können. Ein Disput als Einführung in die Handlungspsychologie.* Sottrum: Artefact Verlag.
- VÖLKL, F.; LOIBNEGGER, G.; VORDEREGGER, P. & OFFNER, K. H. (1980). *Empirische Methoden der Erziehungs- und Unterrichtsforschung.* (Band 1). Paderborn, München, Wien, Zürich: Ferdinand Schöningh.
- VOß, W. (1997). *Praktische Statistik mit SPSS.* München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- WARNIK, P. (1987). *Unterrichtsmethodische Positionen zu Inhalt und Gestaltung des Laborunterrichts in der Ausbildung von Elektrofacharbeitern.* Dissertation an der TU Dresden, Sektion Berufspädagogik. (unveröffentlicht).
- WEITZ, B. O. (1998). *Handlungsorientierte Methoden und ihr Umsetzung. Band 1.* Bad Homburg vor der Höhe: Verlag Dr. Max Gehlen.
- WEITZ, B. O. (1998). *Handlungsorientierte Methoden und ihr Umsetzung. Band 2.* Bad Homburg vor der Höhe: Verlag Dr. Max Gehlen.
- WELTNER, K. (1975). *Experimentalunterricht und berufliche Bildung.* In: GEWANDE, W.-D. & KAUNE, I. (Eds.)/BIBB (Hrsg.) (1975). *Experimentalunterricht in der beruflichen Bildung – Arbeitsergebnisse eines Workshops des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung am 19. und 20. September 1974 in Berlin. Schriften zur Berufsbildungsforschung.* (Band 34). Hannover: Schroedel.
- WISEMANN, M. *Einführung in SPSS für Windows.* unter: <http://www.lrz-muenchen.de/services/schulung/unterlagen/spss-einfuehrung/spss-einfuehrung-42.html> [22.02.2006, 11:35]
- WILSDORF, D. (1991). *SCHLÜSSELQUALIFIKATIONEN.* München: Lexika-Verlag.
- WISSING, G.; MUTSCHLER, B.; BARTZ, R. & SCHMIDT-DE CALUWE, R. (Hrsg.) (2004). *Sozialgesetzbuch III Arbeitsförderung. Praxiskommentar.* (2. bearbeitete Auflage). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.
- WOHLGEMUTH, H. H. (1995). *BBiG. Berufsbildungsgesetz. Kommentar für die Praxis.* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Köln: Bund-Verlag GmbH.
- WÜLKER, W. (2003). *Differentielle Effekte von Unterrichtskonzeptionsformen in der gewerblichen Erstausbildung in Zimmererklassen – eine empirische Studie.* Aachen: Shaker.
- ZÖFEL, P. (1992). *Statistik in der Praxis.* (3. Auflage). Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag.
- ZWERENZ, K. (2001). *Statistik. Datenanalyse mit EXEL und SPSS.* (2., überarbeitete Auflage). München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.

Anlage I Verwendete Experimente

I.1 Zimmermannsmäßige Verbindungen im Holzbau: Experimentelle Ermittlung des Zusammenhanges von ma- ximaler Druckbelastung und Vorholzlänge beim Stirn- und Dopperversatz (Teilstudie I)

I.1 Ziel des Experiments

Das Ziel des Experiments ist es, den Zusammenhang zwischen Vorholzlänge und aufnehmbarer Druckkraft aufzuzeigen. Diese Beziehung wird anhand zweier Versätze (Stirn- und Dopperversatz) und zweier unterschiedlicher Materialien (Vollholz Fichte und Brettschichtholz Kiefer) erarbeitet.

I.2 Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen

Berechnungsgrundlagen

Im Experiment werden der Stirn- und der Dopperversatz (Abbildung 84 und Abbildung 85) unter Druckbelastung untersucht.

Für beide Versätze existieren Berechnungsgrundlagen, um die entsprechenden Abmessungen in Abhängigkeit der auftretenden Druckkräfte und der Abmaße der verwendeten Hölzer zu bestimmen. Die Berechnungsgrundlagen sind in der DIN 1052 (1988-04) verankert und wurden im Zuge der Europäisierung der Normen nicht verändert und gelten weiterhin. Im Rahmen der Europäisierung der Normen wurde die DIN 1052-2004 eingeführt. Die DIN 1052-2004 stellt ein neues Konzept zur Bemessung von Holzkonstruktionen dar. Mit der neuen DIN 1052-2004 wird das bisherige Verfahren zur Bemessung nach zulässigen Spannungen durch die Bemessung nach Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit abgelöst. Die DIN 1052 (1988-04) gilt jedoch für eine Übergangszeit gleichzeitig.

Für die Erklärung der Berechnungsgrundlagen wird hier die DIN 1052 (1988-04) verwendet, da diese die Zusammenhänge anschaulicher darlegt. Die verwendeten Bezeichnungen sind ebenfalls der DIN 1052 (1988-04) entlehnt.

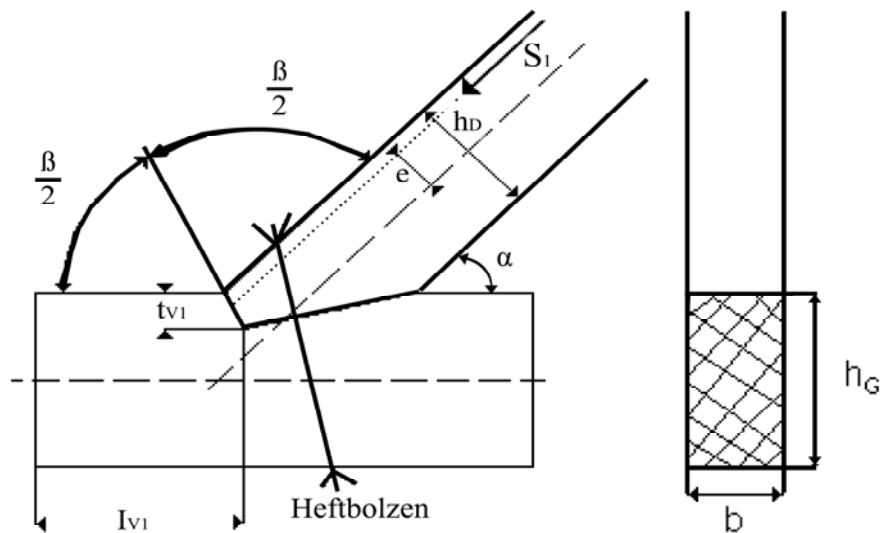


Abbildung 51: Darstellung des Stirnversatzes

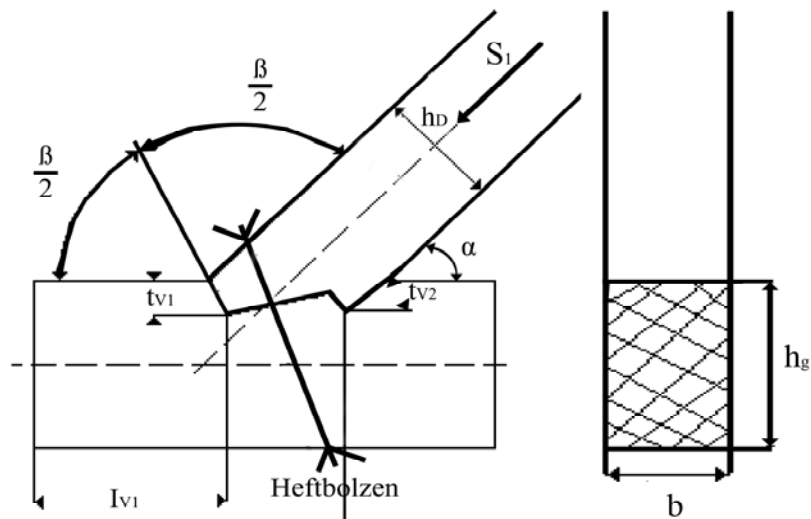


Abbildung 52: Darstellung des Doppelversatzes

Erklärung der Bezeichnungen:

S_1, S einwirkende Kraft

α Anschlusswinkel

β Nebenwinkel des Anschlusswinkels ($\beta = 180^\circ - \alpha$)

b Breite

h_D Höhe des Dachsparrens

h_G Höhe des eingeschnittenen Holzes

t_{v1}, t_{v2} Einschnitttiefe

l_{V1}, l_{V2} Vorholzlänge

e Außermitten

zul $\sigma_{D\angle\alpha/2}$ zulässige Druckspannung bei Krafteintrag schräg zur Faserrichtung

Für die Berechnung der zulässigen Druckspannung bei einem Krafteintrag schräg zur Faserrichtung wird die folgende Gleichung benutzt:

$$\text{zul } \sigma_{D\angle\alpha/2} = \text{zul } \sigma_{D\parallel} - (\text{zul } \sigma_{D\parallel} - \text{zul } \sigma_{D\perp}) \sin \alpha \quad \text{Gleichung 1}$$

zul $\sigma_{D\parallel}$ zulässige Druckspannung parallel zur Faserrichtung

zul $\sigma_{D\perp}$ zulässige Druckspannung rechtwinkelig zur Faserrichtung

Diese Werte sind aus Tabellen in Abhängigkeit von Holzart und Holzgüte zu ermitteln. (DIN 1052-1 /A1:1996-10, Tabelle 5 bzw. Tabelle 16, sie sind ebenfalls in den meisten technischen Tabellenwerken enthalten. z. B. WENDEHORST 2000, S. 14, BATRAN u. a. 2002, S. 106)

Die folgenden Gleichungen entstammen aus der DIN 1052 und dienen der Dimensionierung von Versätzen. Es ist aber dabei zu berücksichtigen, dass die Zerstörung des Versatzes erst bei ca. dem 4,5fachen der angenommenen Druckbelastung stattfindet. Dies so genannte „Vorhaltemaß“ ist erforderlich, da es sich bei Holz um keinen homogenen Baustoff handelt, sondern einen natürlichen, dessen Eigenschaften von zahlreichen nicht kontrollier- und beeinflussbaren Einflussfaktoren abhängt (z. B. Standort, Trocknungsbedingungen).

Die Einschnitttiefe t_{V1} und die Breite b bestimmen die Druckfläche, durch die die eingetragene Kraft S_1 übertragen wird. Soll die Verbindung die auftretenden Druckkräfte optimal übertragen, muss die Druckfläche entsprechend gewählt werden.

Für die Berechnung der Einschnitttiefe t_{V1} gilt folgende Gleichung:

$$t_{V1} = \frac{S_1 \cdot \cos^2(\alpha/2)}{b \cdot \text{zul } \sigma_{D\angle\alpha/2}} \quad \text{Gleichung 2}$$

Für die Vorholzlänge l_{V1} gilt:

$$l_{V1} = \frac{S_1 \cdot \cos \alpha}{b \cdot \text{zul } \tau_a} \quad \text{Gleichung 3}$$

zul τ_a zulässige Beanspruchung auf Abscheren

Zusätzlich zu dieser Berechnungsgleichung wird nach HEIMESHOFF empfohlen:

$$20\text{cm} \leq l_{V1} \leq 8 \cdot t_{V1} \quad \text{Gleichung 4}$$

Die Außermittigkeit wird im folgenden Experiment nicht benötigt, sie wird zur Vollständigkeit aufgeführt:

$$e = 0,5 \cdot (h_D - t_{V1}) \quad \text{Gleichung 5}$$

Anhand dieses Wertes können die auftretenden Biegemomente im Druckstab berechnet werden.

Für die Bestimmung der Einschnitttiefe t_{V1} kann ebenfalls eine Näherungsgleichung für Nadelhölzer der Sortierklasse S 10 herangezogen werden.

$$t_{V1} \cong \frac{S_1}{0,7 \cdot b} \quad \text{Gleichung 6}$$

Hierbei sind S_1 in kN, t_{V1} und b in cm anzugeben.

Zusätzliche Berechnungsgrundlagen für den Doppelversatz:

$$t_{V1} \leq 0,8 \cdot t_{V2} \leq t_{V2} - 1,0\text{cm} \quad \text{Gleichung 7}$$

Durch die Ungleichung wird sichergestellt, dass der Abstand der beiden Einschnitttiefen mindestens 1 cm beträgt. Dadurch wird erreicht, dass die horizontale Kraft, die den Schub an der Einschnitttiefe t_{V2} verursacht, sich nicht auf der gleichen Ebene befindet, wie die horizontale Kraft an der Einschnitttiefe t_{V1} . Es entstehen theoretisch zwei parallel zueinander liegende horizontale Schubebenen.

Für die Berechnung der Einschnitttiefe t_{V1} wird die Gleichung für den Stirnversatz genutzt. Die Einschnitttiefe t_{V2} wird mit der Gleichung für den Fersenversatz berechnet.

$$t_{V2} = \frac{S \cdot \cos \alpha}{b \cdot \text{zul } \sigma_{D \angle \alpha}} \quad \text{Gleichung 8}$$

Ist die Differenz zwischen dem errechneten Wert für t_{V2} und t_{V1} vom Betrag her kleiner als 1 cm, so wird die Einschnitttiefe t_{V2} gemäß der obigen Ungleichung durch $t_{V1} + 1$ cm bestimmt.

Für Nadelholz der Sortierklasse S 10 gilt die Näherungsgleichung:

$$t_{v2} \cong \frac{S}{1,12 \cdot b} \quad \text{Gleichung 9}$$

Wie bei der obigen Näherungsgleichung werden S in kN, t_{v2} und b in cm angegeben.

Für die Vorholzlänge l_{v2} gilt folgende Gleichung:

$$l_{v2} = \frac{S \cdot \cos \alpha}{b \cdot \text{zul } \tau_a} \quad \text{Gleichung 10}$$

Durch die Form des Doppelversatzes kann die Außermittigkeit vernachlässigt und somit von einem mittigen Krafteintrag ausgegangen werden.

Hinweis:

Für alle Versätze gilt weiterhin, dass die Einschnitttiefe t_v $\frac{1}{4}$ der Höhe h_G nicht übersteigen darf. Diese Maßgabe trifft für alle Anschlusswinkel $\alpha \leq 50^\circ$ zu. Die maximale Einschnitttiefe verringert sich, je steiler der Anschlusswinkel α ist. Bei Anschlusswinkeln über 60° darf die Einschnitttiefe den Wert $\frac{1}{6}$ der Höhe h_G nicht überschreiten. Für die Anschlusswinkel zwischen 50° und 60° sind die maximalen Einschnitttiefen in der DIN 1052-2 angegeben. (vgl. WENDEHORST 2000, S. 877)

Von dieser Vorschrift kann hier aus didaktischer bzw. ökonomischer Sicht abgewichen werden.

Schwindverhalten des Holzes

Schwindrisse entstehen beim Verlust des Zellwandwassers; sie wirken sich nachteilig auf die Belastbarkeit der Verbindung aus.

Die Lage der Schwindrisse werden in vier Gruppen zusammengefasst (Abbildung 25). Häufig befinden sie sich an beiden Seitenflächen des Kantholzes. Einseitige Schwindrisse verlaufen meist bis zur Markröhre. Treten diese einseitigen Schwindrisse an einer Seitenfläche auf, so steht als Abscherfläche nur die Hälfte der eigentlichen Holzbreite zur Verfügung.

Prinzipiell sind noch drei weitere Möglichkeiten für die Lage der Schwindriss denkbar.

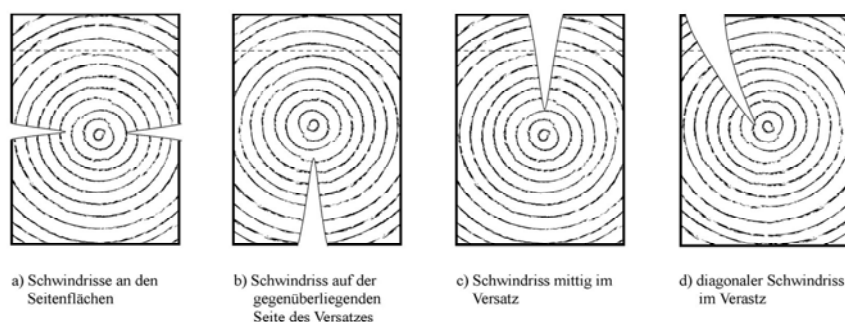


Abbildung 53: Darstellung der möglichen Lagen der Schwindrisse

Um das Versagen der Verbindung aufgrund der Schwindrissbildung weitestgehend ausschließen zu können, sollte die Gleichung 20 berücksichtigt werden. Nach dieser Ungleichung soll die Vorholzlänge $IV1$ nicht kleiner sein als 20 cm und das Achtfache der Einschnitttiefe $tV1$ nicht überschreiten, da bei einer Vorholzlänge $IV1$ über diesem Wert die Verbindung durch das Materialversagen des Holzes zerstört wird. Die im Inneren des Holzes wirkenden Kräfte können von den Holzfasern nicht mehr aufgenommen und weitergeleitet werden, dies führt zur Zerstörung der Holzfasern.

Durch den Aspekt der Schwindrissbildung lassen sich diese Dimensionen recht einfach erklären. Wie beschrieben entstehen die Schwindrisse an den schwächsten Stellen im Holz, in etwa in der Mitte der Seitenflächen, das heißt, dass ca. $\frac{1}{2}$ der Höhe h_G ohne Schwindriss ist. Um nun ein Abreißen der Fasern zu verhindern, darf der Abstand unterhalb der Einschnitttiefe bis zum Riss nicht zu klein werden. Da Holz eine verhältnismäßig hohe Zugfestigkeit besitzt, genügt eine Höhe von $\frac{1}{4} h_G$, um ein Abreißen der Holzfasern zu verhindern. Bei steilerem Anschlusswinkel als 50° wird der Holzbalken besonders auf Druck senkrecht zur Faser belastet. Da Holz aber in dieser Belastungsrichtung druckanfälliger ist als parallel zur Faserrichtung, muss der Abstand zu den Schwindrissen vergrößert werden. Es kann zu einem Zusammendrücken der Schwindrisse bzw. zu einem Einreißen des Holzes kommen, von dem aus die Zerstörung des Versatzes ausgehen kann. Durch das Zusammendrücken kommt es zusätzlich zu einem Verkanten des Versatzes, unter dessen Einwirkung die Belastungen punktuell sehr stark ansteigen.

Ein weiterer wichtiger Punkt, der meist vernachlässigt wird, ist die auftretende Reibungskraft. Das bei der Durchführung auftretende dumpfe Geräusch entsteht bei der Überwindung der Reibungskraft.

1.3 Durchführung des Experiments

Geräte und Materialien

- Prüfeinheit zur Versatzprüfung (z. B. Universalprüfeinheit UPB 93/160 von FORM + TEST)
- Säge besser Pendelfuchsschwanz (und gegebenenfalls Werkbank)
- Schmiege
- Winkelmesser
- Gliedermaßstab
- Pappe zur Anfertigung von Schablonen
- Holzproben mit verbindungstauglichen Abmaßen und einer Mindestlänge ≥ 45 cm

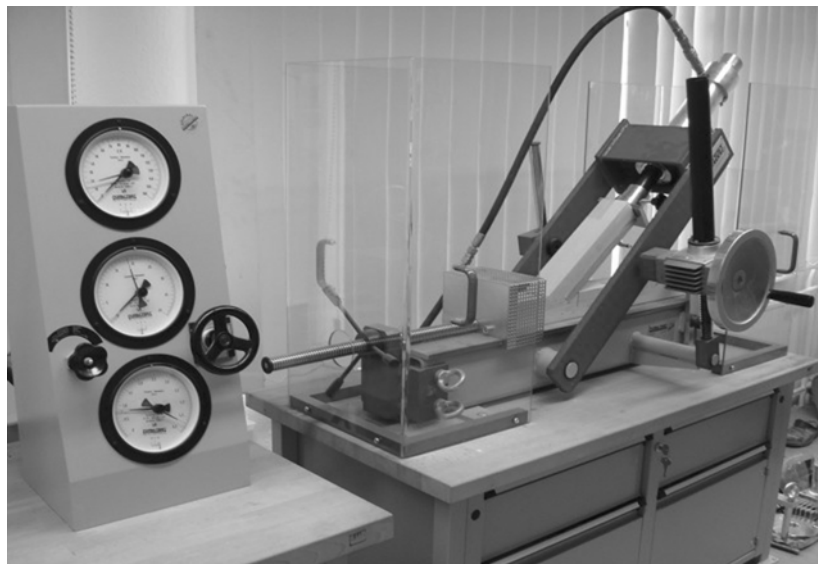


Abbildung 54: Vorbereitetes Experiment

Der erste Schritt bei der Vorbereitung des Experiments ist die Festlegung der Einschnitttiefe und des Anschlusswinkels. Der Anschlusswinkel entspricht zum Beispiel dem Dachneigungswinkel. Je nach Art und Nutzung des Dachraumes kann dieser Winkel stark variieren. Es wurde hier ein Anschlusswinkel von 40° festgelegt.

Wichtig bei der Festlegung der Einschnitttiefen ist es, die Höhe des Widerlagers der Universal-Prüfeinheit mit zu berücksichtigen, da die unterste theoretische Scherfläche mindestens 1 cm über der Oberkante des Widerlagers sein sollte. Ist dies nicht der Fall, kommt es nicht zur freien Bildung des Bruches.

Als maximale Vorholzlänge ist der Richtwert „Einschnitttiefe x 8“ ein Anhaltspunkt. Es empfiehlt sich ein oder zwei Vorholzlängen mit einer erheblich größeren Vorholzlänge anzufertigen, um eine Prognose über das weitere Verhalten der Verbindungen abgeben zu können.

Eine Schrittfolge von 1,25 cm hat sich als günstig erwiesen. Für eine maßgenaue Herstellung empfiehlt es sich, Schablonen (zum Beispiel aus Karton) anzufertigen (Abbildung 55).

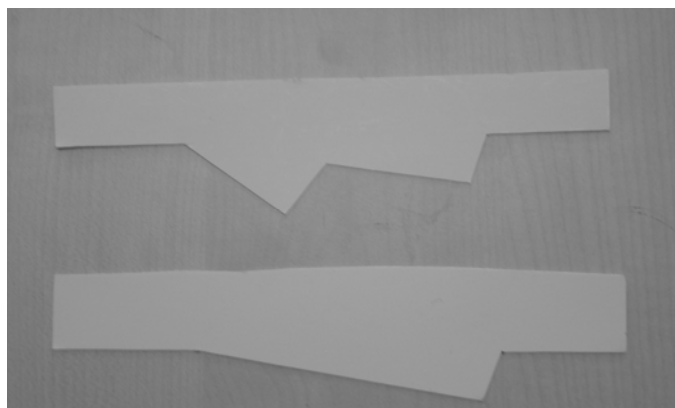


Abbildung 55: Schablone für den Doppel- und Stirnversatz

Diese können dann an den Enden leicht umgeklappt werden, so dass die Unterkante der Schablone als Anschlag dienen kann. Die gleiche Schablone sollte dann auch für die Herstellung der Druckstempel verwendet werden.

Da die Stempel durch die wirkenden Kräfte zerstört werden können, ist es ratsam je nach Größe der Versuchsreihe mindestens drei Stempel anzufertigen.

Für eine effektivere Nutzung des Holzes hat es sich bewährt, aus einem Holzstück mehrere Versätze herzustellen (Abbildung 56).

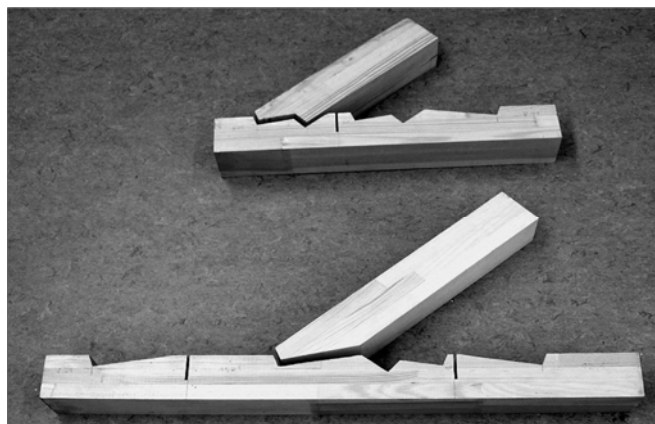


Abbildung 56: Mehrere vorbereitete Versätze

Nach Beendigung des Experiments ist nur das Stück mit dem zerstörten Versatz abzusägen. Um diesen Vorgang zu vereinfachen, kann dies schon mit einem verdeckten Sägeschnitt vorbereitet werden. Dabei ist aber darauf zu achten, dass genügend Holz stehen bleibt, damit die Stabilität des Holzes noch so groß ist, den eventuellen Rückstoß aufzuhalten.

Beim Doppelversatz ist die Zerstörung des Versatzes nicht immer eindeutig, da vor der vollständigen Zerstörung der Verbindung meist das Vorholz des Stirnversatzes versagt.

Ergebnisse und Dokumentation der Erfahrungen

Bei der Durchführung ist es ratsam mit den kleinsten Vorholzlängen zu beginnen, damit die Stempel nicht schon am Anfang zerstört werden. Deshalb sollte man beachten, dass, wenn man mehrere Versätze vorbereiten will, außen die Versätze mit den kleinsten Vorholzlängen hergestellt werden. Nach Beendigung des Experiments muss nun noch das Stück mit dem zerstörten Versatz abgesägt werden. Um diesen Vorgang zu vereinfachen, kann dies schon mit einem verdeckten Sägeschnitt vorbereitet werden. Bleiben in der Höhe die 3,1 cm des Widerlagers stehen, so ist die Stabilität noch gewährleistet. Äste und andere holzschwächende Schadstellen sollten an dieser Stelle vermieden werden.

Bei der Durchführung erfolgt das Versagen der Verbindung beim Stirnversatz meist mit einem eindeutigen Bruchgeräusch.

Beim Doppelversatz ist dies nicht immer eindeutig, da vor der vollkommenen Zerstörung der Verbindung meist das Vorholz des Stirnversatzes wegbricht. Dies geschieht aber nicht immer unter einem deutlich hörbaren Geräusch, deshalb ist es hier besonders wichtig, die Zerstörung genau zu beobachten. Eine Zerstörung kann sich auch

durch einen Abfall des Druckes vorankündigen. Die Ursache dafür ist darin zu suchen, dass die einwirkenden Kräfte ebenfalls zu einem Versagen der Verse führen. Folglich kommt es zu keinem plötzlichen Versagen, sondern die Kräfte werden zunächst durch die Verse aufgefangen, was letztlich auch deutlich durch das Einreißen des Holzes zwischen Stirn und Verse wird.

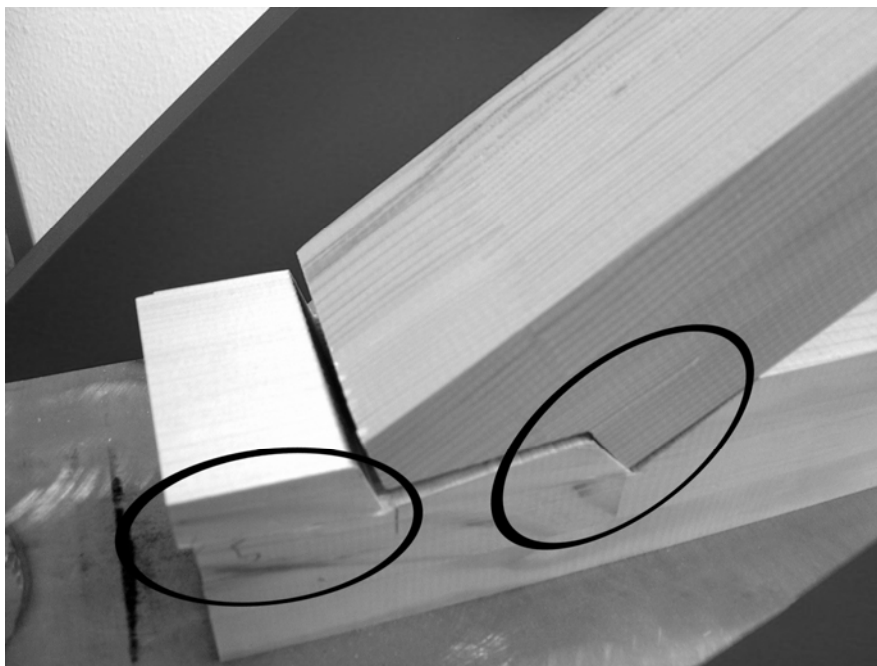


Abbildung 57: Zerstörter Doppelversatz durch das Abscheren des Vorholzes und Einreißen des Stiels

Besonderes bei sehr großen Vorholzlängen kommt es vor der Zerstörung des Versatzes zur Zerstörung des Holzes. An dieser Stelle muss das Experiment abgebrochen werden, wenn eine eindeutige Zerstörung des Holzes und mitunter auch des Stempels einsetzt. Man könnte den Druck eventuell noch weiter erhöhen bis zum Bruch, aber durch die Zerstörung des Holzes verändert sich auch die Geometrie des Versatzes. Es entsteht eine größere Einschnitttiefe und die Vorholzlänge verkleinert sich, da die Eindringrichtung dem Anschlusswinkel entspricht. Durch diese Veränderung ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht mehr gegeben.



Abbildung 58: Veränderung der Einschnitttiefe durch die Zerstörung der Holzfasern

Alle Messwerte werden zum Beispiel in einer Wertetabelle notiert.

Die folgenden Werte wurden bei einem Experiment ermittelt und besitzen nur Beispielcharakter.

Die folgenden Parameter lagen dem Versuch zugrunde:

Querschnittmaße: 80 x 70 mm

$$t_v = 1,75;$$

$$t_{v2} = 2,75;$$

$$\alpha = 40^\circ$$

Tabelle 84: Messwerte der ermittelten Druckkräfte S

Vorholzlänge l_{V1} [cm]	Druckkraft S [kN]			
	Brettschichtholz		Vollholz	
	Holzart: Kiefer		Holzart: Fichte	
	Stirnversatz	Dopperversatz	Stirnversatz	Dopperversatz
1,25	16,5	48,0	7,6	42,0
2,50	28,7	64,5	11,1	42,0
3,75	33,9	46,0	23,0	55,4
5,00	45,0	78,0	39,0	64,0
6,25	55,0	98,0	32,0	68,0
7,50	62,0	79,0	44,0	65,0
8,75	47,0	101,5	46,0	73,0
10,00	51,0	96,0	53,0	72,0
11,25	72,5	98,0	52,0	73,0
12,50	64,5	105,5	60,0	73,5
13,75	–	–	47,0	81,0
15,00	76,0	96,0	56,0	70,0
16,25	–	–	–	71,0
17,50	–	–	52,0	–
18,75	–	–	–	–
20,00	56,0	–	–	–

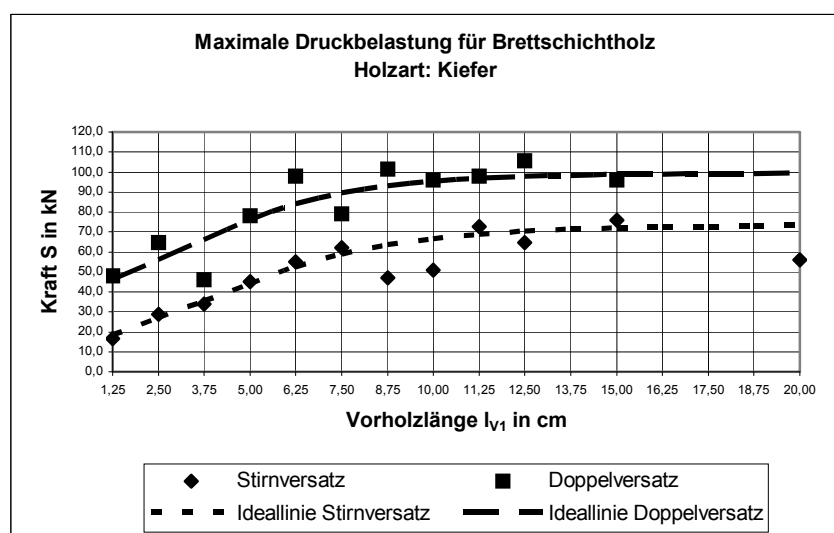


Abbildung 59: Graf Druckbelastung für Brettschichtholz (Kiefer)

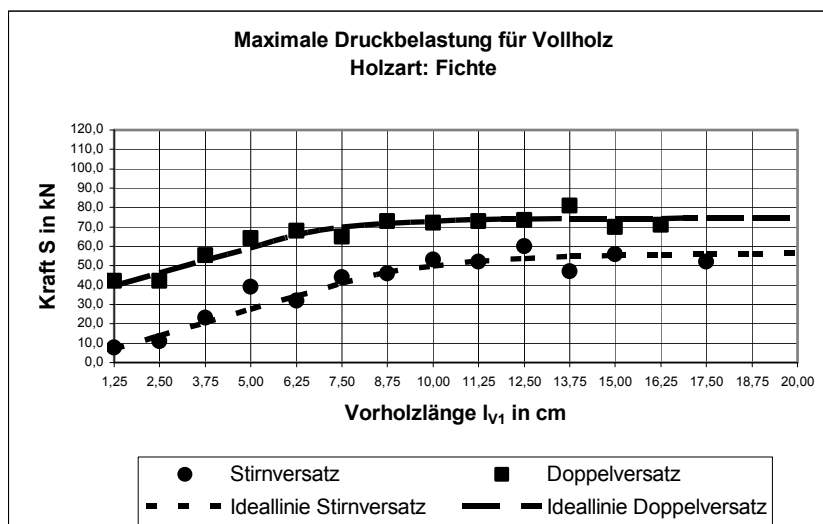


Abbildung 60: Graf Druckbelastung für Vollholz (Fichte)

Literatur

BATRAN, B.; FREY, V. & KÖHLER, K. (2002). *Tabellenbuch Bau*. (16. durchgesehene und verbesserte Auflage). Hamburg: Handwerk und Technik.

FORM + TEST LEHRSYSTEME (2000). *Informationsblatt der Firma: FORM + TEST Lehrsysteme*. Riedlingen: Seidner & Co. GmbH.

WENDEHORST; WETZEL, O. W. (Hrsg.). (2000). *Bautechnische Zahlentafeln*. (29. neu bearbeitete Auflage). Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden: B. G. Teubner.

I.2 Einfluss der Bewehrungslage auf die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens (Teilstudie II)

I.2 Ziel des Experiments

Die Tragfähigkeit eines Stahlbetonbalkens hängt von zwei maßgeblichen Komponenten ab: zum einen von der Summe der Bewehrungsquerschnitte, zum anderen von der Lage der Bewehrung. In diesem Experiment wird die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens bei konstantem Bewehrungsquerschnitt und unterschiedlicher Anordnung der Bewehrung (Druck-, Zug-, neutraler Bereich) untersucht (Schubkräfte werden vernachlässigt). Das Experiment weist nach, dass die Biegefestigkeit mit wachsendem Abstand der Bewehrung zur Mittelachse des zu prüfenden Körpers in Richtung der Zugzone zunimmt. Es erklärt damit den Zusammenhang zwischen aufnehmbaren Zugkräften und Bewehrungslage.

Das Experiment orientiert sich an der Prüfvorschrift DIN EN 12390-2 (Prüfung von Festbeton – Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen, 2001-02).

I.2 Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen

II.2.1 Tragverhalten unter Druck- und Zugbeanspruchung

Die Biegezugfestigkeit ($f_{ct,fl}$) ist neben der Spaltzugfestigkeit ($f_{ct,sp}$) und der zentrischen Zugfestigkeit ($f_{ct,ax}$) ein Element der „allgemeinen Zugfestigkeit“. Die Zugfestigkeit und deren Beziehung zur Druckfestigkeit von Beton soll im Folgenden nochmals kurz erläutert werden.

Das Tragverhalten von Beton unter Druckbeanspruchung wird in der folgenden Abbildung verdeutlicht.

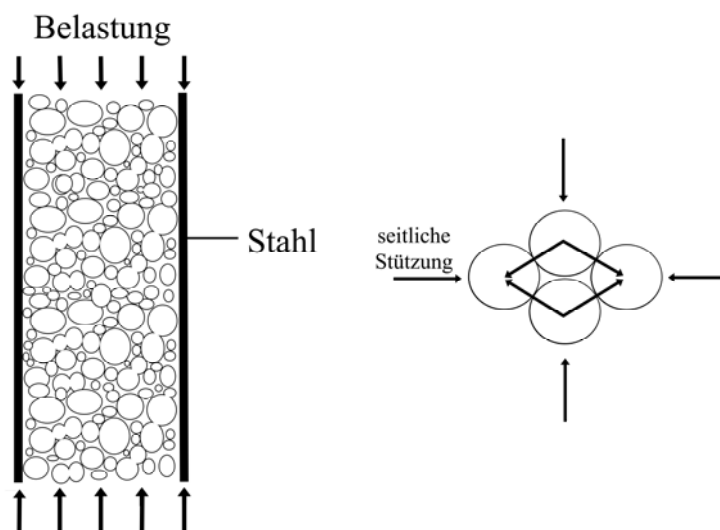


Abbildung 61: Aufnahme horizontaler Kräfte eines Korngemisches durch eine äußere Fixierung bei Druckbeanspruchung

Nutzt man ein Stahlrohr zur seitlichen Fixierung eines Kies-Sand-Gemisches, so entsteht nach intensivem Verdichten ein stabiles Korngerippe. Über die Kontaktflächen der Körner werden die Druckkräfte in vertikaler Richtung abgetragen. Das Stahlrohr dient in diesem Fall dazu, die horizontalen Kraftkomponenten aufzunehmen. Entfernt man in unserem Fall das Stahlrohr, bedarf es einer inneren Kraft, die die einzelnen Körner zusammenhält. Diese wird im Betonbau durch den Zementleim, ein Gemisch aus Zement und Wasser, gebildet. Nach der Erhärtung des Zementleims spricht man von Zementstein. Dieser fungiert als eine Art Klebstoff zwischen den Gesteinskörnungen.

Diese Modellvorstellung (nach HEGGER) zeigt, dass Beton unter Druckbeanspruchung versagt, wenn die seitliche Stützung durch die Klebewirkung des Zementsteins nicht mehr gegeben ist. Da die erforderliche seitliche Kraft verglichen mit der vertikalen Druckkraft sehr gering ist, kann Beton große Druckkräfte über das Korngerüst aufnehmen.

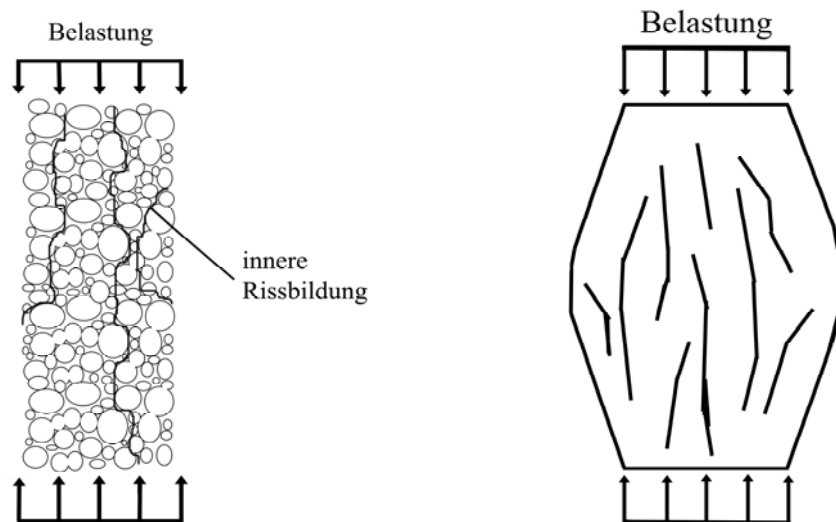


Abbildung 62: Rissbildung und Verformung eines unter Druck beanspruchten Körpers ohne seitliche Fixierung

Betrachtet man einen Betonkörper unter Zugbeanspruchung, so ist das Tragverhalten gänzlich anders. Das Korngerüst übernimmt in diesem Fall keine tragende Funktion. Nur die Klebewirkung des Zementsteins bestimmt die Tragfähigkeit. Daraus lässt sich ableiten, dass die Betonzugfestigkeit wesentlich geringer als die Betondruckfestigkeit (in der Regel 10 %) ist.

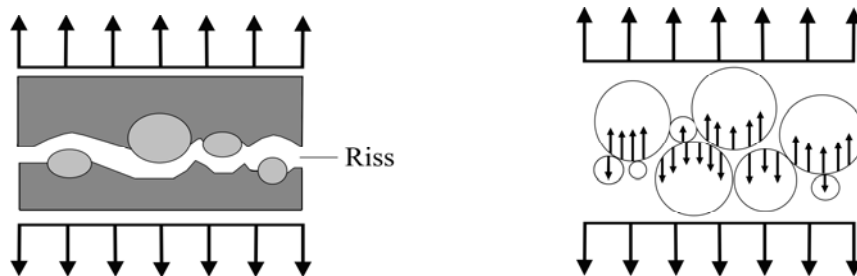


Abbildung 63: Tragverhalten eines Korngemisches bei Zugbeanspruchung

1.2.2 Kräfte und Spannungen an einem Balken (Einfeldträger)

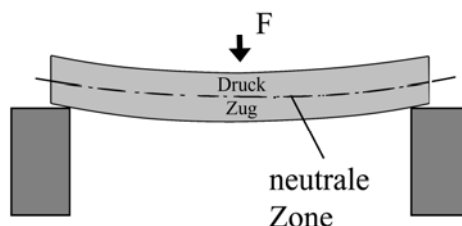


Abbildung 64: Momentlinie eines Einfeldträgers bei einer Einzellast

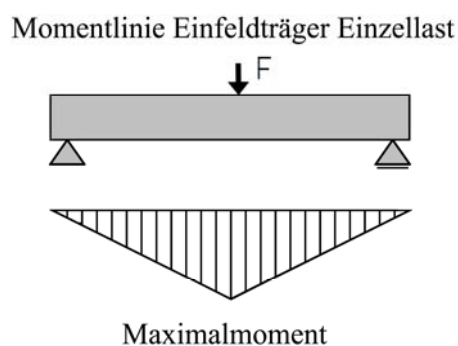


Abbildung 65: Druck- und Zugkräfte bei Biegebeanspruchung eines Balkens

Betrachtet man einen Einfeldträger mit einer zentrierten Last, so lassen sich an ihm drei Bereiche unterscheiden: eine Druckzone, eine Zugzone und eine neutrale Zone. Nimmt man parallel dazu eine Biegemomentlinie eines solchen Einfeldträgers, so lässt sich erkennen, dass die (Biege-) Zugspannung in der Mitte der Zugzone (Unterseite) am größten ist. Diese müssen von geeignetem Material (Bewehrung) aufgenommen und weitergeleitet werden. In dem folgenden Experiment soll der Einfluss der Bewehrung in unterschiedlichen Lagen (Zug-, Druck- und neutrale Zone) auf die Biegezugfestigkeit unter Belastung untersucht werden.

Durchführung des Experiments

Geräte und Materialien

- Prüfeinheit zur Biegezugprüfung (z. B. Universalprüfeinheit)
- Balkenformen
- Stocherstab

- Stahllineal
- Glättkelle
- Trapezkelle
- Behälter zur Wasserlagerung
- Tücher
- Drahtgewebe u.ä. zur Simulation der Bewehrung
- Zange
- Gliedermaßstab
- Beton entsprechend des Mischungsentwurfs mit einem Größtkorn ≤ 8 mm und der Konsistenzklasse F4/C4 (Empfehlung)

V.3.1 Herstellung der Probekörper

1. Vorbereiten der Bewehrung

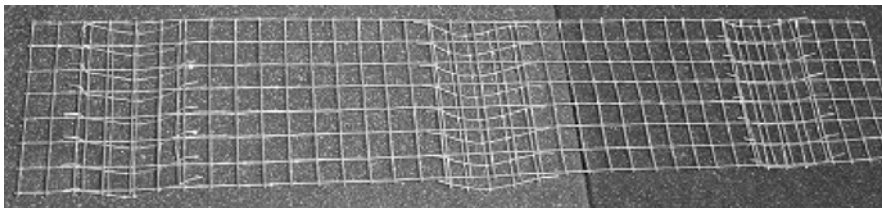


Abbildung 66: Vorbereitete Bewehrungslage

2. Vorbereiten der Abstandhalter, in diesem Fall für 1,5 cm.

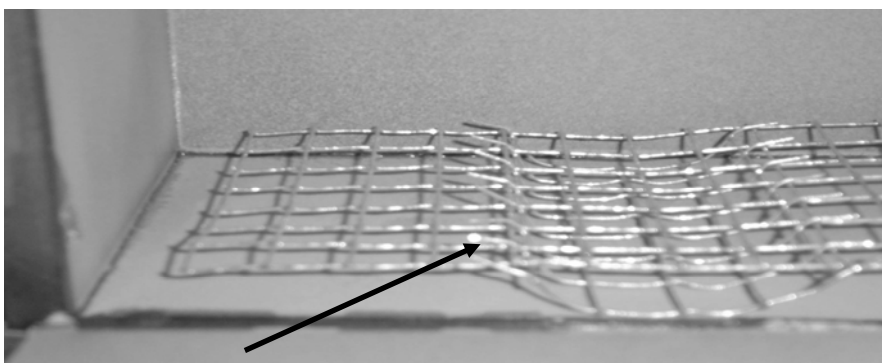


Abbildung 67: Abstandhalter

3. Innenflächen der Form leicht einölen, einfetten oder mit Schalungsmittel einstreichen
4. Bewehrung in die Form einpassen

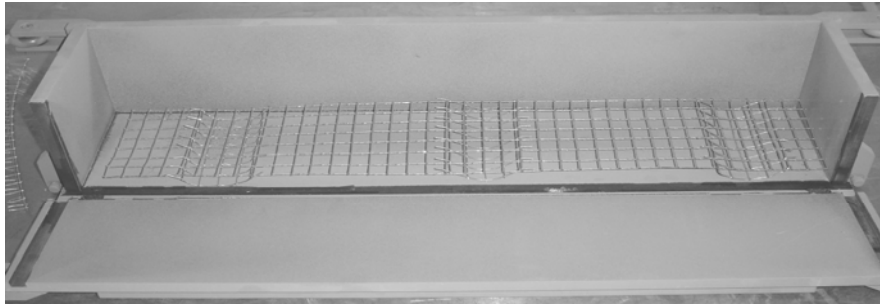


Abbildung 68: Bewehrungslage in Schalungsform

5. Betonprobe lagenweise einfüllen und durch Stochern bzw. Stampfen verdichten.

Hinweis:

Die Bewehrung darf nicht verschoben bzw. durchgebogen werden. Es hat sich ein Beton der Konsistenz F4/C4 bewährt. Ein sehr weicher Beton kann leicht verdichtet werden, ohne die Bewehrungslage zu verändern bzw. durchzubiegen. Ferner ist bei der Verwendung von Drahtgewebe zur Bewehrungssimulation zu berücksichtigen, dass das Größtkorn des Zuschlags dem Gewebe angepasst werden muss. In diesem Falle wurde ein Größtkorn von 8 mm verwendet.

6. Überstehenden Beton mit Hilfe der Glättkelle oder des Stahllineals entfernen.
8. Probe mit feuchtem Tuch abdecken und lagern.
7. Frühestens nach 16 Stunden, spätestens nach 3 Tagen Proben ausschalen und im Wasserbad bis zur Prüfung lagern (Gesamtlagerzeit 28 Tage).

II.3.2 Durchführung der Prüfung

1. Auflager der Prüfmaschine so vorbereiten, dass sich die Lastschneide in der Mitte der Stützweite befindet.

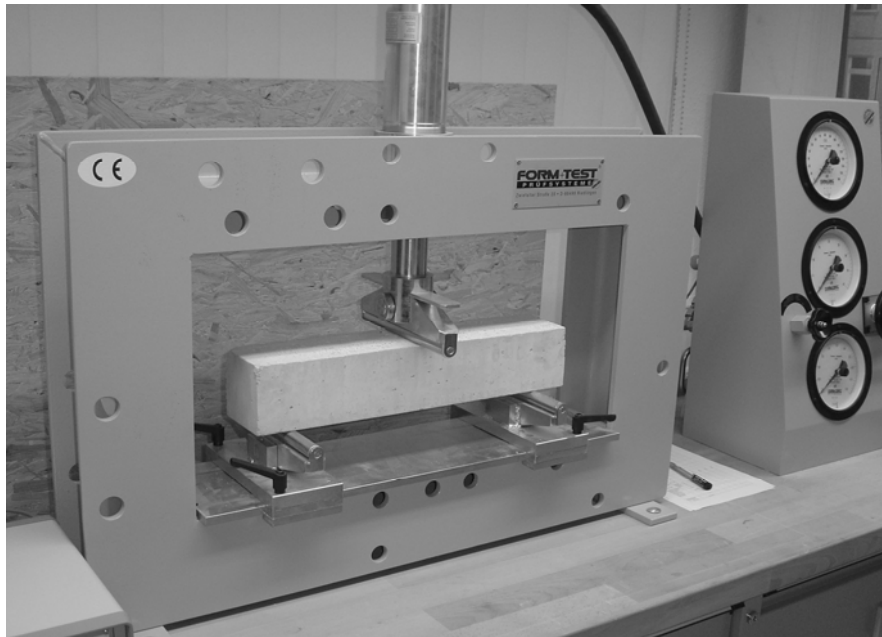


Abbildung 69: Versuchsaufbau für Biegezugfestigkeitsprüfung

2. Balken säubern und mit rauer Betonoberfläche zur Seite, zentrisch auf Auflager legen und ausrichten, so dass Balkenenden gleichmäßig über Auflager hinausragen.
3. Prüfmaschine für erforderlichen Messbereich einrichten.
4. Kolben herausfahren, Nullpunkte der Skala kontrollieren, Schleppezeiger an Lastanzeiger anlegen.
5. Erforderliche Laststufe R nach folgender Gleichung berechnen:

$$R = \frac{2 \cdot s \cdot d_1 \cdot d_2^2}{3 \cdot l}$$

R erforderliche Laststufe in $\frac{N}{s}$

s Belastungsgeschwindigkeit (z. B. $h=100\text{mm} > 89-133 \frac{N}{s}$)

d_1 Breite des Balkens in mm

d_2 Höhe des Balkens in mm

l Stützweite in mm

6. Lastschneide auf Balken aufsetzen.
7. Probe bis zum Bruch mit der vorgegebener Belastungsgeschwindigkeit belasten und Bruchkraft notieren.

8. Kontrolle der Abmaße des Probekbalkens im Bereich der Bruchstelle auf 1 mm genau, da u. a. durch Schwinden oder Quellen der Querschnitt beeinflusst wird und damit Auswirkungen auf die Biegezugfestigkeit resultieren.
9. Berechnung der Biegezugfestigkeit (f_{ct}) nach folgender Gleichung:

$$f_{ct} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$$

f_{ct} Biegezugfestigkeit in $\frac{N}{mm^2}$

F Höchstlast in N

l Abstand zwischen den Auflagerrollen in mm

d_1 Breite des Balkens

d_2 Höhe des Balkens

V.3.3 Beispielrechnung

Im folgenden Versuch wird die Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens (100 mm x 100 mm x 500 mm), dessen Bewehrung in unterschiedlichen Lagen angeordnet ist, dargestellt. Es wurden je drei Versuche in vier unterschiedlichen Positionen der Bewehrung durchgeführt:

1. Abstand zur Kante der Zugzone 1,5 cm (Bewehrung im Zugbereich),
2. Abstand zur Kante der Zugzone 5 cm (Bewehrung in der neutralen Zone),
3. Abstand zur Kante der Zugzone 8,5 cm (Bewehrung im Druckbereich) und
4. keine Bewehrung.

Das zur Simulation der Bewehrung verwendete Drahtgewebe wies eine Stärke von 1,45 mm auf, es handelte sich ferner um einen Beton C 20/25. Die Messwerte und Dimensionen der hier durchgeführten Prüfung sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Hinweis:

Das Drahtgewebe zur Simulation der Bewehrung sollte einen Gesamtquerschnitt von mindestens 10 mm² aufweisen (bei einer Probekörperform 50 x 10 x 10 cm). Es wird jedoch aus Sicht der Autoren empfohlen, über diesen Gesamtquerschnitt hinauszugehen. In dem hier dokumentierten Experiment handelte es sich um ein Drahtgewebe von sechs in Krafrichtung verlaufenden Drähten.

Tabelle 85: Biegefestigkeit Stahlbetonbalken mit unterschiedlicher Bewehrungslage

Bewehrungslage, Abstand zum Zugbereich		cm	1,5 cm	1,5 cm	1,5 cm	5 cm	5 cm	5 cm
Abmessungen	Länge l	mm	500	500	500	500	500	500
	Breite d ₁	mm	100	100	100	100	100	100
	Höhe d ₂	mm	100	100	100	100	100	100
Abstand Auflager l _a		mm	400	400	400	400	400	400
Bruchlast F		N	7800	7500	7800	3400	4850	4800
Biegezugfestigkeit $f_{ct} = \frac{3 \cdot F \cdot l_a}{2 \cdot b \cdot h^2}$		N/mm ²	4,68	4,5	4,68	2,04	2,91	2,88

Bewehrungslage, Abstand zum Zugbereich		cm	8,5 cm	8,5 cm	8,5 cm	ohne	ohne	ohne
Abmessungen	Länge l	mm	500	500	500	500	500	500
	Breite d ₁	mm	100	100	100	100	100	100
	Höhe d ₂	mm	100	100	100	100	100	100
Abstand Auflager l _a		mm	400	400	400	400	400	400
Bruchlast F			5900	5500	4100	4600	4300	4600
Biegezugfestigkeit $f_{ct} = \frac{3 \cdot F \cdot l_a}{2 \cdot b \cdot h^2}$		N/mm ²	3,54	3,3	2,46	2,76	2,58	2,76

An einer Beispielrechnung für den Test 1 mit einer Bewehrungslage im Abstand zur Zugzone von 1,5 cm soll die Ermittlung der Biegezugfestigkeit kurz dargelegt werden:

$$f_{ct} = \frac{3 * F * l_2}{2 * d_1 * d_2^2}$$

$$f_{ct} = \frac{3 * 7800 \text{ N} * 400 \text{ mm}}{2 * 100 \text{ mm} * 100 \text{ mm}^2}$$

$$f_{ct} = 4,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

In Abbildung 70 sind die Ergebnisse der Versuchsdurchführung grafisch dargestellt, um eine bessere Vergleichbarkeit der Werte zu ermöglichen. Es ist eindeutig erkennbar, dass der Stahlbetonbalken mit der Bewehrung in der Zugzone die größte Biegezugfestigkeit besitzt. Es ist ebenfalls erkennbar, dass die Werte der anderen drei Bewehrungslagen in etwa gleich groß sind. Dies ist damit zu erklären, dass die Bewehrung, wenn sie nicht im Zugbereich angeordnet ist, keinen Einfluss auf die Biegezugfestigkeit hat. In diesen Fällen sind die Eigenschaften des Betons, in erster Linie die Eigenschaften des Zements, für die Biegezugfestigkeit maßgebend.

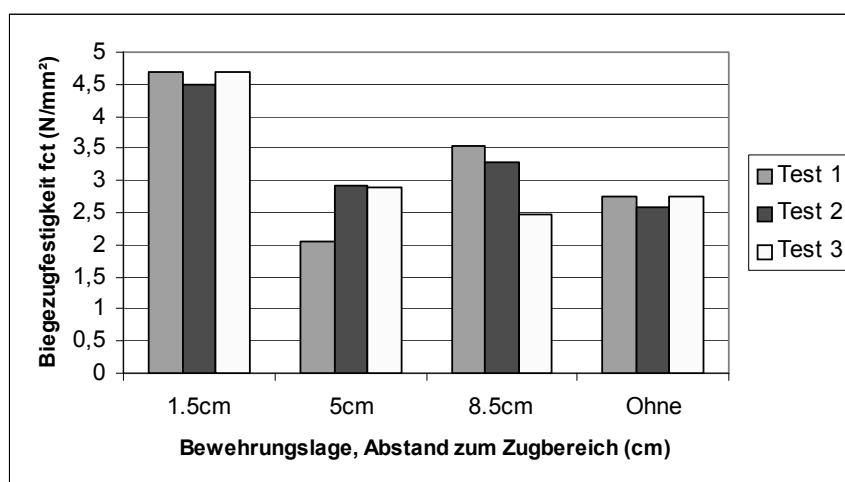


Abbildung 70: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Biegezugfestigkeitsprüfung

In realen Dimensionen würde das Ergebnis viel deutlicher ausfallen (siehe ingenieurwissenschaftliche Grundlagen). Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, dass Betongüte, Bewehrungsdimension und Querschnitt des Probekörpers unverhältnismäßig zueinander sind. Die Wahl der Bewehrung bzw. des Bewehrungsersatzes hat den größten Einfluss auf das Experiment. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Leistungsfähigkeit der Prüfeinheit nicht überschritten wird.

Literatur

- AVAK, R. & GORIS, A. (Hrsg.). (2001). *Stahlbetonbau Aktuell*. Berlin: Beuth.
- BACKE, H. & HIESE, W. (2001) *Baustoffkunde – für Ausbildung und Praxis*. (9. Auflage). Düsseldorf: Werner.
- DIN EN 12350-5 *Prüfung von Frischbeton – Teil 5*, Ausgabe 1999.
- HEGGER, J. (2004). *Umdrucke Massivbau I/Baustoffe*. unter <http://www.imb.rwth-aachen.de/lehre/publik/Umdrucke/mb1-2.html> [01.12.2004, 15:30].
- IKEN, H. W.; LACKNER, R. R.; ZIMMER, U. P. & WÖHNL, U. (2003). *Handbuch der Betonprüfungen – Anleitungen und Beispiele*. Düsseldorf: Bau und Technik.
- NESTLE, H. (2001). *Bautechnik – Fachkunde Bau*. (9. Auflage). Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel.
- SCHOLZ, W. (1995). *Baustoffkenntnis*. (13. Auflage). Düsseldorf: Werner-Verlag.
- ZILCH, K.; DIEDERICHS, C. J. & KATZENBACH, R. (2002). *Handbuch für Bauingenieure*. Berlin/Heidelberg: Springer.

Anlage II Verwendete Lernsituationen

II.1 Lernsituation „Ausbilden eines Kopfpunktes in einem Hängewerk“ (Teilstudie I)

Das Handwerksunternehmen Neumann erhält den Auftrag, ein Hängewerk in Anlehnung an historische Vorbilder zu erstellen. Für das Ableiten der Kräfte ist ein Kopfpunkt zu entwickeln. Für die Ausbildung des Hängewerkes werden Vollhölzer aus Fichte mit den Abmaßen 8 x 7 cm verwendet. Die Strebenneigung beträgt 40° . Der Architekt führte weiter an, dass mit Druckkräften von ca. 65 kN zu rechnen ist.

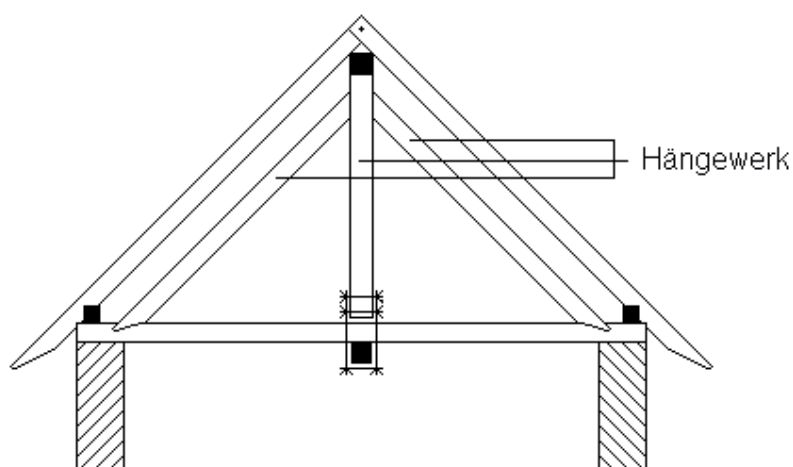


Abbildung 71: Systemskizze des Hängewerks

Der Architekt hat in Anlehnung an historische Bauwerke nur eine Vorholzlänge 10 cm vorgesehen. Er überlässt den Handwerkern die Entscheidung ob ein Stirnversatz oder ein Doppelversatz verwendet wird. Obwohl in solchen Situationen gewöhnlich ein Stirnversatz verwendet wird, gibt der Meister zu bedenken, dass bei den hier auftretenden Kräften und verwendeten Holzarten eventuell ein Doppelversatz erforderlich sein könnte.

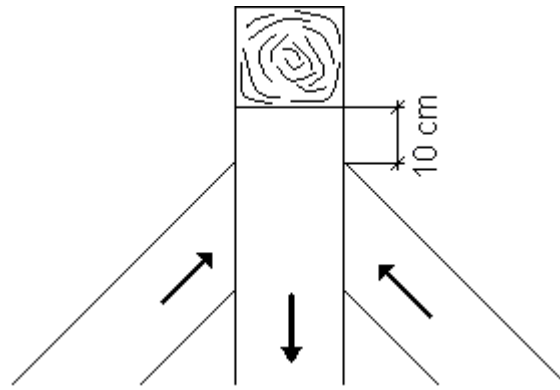


Abbildung 72: Kopfpunkt des Hängewerkes ohne Versatzdetails

Die Handwerker diskutieren über die Unterschiede der maximalen Kraftaufnahme der beiden Versätze. Während die eine Gruppe die Vermutung äußerte, dass der doppelte Versatz generell eine größere Kraft aufnehmen kann – ganz gleich bei welcher Vorholzlänge – geht die andere Gruppe davon aus, dass die Unterschiede bei geringen Vorholzlängen am größten sind und mit sehr großen Vorholzlängen keine Unterschiede bestehen.

Diese Frage ist für alle in dem kleinen Unternehmen beschäftigten Handwerker von Bedeutung, da in Zukunft mit mehr Aufträgen dieser Art und der Sanierung historischer Konstruktionen zu rechnen ist.

Daher untersuchen sie diese Zusammenhänge durch Versatzprüfungen

Aufgabe

1. Fertigen Sie Schablonen für Stirn- und Doppelversätze mit den Vorholzlängen 2,5 cm, 5 cm, und 10 cm an.

Hilfestellungen:

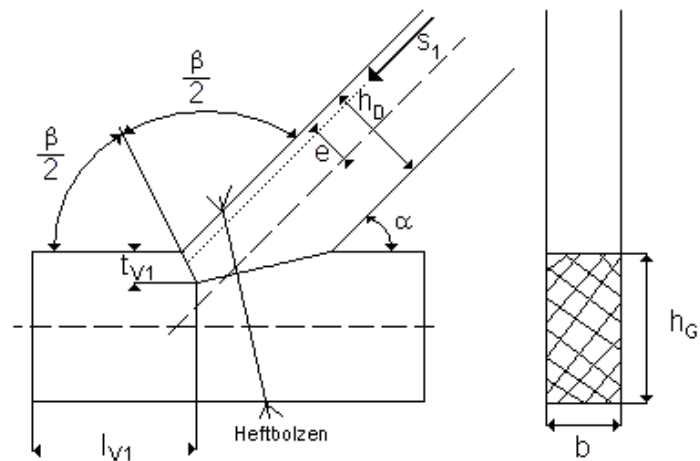


Abbildung 73: Darstellung des Stirnversatzes

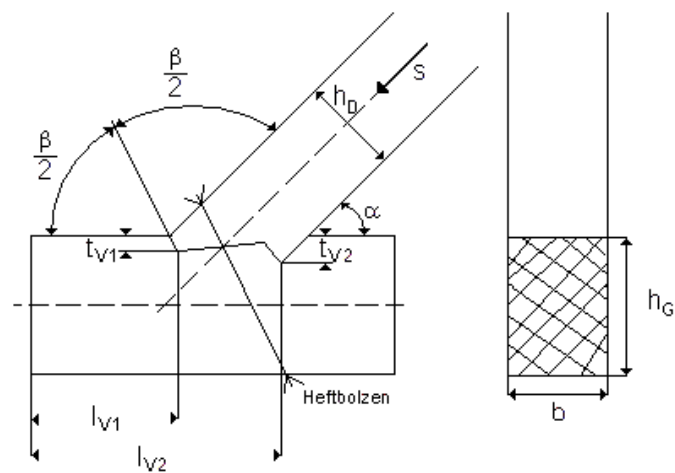


Abbildung 74: Darstellung des Doppelversatzes

Erklärung der Bezeichnungen:

S_1, S einwirkende Kraft

α Anschlusswinkel

β Nebenwinkel des Anschlusswinkels ($\beta = 180^\circ - \alpha$)

b Breite

h_D Höhe des Dachsparrens

h_G Höhe des eingeschnittenen Holzes

t_{V1}, t_{V2} Einschnitttiefe

l_{V1}, l_{V2} Vorholzlänge

e Außermitten

zul $\sigma_{D \angle \alpha/2}$ zulässige Druckspannung bei Kräfteintrag schräg zur Faserrichtung

Doppelversatz: $t_{v1} \leq 0,8 \cdot t_{v2} \leq t_{v2} - 1,0\text{cm}$
maximale Einschnitttiefe t_v $\frac{1}{4}$ der Höhe h_G

2. Untersuchen Sie experimentell die aufnehmbaren Druckkräfte des Doppel- und des Stirnversatzes für die oben beschriebene Situation. Und notieren Sie diese in einer Tabelle:

Tabelle 86: Vorgesehene Vorholzlänge und erwartete Ergebnisse

Vorholzlänge l_{v1} [cm]	Druckkraft S [kN]			
	Brettschichtholz		Vollholz	
	Stirnversatz	Doppelversatz	Stirnversatz	Doppelversatz
2,50				
5,00				
10,00				

3. Entscheiden Sie sich auf der Grundlage der Ergebnisse des Experiments für einen der beiden Versätze. Fertigen Sie eine technische Skizze für den Kopfpunkt – unter Berücksichtigung des gewählten Versatzes – an.
4. Entwickeln Sie eine Übersicht über Vor- und Nachteile der beiden Versätze.

Fragestellungen:

- a. Welcher Versatz ist für den geschilderten Fall angemessen?
- b. Wie gestaltet sich die Beziehung Vorholzlänge und aufnehmbare Druckkraft bei den beiden Versätzen?

II.2 Lernsituation „Herstellen eines Fenstersturzes aus Stahlbeton“ (Teilstudie II)

Das Handwerksunternehmen Mustermann erhält den Auftrag, für das Panoramafenster eines Einfamilienhauses den Fenstersturz, aus Stahlbeton zu erstellen. Die Abmessungen für diesen Stahlbetonbalken lauten:

Länge 500 cm, Breite 24 cm und Höhe 24 cm.

Folgende Abbildung illustriert die konstruktive Situation „Wandscheibe mit Panoramafenster und Fenstersturz (Stahlbetonbalken)“:

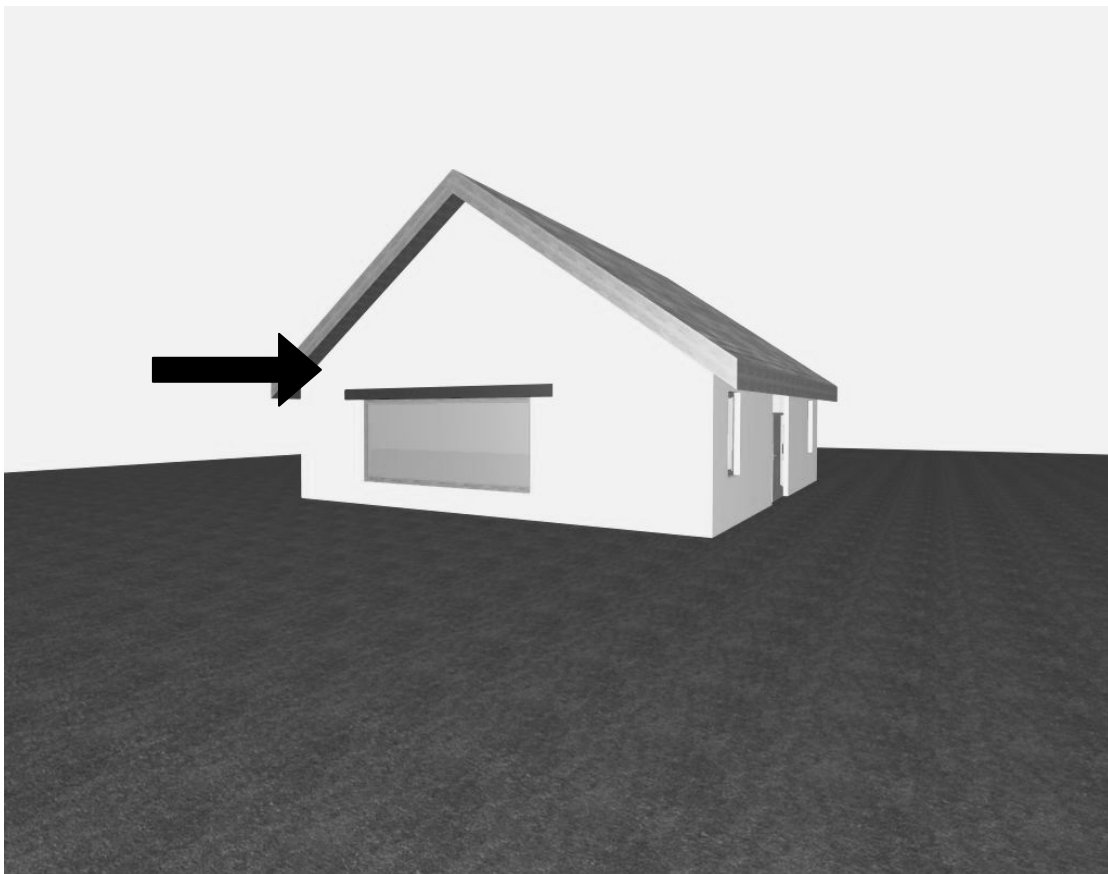


Abbildung 75: Konstruktive Situation

Aus zeitlichen Gründen (Fertigstellungstermin) verzichten die Handwerker auf festgelegte (normierte) Verfahrensweisen. Des Weiteren unterlaufen ihnen folgende technologische Fehler bei der Herstellung des Stahlbetonbalkens:

- Es wird keine Verbindung der unteren Bewehrungslage mit dem Bewehrungskorb hergestellt,
- Beim Einbauen des Frischbetons wird durch zu hohen Förderdruck der Betonpumpe die Lage der unteren Bewehrung verändert.

☞ Die untere Bewehrungslage liegt nun nicht mehr wie vorgeschrieben in der Zugzone, sondern in der Nulllinie!

Lage der unteren Bewehrung vor dem Betonierprozess in der Zugzone!

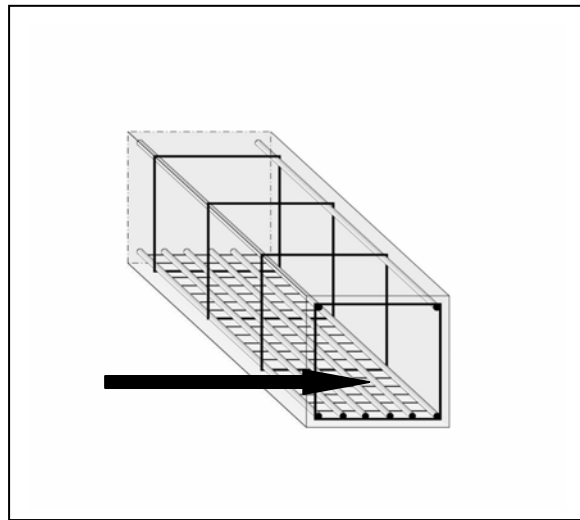


Abbildung 76: Lage der Bewehrung vor dem Betonierprozess

Lage der Bewehrung nach dem Betonierprozess in der Nulllinie!

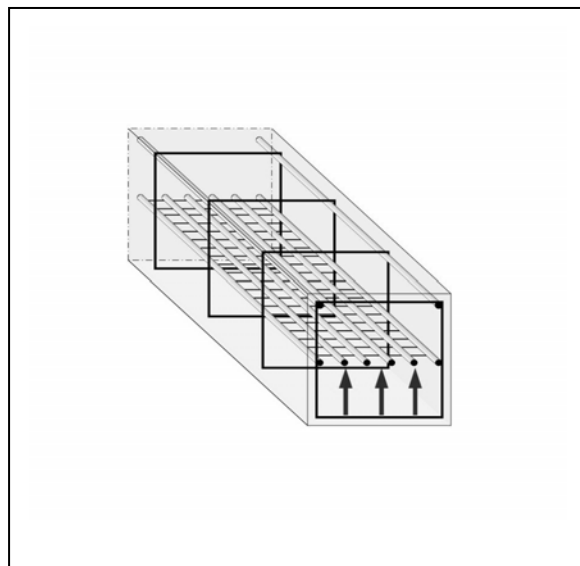


Abbildung 77: Lage der Bewehrung nach dem Betonierprozess

Diese Problematik entfacht eine Diskussion unter den Handwerkern, über die generelle Lage der Bewehrung in einem Stahlbetonbalken! Während die eine Gruppe die Vermutung äußert, dass der Stahlbetonbalken die gleiche Biegezugfestigkeit erreicht „ganz gleich bei welcher Lage im Stahlbetonbalken“, geht die andere Gruppe davon aus,

dass die Unterschiede erheblich sind und mit einer Bewehrungslage in der Zugzone die größte Biegezugfestigkeit erreicht wird.

Der korrelative Zusammenhang zwischen „**prinzipielle Lage der Bewehrung und Biegezugfestigkeit**“, ist für alle in dem kleinen Unternehmen beschäftigten Handwerkern von Bedeutung, da in Zukunft mit mehr Aufträgen dieser Art zu rechnen ist. In diesem Kontext ist für das Handwerksunternehmen nicht nur die richtige Herstellung nach statischen Kriterien und normierten Regelungen festgelegt, sondern auch die geltenden Gewährleistungen sind dann nach VOB Teil B verbindlich.

Auftrag an die Lernenden

Untersuchen Sie anhand eines Modells (Probekörpermaße Länge 50 cm, Breite 10 cm und Höhe 10 cm) experimentell die aufnehmbare Biegezugfestigkeit eines Stahlbetonbalkens, in Abhängigkeit von der Lage der Bewehrung (Zugzone, Nulllinie, Druckzone).

- 1.) Zeichnen Sie im Arbeitsblatt 2 die drei möglichen Bewehrungslagen ein. Beachten Sie die zeichnerische Darstellung in Quer- und Längsschnitt.
- 2.) Untersuchen Sie experimentell die aufnehmbaren Biegezugkräfte für zwei Lagemöglichkeiten:
 - a. Gruppe 1 = Zugzone und Nulllinie
 - b. Gruppe 2 = Zugzone und Nulllinie
 - c. Gruppe 3 = Zugzone und Druckzone

Notieren Sie Ihre und die Ergebnisse der anderen Gruppen im Arbeitsblatt 1.

- 3.) Entscheiden Sie sich auf der Grundlage der Ergebnisse des Experiments welche der drei Lagemöglichkeiten die größten Biegezugkräfte aufnehmen kann.

Anlage III Eingesetzte Tests

III.1 Tests Teilstudie I

1. Vortest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel, außer einem Taschenrechner, benutzt werden. Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch. Es darf also nur eine Auswahlantwort angekreuzt werden. Werden mehr als eine angekreuzt, so gilt die Aufgabe als nicht gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgaben dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

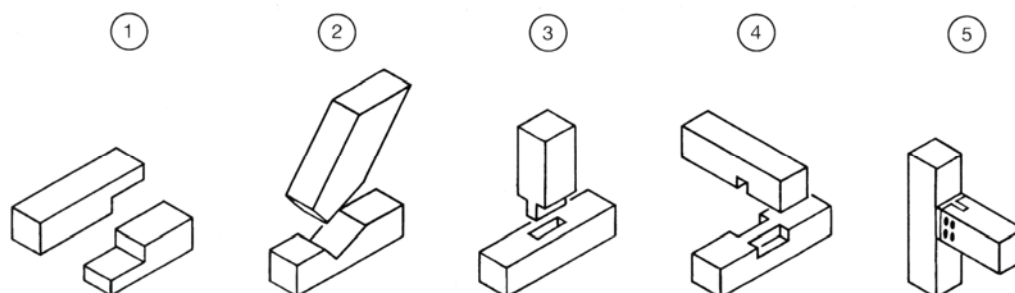
Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Woraus wird Bauholz hauptsächlich gewonnen?

- ① aus Erzen
- ② aus Wurzeln
- ③ aus dem Boden
- ④ aus Baumstämmen
- ⑤ aus Blättern und Zweigen

2. Welche der abgebildeten Holzverbindungen ist ein Versatz?

- ① Bild 1
- ② Bild 2
- ③ Bild 3
- ④ Bild 4
- ⑤ Bild 5



3. Welche Behauptung über die Eigenschaften von Holz ist richtig?

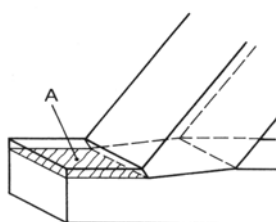
- ① Holz kann quellen und schrumpfen
- ② Holz kann nur quellen
- ③ Holz kann nur schrumpfen
- ④ Holz ist nicht hygroskopisch
- ⑤ Holz nimmt keine Feuchtigkeit auf

4. Was bedeutet die Angabe S 10 bei Nadelholz?

- ① scharfkantiges Holz 10 cm breit
- ② Stammdurchmesser 10 cm
- ③ maschinell sortiert
- ④ Sortierklasse 10, visuell sortiert
- ⑤ Bauschnittholz mit 1/8 h Baumkante

5. Wie wird die in der Skizze mit A bezeichnete Fläche genannt?

- ① Festigkeitsfläche
- ② Scherfläche
- ③ Auflagerfläche
- ④ Druckfläche
- ⑤ Haftfläche



6. Welche der zimmermannsmäßigen Holzverbindungen nutzt man für Schrägverbindungen?

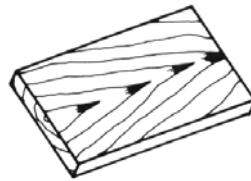
- ① gerades Hakenblatt
- ② Stirnversatz
- ③ Scherblatt
- ④ Winkelzapfen
- ⑤ schräger Brustzapfen

7. Wie kann sich Holz unterhalb des Fasersättigungspunktes bei abnehmender Luftfeuchtigkeit verändern?

- ① das Holz wird länger, es verändert seine Länge
- ② das Holz quillt, es verändert sein Volumen und seine Masse
- ③ das Holz wird schwerer, es verändert sein Gewicht
- ④ das Holz schwindet, es verändert sein Volumen und seine Masse
- ⑤ das Holz verändert sich nicht

8. Um welchen Schnitt handelt es sich bei dem dargestellten Brett?

- ① Radialschnitt
- ② Tangentialschnitt
- ③ Spiegelschnitt
- ④ Mittelschnitt



9. Welche Schnitthölzer haben eine Querschnittsfläche von maximal 32 cm?

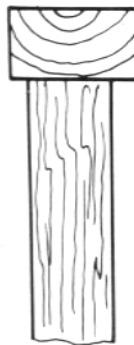
- ① Balken
- ② Kanthölzer
- ③ Bohlen
- ④ Bretter
- ⑤ Dachlatten

Teil 2: Prozedurales Wissen

10. Wie würden Sie frisch gefälltes Holz für eine langfristig (ca. 3 Jahre) geplante Baumaßnahme trocknen?

Begründen Sie ihre Entscheidung in zwei kurzen Stichpunkten!

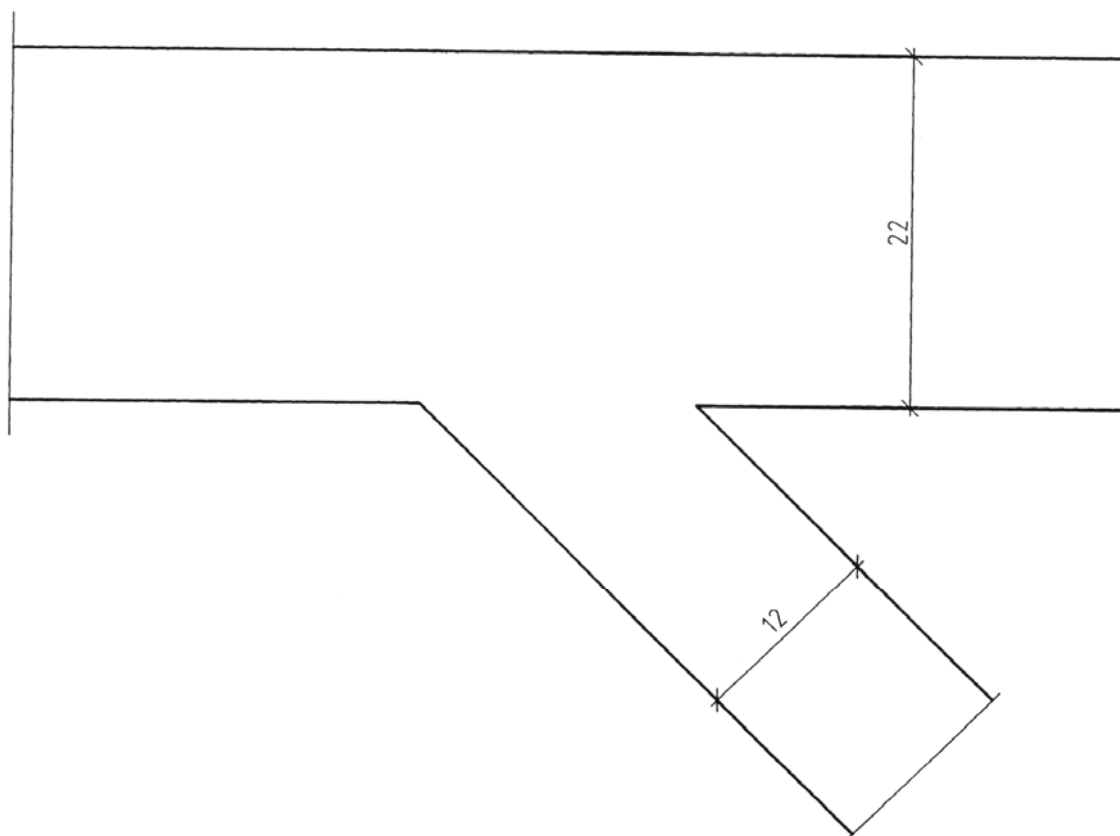
11. Welche Maßnahmen des Holzschutzes würden Sie anwenden, um die Holzkonstruktion in der Abbildung zu schützen? Begründen Sie Ihre Entscheidung in einem Stichpunkt!



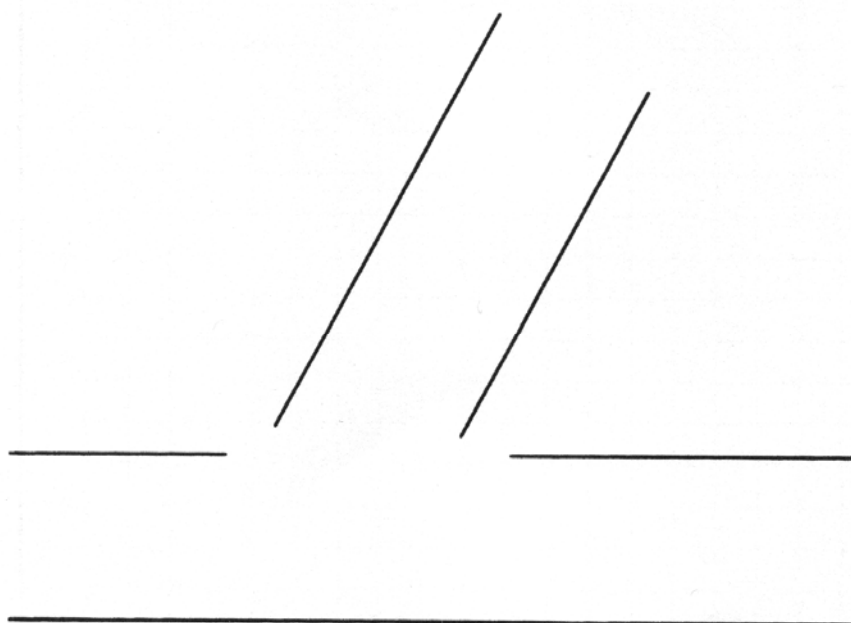
Balkon -
geländer

12. Wählen Sie eine zimmermannsmäßige Verbindung für den Anschluss eines Kopfbandes aus!

Skizzieren Sie Ihre gewählte Holzverbindung in der Vorlage ein!



Ergänzen Sie das folgende Detail um einen Fersenversatz.



M 1:5 cm

Beschreiben Sie eine wesentliche konstruktive Ausführung dieses Versatzes.

2. Vortest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel, außer einem Taschenrechner, benutzt werden. Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch. Es darf also nur eine Auswahlantwort angekreuzt werden. Werden mehr als eine angekreuzt, so gilt die Aufgabe als nicht gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgaben dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

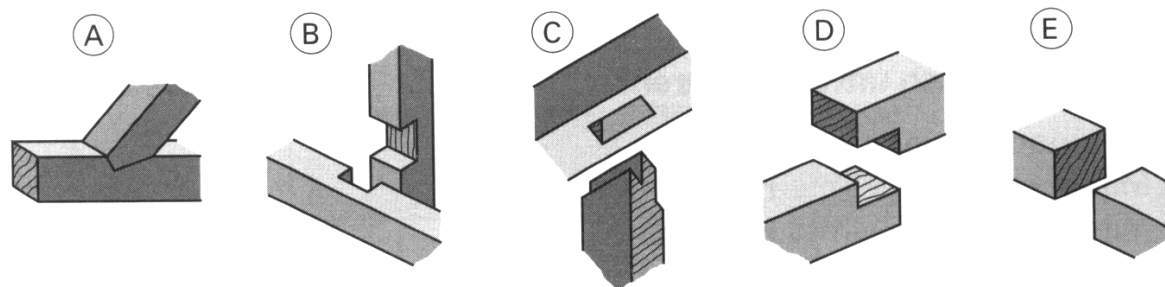
Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Wann sollte Holz gefällt werden?

- ① im Winter
- ② im Frühjahr
- ③ im Sommer
- ④ im Spätsommer
- ⑤ im Herbst

2. Welche Behauptung über das Verhalten des Holzes gegenüber Feuchtigkeit ist richtig?

- ① Holz kann Feuchtigkeit aufnehmen und abgeben
- ② Holz kann nur Feuchtigkeit aufnehmen
- ③ Holz arbeitet nicht
- ④ Holz kann nur Feuchtigkeit abgeben
- ⑤ Holz ist nicht hygroskopisch

3. Welche zimmermannsmäßige Holzverbindung ist im Bild A abgebildet?

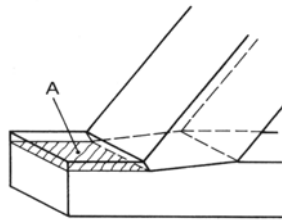
- ① Verkämmung
- ② Schlitz und Zapfen
- ③ Stirnversatz
- ④ gerades Blatt
- ⑤ stumpfer Stoß

4. Was bedeutet die Angabe MS 7 bei Nadelschnittholz?

- ① Holz im mittel 7 cm breit
- ② Mitte des Stammdurchmessers 7 cm
- ③ Sortierklasse 7, maschinell sortiert
- ④ mittlere Schicht
- ⑤ Bauschnittholz mit 1/7 h Baumkante

5. Wie wird die in der Skizze mit A bezeichnete Fläche genannt?

- ① Festigkeitsfläche
- ② Scherfläche
- ③ Auflagefläche
- ④ Druckfläche
- ⑤ Haftfläche



6. Welche der zimmermannsmäßigen Holzverbindungen nutzt man für Schrägverbindungen?

- ① Winkelzapfen
- ② gerades Hakenblatt
- ③ schräger Brustzapfen
- ④ Fersenversatz
- ⑤ Scherblatt

7. Wann wird Holz als Lufttrocken bezeichnet?

- ① wenn der Feuchtigkeitsgehalt 0 % beträgt
- ② wenn sich das Gleichgewicht der Feuchtigkeitsverhältnisse von Holz und Luft eingependelt hat
- ③ wenn das Holz im Winter geschlagen wurde
- ④ wenn das Holz im Sommer geschlagen wurde
- ⑤ wenn das Holz mit Hilfe von Warmluft getrocknet wurde

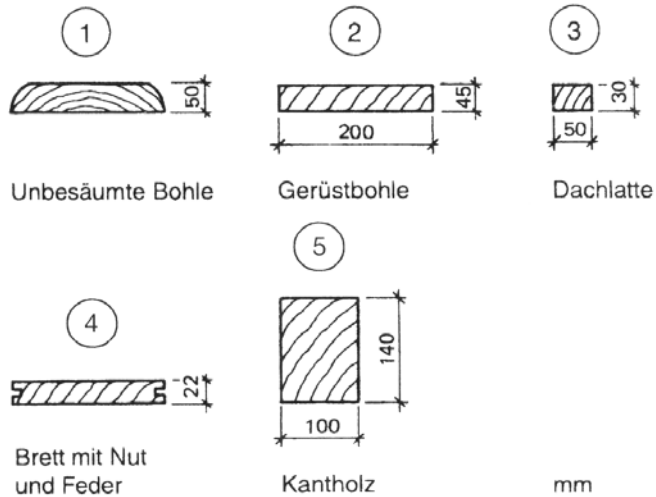
8. Welcher Schnitt durch einen Baumstamm ist im Bild abgebildet?

- ① Querschnitt oder Hirnschnitt
- ② Sehnenschnitt oder Fladerschnitt
- ③ Aufschnitt
- ④ Radialschnitt
- ⑤ keiner der Schnitte



9. In Ihrer Bauzeichnung ist ein Holzquerschnitt falsch bezeichnet. Welcher Holzquerschnitt ist das?

- ① Bild 1
- ② Bild 2
- ③ Bild 3
- ④ Bild 4
- ⑤ Bild 5



Teil 2: Prozedurales Wissen

10. Wie würden Sie frisch gefälltes Holz für eine langfristig (ca. 3 Jahre) geplante Baumaßnahme trocknen?

Begründen Sie ihre Entscheidung in zwei kurzen Stichpunkten!

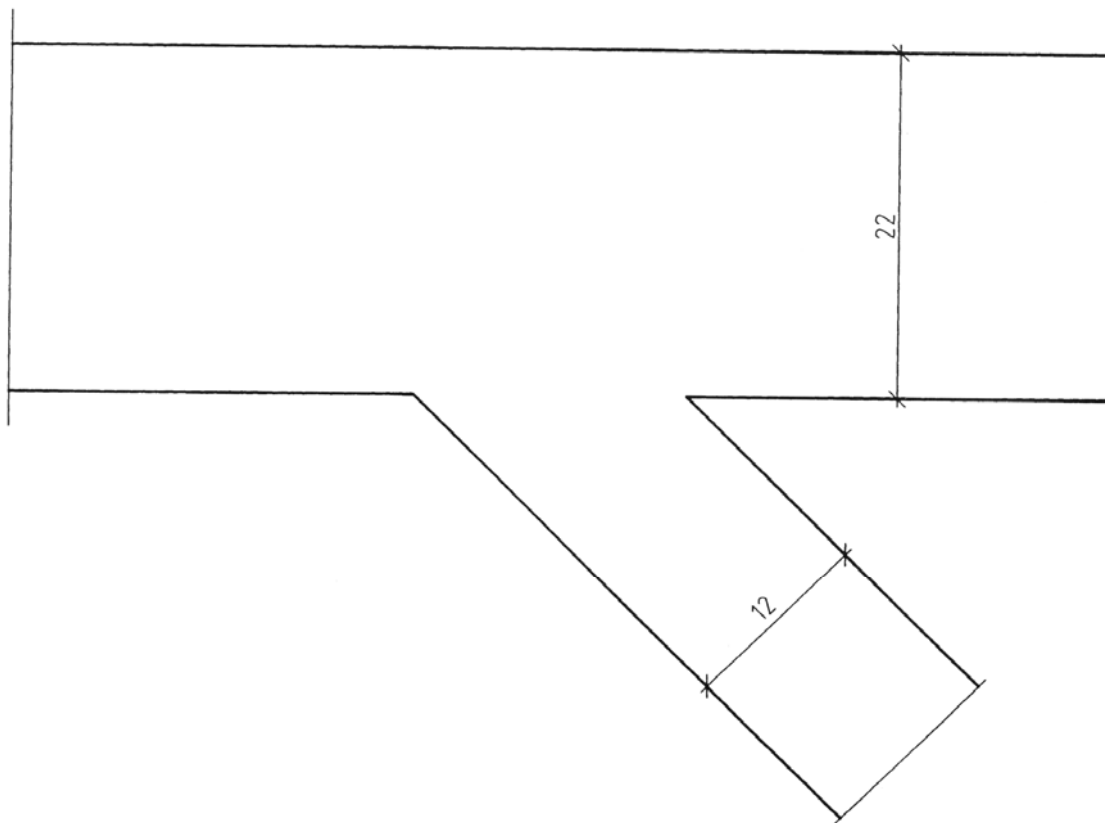
11. Welche Maßnahmen des Holzschutzes würden Sie anwenden um die Holzkonstruktion in der Abbildung zu schützen? Begründen Sie Ihre Entscheidung in einem Stichpunkt!



Balkon -
geländer

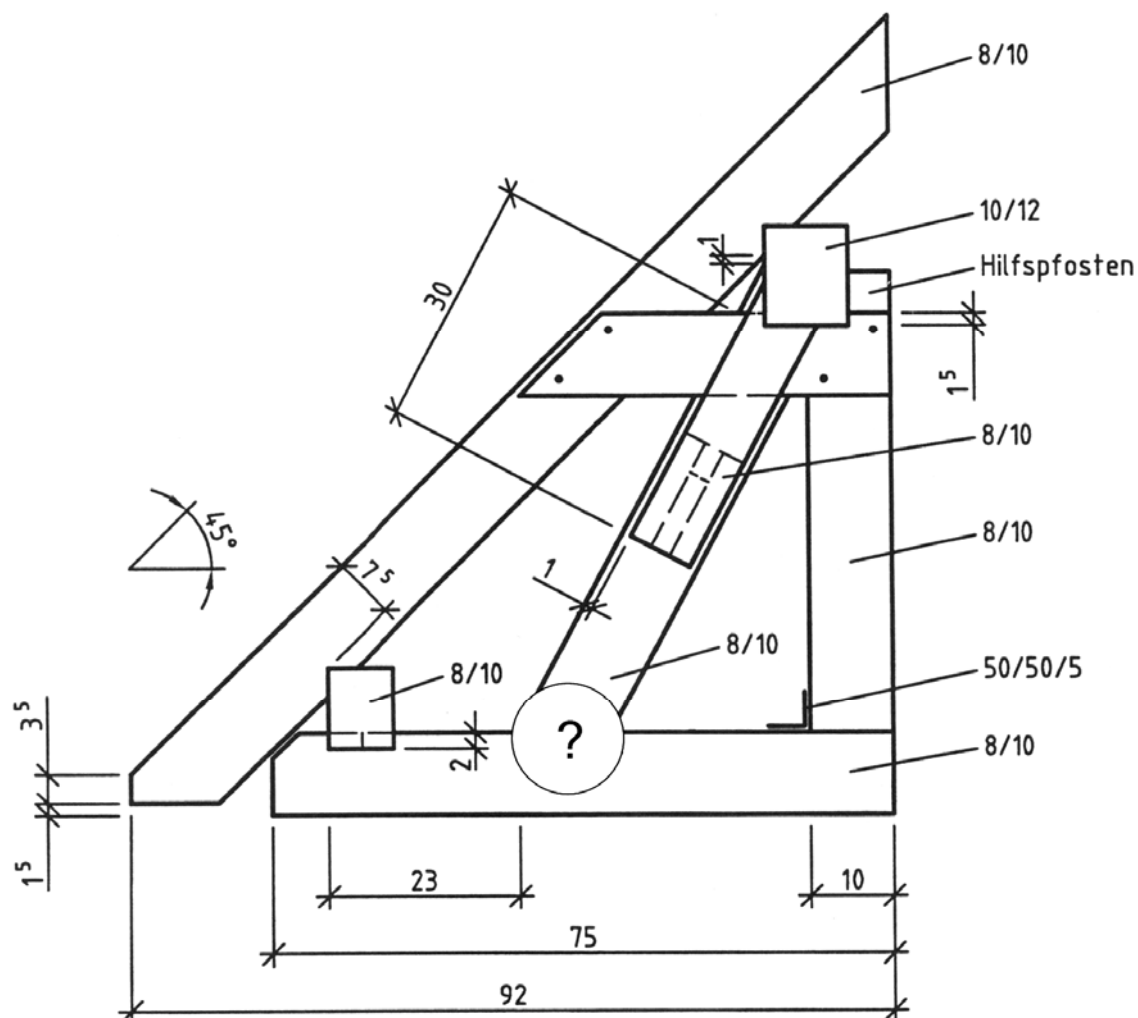
12. Wählen Sie eine zimmermannsmäßige Verbindung für den Anschluss eines Kopfbandes aus!

Skizzieren Sie Ihre gewählte Holzverbindung in der Vorlage ein!

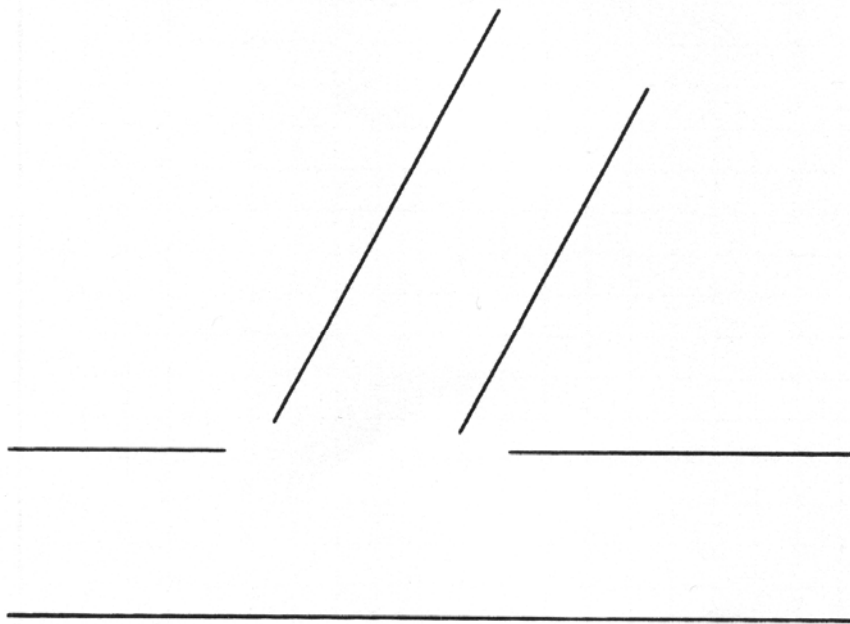


Teil 3: Problemlösendes Wissen

13. Der in der Zeichnung dargestellte Detailausschnitt eines einfach liegenden Dachstuhls ist herzustellen.



Ergänzen Sie das Detail X um einen Doppelversatz.



M 1:5 cm

Beschreiben Sie eine wesentliche konstruktive Ausführung dieses Versatzes.

1. Nachtest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel, außer einem Taschenrechner, benutzt werden. Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch. Es darf also nur eine Auswahlantwort angekreuzt werden. Werden mehr als eine angekreuzt, so gilt die Aufgabe als nicht gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgaben dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

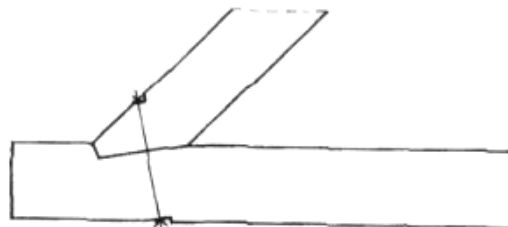
Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Welches der genannten Bauhölzer ist kein einheimisches Bauholz?

- ① Eiche
- ② Buche
- ③ Fichte
- ④ Kiefer
- ⑤ Douglasie

2. Welche Holzverbindung ist in der Abbildung dargestellt?

- ① Stirnversatz
- ② Doppelversatz
- ③ Fersenversatz
- ④ gerades Blatt
- ⑤ stumpfer Stoß



3. Was versteht man unter dem "Arbeiten des Holzes"?

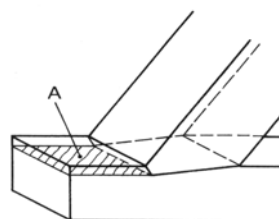
- ① Insektenbefall am Schnittholz
- ② Bildung von Zellen im Baum
- ③ Beginn des Wachstums im Frühjahr
- ④ Formveränderung durch Aufnahme und Abgabe von Feuchtigkeit
- ⑤ Elastizität beim Biegen des Holzes

4. Was bedeutet die Angabe S 7 bei Nadel schnittholz?

- ① scharfkantiges Holz 7 cm breit
- ② Stammdurchmesser 7 cm
- ③ maschinell sortiert
- ④ Sortierklasse 7, visuell sortiert
- ⑤ Bauschnittholz mit 1/7 h Baumkante

5. Wie wird die in der Skizze mit A bezeichnete Fläche genannt?

- ① Festigkeitsfläche
- ② Scherfläche
- ③ Auflagerfläche
- ④ Druckfläche
- ⑤ Haftfläche



6. Welche der zimmermannsmäßigen Holzverbindungen nutzt man für Schrägverbindungen?

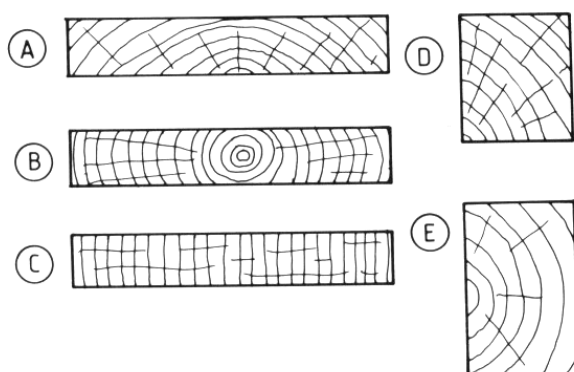
- ① gerades Hakenblatt
- ② Scherblatt
- ③ Doppelversatz
- ④ Winkelzapfen
- ⑤ schräger Brustzapfen

7. Wann wird Holz als Lufttrocken bezeichnet?

- ① wenn der Feuchtigkeitsgehalt 0 % beträgt
- ② wenn sich das Gleichgewicht der Feuchtigkeitsverhältnisse von Holz und Luft eingependelt hat
- ③ wenn das Holz im Winter geschlagen wurde
- ④ wenn das Holz im Sommer geschlagen wurde
- ⑤ wenn das Holz mit Hilfe von Warmluft getrocknet wurde

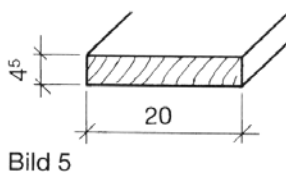
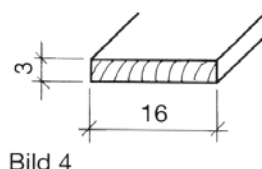
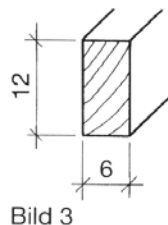
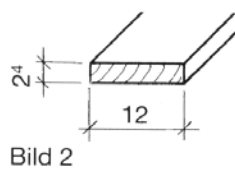
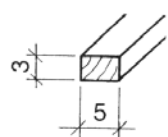
8. Welches der dargestellten Bauschnitthölzer ist ein Kernbrett?

- ① Bild A
- ② Bild B
- ③ Bild C
- ④ Bild D
- ⑤ Bild E



9. Welches der dargestellten Holzquerschnitte ist ein Kantholz?

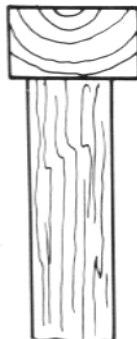
- ① Bild 1
- ② Bild 2
- ③ Bild 3
- ④ Bild 4
- ⑤ Bild 5

**Teil 2: Prozedurales Wissen**

10. Wie würden Sie frisch gefälltes Holz für eine langfristig (ca. 3 Jahre) geplante Baumaßnahme trocknen?

Begründen Sie ihre Entscheidung in zwei kurzen Stichpunkten!

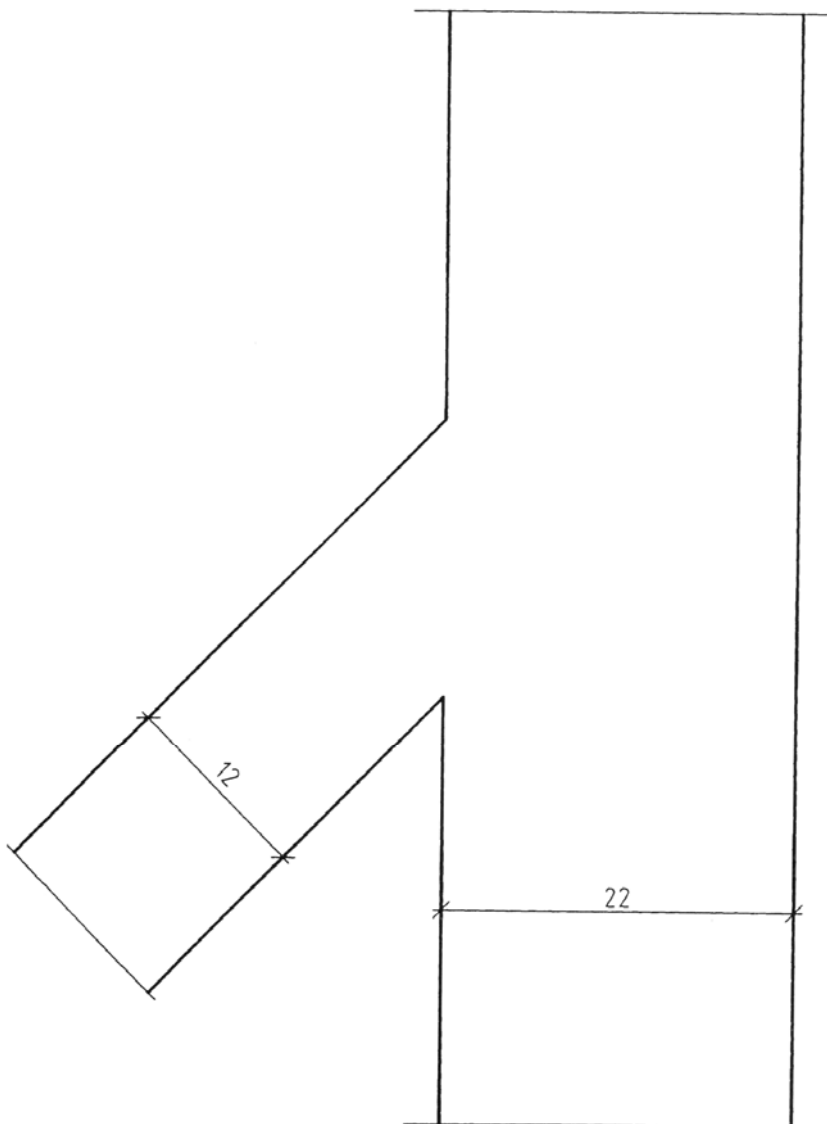
11. Welche Maßnahmen des Holzschutzes würden Sie anwenden, um die Holzkonstruktion in der Abbildung zu schützen? Begründen Sie Ihre Entscheidung in einem Stichpunkt!



Balkon -
geländer

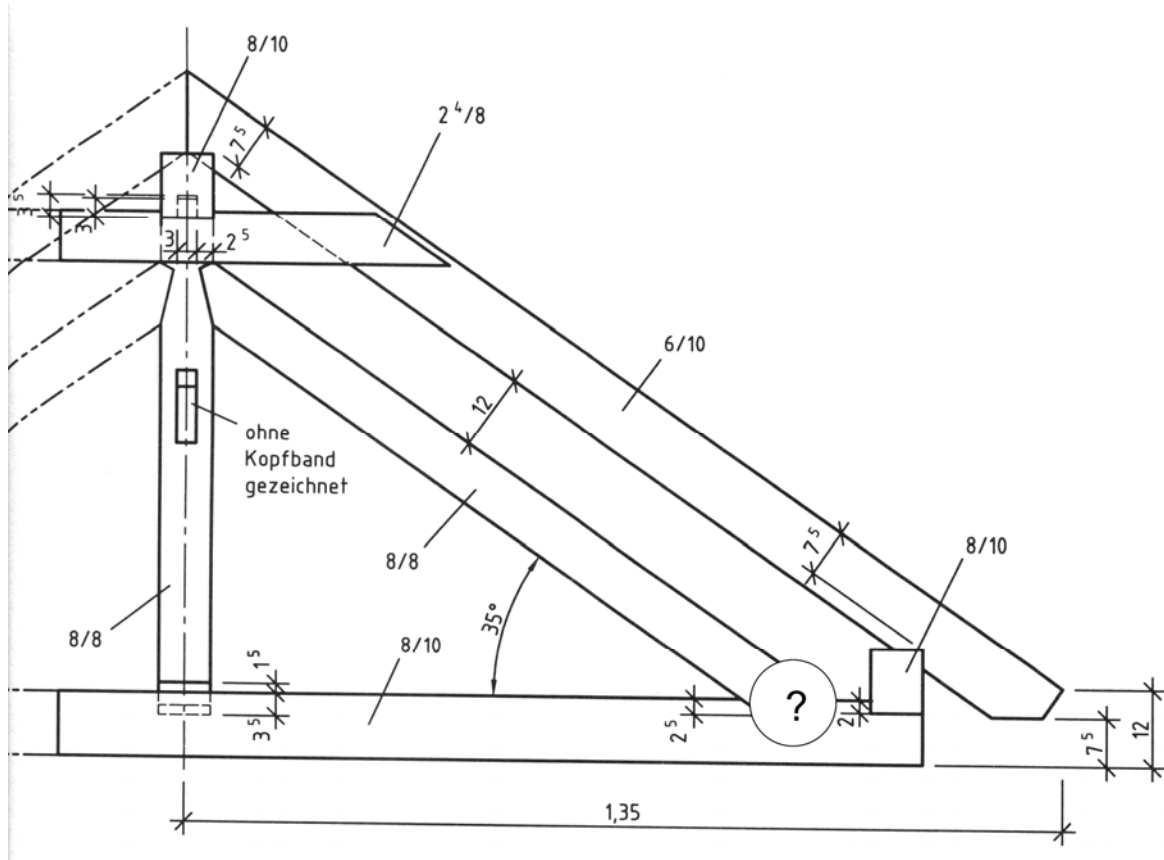
12. Wählen Sie eine zimmermannmäßige Verbindung für den Anschluss eines Kopfbandes aus!

Skizzieren Sie Ihre gewählte Holzverbindung in der Vorlage ein!

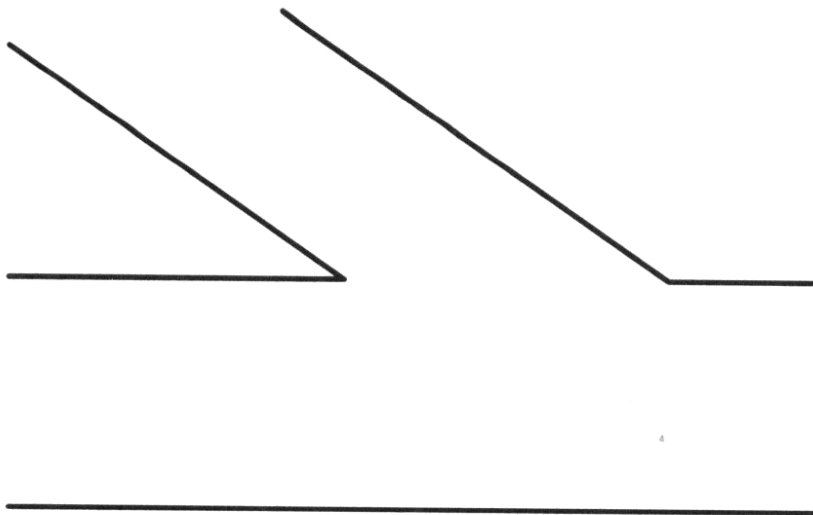


Teil 3: Problemlösendes Wissen

13. Für die in der Zeichnung dargestellte Holzkonstruktion ist der Fußpunkt der Strebe nicht dargestellt.



Skizzieren Sie einen Doppelversatz für den Fußpunkt der Strebe im Maßstab 1:5 cm und bemaßen Sie die Tiefe der Versätze.



M 1:5

Beschreiben Sie eine wesentliche konstruktive Ausführung dieses Versatzes.

2. Nachtest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel, außer einem Taschenrechner, benutzt werden. Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch. Es darf also nur eine Auswahlantwort angekreuzt werden. Werden mehr als eine angekreuzt, so gilt die Aufgabe als nicht gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgaben dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

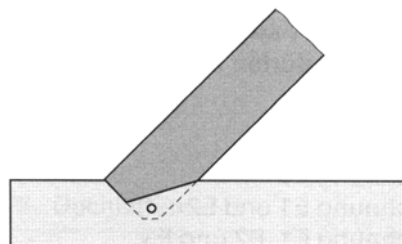
Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Wovor muss Holz nicht geschützt werden?

- ① Wasser
- ② Feuer
- ③ Insekten
- ④ Metallen
- ⑤ Pilzen

2. Welche Holzverbindung wird im Bild dargestellt?

- ① Verzapfung
- ② Stirnversatz
- ③ Doppelter Versatz
- ④ Fersenversatz
- ⑤ Ausschabung



3. Was verstehen Sie unter dem Begriff „Arbeiten des Holzes“?

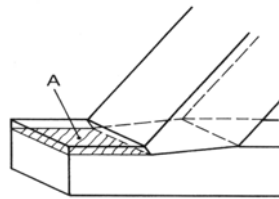
- ① Bildung neuer Zellen im Kambium
- ② Faserbeanspruchung beim Durchbiegen des Balkens
- ③ Formveränderung bei Feuchtigkeitsaufnahme bzw. Feuchtigkeitsabgabe
- ④ Wachstum im Frühjahr
- ⑤ Herstellung von Schnittholz aus Baumstämmen

4. Was bedeutet die Angabe MS 10 bei Nadel schnittholz?

- ① Holz im mittel 10 cm breit
- ② Mitte des Stammdurchmessers 10 cm
- ③ Sortierklasse 10, maschinell sortiert
- ④ mittlere Schicht
- ⑤ Bauschnittholz mit 1/10 h Baumkante

5. Wie wird die in der Skizze mit A bezeichnete Fläche genannt?

- ① Festigkeitsfläche
- ② Scherfläche
- ③ Auflagerfläche
- ④ Druckfläche
- ⑤ Haftfläche



6. Welche der zimmermannsmäßigen Holzverbindungen nutzt man für Schrägverbindungen?

- ① gerades Hakenblatt
- ② Winkelzapfen
- ③ Scherblatt
- ④ schräger Brustzapfen
- ⑤ Stirnversatz

7. Welcher Trockenheitsgrad kann bei der natürlichen Holz Trocknung erreicht werden?

- ① 5 % bis 7 %
- ② 8 % bis 10 %
- ③ 11 % bis 13 %
- ④ 14 % bis 16 %
- ⑤ 17 % bis 19 %

8. Welches Querschnittsmaß gehört zu Balken?

- ① 16 cm / 18 cm
- ② 40 mm / 60 mm
- ③ 6 cm / 6 cm
- ④ 10 cm / 20 cm
- ⑤ 24 mm / 48 mm

9. Welches der dargestellten Holzquerschnitte ist eine Dachlatte?

- ① Bild 1
- ② Bild 2
- ③ Bild 3
- ④ Bild 4
- ⑤ Bild 5

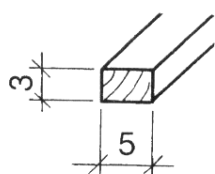


Bild 1

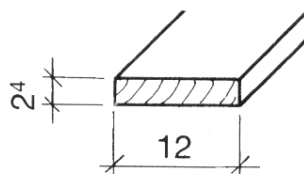


Bild 2

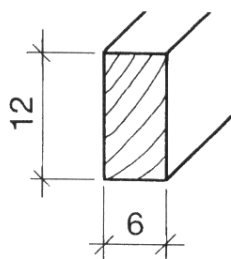


Bild 3

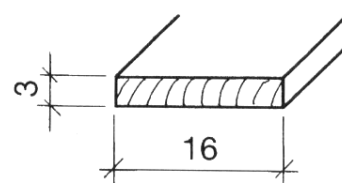


Bild 4

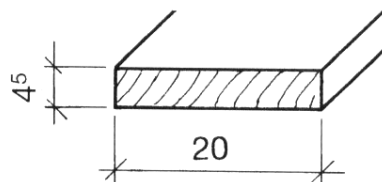


Bild 5

Teil 2: Prozedurales Wissen

10. Wie würden Sie frisch gefälltes Holz für eine langfristig (ca. 3 Jahre) geplante Baumaßnahme trocknen?

Begründen Sie ihre Entscheidung in zwei kurzen Stichpunkten!

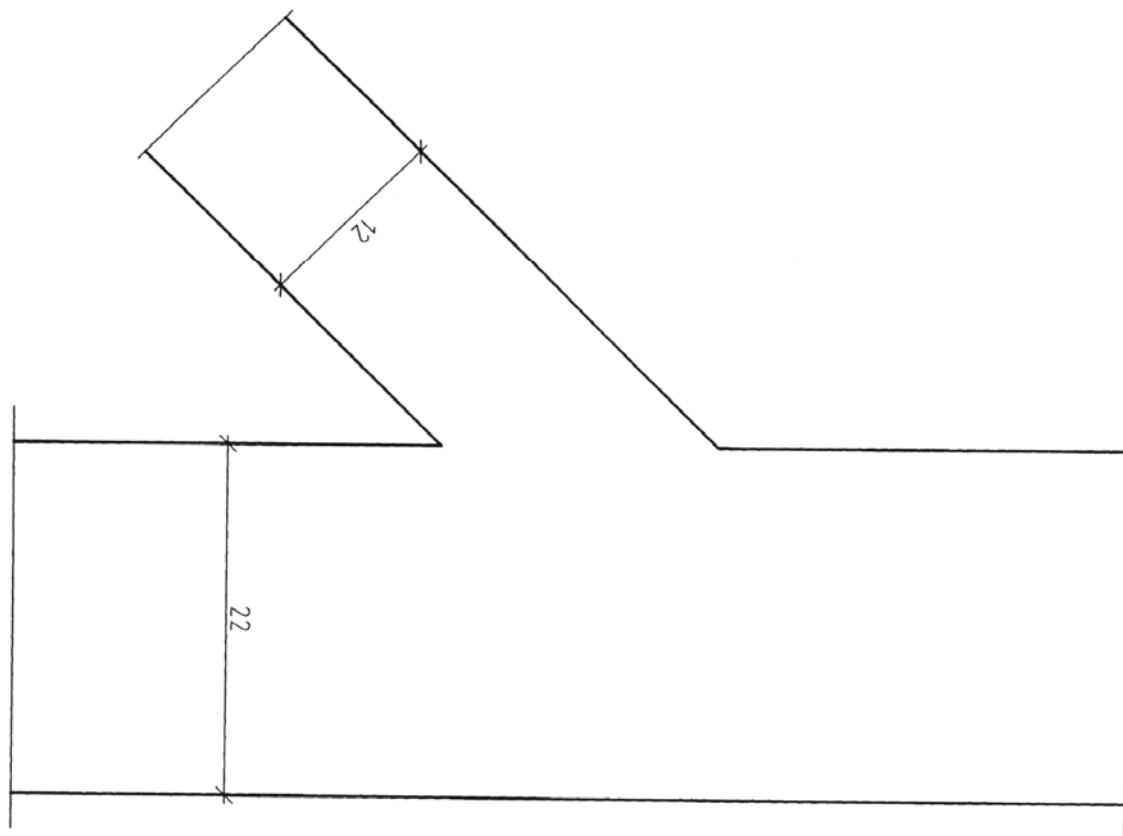
11. Welche Maßnahmen des Holzschutzes würden Sie anwenden um die Holzkonstruktion in der Abbildung zu schützen? Begründen Sie Ihre Entscheidung in einem Stichpunkt!



Balkon -
geländer

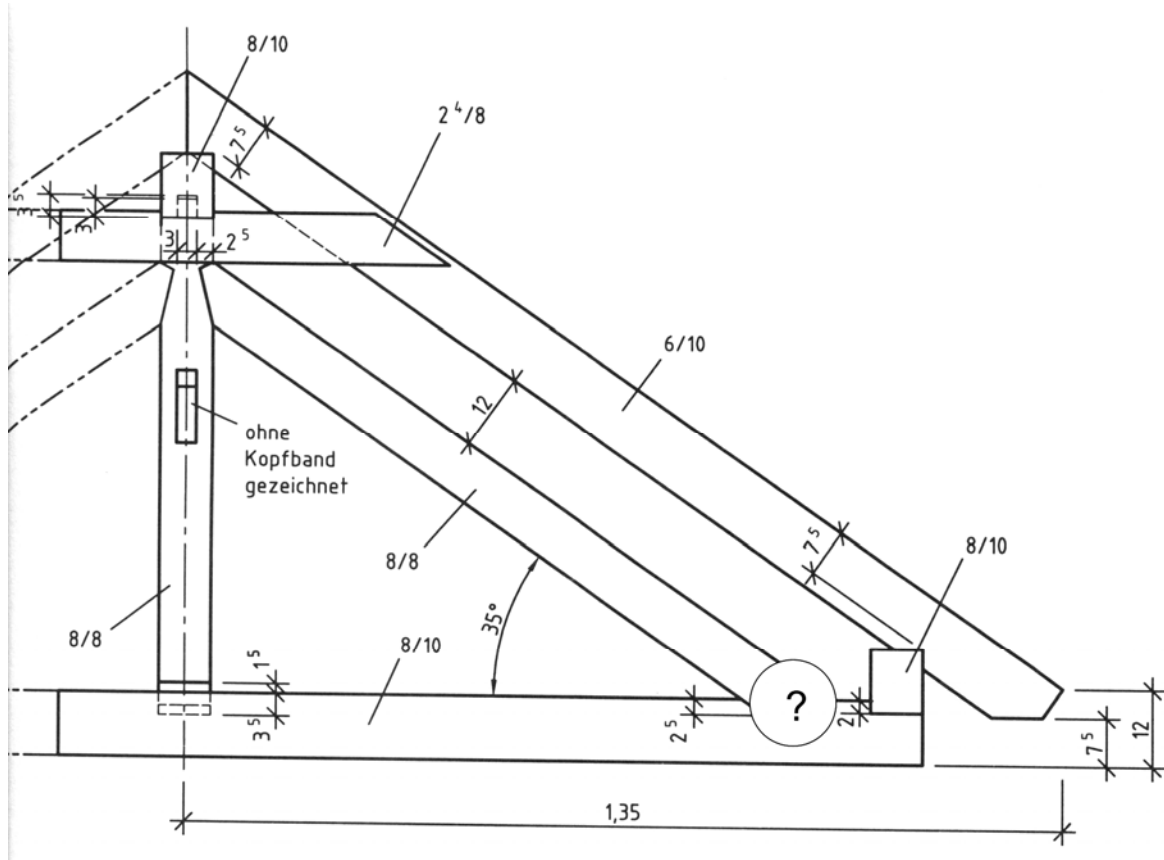
12. Wählen Sie eine zimmermannsmäßige Verbindung für den Anschluss eines Kopfbandes aus!

Skizzieren Sie Ihre gewählte Holzverbindung in der Vorlage ein!

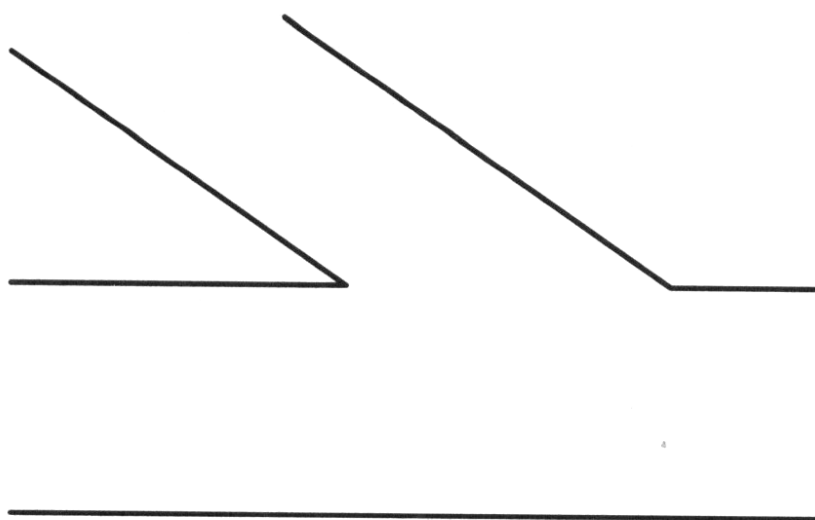


Teil 3: Problemlösendes Wissen

13. Für die in der Zeichnung dargestellte Holzkonstruktion ist der Fußpunkt der Strebe nicht dargestellt.



Skizzieren Sie einen Doppelversatz für den Fußpunkt der Strebe im Maßstab 1:5 cm und bemaßen Sie die Tiefe der Versätze.



M 1:5

Beschreiben Sie eine wesentliche konstruktive Ausführung dieses Versatzes.

Bewertungsraster

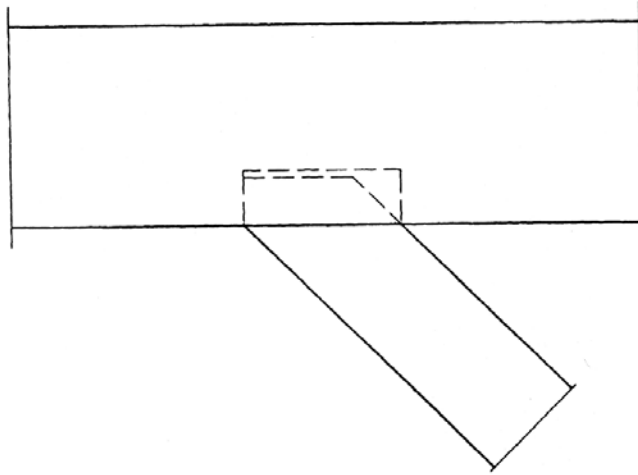
In jedem Teilbereich der Tests (Deklaratives Wissen, Prozedurales Wissen und Problemlösungswissen) konnten maximal 9 Punkte erreicht werden.

1. VortestTeil 1: Deklaratives Wissen

1.	④	1 Punkt
2.	②	1 Punkt
3.	①	1 Punkt
4.	④	1 Punkt
5.	②	1 Punkt
6.	②	1 Punkt
7.	④	1 Punkt
8.	②	1 Punkt
9.	⑤	1 Punkt
<u>Summe:</u>		9 Punkte

Teil 2: Prozedurales Wissen

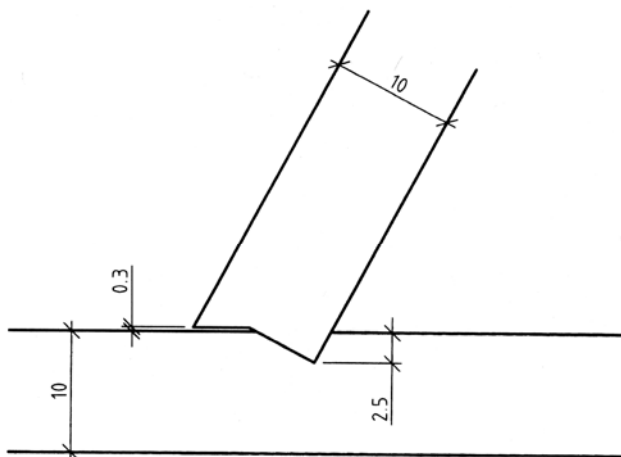
10.		
	- natürliche Trocknung – genügend Zeit zur Verfügung	1 Punkt
	- Holz mit Abstandshaltern stapeln – Luft kann zirkulieren	1 Punkt
	- Holz überdacht – Schutz vor Niederschlägen	1 Punkt
11.		
	- Holz streichen	1 Punkt
	- Schutz vor Niederschlägen und der Witterung	1 Punkt
	- Schutz vor Insekten	1 Punkt
12.		
	- schräger Zapfen – eine Möglichkeit	3 Punkte



Summe: 9 Punkte

Teil 3: Problemlösungswissen

13.



M 1:5 cm

- Versatztiefe $\frac{1}{4}$ der Höhe, entspricht bei 10 cm Höhe 2,5 cm
- muss in der Horizontalen bis zur Ferse zirka 3 mm Luft haben

Summe: 9 Punkte

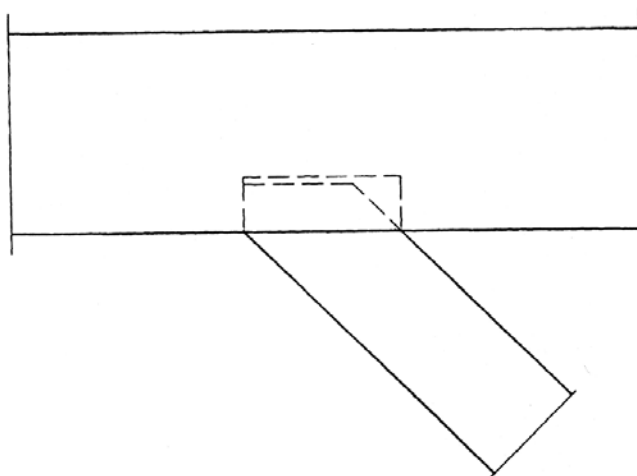
2. VortestTeil 1: Deklaratives Wissen

- | | | |
|----|---|---------|
| 1. | ① | 1 Punkt |
| 2. | ① | 1 Punkt |
| 3. | ③ | 1 Punkt |
| 4. | ③ | 1 Punkt |
| 5. | ② | 1 Punkt |
| 6. | ④ | 1 Punkt |
| 7. | ② | 1 Punkt |
| 8. | ② | 1 Punkt |
| 9. | ④ | 1 Punkt |

Summe: 9 Punkte

Teil 2: Prozedurales Wissen

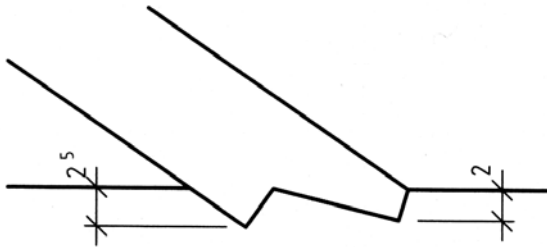
- 10.
- natürliche Trocknung – genügend Zeit zur Verfügung 1 Punkt
 - Holz mit Abstandshaltern stapeln – Luft kann zirkulieren 1 Punkt
 - Holz überdacht – Schutz vor Niederschlägen 1 Punkt
- 11.
- Holz streichen 1 Punkt
 - Schutz vor Niederschlägen und der Witterung 1 Punkt
 - Schutz vor Insekten 1 Punkt
- 12.
- schräger Zapfen – eine Möglichkeit 3 Punkte



Summe: 9 Punkte

Teil 3: Problemlösungswissen

13.



Doppelversatz

- $t_2 = 1/6$ bis $1/4$ h
- $t_1 = 0,8 \times t_2 \geq t_2 - 1$ cm
- $\alpha / 2$ – Stirnversatz
- rechter Winkel – Fersenversatz

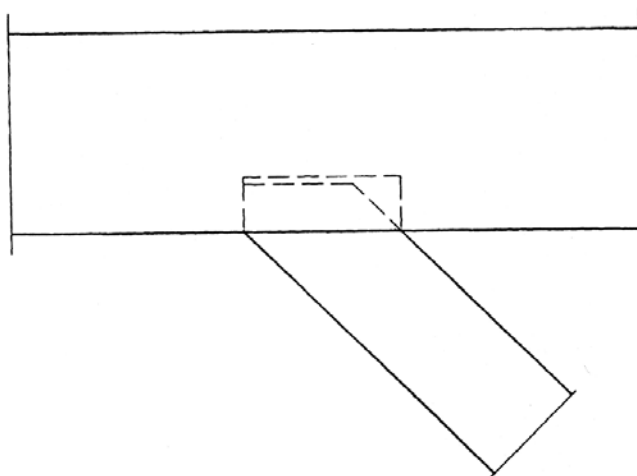
Summe: **9 Punkte**

1. NachttestTeil 1: Deklaratives Wissen

- | | | |
|----|---|---------|
| 1. | ⑤ | 1 Punkt |
| 2. | ① | 1 Punkt |
| 3. | ④ | 1 Punkt |
| 4. | ④ | 1 Punkt |
| 5. | ② | 1 Punkt |
| 6. | ③ | 1 Punkt |
| 7. | ② | 1 Punkt |
| 8. | ① | 1 Punkt |
| 9. | ③ | 1 Punkt |

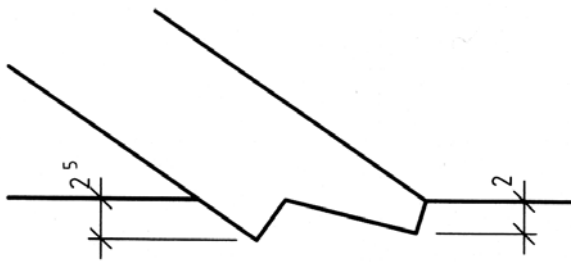
Summe: 9 PunkteTeil 2: Prozedurales Wissen

- | | | |
|-----|--|----------|
| 10. | | |
| | - natürliche Trocknung – genügend Zeit zur Verfügung | 1 Punkt |
| | - Holz mit Abstandshaltern stapeln – Luft kann zirkulieren | 1 Punkt |
| | - Holz überdacht – Schutz vor Niederschlägen | 1 Punkt |
| 11. | | |
| | - Holz streichen | 1 Punkt |
| | - Schutz vor Niederschlägen und der Witterung | 1 Punkt |
| | - Schutz vor Insekten | 1 Punkt |
| 12. | | |
| | - schräger Zapfen – eine Möglichkeit | 3 Punkte |

**Summe: 9 Punkte**

Teil 3: Problemlösungswissen

13.

**Doppelversatz**

- $t_2 = 1/6$ bis $1/4$ h
- $t_1 = 0,8 \times t_2 \geq t_2 - 1$ cm
- $\alpha / 2$ – Stirnversatz
- rechter Winkel – Fersenversatz

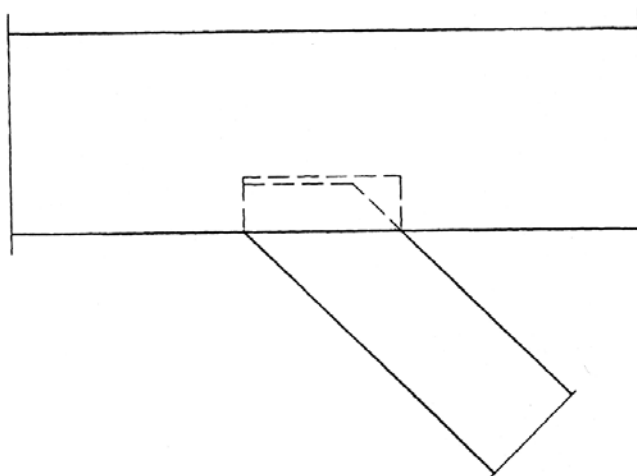
Summe: 9 Punkte

2. NachttestTeil 1: Deklaratives Wissen – pro Aufgabe gibt es einen Punkt

- | | | |
|----|---|---------|
| 1. | ④ | 1 Punkt |
| 2. | ② | 1 Punkt |
| 3. | ③ | 1 Punkt |
| 4. | ③ | 1 Punkt |
| 5. | ② | 1 Punkt |
| 6. | ⑤ | 1 Punkt |
| 7. | ④ | 1 Punkt |
| 8. | ④ | 1 Punkt |
| 9. | ① | 1 Punkt |

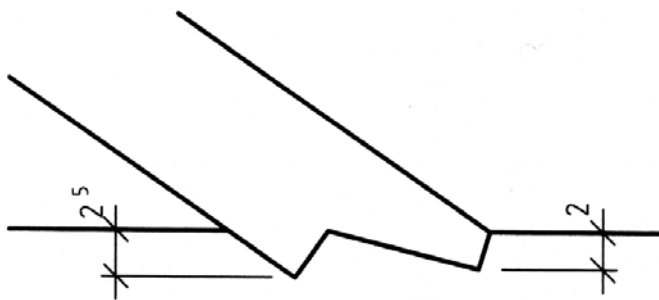
Summe: **9 Punkte**Teil 2: Prozedurales Wissen

- | | | |
|-----|--|----------|
| 10. | | |
| | - natürliche Trocknung – genügend Zeit zur Verfügung | 1 Punkt |
| | - Holz mit Abstandshaltern stapeln – Luft kann zirkulieren | 1 Punkt |
| | - Holz überdacht – Schutz vor Niederschlägen | 1 Punkt |
| 11. | | |
| | - Holz streichen | 1 Punkt |
| | - Schutz vor Niederschlägen und der Witterung | 1 Punkt |
| | - Schutz vor Insekten | 1 Punkt |
| 12. | | |
| | - schräger Zapfen – eine Möglichkeit | 3 Punkte |

Summe: **9 Punkte**

Teil 3: Problemlösungswissen – für diese Aufgabe gibt es neun Punkte

13.



Doppelversatz

- $t_2 = 1/6$ bis $1/4 h$
- $t_1 = 0,8 \times t_2 \geq t_2 - 1 \text{ cm}$
- $\alpha / 2$ – Stirnversatz
- rechter Winkel – Fersenversatz

Summe: 9 Punkte

III.2 Tests Teilstudie II

Tests Teilstudie II

1. Vortest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen Ihnen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel benutzt werden.

Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch.

Es darf daher *nur eine* Auswahlantwort angekreuzt werden.

Kreuzen Sie *mehr* als eine Antwort an, gilt die Aufgabe als *nicht* gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgabe dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Welcher der Rohstoffe wird für die Zementherstellung verwendet?

- ① Gipsstein
- ② Kalkstein
- ③ Bimsstein
- ④ Natürliches Anhydrit
- ⑤ Sandstein

2. Welche Gesteinskörnung ist günstig für Normalbeton?

- ① Sand- und Kiesgemisch aus verschiedenen Korngrößen
- ② Kiesgemisch aus großen, festen Körnern
- ③ Grobkies
- ④ Schotter
- ⑤ Kleine, feste Körner

3. Sie haben einen Stahlbetonträger betoniert. Wann erreicht der Beton seine Nennfestigkeit?

- ① Nach 12 Stunden
- ② Nach 24 Stunden
- ③ Nach 5 Tagen
- ④ Nach 14 Tagen
- ⑤ Nach 28 Tagen

4. Was bedeutet in der Betonbezeichnung C25/30 die Zahl 30?

- ① Rohdichte in $3,0 \text{ kg/dm}^3$
- ② Größtkorn 30 mm
- ③ Wasserzementwert 0,30
- ④ Mindestdruckfestigkeit von Würfeln 30 N/mm^2
- ⑤ Mindestzementgehalt 300 kg/m^3

5. Was ist Baustellenbeton?

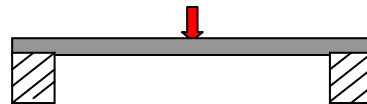
- ① Ein Beton, der auf der Baustelle verarbeitet wird
- ② Ein auf der Baustelle zusammengestellter und gemischter Beton
- ③ Beton, der auf die Baustelle geliefert wird
- ④ Der für die Einrichtung einer Baustelle nötige Beton
- ⑤ Auf der Baustelle gibt es nur Baustellenbeton

6. In welcher Konsistenz wird Frischbeton im Regelfall für Stahlbeton verarbeitet?

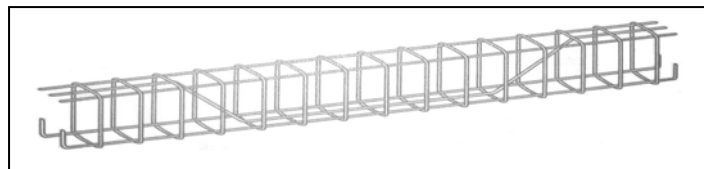
- ① F1 – steif
- ② F2 – plastisch
- ③ F3 – weich
- ④ F4 – sehr weich
- ⑤ F5 – fließfähig

7. Welche Spannungen treten in einem belasteten Stahlbetonbalken auf?

- ① Keine, die Lasten werden abgeleitet
- ② Oben und unten Biegezugspannungen
- ③ Oben und unten Biegedruckspannungen
- ④ Oben Biegezug- und unten Biegedruckspannungen
- ⑤ Oben Biegedruck- und unten Biegezugspannungen

**8. Für welches Bauteil ist der dargestellte Bewehrungskorb geeignet?**

- ① Stahlbetonbalken
- ② Bewehrte Einzelfundamente
- ③ Stahlbetonstützwände
- ④ Stahlbetonstützen
- ⑤ Stahlbetonrundstützen

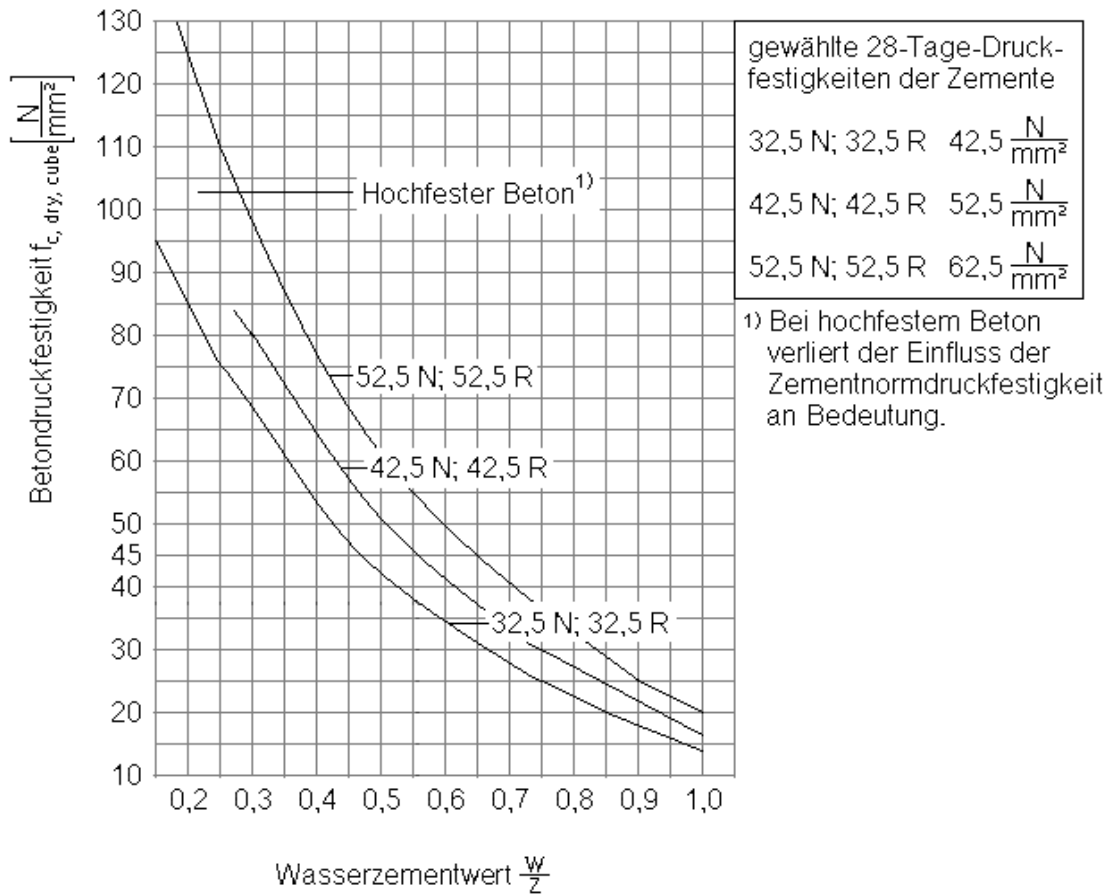
**9. Welchen Zweck hat das Aufbringen von Schalöl auf die Schaltafeln?**

- ① Das Ausschalen wird erleichtert
- ② Die Schaltafeln werden sauber
- ③ Die Lücken zwischen den Schalbrettern werden geschlossen
- ④ Das Betonieren wird einfacher
- ⑤ Der Beton wird besser verdichtet

Teil 2: Prozedurales Wissen

10. Ermitteln Sie die zu erwartende Druckfestigkeit mittels nachfolgendem Diagramm für einen CEM II/A-S 42,5 R und einem Wasserzementwert $w/z = 0,4$!

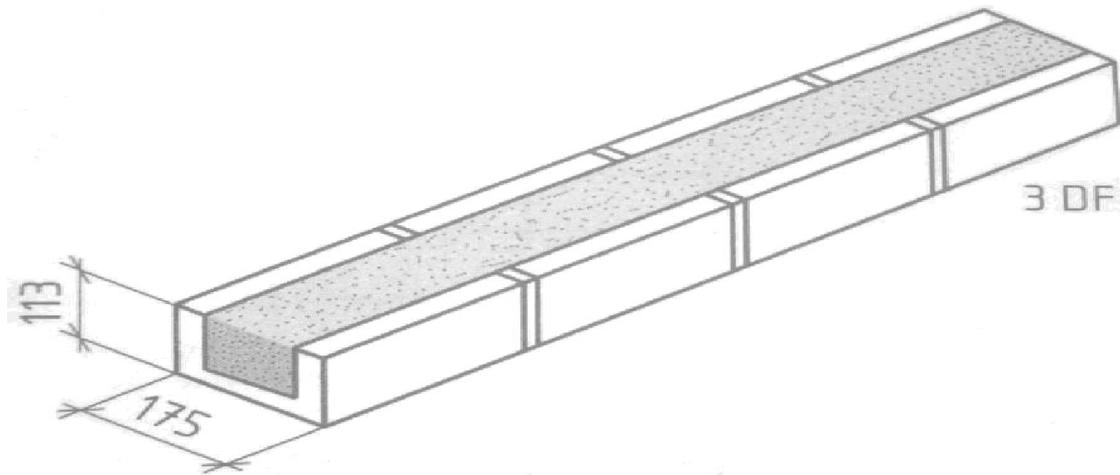
Betonfestigkeit $f_c =$ _____ N/mm^2



11. Zeichnen Sie in den Querschnitt (Abbildung 2) des skizzierten Flachsturzes (Abbildung 1) die Lage der 3 notwendigen Betonstabstähle BST 420 S ein!

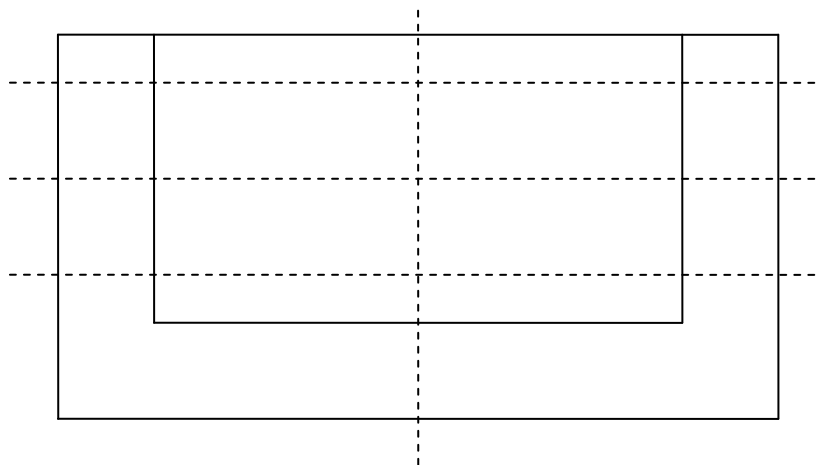
Skizze:

(Abbildung 1)



Querschnitt:

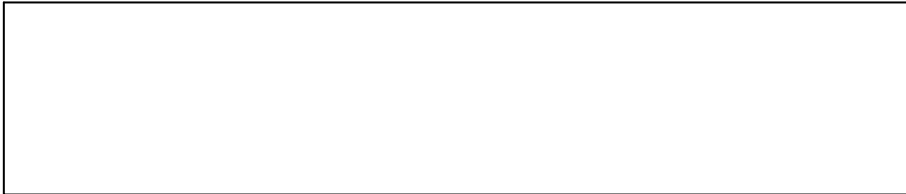
(Abbildung 2)



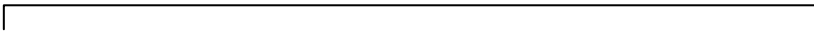
Begründen Sie mit einem Stichpunkt ihre Entscheidung!

12. (PESCHEL, BEDER, KIRCHHOFF, REINECKE & ZWER, 2005) >3293 & 4201<
Zeichnen Sie die Biegeformen entsprechend ihrer Funktion in den Längsschnitt (Skizze) ein.

Skizze:



①



Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
 Funktion: Montagestäbe (Montagehilfe)

②



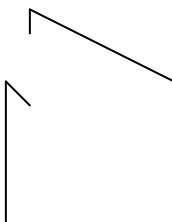
Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
 Funktion: Aufnahme von Zugkräften

③



Biegeform: zweiseitig aufgebogener Stab
 Funktion: Aufnahme von Zug- und Schubspannungen

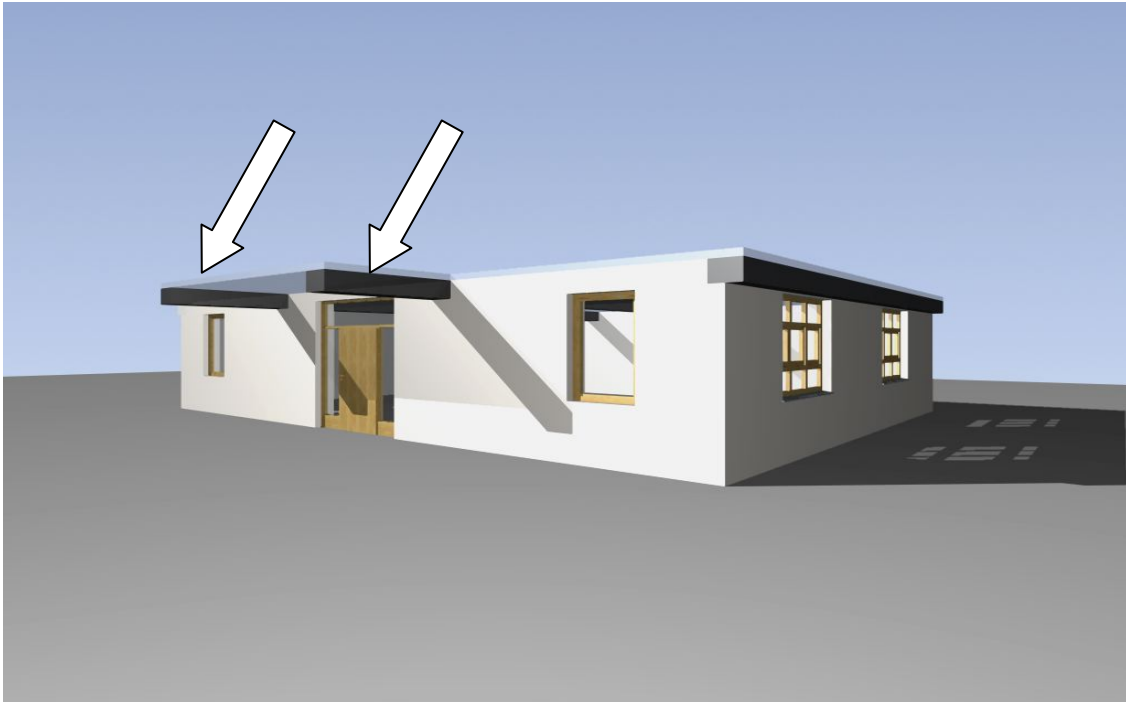
④



Biegeform: Bügel geschlossen mit Haken
 Funktion: Aufnahme von Schubspannungen und Montagehilfe

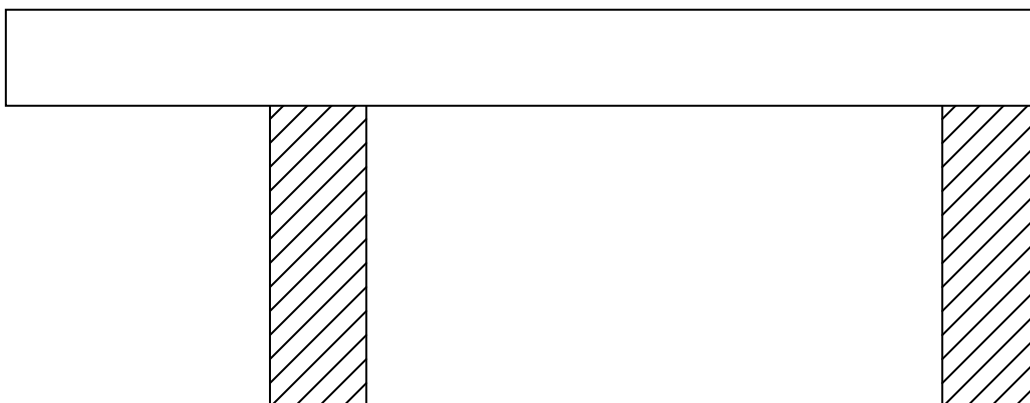
Teil 3: Problemlösendes Wissen

13. Sie haben den Auftrag 2 Kragarme für eine Baumaßnahme (Überdachung einer Eingangstür) zu erstellen. Der Architekt hat den Materialbedarf an Stahl ausgerechnet, aber versäumt die Lage der Bewehrungen einzuzichnen. Eine schematische Darstellung finden Sie unten. Zeichnen Sie in diese Darstellung die richtige Lage der Bewehrung und begründen Sie kurz auf Seite 7!



Zeichnen Sie in die Skizze (Längsschnitt) die prinzipielle Lage der Bewehrung eines Kragarmes! Beachten Sie die Betondeckung der Bewehrung!

Skizze:



Begründen Sie kurz Ihre konstruktive Ausführung, für die Lage der Bewehrungen in diesem Kragarm!

2. Vortest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen Ihnen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel benutzt werden.

Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch.

Es darf daher *nur eine* Auswahlantwort angekreuzt werden.

Kreuzen Sie *mehr* als eine Antwort an, gilt die Aufgabe als *nicht* gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgabe dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Welches Material ist Hauptbestandteil des Portlandzements?

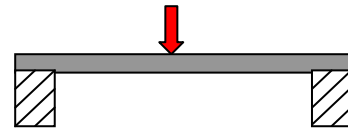
- ① Zementklinker
- ② Hüttensand
- ③ Natürliches Puzzolan
- ④ Kieselsäurereiche Flugasche
- ⑤ Gebrannter Schiefer

2. Welche Korneigenschaft ist für die Gesteinskörnung *ungünstig*?

- ① Frostbeständigkeit
- ② Hohe Kornfestigkeit
- ③ Gedrungene Kornform
- ④ Mäßig raue Kornoberfläche
- ⑤ Plattige, längliche Kornform

3. Welche Spannungen treten in einem belasteten Stahlbetonbalken auf?

- ① Oben und unten Biegedruckspannungen
- ② Oben Biegedruck- und unten Biegezugspannungen
- ③ Keine, die Lasten werden abgeleitet
- ④ Oben Biegezug- und unten Biegedruckspannungen
- ⑤ Oben und unten Biegezugspannungen

**4. Was bedeutet in der Betonbezeichnung C16/20 die Zahl 20?**

- ① Mindestzementgehalt 200 kg/ m³
- ② Mindestdruckfestigkeit von Würfeln 20 N/mm²
- ③ Wasserzementwert 0,20
- ④ Größtkorn 20 mm
- ⑤ Rohdichte in 2,0 kg/dm³

5. Was ist Baustellenbeton?

- ① Auf der Baustelle gibt es nur Baustellenbeton
- ② Der für die Einrichtung einer Baustelle nötige Beton
- ③ Beton, der auf die Baustelle geliefert wird
- ④ Ein auf der Baustelle zusammengestellter und gemischter Beton
- ⑤ Ein Beton, der auf der Baustelle verarbeitet wird

6. Was bedeutet „Konsistenz“ von Frischbeton?

- ① Abriebfestigkeit
- ② Druckfestigkeit
- ③ Wasseraufnahmefähigkeit
- ④ Steifigkeit
- ⑤ Qualität

7. Wann muss die charakteristische Festigkeit f_{ck} von Beton nach DIN EN 12390-2 erreicht sein?

- ① Nach 1 Stunde
- ② Nach 12 Stunden
- ③ Nach 1 Tag
- ④ Nach 14 Tagen
- ⑤ Nach 28 Tagen

8. Welches Zugabewasser ist ohne besondere Prüfung für die Betonherstellung geeignet?

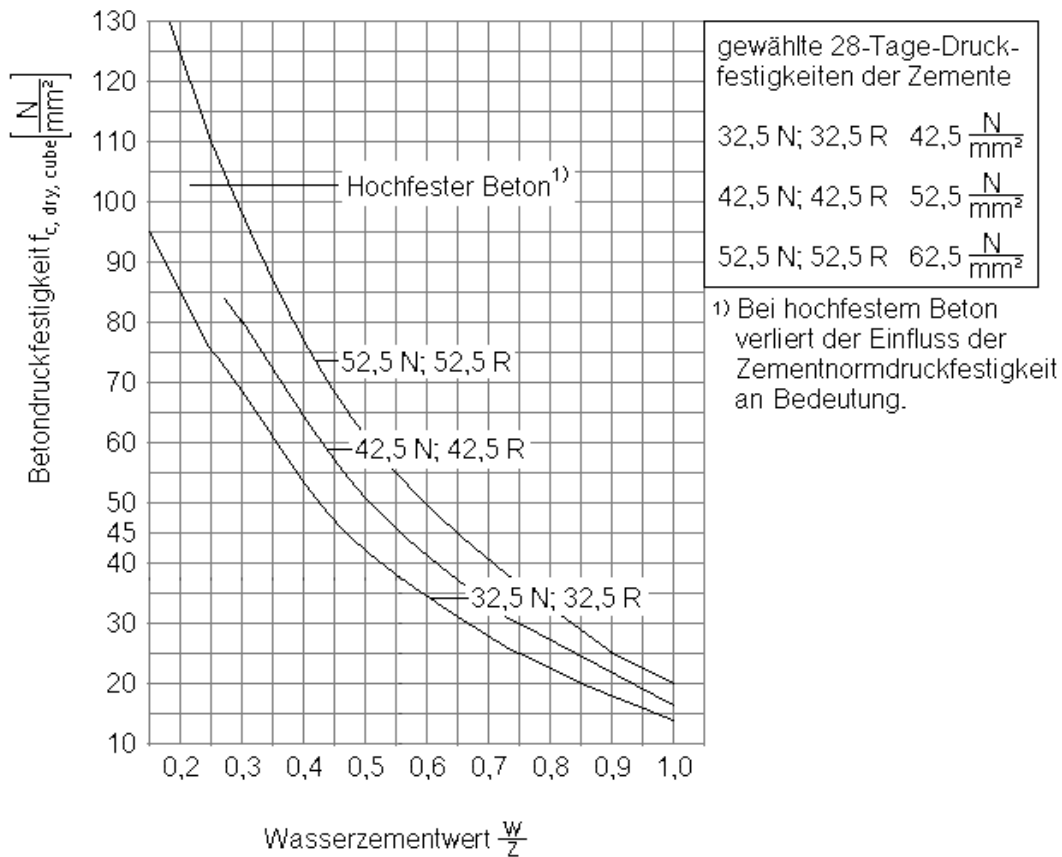
- ① Wasser aus einem Fluss
- ② Meerwasser
- ③ Wasser aus öffentlichen Trinkwasserversorgungsleitungen
- ④ Regenwasser
- ⑤ Wasser aus einem Tümpel ohne Zu- und Ablauf

9. Welches Material eignet sich *nicht* für die Schalhaut?

- ① Brettschalung
- ② Platten aus Holz bzw. Holzwerkstoffen
- ③ Gipskartonplatten
- ④ Stahlschalung
- ⑤ Kunststoffschalung

Teil 2: Prozedurales Wissen

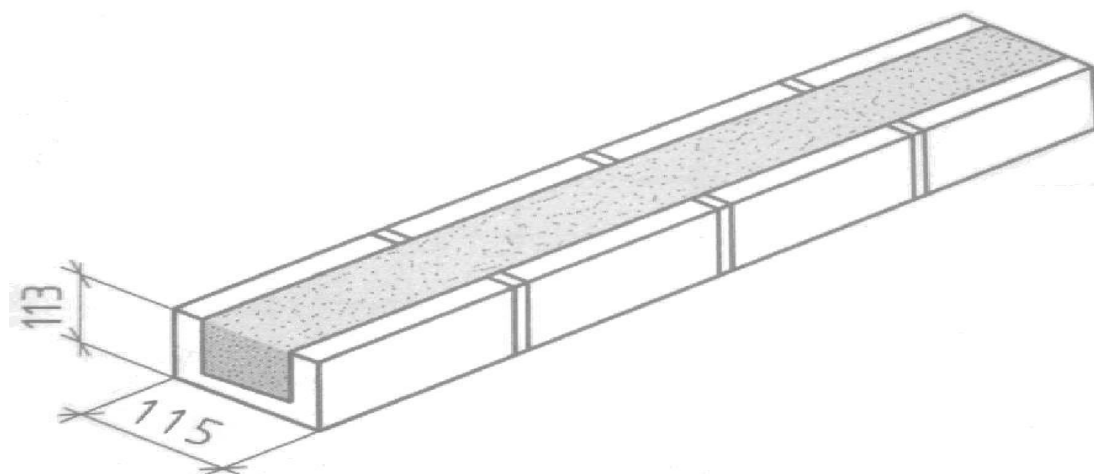
10. Ermitteln Sie die zu erwartende Druckfestigkeit mittels nachfolgendem Diagramm für einen CEM II/A-S 52,5 N und einem Wasserzementwert $w/z = 0,6$!
 Betonfestigkeit $f_c =$ _____ N/mm^2



11. Zeichnen Sie in den Querschnitt (Abbildung 2) des skizzierten Flachsturzes (Abbildung 1) die Lage der 2 notwendigen Betonstabstähle BST 420 S ein!

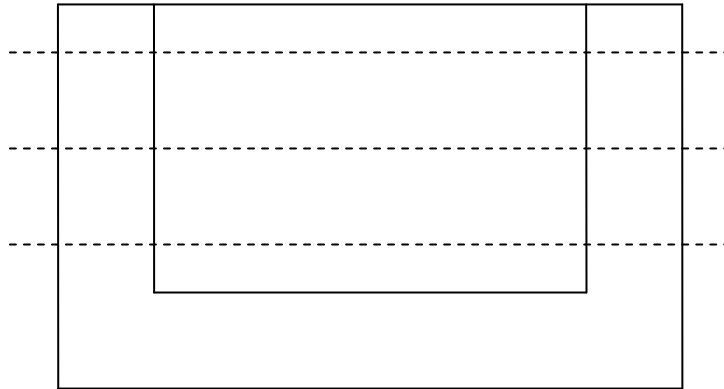
Skizze:

(Abbildung 1)



2 DF

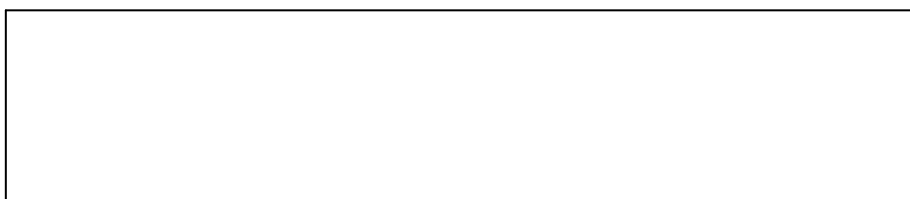
Querschnitt:
(Abbildung 2)



Begründen Sie mit einem Stichpunkt ihre Entscheidung!

12. Zeichnen Sie die Biegeformen entsprechend ihrer Funktion in den Längsschnitt (Skizze) ein.

Skizze:

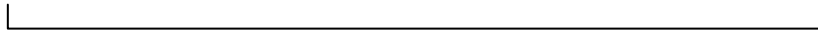


①



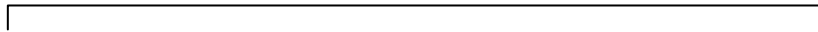
Biegeform: zweiseitig aufgebogener Stab
 Funktion: Aufnahme von Zug- und Schubspannungen

②



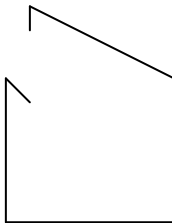
Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
Funktion: Aufnahme von Zugkräften

③



Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
Funktion: Montagestäbe (Montagehilfe)

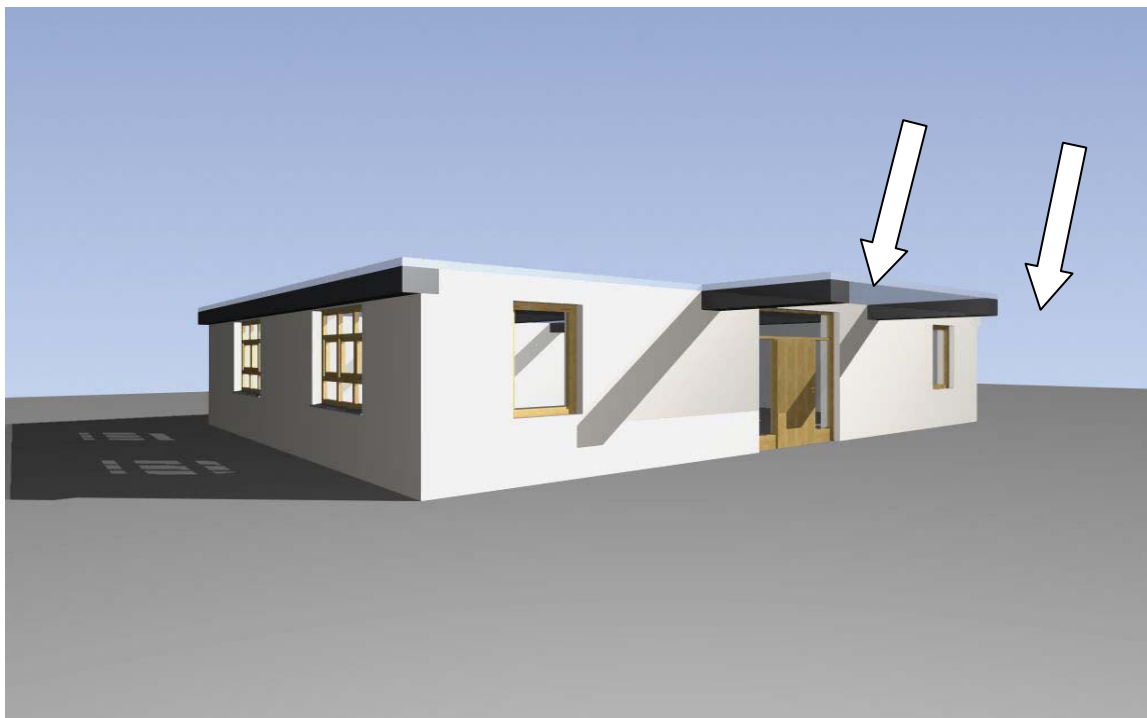
④



Biegeform: Bügel geschlossen mit Haken
Funktion: Aufnahme von Schubspannungen und Montagehilfe

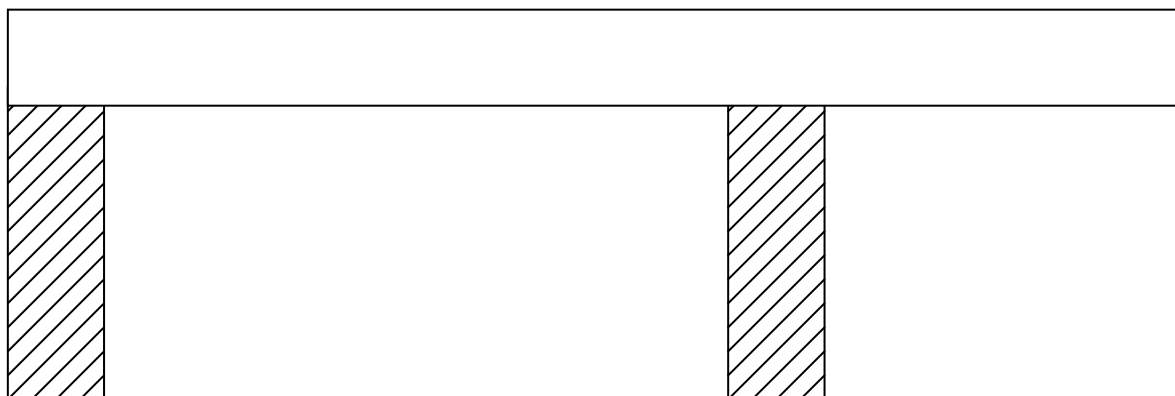
Teil 3: Problemlösendes Wissen

13. Sie haben den Auftrag 2 Kragarme für eine Baumaßnahme (Überdachung einer Eingangstür) zu erstellen. Der Architekt hat den Materialbedarf an Stahl ausgerechnet, aber versäumt die Lage der Bewehrungen einzuzuzeichnen. Eine schematische Darstellung finden Sie unten. Zeichnen Sie in diese Darstellung die richtige Lage der Bewehrung und begründen Sie kurz auf Seite 7!



Zeichnen Sie in die Skizze (Längsschnitt) die prinzipielle Lage der Bewehrung eines Kragarmes! Beachten Sie die Betondeckung der Bewehrung!

Skizze:



Begründen Sie kurz Ihre konstruktive Ausführung, für die Lage der Bewehrungen in diesem Kragarm!

1. Nachtest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen Ihnen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel benutzt werden.

Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch.

Es darf daher *nur eine* Auswahlantwort angekreuzt werden.

Kreuzen Sie *mehr* als eine Antwort an, gilt die Aufgabe als *nicht* gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgabe dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Welcher der Rohstoffe wird für die Zementherstellung verwendet?

- ① Gipsstein
- ② Kalkstein
- ③ Bimsstein
- ④ Natürliches Anhydrit
- ⑤ Sandstein

2. Welche Gesteinskörnung ist günstig für Normalbeton?

- ① Sand- und Kiesgemisch aus verschiedenen Korngrößen
- ② Kiesgemisch aus großen, festen Körnern
- ③ Grobkies
- ④ Schotter
- ⑤ Kleine, feste Körner

3. Was ist Baustellenbeton?

- ① Ein Beton, der auf der Baustelle verarbeitet wird
- ② Ein auf der Baustelle zusammengestellter und gemischter Beton
- ③ Beton, der auf die Baustelle geliefert wird
- ④ Der für die Einrichtung einer Baustelle nötige Beton
- ⑤ Auf der Baustelle gibt es nur Baustellenbeton

4. Was bedeutet in der Betonbezeichnung C25/30 die Zahl 30?

- ① Rohdichte in $3,0 \text{ kg/dm}^3$
- ② Größtkorn 30 mm
- ③ Wasserzementwert 0,30
- ④ Mindestdruckfestigkeit von Würfeln 30 N/mm^2
- ⑤ Mindestzementgehalt 300 kg/m^3

**5. Sie haben einen Stahlbetonträger betoniert.
Wann erreicht der Beton seine Nennfestigkeit?**

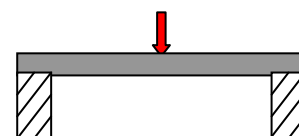
- ① Nach 12 Stunden
- ② Nach 24 Stunden
- ③ Nach 5 Tagen
- ④ Nach 14 Tagen
- ⑤ Nach 28 Tagen

6. Welchen Zweck hat das Aufbringen von Schalöl auf die Schaltafeln?

- ① Das Ausschalen wird erleichtert
- ② Die Schaltafeln werden sauber
- ③ Die Lücken zwischen den Schalbrettern werden geschlossen
- ④ Das Betonieren wird einfacher
- ⑤ Der Beton wird besser verdichtet

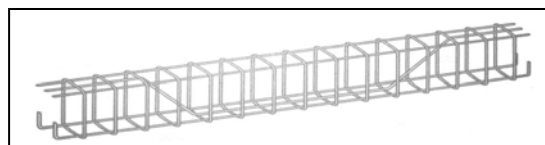
7. Welche Spannungen treten in einem belasteten Stahlbetonbalken auf?

- ① Keine, die Lasten werden abgeleitet
- ② Oben und unten Biegezugspannungen
- ③ Oben und unten Biegedruckspannungen
- ④ Oben Biegezug- und unten Biegedruckspannungen
- ⑤ Oben Biegedruck- und unten Biegezugspannungen



8. Für welches Bauteil ist der dargestellte Bewehrungskorb geeignet?

- ① Stahlbetonbalken
- ② Bewehrte Einzelfundamente
- ③ Stahlbetonstützwände
- ④ Stahlbetonstützen
- ⑤ Stahlbetonrundstützen



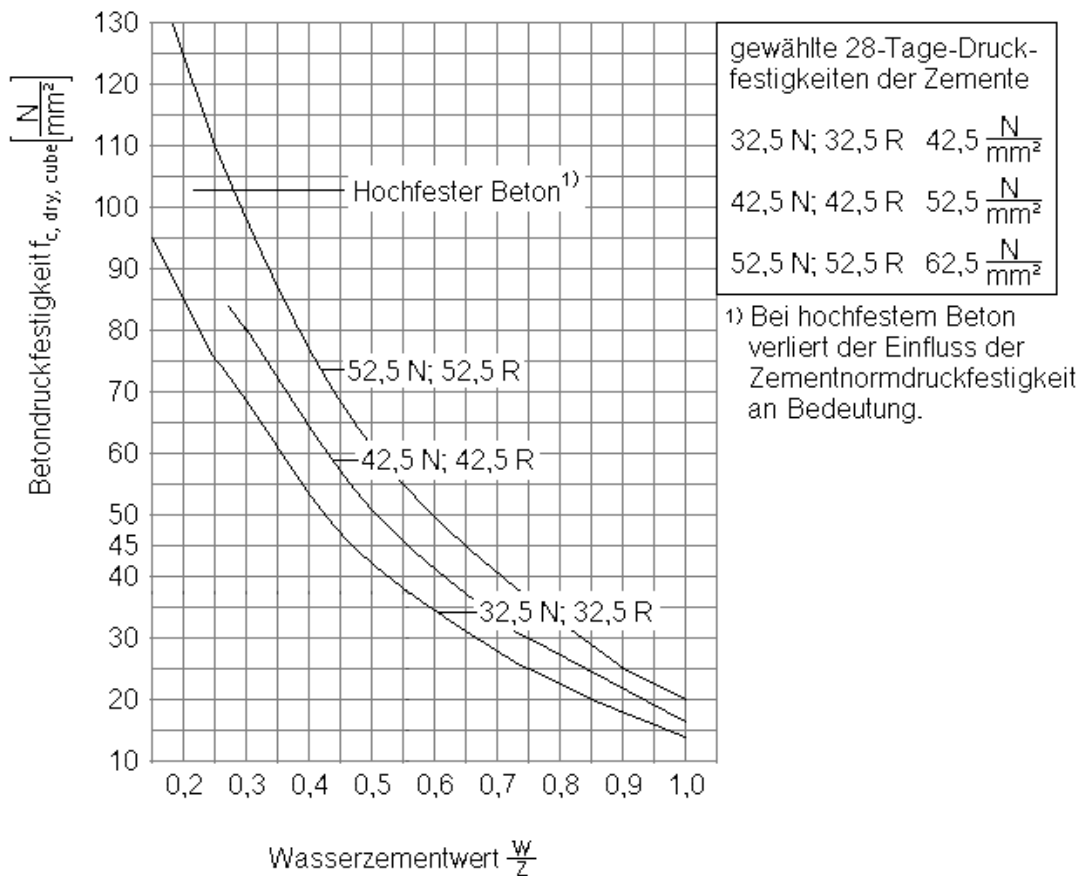
9. In welcher Konsistenz wird Frischbeton im Regelfall für Stahlbeton verarbeitet?

- ① F1 – steif
- ② F2 – plastisch
- ③ F3 – weich
- ④ F4 – sehr weich
- ⑤ F5 – fließfähig

Teil 2: Prozedurales Wissen

10. Ermitteln Sie die zu erwartende Druckfestigkeit mittels nachfolgendem Diagramm für einen CEM II/A-S 42,5 R und einem Wasserzementwert $w/z = 0,4$!

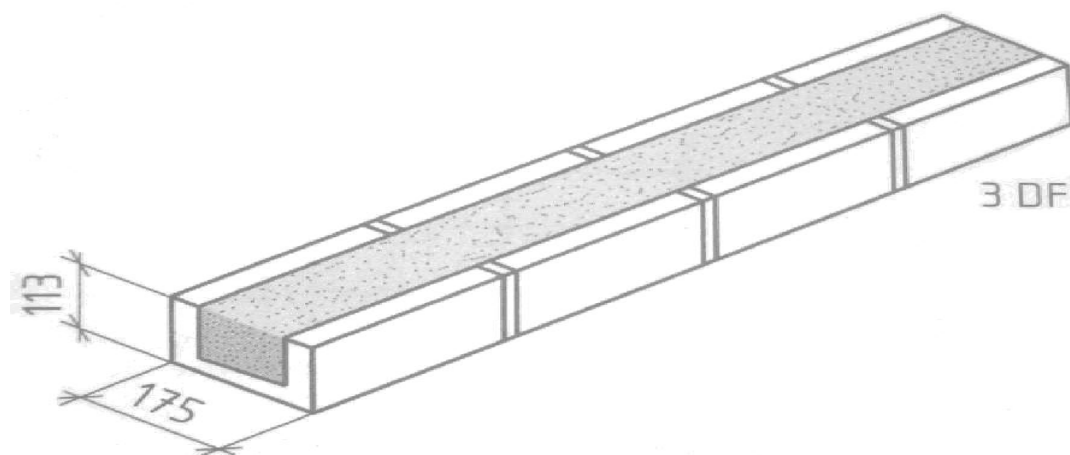
Betonfestigkeit $f_c =$ _____ N/mm^2



11. Zeichnen Sie in den Querschnitt (Abbildung 2) des skizzierten Flachsturzes (Abbildung 1) die Lage der 3 notwendigen Betonstabstähle BST 420 S ein!

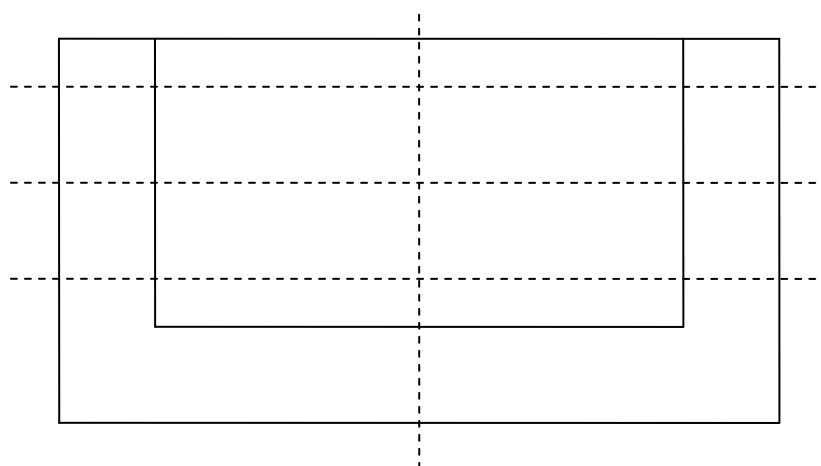
Skizze:

(Abbildung 1)



Querschnitt:

(Abbildung 2)



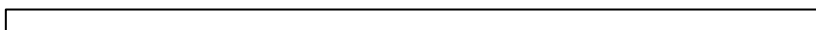
Begründen Sie mit einem Stichpunkt ihre Entscheidung!

12. Zeichnen Sie die Biegeformen entsprechend ihrer Funktion in den Längsschnitt (Skizze) ein.

Skizze:



①



Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
 Funktion: Montagestäbe (Montagehilfe)

②



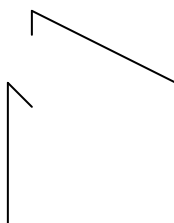
Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
 Funktion: Aufnahme von Zugkräften

③



Biegeform: zweiseitig aufgebogener Stab
 Funktion: Aufnahme von Zug- und Schubspannungen

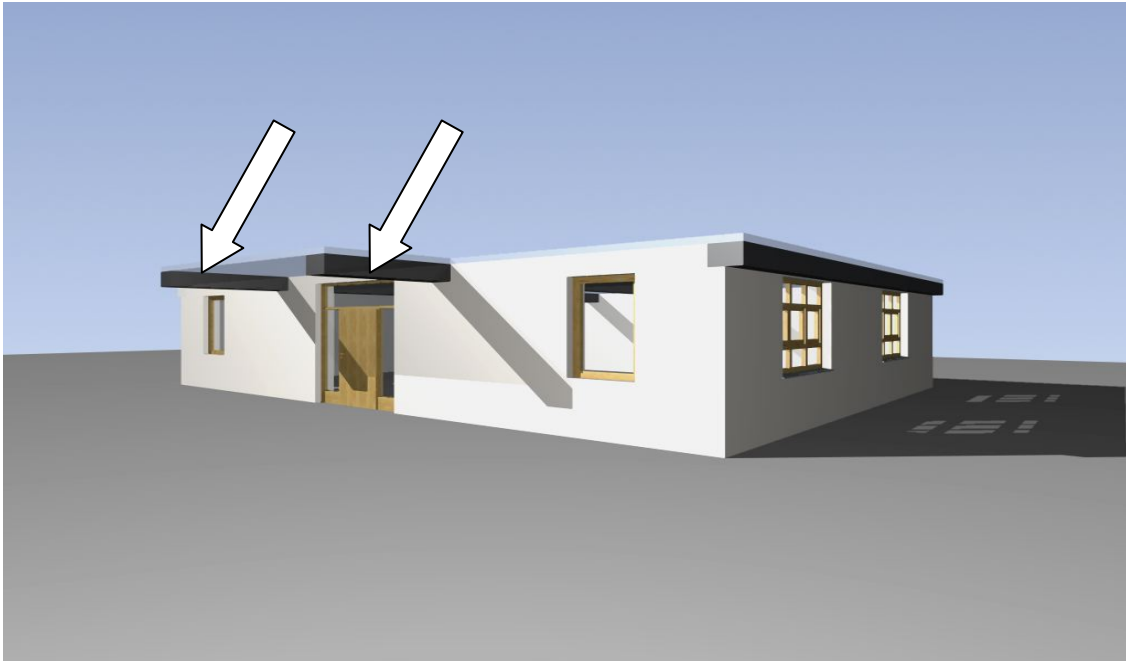
④



Biegeform: Bügel geschlossen mit Haken
 Funktion: Aufnahme von Schubspannungen und Montagehilfe

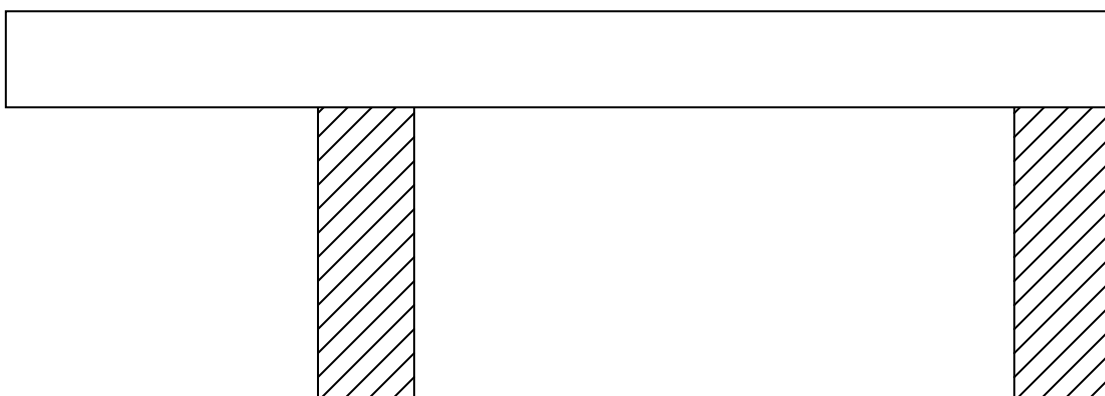
Teil 3: Problemlösendes Wissen

13. Sie haben den Auftrag 2 Kragarme für eine Baumaßnahme (Überdachung einer Eingangstür) zu erstellen. Der Architekt hat den Materialbedarf an Stahl ausgerechnet, aber versäumt die Lage der Bewehrungen einzuzichnen. Eine schematische Darstellung finden Sie unten. Zeichnen Sie in diese Darstellung die richtige Lage der Bewehrung und begründen Sie kurz auf Seite 7!



Zeichnen Sie in die Skizze (Längsschnitt) die prinzipielle Lage der Bewehrung eines Kragarmes! Beachten Sie die Betondeckung der Bewehrung!

Skizze:



Begründen Sie kurz Ihre konstruktive Ausführung, für die Lage der Bewehrungen in diesem Kragarm!

2. Nachtest

Klasse: _____

Datum: _____

Vorbemerkungen:

Für den Test stehen Ihnen 30 Minuten zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung und die Auswahlantworten sind sorgfältig durchzulesen.

Es dürfen keine Hilfsmittel benutzt werden.

Die Fragen können in beliebiger Reihenfolge gelöst werden.

Bei Fragen mit vorgegebenen Auswahlantworten ist jeweils nur eine richtig bzw. falsch.

Es darf daher *nur eine* Auswahlantwort angekreuzt werden.

Kreuzen Sie *mehr* als eine Antwort an, gilt die Aufgabe als *nicht* gelöst.

Ich bitte Sie, bei den Auswahlfragen nicht zu raten. Lassen Sie diese Aufgabe dann aus und versuchen Sie die nächsten Fragen zu beantworten.

Zum Ankreuzen ist ein Kugelschreiber zu verwenden. Die Markierung muss deutlich erkennbar sein. Sollte aus Versehen eine Markierung in das falsche Feld gesetzt werden, so ist dieses Kreuz unkenntlich zu machen und ein anderes Kreuz an die richtige Stelle zu setzen.

Teil 1: Deklaratives Wissen

1. Welcher der Rohstoffe wird für die Zementherstellung verwendet?

- ① Gipsstein
- ② Bimsstein
- ③ Kalkstein
- ④ Natürliches Anhydrit
- ⑤ Sandstein

2. Welche Gesteinskörnung ist günstig für Normalbeton?

- ① Kiesgemisch aus großen, festen Körnern
- ② Sand- und Kiesgemisch aus verschiedenen Korngrößen
- ③ Grobkies
- ④ Schotter
- ⑤ Kleine, feste Körner

3. Was ist Baustellenbeton?

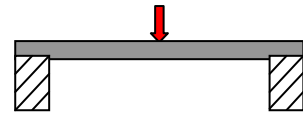
- ① Auf der Baustelle gibt es nur Baustellenbeton
- ② Der für die Einrichtung einer Baustelle nötige Beton
- ③ Beton, der auf die Baustelle geliefert wird
- ④ Ein auf der Baustelle zusammengestellter und gemischter Beton
- ⑤ Ein Beton, der auf der Baustelle verarbeitet wird

4. Was bedeutet in der Betonbezeichnung C16/20 die Zahl 20?

- ① Mindestzementgehalt 200 kg/m^3
- ② Mindestdruckfestigkeit von Würfeln 20 N/mm^2
- ③ Wasserzementwert 0,20
- ④ Größtkorn 20 mm
- ⑤ Rohdichte in $2,0 \text{ kg/dm}^3$

5. Welche Spannungen treten in einem belasteten Stahlbetonbalken auf?

- ① Oben und unten Biegedruckspannungen
- ② Oben Biegedruck- und unten Biegezugspannungen
- ③ Keine, die Lasten werden abgeleitet
- ④ Oben Biegezug- und unten Biegedruckspannungen
- ⑤ Oben und unten Biegezugspannungen

**6. Was bedeutet „Konsistenz“ von Frischbeton?**

- ① Abriebfestigkeit
- ② Druckfestigkeit
- ③ Wasseraufnahmefähigkeit
- ④ Steifigkeit
- ⑤ Qualität

7. Sie haben einen Stahlbetonträger betoniert.**Wann erreicht der Beton seine Nennfestigkeit?**

- ① Nach 28 Tagen
- ② Nach 14 Tagen
- ③ Nach 5 Tagen
- ④ Nach 24 Stunden
- ⑤ Nach 12 Stunden

8. Welches Zugabewasser ist ohne besondere Prüfung für die Betonherstellung geeignet?

- ① Wasser aus einem Fluss
- ② Meerwasser
- ③ Wasser aus öffentlichen Trinkwasserversorgungsleitungen
- ④ Regenwasser
- ⑤ Wasser aus einem Tümpel ohne Zu- und Ablauf

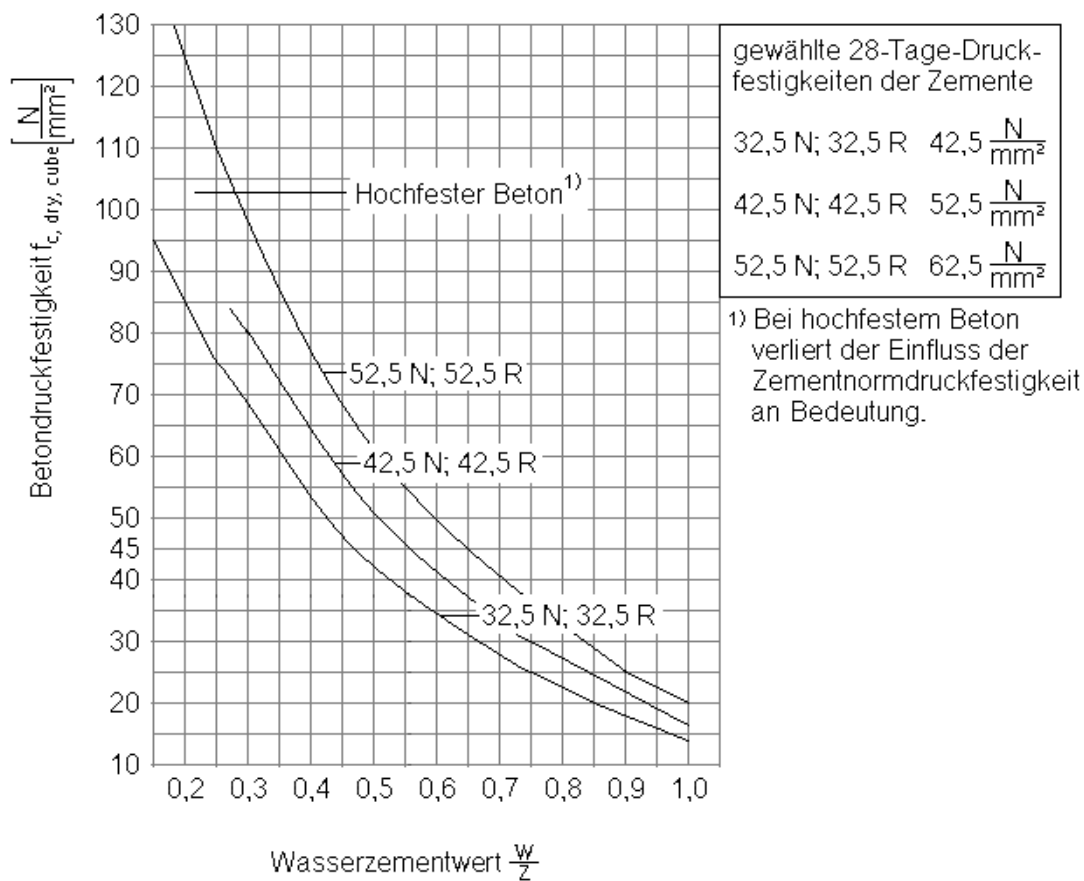
9. Welches Material eignet sich nicht für die Schalhaut?

- ① Brettschalung
- ② Platten aus Holz bzw. Holzwerkstoffen
- ③ Gipskartonplatten
- ④ Stahlschalung
- ⑤ Kunststoffschalung

Teil 2: Prozedurales Wissen

10. Ermitteln Sie die zu erwartende Druckfestigkeit mittels nachfolgendem Diagramm für einen CEM II/A-S 52,5 N und einem Wasserzementwert $w/z = 0,6$!

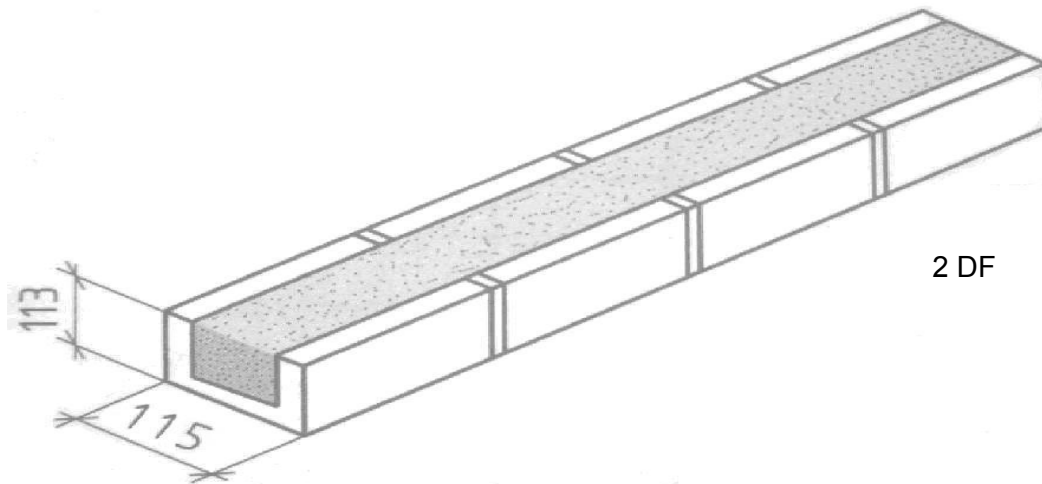
Betonfestigkeit $f_c =$ _____ N/mm^2



11. Zeichnen Sie in den Querschnitt (Abbildung 2) des skizzierten Flachsturzes (Abbildung 1) die Lage der 2 notwendigen Betonstabstähle BST 420 S ein!

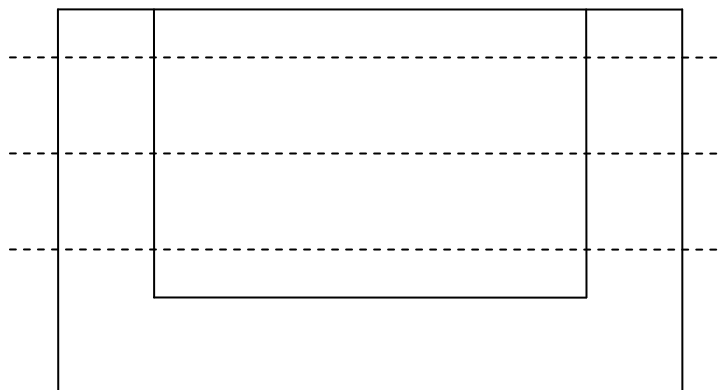
Skizze:

(Abbildung 1)



Querschnitt:

(Abbildung 2)



Begründen Sie mit einem Stichpunkt ihre Entscheidung!

12. Zeichnen Sie die Biegeformen entsprechend ihrer Funktion in den Längsschnitt (Skizze) ein.

Skizze:



①



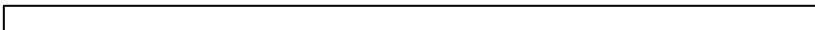
Biegeform: zweiseitig aufgebogener Stab
Funktion: Aufnahme von Zug- und Schubspannungen

②



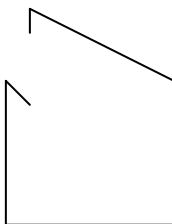
Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
Funktion: Aufnahme von Zugkräften

③



Biegeform: gerade Stahleinlage mit Winkelhaken
Funktion: Montagestäbe (Montagehilfe)

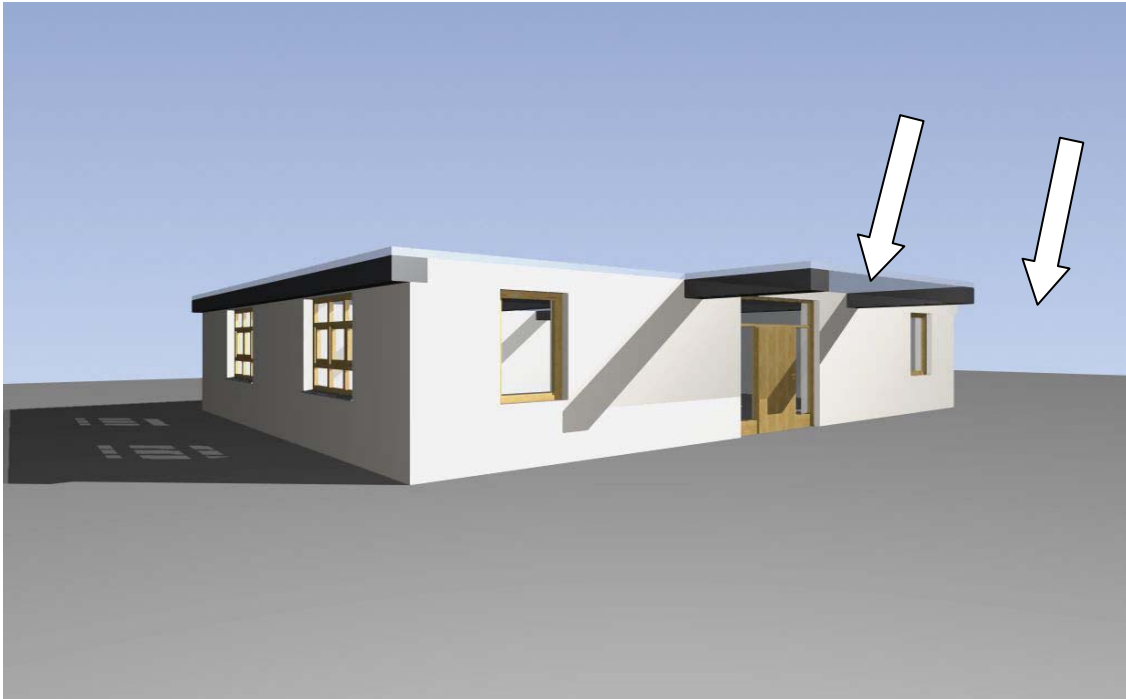
④



Biegeform: Bügel geschlossen mit Haken
Funktion: Aufnahme von Schubspannungen und Montagehilfe

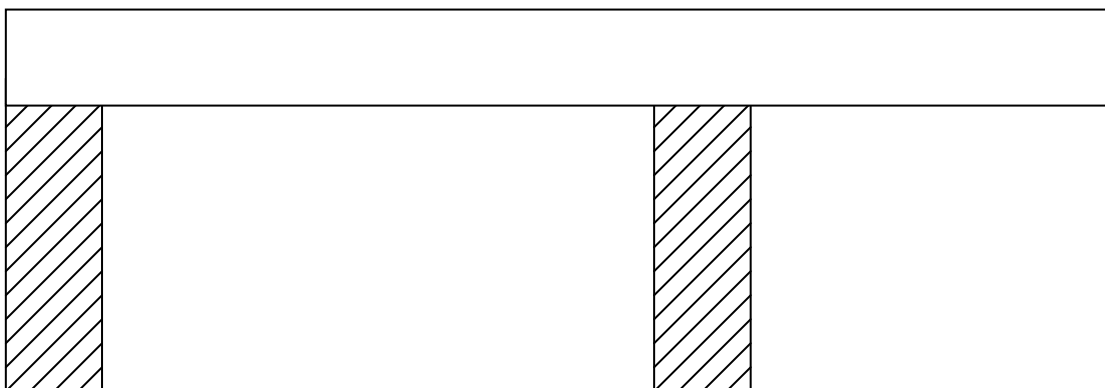
Teil 3: Problemlösendes Wissen

13. Sie haben den Auftrag 2 Kragarme für eine Baumaßnahme (Überdachung einer Eingangstür) zu erstellen. Der Architekt hat den Materialbedarf an Stahl ausgerechnet, aber versäumt die Lage der Bewehrungen einzuzichnen. Eine schematische Darstellung finden Sie unten. Zeichnen Sie in diese Darstellung die richtige Lage der Bewehrung und begründen Sie kurz auf Seite 7!



Zeichnen Sie in die Skizze (Längsschnitt) die prinzipielle Lage der Bewehrung eines Kragarmes! Beachten Sie die Betondeckung der Bewehrung!

Skizze:



Begründen Sie kurz Ihre konstruktive Ausführung, für die Lage der Bewehrungen in diesem Kragarm!

Bewertungsraster

In jedem Teilbereich (Deklaratives Wissen, Prozedurales Wissen und Problemlösendes Wissen) konnten maximal jeweils 9 Punkte erreicht werden.

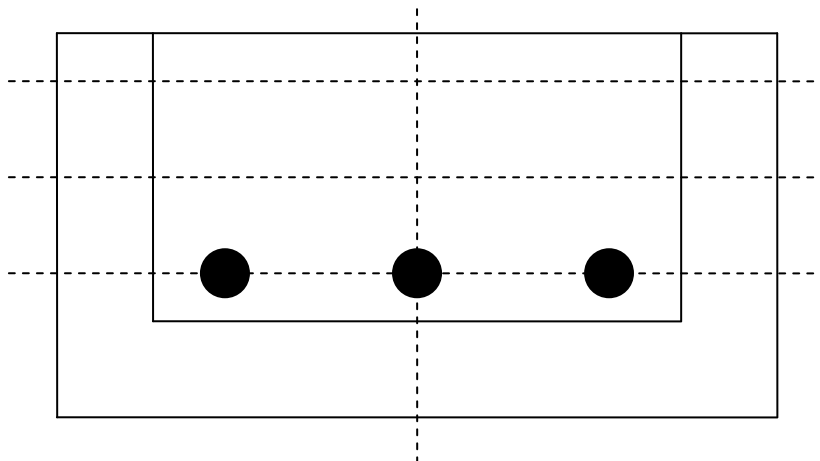
1. VortestTeil 1 – Deklaratives Wissen:

1	②	1 Punkt
2	①	1 Punkt
3	⑤	1 Punkt
4	④	1 Punkt
5	②	1 Punkt
6	③	1 Punkt
7	⑤	1 Punkt
8	①	1 Punkt
9	①	1 Punkt
		<u>Summe: 9 Punkte</u>

Teil 2 – Prozedurales Wissen:

10 Betonfestigkeit $f_c = 64$ bis 65 N/mm^2 1 Punkt

11



→ für die richtige eingezeichnete Lage 1 Punkt

→ für die ausreichende Betonüberdeckung 1 Punkt

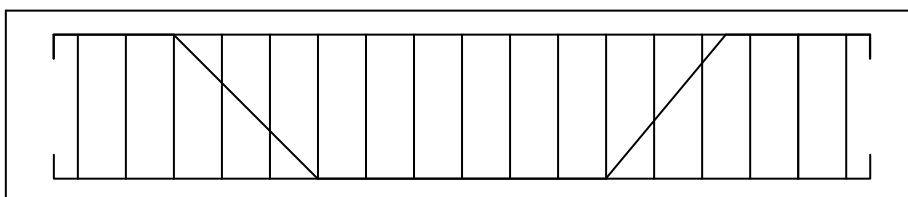
Begründung:

Alle 3 Stäbe liegen in der Zugzone, damit diese die Biegezugkräfte aufnehmen!

→ Lage in der Zugzone 1 Punkt

→ Stäbe sollen Biegezugkräfte aufnehmen 1 Punkt

12

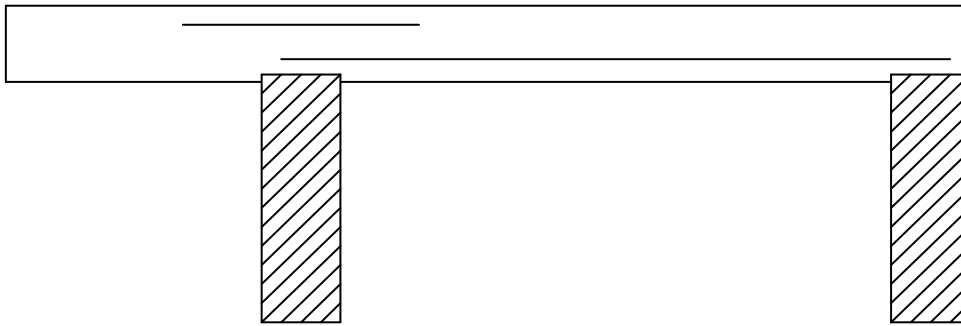


→ alle Biegeformen richtig eingezeichnet 4 Punkt

Summe: **9 Punkte**

Teil 3 – Problemlösungswissen:

13



→ Bewehrung richtig eingezeichnet

2 Punkte

→ Betonüberdeckung beachtet

1 Punkt

Begründung:

Auf Grund von Eigenlast und Verkehrslast entsteht im Kragarm:

- über der 1. tragenden Wand Biegezugspannungen im oberen Bereich, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „oben“
- zwischen den Wänden im unteren Bereich Biegezugspannungen, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „unten“

→ Eigenlast und Verkehrslast

2 Punkte

→ unterstrichene Inhalte ergeben je 1 Punkt

4 Punkte

Summe: 9 Punkte

2. VortestTeil 1 – Deklaratives Wissen:

1	①	1 Punkt
2	⑤	1 Punkt
3	②	1 Punkt
4	②	1 Punkt
5	④	1 Punkt
6	④	1 Punkt
7	⑤	1 Punkt
8	③	1 Punkt
9	③	1 Punkt

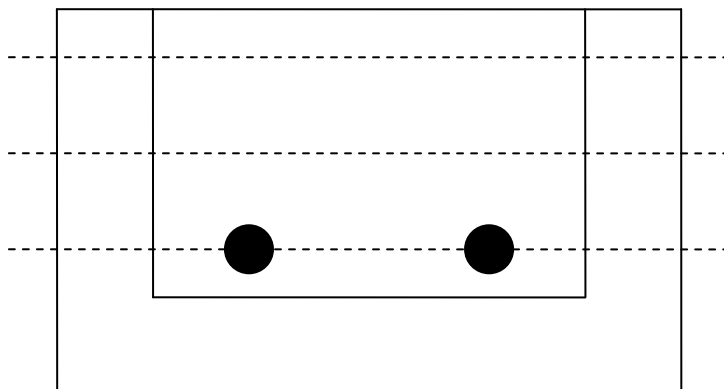
Summe: 9 PunkteTeil 2 – Prozedurales Wissen:

10

Betonfestigkeit $f_c = 50 \text{ N/mm}^2$

1 Punkt

11



→ für die richtige eingezeichnete Lage

1 Punkt

→ für die ausreichende Betonüberdeckung

1 Punkt

Begründung:

Alle 2 Stäbe in der Zugzone, damit diese die Biegezugkräfte aufnehmen!

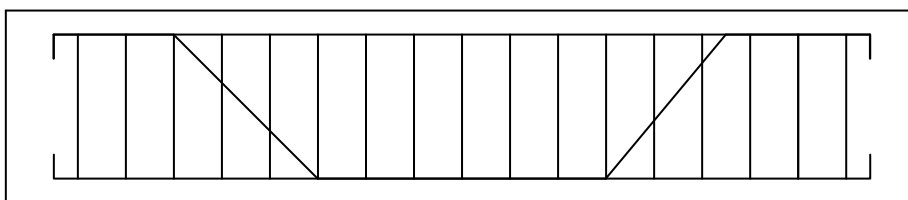
→ Lage in der Zugzone

1 Punkt

→ Stäbe sollen Biegezugkräfte aufnehmen

1 Punkt

12

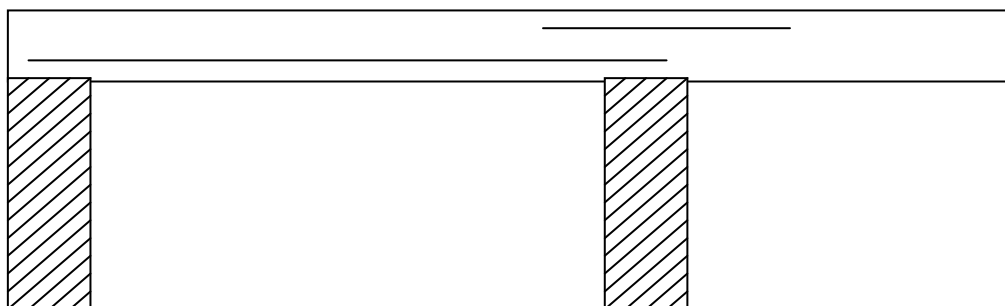


→ alle Biegeformen richtig eingezeichnet

4 Punkt

Summe: 9 PunkteTeil 3 – Problemlösungswissen:

13



→ Bewehrung richtig eingezeichnet

2 Punkte

→ Betonüberdeckung beachtet

1 Punkt

Begründung:

Auf Grund von Eigenlast und Verkehrslast entsteht im Kragarm:

- über der 1. tragenden Wand Biegezugspannungen im oberen Bereich, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „oben“
- zwischen den Wänden im unteren Bereich Biegezugspannungen, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „unten“

→ Eigenlast und Verkehrslast

2 Punkte

→ unterstrichene Inhalte ergeben je 1 Punkt

4 Punkte

Summe: 9 Punkte**1. Nachttest**Teil 1 – Deklaratives Wissen:

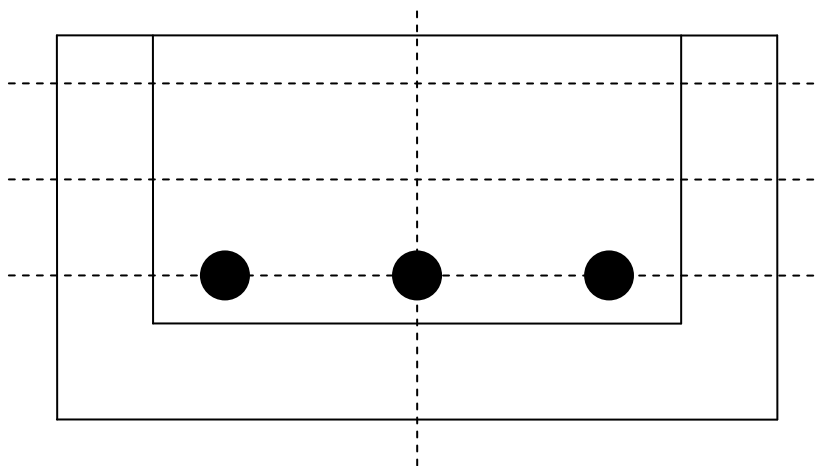
- | | | |
|---|---|---------|
| 1 | ② | 1 Punkt |
| 2 | ① | 1 Punkt |
| 3 | ② | 1 Punkt |
| 4 | ④ | 1 Punkt |
| 5 | ⑤ | 1 Punkt |

6	①	1 Punkt
7	⑤	1 Punkt
8	①	1 Punkt
9	③	1 Punkt
Summe:		9 Punkte

Teil 2 – Prozedurales Wissen:

10 Betonfestigkeit $f_c = 64$ bis 65 N/mm^2 1 Punkt

11



→ für die richtige eingezeichnete Lage 1 Punkt

→ für die ausreichende Betonüberdeckung 1 Punkt

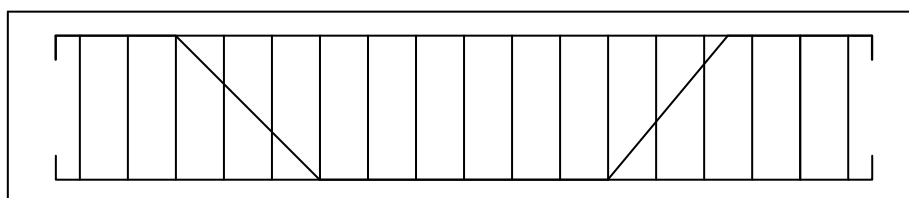
Begründung:

Alle 3 Stäbe liegen in der Zugzone, damit diese die Biegezugkräfte aufnehmen!

→ Lage in der Zugzone 1 Punkt

→ Stäbe sollen Biegezugkräfte aufnehmen 1 Punkt

12

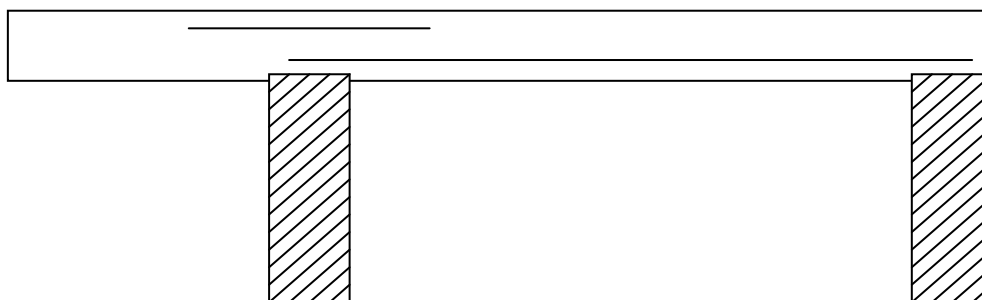


→ alle Biegeformen richtig eingezeichnet 4 Punkt

Summe: 9 Punkte

Teil 3 – Problemlösungswissen:

13



→ Bewehrung richtig eingezeichnet

2 Punkte

→ Betonüberdeckung beachtet

1 Punkt

Begründung:

Auf Grund von Eigenlast und Verkehrslast entsteht im Kragarm:

- über der 1. tragenden Wand Biegezugspannungen im oberen Bereich, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „oben“
- zwischen den Wänden im unteren Bereich Biegezugspannungen, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „unten“

→ Eigenlast und Verkehrslast

2 Punkte

→ unterstrichene Inhalte ergeben je 1 Punkt

4 Punkte

Summe: 9 Punkte**2. Nachtests**Teil 1 – Deklaratives Wissen:

1	③	1 Punkt
2	②	1 Punkt
3	④	1 Punkt
4	②	1 Punkt
5	②	1 Punkt
6	④	1 Punkt
7	①	1 Punkt
8	③	1 Punkt
9	③	1 Punkt

Summe: 9 Punkte

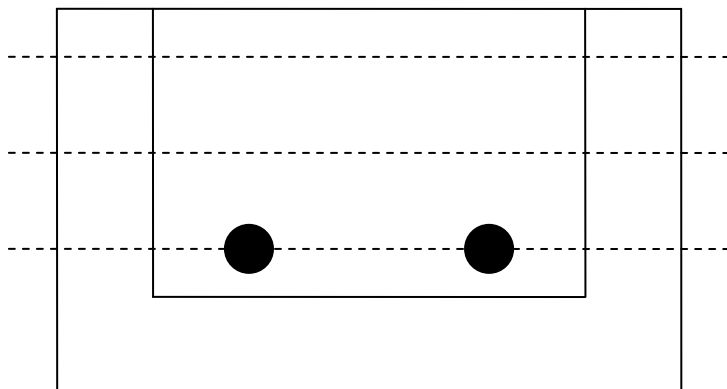
Teil 2 – Prozedurales Wissen:

10

Betonfestigkeit $f_c = 50 \text{ N/mm}^2$

1 Punkt

11



→ für die richtige eingezeichnete Lage

1 Punkt

→ für die ausreichende Betonüberdeckung

1 Punkt

Begründung:

Alle 2 Stäbe in der Zugzone, damit diese die Biegezugkräfte aufnehmen!

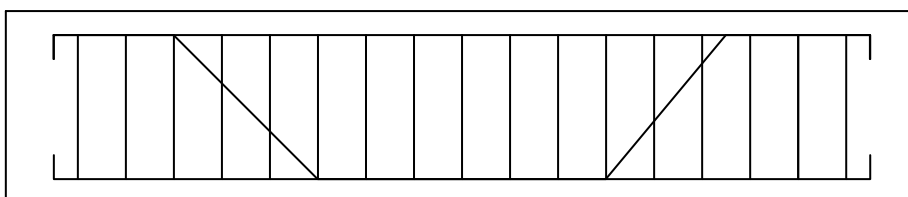
→ Lage in der Zugzone

1 Punkt

→ Stäbe sollen Biegezugkräfte aufnehmen

1 Punkt

12



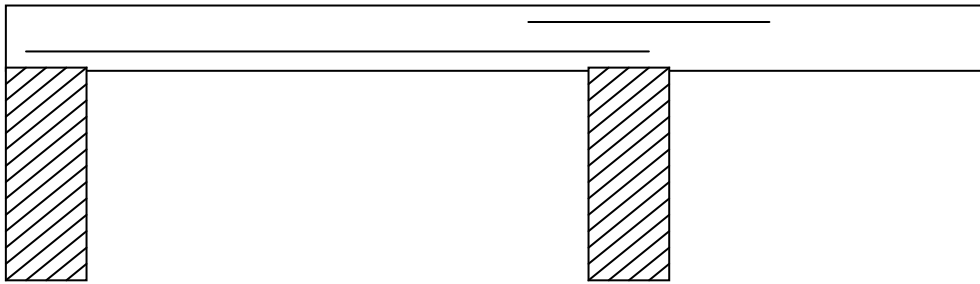
→ alle Biegeformen richtig eingezeichnet

4 Punkt

Summe: 9 Punkte

Teil 3 – Problemlösungswissen:

13



→ Bewehrung richtig eingezeichnet

2 Punkte

→ Betonüberdeckung beachtet

1 Punkt

Begründung:

Auf Grund von Eigenlast und Verkehrslast entsteht im Kragarm:

- über der 1. tragenden Wand Biegezugspannungen im oberen Bereich, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „oben“
- zwischen den Wänden im unteren Bereich Biegezugspannungen, deshalb liegt die Bewehrung in der Zugzone „unten“

→ Eigenlast und Verkehrslast

2 Punkte

→ unterstrichene Inhalte ergeben je 1 Punkt

4 Punkte

Summe: 9 Punkte

Anlage IV Hospitationsraster zur Ermittlung des Grades der Handlungsorientierung

Tabelle 137: Merkmalsausprägungen handlungsorientierten Unterrichts

Klasse _____ bei den Lehrern _____ (A bis F)

Merkmalsausprägungen des handlungsorientierten Unterrichts

	beobachtetes Merkmal je 45 min Einheit																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Merkmale des handlungsorientierten Unterrichts</i>																				
<i>Der Lernende steht als handelnde Person im Mittelpunkt des Unterrichts</i>																				
<i>Der Lehrer tritt aus seiner dominierenden Rolle zurück</i>																				
<i>Einheit von kognitiver, emotionaler und psychomotorischer Lernprozesse</i>																				
<i>Orientierung des Unterrichts am Ablauf vollständiger Handlungen</i>																				
<i>Unterricht zielt auf die ganzheitliche Entwicklung der Persönlichkeit (fachliche, methodische und soziale Komponente) ab</i>																				
<i>Unterricht folgt der inneren Logik des Lernens, d.h. es ist fachübergreifend</i>																				
<i>Vertiefte Auseinandersetzung mit exemplarischen Lehrgegenständen</i>																				

Anlage V Detaillierte Ergebnisse der statistischen Auswertung

V.1 Teilstudie I

1) Mittelwerte bezogen auf Klassen

Mittelwerte - deklaratives Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	Eingeschlossen		N	Prozent	N	Prozent
Deklaratives Wissen 1. Vortest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Vortest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Deklaratives Wissen 1. Nachtest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Nachtest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%

Bericht

Klasse		Deklaratives Wissen		Deklaratives Wissen	
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	Mittelwert	3,31	3,44	6,25	5,50
	N	16	16	16	16
	Standardabweichung	1,08	2,00	1,53	1,32
AB.05	Mittelwert	3,47	4,00	6,42	5,26
	N	19	19	19	19
	Standardabweichung	1,31	1,11	1,54	1,63
Da.05	Mittelwert	2,80	5,80	7,00	6,40
	N	10	10	10	10
	Standardabweichung	1,48	,79	1,33	1,43
S.05	Mittelwert	3,21	4,07	6,07	5,14
	N	14	14	14	14
	Standardabweichung	1,25	1,69	1,27	1,10
Insgesamt	Mittelwert	3,25	4,17	6,39	5,49
	N	59	59	59	59
	Standardabweichung	1,25	1,66	1,44	1,43

Mittelwerte - prozedurales Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	Eingeschlossen					
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Prozedurales Wissen 1. Vortest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Vortest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Prozedurales Wissen 1. Nachtest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Nachtest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%

Bericht

Klasse		Prozedurales Wissen	Prozedurales Wissen	Prozedurales Wissen	Prozedurales Wissen
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	Mittelwert	2,00	2,56	4,38	2,75
	N	16	16	16	16
	Standardabweichung	1,59	1,31	1,59	2,08
AB.05	Mittelwert	1,21	2,26	3,37	3,11
	N	19	19	19	19
	Standardabweichung	1,03	1,63	2,11	2,08
Da.05	Mittelwert	1,20	1,60	2,70	2,70
	N	10	10	10	10
	Standardabweichung	,79	1,35	1,64	1,57
S.05	Mittelwert	1,07	1,29	1,29	1,21
	N	14	14	14	14
	Standardabweichung	,92	1,59	1,44	1,53
Insgesamt	Mittelwert	1,39	2,00	3,03	2,49
	N	59	59	59	59
	Standardabweichung	1,19	1,54	2,05	1,98

Mittelwerte - Problemlösungswissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Problemlösungswissen 1. Vortest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Problemlösungswissen 2. Vortest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Problemlösungswissen 1. Nachtest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Problemlösungswissen 2. Nachtest * Klasse	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%

Bericht

Klasse		Problemlösungswissen		Problemlösungswissen	
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
M.05	Mittelwert	,81	,81	2,31	1,50
	N	16	16	16	16
	Standardabweichung	1,38	1,05	1,66	1,55
AB.05	Mittelwert	,63	,53	2,16	,95
	N	19	19	19	19
	Standardabweichung	1,01	,77	1,38	,97
Da.05	Mittelwert	,00	,40	3,30	1,50
	N	10	10	10	10
	Standardabweichung	,00	,52	3,23	2,32
S.05	Mittelwert	,29	,21	,36	,36
	N	14	14	14	14
	Standardabweichung	,83	,58	,63	,74
Insgesamt	Mittelwert	,49	,51	1,97	1,05
	N	59	59	59	59
	Standardabweichung	1,02	,80	2,00	1,44

2) Mittelwerte bezogen auf Experimenterteilnahme

Mittelwerte - deklaratives Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Deklaratives Wissen 1. Vortest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Vortest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Deklaratives Wissen 1. Nachttest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Nachttest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%

Bericht

Experiment - Teilnahme		Deklaratives Wissen 1. Vortest	Deklaratives Wissen 2. Vortest	Deklaratives Wissen 1. Nachttest	Deklaratives Wissen 2. Nachttest
nein	Mittelwert	3,21	4,07	6,07	5,14
	N	14	14	14	14
	Standardabweichung	1,25	1,69	1,27	1,10
ja	Mittelwert	3,27	4,20	6,49	5,60
	N	45	45	45	45
	Standardabweichung	1,27	1,67	1,49	1,51
Insgesamt	Mittelwert	3,25	4,17	6,39	5,49
	N	59	59	59	59
	Standardabweichung	1,25	1,66	1,44	1,43

Mittelwerte - prozedurales Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Prozedurales Wissen 1. Vortest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Vortest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Prozedurales Wissen 1. Nachttest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Nachttest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%

Bericht

Experiment - Teilnahme		Prozedurales Wissen		Prozedurales Wissen		Prozedurales Wissen		Prozedurales Wissen	
		1. Vortest		2. Vortest		1. Nachtest		2. Nachtest	
nein	Mittelwert	1,07	1,29	1,29	1,21				
	N	14	14	14	14				
	Standardabweichung	,92	1,59	1,44	1,53				
ja	Mittelwert	1,49	2,22	3,58	2,89				
	N	45	45	45	45				
	Standardabweichung	1,25	1,48	1,91	1,94				
Insgesamt	Mittelwert	1,39	2,00	3,03	2,49				
	N	59	59	59	59				
	Standardabweichung	1,19	1,54	2,05	1,98				

*Mittelwerte - Problemlösungswissen***Verarbeitete Fälle**

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Problemlösungswissen 1. Vortest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Problemlösungswissen 2. Vortest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Problemlösungswissen 1. Nachtest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%
Problemlösungswissen 2. Nachtest * Experiment - Teilnahme	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%

Bericht

Experiment - Teilnahme		Problemlösungswissen		Problemlösungswissen		Problemlösungswissen		Problemlösungswissen	
		1. Vortest		2. Vortest		1. Nachtest		2. Nachtest	
nein	Mittelwert	,29	,21	,36	,36				
	N	14	14	14	14				
	Standardabweichung	,83	,58	,63	,74				
ja	Mittelwert	,56	,60	2,47	1,27				
	N	45	45	45	45				
	Standardabweichung	1,08	,84	2,02	1,54				
Insgesamt	Mittelwert	,49	,51	1,97	1,05				
	N	59	59	59	59				
	Standardabweichung	1,02	,80	2,00	1,44				

3) T-Test der Experimentalgruppe

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Klasse	45	1	3	1,87	,76
Geschlecht	45	1	1	1,00	,00
Alter	45	83	89	87,24	1,09
Abschlüsse	45	1	5	2,87	1,16
Ausbildungsberuf	45	1	4	2,73	,96
Betrieblich/Überbetrieblich	45	1	2	1,53	,50
Experiment - Teilnahme	45	1	1	1,00	,00
Deklaratives Wissen 1. Vortest	45	1	7	3,27	1,27
Deklaratives Wissen 2. Vortest	45	0	7	4,20	1,67
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	45	2	9	6,49	1,49
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	45	3	9	5,60	1,51
Prozedurales Wissen 1. Vortest	45	0	10	2,80	2,41
Prozedurales Wissen 2. Vortest	45	0	12	4,27	2,92
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	45	0	14	6,96	3,64
Prozedurales Wissen 2. Nachtest	45	0	14	5,40	3,72
Problemlösungswissen 1. Vortest	45	0	4	,56	1,08
Problemlösungswissen 2. Vortest	45	0	3	,60	,84
Problemlösungswissen 1. Nachtest	45	0	9	2,47	2,02
Problemlösungswissen 2. Nachtest	45	0	7	1,27	1,54
Gültige Werte (Listenweise)	45				

deklaratives Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

Paaren 1	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Deklaratives Wissen 2. Vortest	4,20	45	1,67	,25
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	6,49	45	1,49	,22

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Deklaratives Wissen 2. Vortest & Deklaratives Wissen 1. Nachtest	45	,252	,095

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Paaren 1 Deklaratives Wissen 2. Vortest - Deklaratives Wissen 1. Nachtest	-2,29	1,94	,29	-2,87	-1,71	-7,923	44	,000

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest	6,49	45	1,49	,22
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	5,60	45	1,51	,23

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest & Deklaratives Wissen 2. Nachtest	45	,392	,008

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzinter- vall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest - Dekla- ratives Wissen 2. Nachtest	,89	1,65	,25	,39	1,39	3,604	44	,001

prozedurales Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Prozedurales Wissen 2. Vortest	4,27	45	2,92	,44
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	6,96	45	3,64	,54

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Prozedurales Wissen 2. Vortest & Prozedurales Wissen 1. Nachtest	45	,580	,000

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardab- weichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzinter- vall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
Paaren 1 Prozedurales Wis- sen 2. Vortest - Pro- zedurales Wissen 1. Nachtest	-2,69	3,07	,46	-3,61	-1,77	-5,869	44	,000

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Prozedurales Wissen 1. Nachtest	6,96	45	3,64	,54
	Prozedurales Wissen 2. Nachtest	5,40	45	3,72	,55

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Prozedurales Wissen 1. Nachtest & Prozedurales Wissen 2. Nachtest	45	,432	,003

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung		Untere	Obere			
Paaren 1	Prozedurales Wissen 1. Nachtest - Prozedurales Wissen 2. Nachtest	1,56	3,92	,58	,38	2,73	2,660	44	,011

Problemlösungswissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest	,60	45	,84	,12
	Problemlösungswissen 1. Nachtest	2,47	45	2,02	,30

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest & Problemlösungswissen 1. Nachtest	45	,382	,010

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
					Untere	Obere			
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest - Problemlösungswissen 1. Nachtest	-1,87	1,87	,28	-2,43	-1,31	-6,711	44	,000

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Problemlösungswissen 1. Nachtest	2,47	45	2,02	,30
	Problemlösungswissen 2. Nachtest	1,27	45	1,54	,23

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Problemlösungswissen 1. Nachttest & Problemlösungswissen 2. Nachttest	45	,455	,002

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
Paaren 1 Problemlösungswissen 1. Nachttest - Problemlösungswissen 2. Nachttest	1,20	1,90	,28	,63	1,77	4,232	44	,000

4) T-Test der Kontrollgruppe

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Klasse	14	4	4	4,00	,00
Geschlecht	14	1	1	1,00	,00
Alter	14	85	89	87,14	1,03
Abschlüsse	14	2	5	3,43	,76
Ausbildungsberuf	14	5	6	5,36	,50
Betrieblich/Überbetrieblich	14	1	2	1,36	,50
Experiment - Teilnahme	14	0	0	,00	,00
Deklaratives Wissen 1. Vortest	14	1	5	3,21	1,25
Deklaratives Wissen 2. Vortest	14	1	7	4,07	1,69
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	14	4	8	6,07	1,27
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	14	3	7	5,14	1,10
Prozedurales Wissen 1. Vortest	14	0	6	2,00	1,80
Prozedurales Wissen 2. Vortest	14	0	7	2,36	2,84
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	14	0	10	2,50	2,85
Prozedurales Wissen 2. Nachtest	14	0	10	2,29	3,00
Problemlösungswissen 1. Vortest	14	0	3	,29	,83
Problemlösungswissen 2. Vortest	14	0	2	,21	,58
Problemlösungswissen 1. Nachtest	14	0	2	,36	,63
Problemlösungswissen 2. Nachtest	14	0	2	,36	,74
Gültige Werte (Listenweise)	14				

deklaratives Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Deklaratives Wissen 2. Vortest	4,07	14	1,69	,45
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	6,07	14	1,27	,34

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Deklaratives Wissen 2. Vortest & Deklaratives Wissen 1. Nachtest	14	,393	,164

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere	Obere	T	df	Sig. (2-seitig)
Paaren 1 Deklaratives Wissen 2. Vortest - Deklaratives Wissen 1. Nachtest	-2,00	1,66	,44	-2,96	-1,04	-4,497	13	,001

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest	6,07	14	1,27	,34
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	5,14	14	1,10	,29

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest & Deklaratives Wissen 2. Nachtest	14	,323	,260

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzinter- vall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest - Dekla- ratives Wissen 2. Nachtest	,93	1,38	,37	,13	1,73	2,509	13	,026

prozedurales Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Prozedurales Wissen 2. Vortest	2,36	14	2,84	,76
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	2,50	14	2,85	,76

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Prozedurales Wissen 2. Vortest & Prozedurales Wissen 1. Nachtest	14	,271	,350

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung		Untere	Obere			
Paaren 1 Prozedurales Wissen 2. Vortest - Prozedurales Wissen 1. Nachtest	-,14	3,44	,92	-2,13	1,84	-,155	13	,879

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Prozedurales Wissen 1. Nachtest	2,50	14	2,85	,76
Prozedurales Wissen 2. Nachtest	2,29	14	3,00	,80

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Prozedurales Wissen 1. Nachtest & Prozedurales Wissen 2. Nachtest	14	,504	,066

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung		Untere	Obere			
Paaren 1 Prozedurales Wissen 1. Nachtest - Prozedurales Wissen 2. Nachtest	,21	2,91	,78	-1,47	1,90	,275	13	,787

Problemlösungswissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Problemlösungswissen 2. Vortest	,21	14	,58	,15
Problemlösungswissen 1. Nachtest	,36	14	,63	,17

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Problemlösungswissen 2. Vortest & Problemlösungswissen 1. Nachtest	14	,614	,019

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
Paaren 1 Problemlösungswissen 2. Vortest - Problemlösungswissen 1. Nachtest	-,14	,53	,14	-,45	,17	-1,000	13	,336

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Problemlösungswissen 1. Nachtest	,36	14	,63	,17
Problemlösungswissen 2. Nachtest	,36	14	,74	,20

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Problemlösungswissen 1. Nachtest & Problemlösungswissen 2. Nachtest	14	,687	,007

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung		Untere	Obere			
Paaren 1	Problemlösungswissen 1. Nachttest - Problemlösungswissen 2. Nachttest	,00	,55	,15	-,32	,32	,000	13	1,000

5) Varianzanalyse

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Klasse	59	1	4	2,37	1,13
Geschlecht	59	1	1	1,00	,00
Alter	59	83	89	87,22	1,07
Abschlüsse	59	1	5	3,00	1,10
Ausbildungsberuf	59	1	6	3,36	1,42
Betrieblich/Überbetrieblich	59	1	2	1,49	,50
Experiment - Teilnahme	59	0	1	,76	,43
Deklaratives Wissen 1. Vortest	59	1	7	3,25	1,25
Deklaratives Wissen 2. Vortest	59	0	7	4,17	1,66
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	59	2	9	6,39	1,44
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	59	3	9	5,49	1,43
Prozedurales Wissen 1. Vortest	59	0	10	2,61	2,29
Prozedurales Wissen 2. Vortest	59	0	12	3,81	2,99
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	59	0	14	5,90	3,94
Prozedurales Wissen 2. Nachtest	59	0	14	4,66	3,78
Problemlösungswissen 1. Vortest	59	0	4	,49	1,02
Problemlösungswissen 2. Vortest	59	0	3	,51	,80
Problemlösungswissen 1. Nachtest	59	0	9	1,97	2,00
Problemlösungswissen 2. Nachtest	59	0	7	1,05	1,44
Gültige Werte (Listenweise)	59				

Deklaratives Wissen

Allgemeines Lineares Modell (2. Vortest - 1. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	DEC2
2	DEC3

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	14
	1 EG Lernexperiment	45

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Deklaratives Wissen 2. Vortest	KG	4,07	1,69	14
	EG Lernexperiment	4,20	1,67	45
	Gesamt	4,17	1,66	59
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	KG	6,07	1,27	14
	EG Lernexperiment	6,49	1,49	45
	Gesamt	6,39	1,44	59

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,494	55,633	1,000	57,000	,000	,494
	Wilks-Lambda	,506	55,633	1,000	57,000	,000	,494
	Hotelling-Spur	,976	55,633	1,000	57,000	,000	,494
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,976	55,633	1,000	57,000	,000	,494
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,004	,252	1,000	57,000	,617	,004
	Wilks-Lambda	,996	,252	1,000	57,000	,617	,004
	Hotelling-Spur	,004	,252	1,000	57,000	,617	,004
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,004	,252	1,000	57,000	,617	,004

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Innersubjekteffekt								
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	98,208	1	98,208	55,633	,000	,494
	Greenhouse-Geisser	98,208	1,000	98,208	55,633	,000	,494
	Huynh-Feldt	98,208	1,000	98,208	55,633	,000	,494
	Untergrenze	98,208	1,000	98,208	55,633	,000	,494
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	,446	1	,446	,252	,617	,004
	Greenhouse-Geisser	,446	1,000	,446	,252	,617	,004
	Huynh-Feldt	,446	1,000	,446	,252	,617	,004
	Untergrenze	,446	1,000	,446	,252	,617	,004
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	100,622	57	1,765			
	Greenhouse-Geisser	100,622	57,000	1,765			
	Huynh-Feldt	100,622	57,000	1,765			
	Untergrenze	100,622	57,000	1,765			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	98,208	1	98,208	55,633	,000	,494
FAKTOR1 * EXP	Linear	,446	1	,446	,252	,617	,004
Fehler(FAKTOR1)	Linear	100,622	57	1,765			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	2316,914	1	2316,914	743,272	,000	,929
EXP	1,592	1	1,592	,511	,478	,009
Fehler	177,679	57	3,117			

Allgemeines Lineares Modell (1. Nachttest - 2. Nachttest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	DEC3
2	DEC4

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	14
	1 EG Lernexperiment	45

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Deklaratives Wissen 1. Nachttest	KG	6,07	1,27	14
	EG Lernexperiment	6,49	1,49	45
	Gesamt	6,39	1,44	59
Deklaratives Wissen 2. Nachttest	KG	5,14	1,10	14
	EG Lernexperiment	5,60	1,51	45
	Gesamt	5,49	1,43	59

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,195	13,830	1,000	57,000	,000	,195
	Wilks-Lambda	,805	13,830	1,000	57,000	,000	,195
	Hotelling-Spur	,243	13,830	1,000	57,000	,000	,195
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,243	13,830	1,000	57,000	,000	,195
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,000	,007	1,000	57,000	,936	,000
	Wilks-Lambda	1,000	,007	1,000	57,000	,936	,000
	Hotelling-Spur	,000	,007	1,000	57,000	,936	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,000	,007	1,000	57,000	,936	,000

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	17,636	1	17,636	13,830	,000	,195
	Greenhouse-Geisser	17,636	1,000	17,636	13,830	,000	,195
	Huynh-Feldt	17,636	1,000	17,636	13,830	,000	,195
	Untergrenze	17,636	1,000	17,636	13,830	,000	,195
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	8,407E-03	1	8,407E-03	,007	,936	,000
	Greenhouse-Geisser	8,407E-03	1,000	8,407E-03	,007	,936	,000
	Huynh-Feldt	8,407E-03	1,000	8,407E-03	,007	,936	,000
	Untergrenze	8,407E-03	1,000	8,407E-03	,007	,936	,000
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	72,687	57	1,275			
	Greenhouse-Geisser	72,687	57,000	1,275			
	Huynh-Feldt	72,687	57,000	1,275			
	Untergrenze	72,687	57,000	1,275			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	17,636	1	17,636	13,830	,000	,195
FAKTOR1 * EXP	Linear	8,407E-03	1	8,407E-03	,007	,936	,000
Fehler(FAKTOR1)	Linear	72,687	57	1,275			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	2899,270	1	2899,270	1020,109	,000	,947
EXP	4,084	1	4,084	1,437	,236	,025
Fehler	162,001	57	2,842			

Prozedurales Wissen

Allgemeines Lineares Modell (2. Vortest - 1. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROC2
2	PROC3

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	14
	1 EG Lernexperiment	45

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Prozedurales Wissen 2. Vortest	KG	2,36	2,84	14
	EG Lernexperiment	4,27	2,92	45
	Gesamt	3,81	2,99	59
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	KG	2,50	2,85	14
	EG Lernexperiment	6,96	3,64	45
	Gesamt	5,90	3,94	59

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,131	8,572	1,000	57,000	,005	,131
	Wilks-Lambda	,869	8,572	1,000	57,000	,005	,131
	Hotelling-Spur	,150	8,572	1,000	57,000	,005	,131
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,150	8,572	1,000	57,000	,005	,131
	FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,108	6,930	1,000	57,000	,011
FAKTOR1 * EXP	Wilks-Lambda	,892	6,930	1,000	57,000	,011	,108
	Hotelling-Spur	,122	6,930	1,000	57,000	,011	,108
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,122	6,930	1,000	57,000	,011	,108

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon
Innersubjekteffekt					Greenhouse-Geisser Huynh-Feldt Untergrenze
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000 1,000 1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	42,812	1	42,812	8,572	,005	,131
	Greenhouse-Geisser	42,812	1,000	42,812	8,572	,005	,131
	Huynh-Feldt	42,812	1,000	42,812	8,572	,005	,131
	Untergrenze	42,812	1,000	42,812	8,572	,005	,131
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	34,609	1	34,609	6,930	,011	,108
	Greenhouse-Geisser	34,609	1,000	34,609	6,930	,011	,108
	Huynh-Feldt	34,609	1,000	34,609	6,930	,011	,108
	Untergrenze	34,609	1,000	34,609	6,930	,011	,108
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	284,679	57	4,994			
	Greenhouse-Geisser	284,679	57,000	4,994			
	Huynh-Feldt	284,679	57,000	4,994			
	Untergrenze	284,679	57,000	4,994			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	42,812	1	42,812	8,572	,005	,131
FAKTOR1 * EXP	Linear	34,609	1	34,609	6,930	,011	,108
Fehler(FAKTOR1)	Linear	284,679	57	4,994			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	1380,373	1	1380,373	88,931	,000	,609
EXP	216,305	1	216,305	13,935	,000	,196
Fehler	884,746	57	15,522			

Allgemeines Lineares Modell (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROC3
2	PROC4

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	14
	1 EG Lernexperiment	45

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	KG	2,50	2,85	14
	EG Lernexperiment	6,96	3,64	45
	Gesamt	5,90	3,94	59
Prozedurales Wissen 2. Nachtest	KG	2,29	3,00	14
	EG Lernexperiment	5,40	3,72	45
	Gesamt	4,66	3,78	59

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,041	2,421	1,000	57,000	,125	,041
	Wilks-Lambda	,959	2,421	1,000	57,000	,125	,041
	Hotelling-Spur	,042	2,421	1,000	57,000	,125	,041
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,042	2,421	1,000	57,000	,125	,041
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,024	1,390	1,000	57,000	,243	,024
	Wilks-Lambda	,976	1,390	1,000	57,000	,243	,024
	Hotelling-Spur	,024	1,390	1,000	57,000	,243	,024
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,024	1,390	1,000	57,000	,243	,024

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	16,724	1	16,724	2,421	,125	,041
	Greenhouse-Geisser	16,724	1,000	16,724	2,421	,125	,041
	Huynh-Feldt	16,724	1,000	16,724	2,421	,125	,041
	Untergrenze	16,724	1,000	16,724	2,421	,125	,041
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	9,605	1	9,605	1,390	,243	,024
	Greenhouse-Geisser	9,605	1,000	9,605	1,390	,243	,024
	Huynh-Feldt	9,605	1,000	9,605	1,390	,243	,024
	Untergrenze	9,605	1,000	9,605	1,390	,243	,024
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	393,734	57	6,908			
	Greenhouse-Geisser	393,734	57,000	6,908			
	Huynh-Feldt	393,734	57,000	6,908			
	Untergrenze	393,734	57,000	6,908			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	16,724	1	16,724	2,421	,125	,041
FAKTOR1 * EXP	Linear	9,605	1	9,605	1,390	,243	,024
Fehler(FAKTOR1)	Linear	393,734	57	6,908			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	1568,717	1	1568,717	87,549	,000	,606
EXP	305,937	1	305,937	17,074	,000	,231
Fehler	1021,334	57	17,918			

Problemlösungswissen

Allgemeines Lineares Modell (2. Vortest - 1. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROB2
2	PROB3

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	14
	1 EG Lernexperiment	45

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Problemlösungswissen 2. Vortest	KG	,21	,58	14
	EG Lernexperiment	,60	,84	45
	Gesamt	,51	,80	59
Problemlösungswissen 1. Nachtest	KG	,36	,63	14
	EG Lernexperiment	2,47	2,02	45
	Gesamt	1,97	2,00	59

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,216	15,663	1,000	57,000	,000	,216
	Wilks-Lambda	,784	15,663	1,000	57,000	,000	,216
	Hotelling-Spur	,275	15,663	1,000	57,000	,000	,216
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,275	15,663	1,000	57,000	,000	,216
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,168	11,526	1,000	57,000	,001	,168
	Wilks-Lambda	,832	11,526	1,000	57,000	,001	,168
	Hotelling-Spur	,202	11,526	1,000	57,000	,001	,168
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,202	11,526	1,000	57,000	,001	,168

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Innersubjekteffekt								
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000	

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	21,560	1	21,560	15,663	,000	,216
	Greenhouse-Geisser	21,560	1,000	21,560	15,663	,000	,216
	Huynh-Feldt	21,560	1,000	21,560	15,663	,000	,216
	Untergrenze	21,560	1,000	21,560	15,663	,000	,216
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	15,865	1	15,865	11,526	,001	,168
	Greenhouse-Geisser	15,865	1,000	15,865	11,526	,001	,168
	Huynh-Feldt	15,865	1,000	15,865	11,526	,001	,168
	Untergrenze	15,865	1,000	15,865	11,526	,001	,168
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	78,457	57	1,376			
	Greenhouse-Geisser	78,457	57,000	1,376			
	Huynh-Feldt	78,457	57,000	1,376			
	Untergrenze	78,457	57,000	1,376			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	21,560	1	21,560	15,663	,000	,216
FAKTOR1 * EXP	Linear	15,865	1	15,865	11,526	,001	,168
Fehler(FAKTOR1)	Linear	78,457	57	1,376			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	70,665	1	70,665	28,544	,000	,334
EXP	33,242	1	33,242	13,427	,001	,191
Fehler	141,114	57	2,476			

Allgemeines Lineares Modell (1. Nachttest - 2. Nachttest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROB3
2	PROB4

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	14
	1 EG Lernexperiment	45

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Problemlösungswissen 1. Nachttest	KG	,36	,63	14
	EG Lernexperiment	2,47	2,02	45
	Gesamt	1,97	2,00	59
Problemlösungswissen 2. Nachttest	KG	,36	,74	14
	EG Lernexperiment	1,27	1,54	45
	Gesamt	1,05	1,44	59

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,086	5,370	1,000	57,000	,024	,086
	Wilks-Lambda	,914	5,370	1,000	57,000	,024	,086
	Hotelling-Spur	,094	5,370	1,000	57,000	,024	,086
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,094	5,370	1,000	57,000	,024	,086
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,086	5,370	1,000	57,000	,024	,086
	Wilks-Lambda	,914	5,370	1,000	57,000	,024	,086
	Hotelling-Spur	,094	5,370	1,000	57,000	,024	,086
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,094	5,370	1,000	57,000	,024	,086

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	7,688	1	7,688	5,370	,024	,086
	Greenhouse-Geisser	7,688	1,000	7,688	5,370	,024	,086
	Huynh-Feldt	7,688	1,000	7,688	5,370	,024	,086
	Untergrenze	7,688	1,000	7,688	5,370	,024	,086
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	7,688	1	7,688	5,370	,024	,086
	Greenhouse-Geisser	7,688	1,000	7,688	5,370	,024	,086
	Huynh-Feldt	7,688	1,000	7,688	5,370	,024	,086
	Untergrenze	7,688	1,000	7,688	5,370	,024	,086
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	81,600	57	1,432			
	Greenhouse-Geisser	81,600	57,000	1,432			
	Huynh-Feldt	81,600	57,000	1,432			
	Untergrenze	81,600	57,000	1,432			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	7,688	1	7,688	5,370	,024	,086
FAKTOR1 * EXP	Linear	7,688	1	7,688	5,370	,024	,086
Fehler(FAKTOR1)	Linear	81,600	57	1,432			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	105,612	1	105,612	28,022	,000	,330
EXP	48,663	1	48,663	12,912	,001	,185
Fehler	214,829	57	3,769			

6) Korrelationen der Experimentalgruppe

Korrelationen – Abschlüsse und Entwicklung von 2. Vortest zum 1. Nachtest

deklaratives Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Deklaratives Wissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	-,105
	Signifikanz (2-seitig)	,	,492
	N	45	45
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	Korrelation nach Pearson	-,105	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,492	,
	N	45	45

prozedurales Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Prozedurales Wissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	-,219
	Signifikanz (2-seitig)	,	,148
	N	45	45
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	Korrelation nach Pearson	-,219	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,148	,
	N	45	45

Problemlösungswissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Problemlösungswissen 1. Nachttest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	,366*
	Signifikanz (2-seitig)	,	,013
	N	45	45
Problemlösungswissen 1. Nachttest	Korrelation nach Pearson	,366*	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,013	,
	N	45	45

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

7) Korrelation der Kontrollgruppe

Korrelationen – Abschlüsse und Entwicklung von 2. Vortest zum 1. Nachttest

deklaratives Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Deklaratives Wissen 1. Nachttest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	-,489
	Signifikanz (2-seitig)	,	,076
	N	14	14
Deklaratives Wissen 1. Nachttest	Korrelation nach Pearson	-,489	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,076	,
	N	14	14

prozedurales Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Prozedurales Wissen 1. Nachttest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	,208
	Signifikanz (2-seitig)	,	,475
	N	14	14
Prozedurales Wissen 1. Nachttest	Korrelation nach Pearson	,208	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,475	,
	N	14	14

Problemlösungswissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Problemlösungswissen 1. Nachttest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	-,354
	Signifikanz (2-seitig)	,	,215
	N	14	14
Problemlösungswissen 1. Nachttest	Korrelation nach Pearson	-,354	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,215	,
	N	14	14

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

V.2 Teilstudie II

1) Mittelwerte bezogen auf Klassen

Mittelwerte - deklaratives Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Deklaratives Wissen 1. Vortest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Vortest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Deklaratives Wissen 1. Nachtest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Nachtest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%

Bericht

Klasse		Deklaratives Wissen 1. Vortest		Deklaratives Wissen 2. Vortest		Deklaratives Wissen 1. Nachtest		Deklaratives Wissen 2. Nachtest	
		Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert	N
M.05	Mittelwert	5,13	15	7,00	15	7,47	15	7,47	15
	N		15		15		15		15
	Standardabweichung	1,06		1,51		1,46		1,13	
AB.05	Mittelwert	4,43	7	7,43	7	6,00	7	6,00	7
	N		7		7		7		7
	Standardabweichung	1,40		,98		,58		1,91	
Da.05	Mittelwert	3,22	9	6,11	9	7,33	9	6,56	9
	N		9		9		9		9
	Standardabweichung	1,09		1,90		1,00		1,33	
S.05	Mittelwert	3,85	13	6,15	13	6,69	13	6,54	13
	N		13		13		13		13
	Standardabweichung	1,21		1,63		1,55		2,11	
Insgesamt	Mittelwert	4,25	44	6,64	44	6,98	44	6,77	44
	N		44		44		44		44
	Standardabweichung	1,35		1,60		1,37		1,67	

Mittelwerte - prozedurales Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Prozedurales Wissen 1. Vortest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Vortest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Prozedurales Wissen 1. Nachtest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Nachtest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%

Bericht

Klasse		Prozedurales Wissen 1. Vortest		Prozedurales Wissen 2. Vortest		Prozedurales Wissen 1. Nachtest		Prozedurales Wissen 2. Nachtest	
		Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert	N
M.05	Mittelwert	,20	15	1,60	15	5,73	15	5,13	15
	N								
	Standardabweichung	,41		1,40		1,91		2,00	
AB.05	Mittelwert	1,43	7	3,43	7	3,43	7	3,00	7
	N								
	Standardabweichung	1,13		2,23		,98		,82	
Da.05	Mittelwert	,00	9	1,44	9	5,78	9	4,11	9
	N								
	Standardabweichung	,00		1,33		1,72		2,26	
S.05	Mittelwert	,00	13	1,00	13	4,38	13	3,62	13
	N								
	Standardabweichung	,00		1,08		2,53		3,12	
Insgesamt	Mittelwert	,30	44	1,68	44	4,98	44	4,14	44
	N								
	Standardabweichung	,70		1,62		2,12		2,39	

Mittelwerte - Problemlösungswissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	Eingeschlossen		N	Prozent	N	Prozent
Problemlösungswissen 1. Vortest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Problemlösungswissen 2. Vortest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Problemlösungswissen 1. Nachtest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Problemlösungswissen 2. Nachtest * Klasse	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%

Bericht

Klasse		Problemlösungswissen 1.	Problemlösungswissen 2.	Problemlösungswissen 1.	Problemlösungswissen 2.
		Vortest	Vortest	Nachtest	Nachtest
M.05	Mittelwert	,00	,27	,33	,60
	N	15	15	15	15
	Standardabweichung	,00	,59	,49	,83
AB.05	Mittelwert	,00	,86	,71	1,00
	N	7	7	7	7
	Standardabweichung	,00	1,07	,76	1,41
Da.05	Mittelwert	,00	,44	1,56	1,22
	N	9	9	9	9
	Standardabweichung	,00	,73	2,01	1,72
S.05	Mittelwert	,00	,00	,15	1,69
	N	13	13	13	13
	Standardabweichung	,00	,00	,38	2,25
Insgesamt	Mittelwert	,00	,32	,59	1,11
	N	44	44	44	44
	Standardabweichung	,00	,67	1,11	1,63

2) Mittelwerte bezogen auf Experimentarteilnahme

Mittelwerte - deklaratives Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Deklaratives Wissen 1. Vortest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Vortest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Deklaratives Wissen 1. Nachtest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Deklaratives Wissen 2. Nachtest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%

Bericht

Experiment - Teilnahme		Deklaratives Wissen 1. Vortest	Deklaratives Wissen 2. Vortest	Deklaratives Wissen 1. Nachtest	Deklaratives Wissen 2. Nachtest
KG	Mittelwert	4,43	7,43	6,00	6,00
	N	7	7	7	7
	Standardabweichung	1,40	,98	,58	1,91
EG Lernexperiment	Mittelwert	4,22	6,49	7,16	6,92
	N	37	37	37	37
	Standardabweichung	1,36	1,66	1,40	1,61
Insgesamt	Mittelwert	4,25	6,64	6,98	6,77
	N	44	44	44	44
	Standardabweichung	1,35	1,60	1,37	1,67

Mittelwerte - prozedurales Wissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Prozedurales Wissen 1. Vortest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Vortest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Prozedurales Wissen 1. Nachtest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Prozedurales Wissen 2. Nachtest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%

Bericht

Experiment - Teilnahme		Prozedurales Wissen 1.	Prozedurales Wissen 2.	Prozedurales Wissen 1.	Prozedurales Wissen 2.
		Vortest	Vortest	Nachtest	Nachtest
KG	Mittelwert	1,43	3,43	3,43	3,00
	N	7	7	7	7
	Standardabweichung	1,13	2,23	,98	,82
EG Lernexperiment	Mittelwert	8,11E-02	1,35	5,27	4,35
	N	37	37	37	37
	Standardabweichung	,28	1,27	2,16	2,53
Insgesamt	Mittelwert	,30	1,68	4,98	4,14
	N	44	44	44	44
	Standardabweichung	,70	1,62	2,12	2,39

Mittelwerte - Problemlösungswissen

Verarbeitete Fälle

	Fälle		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	Eingeschlossen		N	Prozent	N	Prozent
	N	Prozent				
Problemlösungswissen 1. Vortest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Problemlösungswissen 2. Vortest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Problemlösungswissen 1. Nachtest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%
Problemlösungswissen 2. Nachtest * Experiment - Teilnahme	44	100,0%	0	,0%	44	100,0%

Bericht

Experiment - Teilnahme		Problemlösungswissen	Problemlösungswissen	Problemlösungswissen	Problemlösungswissen
		1. Vortest	2. Vortest	1. Nachtest	2. Nachtest
KG	Mittelwert	,00	,86	,71	1,00
	N	7	7	7	7
	Standardabweichung	,00	1,07	,76	1,41
EG Lernexperiment	Mittelwert	,00	,22	,57	1,14
	N	37	37	37	37
	Standardabweichung	,00	,53	1,17	1,69
Insgesamt	Mittelwert	,00	,32	,59	1,11
	N	44	44	44	44
	Standardabweichung	,00	,67	1,11	1,63

3) T-Test und Regressionsanalyse der Experimentalgruppe

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Klasse	37	1	4	2,54	1,35
Geschlecht	37	1	1	1,00	,00
Alter	37	86	89	87,38	,76
Abschlüsse	37	1	5	3,27	1,10
Ausbildungsberuf	37	1	6	3,43	1,77
Betrieblich/Überbetrieblich	37	1	2	1,27	,45
Experiment - Teilnahme	37	1	1	1,00	,00
Deklaratives Wissen 1. Vortest	37	1	7	4,22	1,36
Deklaratives Wissen 2. Vortest	37	3	9	6,49	1,66
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	37	4	9	7,16	1,40
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	37	2	9	6,92	1,61
Prozedurales Wissen 1. Vortest	37	0	2	,16	,55
Prozedurales Wissen 2. Vortest	37	0	8	2,70	2,55
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	37	0	18	10,51	4,34
Prozedurales Wissen 2. Nachtest	37	0	18	8,70	5,06
Problemlösungswissen 1. Vortest	37	0	0	,00	,00
Problemlösungswissen 2. Vortest	37	0	2	,22	,53
Problemlösungswissen 1. Nachtest	37	0	5	,57	1,17
Problemlösungswissen 2. Nachtest	37	0	6	1,14	1,69
Gültige Werte (Listenweise)	37				

deklaratives Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

Paaren	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
1 Deklaratives Wissen 2. Vortest	6,49	37	1,66	,27
1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest	7,16	37	1,40	,23

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

Paaren	N	Korrelation	Signifikanz
1 Deklaratives Wissen 2. Vortest & Deklaratives Wissen 1. Nachtest	37	,358	,029

Test bei gepaarten Stichproben

Paaren	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz	Obere	T	df	Sig. (2-seitig)
1 Deklaratives Wissen 2. Vortest - Deklaratives Wissen 1. Nachtest	-,68	1,75	,29	-1,26	-9,26E-02	-2,350	36	,024

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

Paaren	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest	7,16	37	1,40	,23
1 Deklaratives Wissen 2. Nachtest	6,92	37	1,61	,26

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

Paaren	N	Korrelation	Signifikanz
1 Deklaratives Wissen 1. Nachtest & Deklaratives Wissen 2. Nachtest	37	,486	,002

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen				95% Konfidenzintervall der Differenz	T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes					
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachttest - Deklaratives Wissen 2. Nachttest	,24	1,53	,25	Untere -,27	Obere ,75	,964	36	,341

prozedurales Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachttest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Prozedurales Wissen 2. Vortest	2,70	37	2,55	,42
Prozedurales Wissen 1. Nachttest	10,51	37	4,34	,71

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Prozedurales Wissen 2. Vortest & Prozedurales Wissen 1. Nachttest	37	,388	,018

Test bei gepaarten Stichproben

Gepaarte Differenzen	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
	-7,81	4,09	,67	-9,18	-6,45	-11,602	36	,000

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Prozedurales Wissen 1. Nachtest	10,51	37	4,34	,71
	Prozedurales Wissen 2. Nachtest	8,70	37	5,06	,83

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Prozedurales Wissen 1. Nachtest & Prozedurales Wissen 2. Nachtest	37	,436	,007

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen			95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	Untere	Obere			
Paaren 1	Prozedurales Wissen 1. Nachtest - Prozedurales Wissen 2. Nachtest	1,81	5,03	,83	,13	3,49	2,189	36	,035

Problemlösungswissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest	,22	37	,53	8,78E-02
	Problemlösungswissen 1. Nachtest	,57	37	1,17	,19

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest & Problemlösungswissen 1. Nachtest	37	,421	,009

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz	Untere	Obere	T	df	Sig. (2-seitig)
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest - Problemlösungswissen 1. Nachtest	-,35	1,06	,17	-,70	2,00E-03	-2,017	36	,051	

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Problemlösungswissen 1. Nachtest	,57	37	1,17	,19
	Problemlösungswissen 2. Nachtest	1,14	37	1,69	,28

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Problemlösungswissen 1. Nachtest & Problemlösungswissen 2. Nachtest	37	,158	,352

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz	Untere	Obere	T	df	Sig. (2-seitig)
		-,57	1,89	,31	-1,20	6,38E-02	-1,823	36	,077	

4) T-Test und Regressionsanalyse der Kontrollgruppe

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Klasse	7	2	2	2,00	,00
Geschlecht	7	1	1	1,00	,00
Alter	7	86	88	87,00	,82
Abschlüsse	7	1	4	2,43	1,40
Ausbildungsberuf	7	3	3	3,00	,00
Betrieblich/Überbetrieblich	7	2	2	2,00	,00
Experiment - Teilnahme	7	0	0	,00	,00
Deklaratives Wissen 1. Vortest	7	3	6	4,43	1,40
Deklaratives Wissen 2. Vortest	7	6	8	7,43	,98
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	7	5	7	6,00	,58
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	7	2	7	6,00	1,91
Procedurales Wissen 1. Vortest	7	0	6	2,86	2,27
Procedurales Wissen 2. Vortest	7	0	12	6,86	4,45
Procedurales Wissen 1. Nachtest	7	4	10	6,86	1,95
Procedurales Wissen 2. Nachtest	7	4	8	6,00	1,63
Problemlösungswissen 1. Vortest	7	0	0	,00	,00
Problemlösungswissen 2. Vortest	7	0	3	,86	1,07
Problemlösungswissen 1. Nachtest	7	0	2	,71	,76
Problemlösungswissen 2. Nachtest	7	0	3	1,00	1,41
Gültige Werte (Listenweise)	7				

deklaratives Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

Paaren 1	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Deklaratives Wissen 2. Vortest	7,43	7	,98	,37

Deklaratives Wissen 1. Nachttest 6,00 7 ,58 ,22

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

Paaren	N	Korrelation	Signifikanz
1 Deklaratives Wissen 2. Vortest & Deklaratives Wissen 1. Nachttest	7	,000	1,000

Test bei gepaarten Stichproben

Paaren	Gepaarte Differenzen Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
				Untere	Obere			
1 Deklaratives Wissen 2. Vortest - Deklaratives Wissen 1. Nachttest	1,43	1,13	,43	,38	2,48	3,333	6	,016

T-Test (1. Nachttest - 2. Nachttest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

Paaren	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
1 Deklaratives Wissen 1. Nachttest	6,00	7	,58	,22
1 Deklaratives Wissen 2. Nachttest	6,00	7	1,91	,72

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

Paaren	N	Korrelation	Signifikanz
1 Deklaratives Wissen 1. Nachttest & Deklaratives Wissen 2. Nachttest	7	,000	1,000

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung		Untere	Obere			
Paaren 1 Deklaratives Wissen 1. Nachttest - Deklaratives Wissen 2. Nachttest	,00	2,00	,76	-1,85	1,85	,000	6	1,000

procedurales Wissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachttest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Procedurales Wissen 2. Vortest	6,86	7	4,45	1,68
Procedurales Wissen 1. Nachttest	6,86	7	1,95	,74

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Procedurales Wissen 2. Vortest & Procedurales Wissen 1. Nachttest	7	-,175	,707

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung		Untere	Obere			
Paaren 1 Procedurales Wissen 2. Vortest - Procedurales Wissen 1. Nachttest	,00	5,16	1,95	-4,78	4,78	,000	6	1,000

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Procedurales Wissen 1. Nachtest	6,86	7	1,95	,74
	Procedurales Wissen 2. Nachtest	6,00	7	1,63	,62

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Procedurales Wissen 1. Nachtest & Procedurales Wissen 2. Nachtest	7	,209	,653

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung		Untere	Obere			
Paaren 1	Procedurales Wissen 1. Nachtest - Procedurales Wissen 2. Nachtest	,86	2,27	,86	-1,24	2,95	1,000	6	,356

Problemlösungswissen

T-Test (2. Vortest - 1. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest	,86	7	1,07	,40
	Problemlösungswissen 1. Nachtest	,71	7	,76	,29

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Problemlösungswissen 2. Vortest & Problemlösungswissen 1. Nachtest	7	,972	,000

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
					Untere	Obere			
Paaren 1 Problemlösungswissen 2. Vortest - Problemlösungswissen 1. Nachtest		,14	,38	,14	-,21	,49	1,000	6	,356

T-Test (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1 Problemlösungswissen 1. Nachtest	,71	7	,76	,29
Problemlösungswissen 2. Nachtest	1,00	7	1,41	,53

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 Problemlösungswissen 1. Nachtest & Problemlösungswissen 2. Nachtest	7	,312	,496

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
					Untere	Obere			
Paaren 1 Problemlösungswissen 1. Nachtest - Problemlösungswissen 2. Nachtest		-,29	1,38	,52	-1,56	,99	-,548	6	,604

5) Varianzanalyse

Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Klasse	44	1	4	2,45	1,25
Geschlecht	44	1	1	1,00	,00
Alter	44	86	89	87,32	,77
Abschlüsse	44	1	5	3,14	1,17
Ausbildungsberuf	44	1	6	3,36	1,63
Betrieblich/Überbetrieblich	44	1	2	1,39	,49
Experiment - Teilnahme	44	0	1	,84	,37
Deklaratives Wissen 1. Vortest	44	1	7	4,25	1,35
Deklaratives Wissen 2. Vortest	44	3	9	6,64	1,60
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	44	4	9	6,98	1,37
Deklaratives Wissen 2. Nachtest	44	2	9	6,77	1,67
Procedurales Wissen 1. Vortest	44	0	6	,59	1,40
Procedurales Wissen 2. Vortest	44	0	12	3,36	3,25
Procedurales Wissen 1. Nachtest	44	0	18	9,93	4,26
Procedurales Wissen 2. Nachtest	44	0	18	8,27	4,78
Problemlösungswissen 1. Vortest	44	0	0	,00	,00
Problemlösungswissen 2. Vortest	44	0	3	,32	,67
Problemlösungswissen 1. Nachtest	44	0	5	,59	1,11
Problemlösungswissen 2. Nachtest	44	0	6	1,11	1,63
Gültige Werte (Listenweise)	44				

deklartives Wissen

Allgemeines Lineares Modell (2. Vortest - 1. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	DEC2
2	DEC3

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	7
	1 EG Lernexperiment	37

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Deklaratives Wissen 2. Vortest	KG	7,43	,98	7
	EG Lernexperiment	6,49	1,66	37
	Gesamt	6,64	1,60	44
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	KG	6,00	,58	7
	EG Lernexperiment	7,16	1,40	37
	Gesamt	6,98	1,37	44

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,028	1,189	1,000	42,000	,282	,028
	Wilks-Lambda	,972	1,189	1,000	42,000	,282	,028
	Hotelling-Spur	,028	1,189	1,000	42,000	,282	,028
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,028	1,189	1,000	42,000	,282	,028
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,181	9,291	1,000	42,000	,004	,181
	Wilks-Lambda	,819	9,291	1,000	42,000	,004	,181
	Hotelling-Spur	,221	9,291	1,000	42,000	,004	,181
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,221	9,291	1,000	42,000	,004	,181

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Innersubjekteffekt								
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000	

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	1,668	1	1,668	1,189	,282	,028
	Greenhouse-Geisser	1,668	1,000	1,668	1,189	,282	,028
	Huynh-Feldt	1,668	1,000	1,668	1,189	,282	,028
	Untergrenze	1,668	1,000	1,668	1,189	,282	,028
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	13,032	1	13,032	9,291	,004	,181
	Greenhouse-Geisser	13,032	1,000	13,032	9,291	,004	,181
	Huynh-Feldt	13,032	1,000	13,032	9,291	,004	,181
	Untergrenze	13,032	1,000	13,032	9,291	,004	,181
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	58,911	42	1,403			
	Greenhouse-Geisser	58,911	42,000	1,403			
	Huynh-Feldt	58,911	42,000	1,403			
	Untergrenze	58,911	42,000	1,403			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	1,668	1	1,668	1,189	,282	,028
FAKTOR1 * EXP	Linear	13,032	1	13,032	9,291	,004	,181
Fehler(FAKTOR1)	Linear	58,911	42	1,403			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	2157,870	1	2157,870	761,132	,000	,948
EXP	,143	1	,143	,050	,824	,001
Fehler	119,073	42	2,835			

Allgemeines Lineares Modell (1. Nachttest - 2. Nachttest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	DEC3
2	DEC4

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	7
	1 EG Lernexperiment	37

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Deklaratives Wissen 1. Nachttest	KG	6,00	,58	7
	EG Lernexperiment	7,16	1,40	37
	Gesamt	6,98	1,37	44
Deklaratives Wissen 2. Nachttest	KG	6,00	1,91	7
	EG Lernexperiment	6,92	1,61	37
	Gesamt	6,77	1,67	44

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,003	,134	1,000	42,000	,716	,003
	Wilks-Lambda	,997	,134	1,000	42,000	,716	,003
	Hotelling-Spur	,003	,134	1,000	42,000	,716	,003
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,003	,134	1,000	42,000	,716	,003
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,003	,134	1,000	42,000	,716	,003
	Wilks-Lambda	,997	,134	1,000	42,000	,716	,003
	Hotelling-Spur	,003	,134	1,000	42,000	,716	,003
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,003	,134	1,000	42,000	,716	,003

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	,174	1	,174	,134	,716	,003
	Greenhouse-Geisser	,174	1,000	,174	,134	,716	,003
	Huynh-Feldt	,174	1,000	,174	,134	,716	,003
	Untergrenze	,174	1,000	,174	,134	,716	,003
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	,174	1	,174	,134	,716	,003
	Greenhouse-Geisser	,174	1,000	,174	,134	,716	,003
	Huynh-Feldt	,174	1,000	,174	,134	,716	,003
	Untergrenze	,174	1,000	,174	,134	,716	,003
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	54,405	42	1,295			
	Greenhouse-Geisser	54,405	42,000	1,295			
	Huynh-Feldt	54,405	42,000	1,295			
	Untergrenze	54,405	42,000	1,295			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	,174	1	,174	,134	,716	,003
FAKTOR1 * EXP	Linear	,174	1	,174	,134	,716	,003
Fehler(FAKTOR1)	Linear	54,405	42	1,295			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	2002,019	1	2002,019	630,423	,000	,938
EXP	12,747	1	12,747	4,014	,052	,087
Fehler	133,378	42	3,176			

procedurales Wissen

Allgemeines Lineares Modell (2. Vortest - 1. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROC2
2	PROC3

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	7
	1 EG Lernexperiment	37

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Procedurales Wissen 2. Vortest	KG	6,86	4,45	7
	EG Lernexperiment	2,70	2,55	37
	Gesamt	3,36	3,25	44
Procedurales Wissen 1. Nachtest	KG	6,86	1,95	7
	EG Lernexperiment	10,51	4,34	37
	Gesamt	9,93	4,26	44

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,320	19,751	1,000	42,000	,000	,320
	Wilks-Lambda	,680	19,751	1,000	42,000	,000	,320
	Hotelling-Spur	,470	19,751	1,000	42,000	,000	,320
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,470	19,751	1,000	42,000	,000	,320
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,320	19,751	1,000	42,000	,000	,320
	Wilks-Lambda	,680	19,751	1,000	42,000	,000	,320
	Hotelling-Spur	,470	19,751	1,000	42,000	,000	,320
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,470	19,751	1,000	42,000	,000	,320

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Innersubjekteffekt								
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000	

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	179,560	1	179,560	19,751	,000	,320
	Greenhouse-Geisser	179,560	1,000	179,560	19,751	,000	,320
	Huynh-Feldt	179,560	1,000	179,560	19,751	,000	,320
	Untergrenze	179,560	1,000	179,560	19,751	,000	,320
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	179,560	1	179,560	19,751	,000	,320
	Greenhouse-Geisser	179,560	1,000	179,560	19,751	,000	,320
	Huynh-Feldt	179,560	1,000	179,560	19,751	,000	,320
	Untergrenze	179,560	1,000	179,560	19,751	,000	,320
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	381,838	42	9,091			
	Greenhouse-Geisser	381,838	42,000	9,091			
	Huynh-Feldt	381,838	42,000	9,091			
	Untergrenze	381,838	42,000	9,091			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	179,560	1	179,560	19,751	,000	,320
FAKTOR1 * EXP	Linear	179,560	1	179,560	19,751	,000	,320
Fehler(FAKTOR1)	Linear	381,838	42	9,091			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	2134,548	1	2134,548	133,241	,000	,760
EXP	,730	1	,730	,046	,832	,001
Fehler	672,849	42	16,020			

Allgemeines Lineares Modell (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROC3
2	PROC4

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	7
	1 EG Lernexperiment	37

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Procedurales Wissen 1. Nachtest	KG	6,86	1,95	7
	EG Lernexperiment	10,51	4,34	37
	Gesamt	9,93	4,26	44
Procedurales Wissen 2. Nachtest	KG	6,00	1,63	7
	EG Lernexperiment	8,70	5,06	37
	Gesamt	8,27	4,78	44

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,043	1,867	1,000	42,000	,179	,043
	Wilks-Lambda	,957	1,867	1,000	42,000	,179	,043
	Hotelling-Spur	,044	1,867	1,000	42,000	,179	,043
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,044	1,867	1,000	42,000	,179	,043
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,006	,239	1,000	42,000	,628	,006
	Wilks-Lambda	,994	,239	1,000	42,000	,628	,006
	Hotelling-Spur	,006	,239	1,000	42,000	,628	,006
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,006	,239	1,000	42,000	,628	,006

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	20,949	1	20,949	1,867	,179	,043
	Greenhouse-Geisser	20,949	1,000	20,949	1,867	,179	,043
	Huynh-Feldt	20,949	1,000	20,949	1,867	,179	,043
	Untergrenze	20,949	1,000	20,949	1,867	,179	,043
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	2,677	1	2,677	,239	,628	,006
	Greenhouse-Geisser	2,677	1,000	2,677	,239	,628	,006
	Huynh-Feldt	2,677	1,000	2,677	,239	,628	,006
	Untergrenze	2,677	1,000	2,677	,239	,628	,006
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	471,266	42	11,221			
	Greenhouse-Geisser	471,266	42,000	11,221			
	Huynh-Feldt	471,266	42,000	11,221			
	Untergrenze	471,266	42,000	11,221			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	20,949	1	20,949	1,867	,179	,043
FAKTOR1 * EXP	Linear	2,677	1	2,677	,239	,628	,006
Fehler(FAKTOR1)	Linear	471,266	42	11,221			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	3027,652	1	3027,652	108,819	,000	,722
EXP	119,016	1	119,016	4,278	,045	,092
Fehler	1168,564	42	27,823			

Problemlösungswissen

Allgemeines Lineares Modell (2. Vortest - 1. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROB2
2	PROB3

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	7
	1 EG Lernexperiment	37

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Problemlösungswissen 2. Vortest	KG	,86	1,07	7
	EG Lernexperiment	,22	,53	37
	Gesamt	,32	,67	44
Problemlösungswissen 1. Nachtest	KG	,71	,76	7
	EG Lernexperiment	,57	1,17	37
	Gesamt	,59	1,11	44

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,006	,260	1,000	42,000	,613	,006
	Wilks-Lambda	,994	,260	1,000	42,000	,613	,006
	Hotelling-Spur	,006	,260	1,000	42,000	,613	,006
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,006	,260	1,000	42,000	,613	,006
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,006	,260	1,000	42,000	,613	,006
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,034	1,462	1,000	42,000	,233	,034
	Wilks-Lambda	,966	1,462	1,000	42,000	,233	,034
	Hotelling-Spur	,035	1,462	1,000	42,000	,233	,034
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,035	1,462	1,000	42,000	,233	,034
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,035	1,462	1,000	42,000	,233	,034

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Innersubjekteffekt								
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	,128	1	,128	,260	,613	,006
	Greenhouse-Geisser	,128	1,000	,128	,260	,613	,006
	Huynh-Feldt	,128	1,000	,128	,260	,613	,006
	Untergrenze	,128	1,000	,128	,260	,613	,006
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	,719	1	,719	1,462	,233	,034
	Greenhouse-Geisser	,719	1,000	,719	1,462	,233	,034
	Huynh-Feldt	,719	1,000	,719	1,462	,233	,034
	Untergrenze	,719	1,000	,719	1,462	,233	,034
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	20,645	42	,492			
	Greenhouse-Geisser	20,645	42,000	,492			
	Huynh-Feldt	20,645	42,000	,492			
	Untergrenze	20,645	42,000	,492			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	,128	1	,128	,260	,613	,006
FAKTOR1 * EXP	Linear	,719	1	,719	1,462	,233	,034
Fehler(FAKTOR1)	Linear	20,645	42	,492			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	16,326	1	16,326	13,996	,001	,250
EXP	1,826	1	1,826	1,565	,218	,036
Fehler	48,992	42	1,166			

Allgemeines Lineares Modell (1. Nachtest - 2. Nachtest)

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

FAKTOR1 Abhängige Variable

1	PROB3
2	PROB4

Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Experiment - Teilnahme	0 KG	7
	1 EG Lernexperiment	37

Deskriptive Statistiken

	Experiment - Teilnahme	Mittelwert	Standardabweichung	N
Problemlösungswissen 1. Nachtest	KG	,71	,76	7
	EG Lernexperiment	,57	1,17	37
	Gesamt	,59	1,11	44
Problemlösungswissen 2. Nachtest	KG	1,00	1,41	7
	EG Lernexperiment	1,14	1,69	37
	Gesamt	1,11	1,63	44

Multivariate Tests

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Pillai-Spur	,030	1,281	1,000	42,000	,264	,030
	Wilks-Lambda	,970	1,281	1,000	42,000	,264	,030
	Hotelling-Spur	,031	1,281	1,000	42,000	,264	,030
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,031	1,281	1,000	42,000	,264	,030
FAKTOR1 * EXP	Pillai-Spur	,003	,140	1,000	42,000	,710	,003
	Wilks-Lambda	,997	,140	1,000	42,000	,710	,003
	Hotelling-Spur	,003	,140	1,000	42,000	,710	,003
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,003	,140	1,000	42,000	,710	,003

a Exakte Statistik

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
FAKTOR1	1,000	,000	0	,	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b Design: Intercept+EXP Innersubjekt-Design: FAKTOR1

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Sphärizität angenommen	2,143	1	2,143	1,281	,264	,030
	Greenhouse-Geisser	2,143	1,000	2,143	1,281	,264	,030
	Huynh-Feldt	2,143	1,000	2,143	1,281	,264	,030
	Untergrenze	2,143	1,000	2,143	1,281	,264	,030
FAKTOR1 * EXP	Sphärizität angenommen	,234	1	,234	,140	,710	,003
	Greenhouse-Geisser	,234	1,000	,234	,140	,710	,003
	Huynh-Feldt	,234	1,000	,234	,140	,710	,003
	Untergrenze	,234	1,000	,234	,140	,710	,003
Fehler(FAKTOR1)	Sphärizität angenommen	70,255	42	1,673			
	Greenhouse-Geisser	70,255	42,000	1,673			
	Huynh-Feldt	70,255	42,000	1,673			
	Untergrenze	70,255	42,000	1,673			

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	FAKTOR1	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
FAKTOR1	Linear	2,143	1	2,143	1,281	,264	,030
FAKTOR1 * EXP	Linear	,234	1	,234	,140	,710	,003
Fehler(FAKTOR1)	Linear	70,255	42	1,673			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Intercept	34,364	1	34,364	14,944	,000	,262
EXP	3,949E-04	1	3,949E-04	,000	,990	,000
Fehler	96,579	42	2,300			

6) Korrelationen der Experimentalgruppe

Korrelationen – Abschlüsse und Entwicklung von 2. Vortest zum 1. Nachtest

deklaratives Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Deklaratives Wissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	-,195
	Signifikanz (2-seitig)	,	,247
	N	37	37
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	Korrelation nach Pearson	-,195	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,247	,
	N	37	37

prozedurales Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Prozedurales Wissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	-,040
	Signifikanz (2-seitig)	,	,815
	N	37	37
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	Korrelation nach Pearson	-,040	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,815	,
	N	37	37

Problemlösungswissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Problemlösungswissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	,179
	Signifikanz (2-seitig)	,	,289
	N	37	37
Problemlösungswissen 1. Nachtest	Korrelation nach Pearson	,179	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,289	,

N

37

37

7) Korrelation der Kontrollgruppe

Korrelationen – Abschlüsse und Entwicklung von 2. Vortest zum 1. Nachtest

deklaratives Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Deklaratives Wissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	,661
	Signifikanz (2-seitig)	,	,106
	N	7	7
Deklaratives Wissen 1. Nachtest	Korrelation nach Pearson	,661	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,106	,
	N	7	7

prozedurales Wissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Prozedurales Wissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	,573
	Signifikanz (2-seitig)	,	,179
	N	7	7
Prozedurales Wissen 1. Nachtest	Korrelation nach Pearson	,573	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,179	,
	N	7	7

Problemlösungswissen

Korrelationen

		Abschlüsse	Problemlösungswissen 1. Nachtest
Abschlüsse	Korrelation nach Pearson	1,000	-,496
	Signifikanz (2-seitig)	,	,258

Problemlösungswissen 1. Nachtest	N	7	7
	Korrelation nach Pearson	-,496	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,258	,
	N	7	7

